

BOLETIN TECNICO No. 14

JUNIO 1974

LABOREO PARA TRIGO

SERGIO J. LABELLA



MINISTERIO DE GANADERIA Y AGRICULTURA
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS "ALBERTO BOERGER"
LA ESTANZUELA — COLONIA — URUGUAY

BOLETIN TECNICO No. 14

JUNIO 1974

LABOREO PARA TRIGO

SERGIO J. LABELLA



MINISTERIO DE GANADERIA Y AGRICULTURA
CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS "ALBERTO BOERGER"
LA ESTANZUELA - COLONIA - URUGUAY

LABOREO PARA TRIGO*

Sergio J. Labella**

RESUMEN ANALITICO

Se describen cinco ensayos de laboreo para trigo, realizados en La Estanzuela, cuatro sobre chacras viejas y uno sobre pradera. Se estudió el efecto de la profundidad, época y número de aradas, manejo de rastrojo y fertilización.

Sobre chacras viejas (que se venían arando todos los años), no fueron necesarias aradas de más de 15 cm de profundidad para obtener los máximos rendimientos. Sólo en presencia de "suela de arado" se observó respuesta al laboreo profundo (25-30 cm). Una arada de 15 cm de profundidad a fines de verano fue tan efectiva como dos aradas. La arada tardía (posterior al 15 de mayo) redujo sistemáticamente los rendimientos, además de reducir la probabilidad de poder sembrar en la mejor época.

Sobre pradera, la doble arada fue superior a una sola arada.

El manejo del rastrojo interacciona con la época y profundidad de arada. La respuesta al nitrógeno no parece depender, en general, del laboreo.

Se discuten estos resultados en relación a la bibliografía citada.

* Recibido para su publicación en octubre de 1972.

** Técnico del Programa de Suelos del Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger"

SYNOPSIS

Five trials on wheat ploughing carried out at La Estanzuela are described. Four were done on old cultivated fields and one on pasture. The effect of depth, time and number of ploughings, management of stubble and fertilization were studied.

In trials carried out on old cultivated fields (which had been ploughed every year) plowing deeper than 15 cm was not necessary to obtain highest yields. Only when a "plough-sole" was present a response to deeper ploughing (25-30 cm) could be detected. A ploughing 15 cm deep done at the end of the summer was so effective as two ploughings. A late ploughing (later than 15 May) reduced the yields systematically and also reduced the probabilities of sowing in the best season.

On pasture, two ploughings gave better results than only one.

Management of stubble interacted with time and depth of ploughing.

The response to nitrogen does not seem to depend, in general, of ploughing.

All this results are discussed in relation to quoted bibliography.

INTRODUCCION

Como promedio, entre los años 1935 y 1970 se han sembrado en el Uruguay unas 500.000 Há de trigo por año. Esta superficie, sólo en un año (1967) fue inferior a 300.000 Há. Preparar medio millón de hectáreas de suelo es un esfuerzo económico muy importante. Sin embargo, hasta el presente, muy poco se ha investigado sobre el efecto de la oscilación de algunas variables en la preparación del suelo sobre el rendimiento. El conocimiento de los efectos del laboreo sobre los rendimientos tiene una doble importancia: a) posibilitar su aumento; y b) permitir la reducción de los costos de producción al eliminarse labores innecesarias.

Actualmente los productores no usan un criterio uniforme para la preparación de sus tierras. Rucks (31) presentó datos del año agrícola 1968-69 correspondientes a una zona del Departamento de Paysandú. De 73 productores encuestados que habían sembrado trigo, el 25 o/o hizo la primera arada en febrero, el 29 o/o en enero, el 15 o/o en marzo, el 16 o/o en abril y el 15 o/o en mayo. El 3 o/o hizo una única arada superficial, el 43 o/o una única arada profunda, el 33 o/o dos aradas con la primera superficial y la segunda profunda y el 20 o/o dos aradas, la primera profunda y la segunda superficial. Cabe preguntarse qué influencia tienen estas variaciones en la preparación del suelo sobre los rendimientos del trigo.

Las investigaciones en laboreo se encuentran muy avanzadas en relación a los problemas que plantean los cultivos que se siembran en líneas distanciadas y especialmente el maíz. En estos casos se tiene claro cuáles son los objetivos que deben lograrse y cuáles los parámetros para evaluarlos, Allmaras et al. (1), Browning et al. (8), Burwel et al. (10) y Larson (19).

Diferente es lo que ocurre en relación a cultivos densos, tales como el trigo. En este caso no se tiene totalmente claro qué objetivos deben lograrse mediante el laboreo, ni con qué parámetros evaluarlos.

Se ha discutido la necesidad de arar en la preparación del suelo, Bayer (4) y se han realizado en diversos lugares trabajos comparando el efecto de distintas formas de preparar el suelo sin arar con el método convencional, Anderson (2), Barber (3), Bond et al. (6), Browning et al. (8), Browning y Norton (9), Lawton y Browning (20), Singh y Pollard (32) y Smika y Wicks (34). Sin embargo, para una correcta evaluación de estas técnicas es necesario conocer cómo afectan los rendimientos y a través de qué procesos algunas variables que se pueden introducir dentro de cada método de laboreo.

Entre las variaciones que permite la preparación del suelo usando arado (ya sea de discos o rejas) se ha estudiado el efecto de la profundidad, Brind (7), De Leenheer y de Boodt (13), Henin (15), Labella (18) y Marchesi (21); la época, Labella (18), Marchesi (21), Mc Clean (24) y Oveson y Hall (25), y el número de aradas, Labella (18) y Marchesi (21) y se ha observado que el laboreo puede afectar tanto las propiedades físicas, De Jong y Rennie (11), Hobbs et al. (16) y Singh y Pollard (32), como la disponibilidad de nutrientes, Browning y Norton (9), Lawton y Browning (20) y Marchesi (21) y la penetración de raíces, Barber (3). Entre los nutrientes cuya disponibilidad se puede ver afectada por el grado en que se ha "aflojado" el suelo se han citado el nitrógeno y el potasio, Browning y Norton (9) y Lawton y Browning (20).

La profundidad de arada afecta el grado de inversión del pan de tierra y, a través de esto, la ubicación de los residuos, Henin (15). Para un mismo arado, el grado en que es invertido el suelo disminuye a medida que aumenta la profundidad del laboreo. Si aramos superficialmente un campo sobre el que hay abundantes residuos o vegetación, debido a la inversión casi total del pan de tierra, éstos quedarán formando una capa continua entre la capa arada y el resto del suelo. Si la labor es profunda la inversión es parcial, los panes de tierra quedarán apoyados sobre un costado y los residuos quedarán entre ellos en lugar de debajo de ellos.

El objetivo de este boletín es comunicar los resultados de cinco experimentos de laboreo para trigo, realizados en el Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger" durante los años 1963, 1964 y 1971. A través de éstos se estudió el efecto sobre los rendimientos del trigo de los factores profundidad, época y número de aradas y manejo del rastrojo.

Los tres ensayos realizados en los años 1963 y 1964 fueron planificados y conducidos por Castro, J.L. y Reynaert, E.E. Los dos realizados en 1971 fueron planificados y conducidos por el autor. A pesar de no haberse planificado conjuntamente, algunos criterios se mantuvieron constantes a través de todos ellos.

Por ejemplo: arada temprana, se refiere a aradas realizadas a fines del verano (febrero o primeros días de marzo), y arada tardía a aradas realizadas a partir del 15 de mayo. Arada superficial se refiere a una arada de 13-16 cm de profundidad y arada profunda a una de 25-30 cm. Por esta razón, en la descripción de los experimentos se da la misma nomenclatura a los tratamientos equivalentes. Todos los ensayos se planificaron para ser sembrados en el mes de julio, por ser ésta la mejor fecha para las variedades usadas (Gatti, I., comunicación personal), aunque en algunos casos, se sembraron más tarde debido a circunstancias climáticas. Siempre se usó arado de rejas y se incluyeron tratamientos de fertilización para evaluar el efecto del laboreo sobre la disponibilidad de nutrientes (especialmente de nitrógeno). Las fuentes de nutrientes usadas fueron: nitrógeno (urea), fósforo (superfosfato de calcio) y potasio (cloruro de potasio). En todos los casos el fertilizante se agregó al voleo inmediatamente antes de la siembra, enterrándose con la última disqueada.

El nivel de significación usado en los análisis estadísticos de todos los experimentos fue del 10 0/o. Estos se describen a continuación según el orden cronológico de su realización.

EXPERIMENTO I. Efecto de la arada profunda (1963)

I. Objetivos

El objetivo de este experimento fue estudiar el efecto de la profundidad de arada sobre los rendimientos del trigo y su respuesta a la fertilización.

II. Materiales y Métodos

El experimento se realizó sobre un suelo de Pradera Parda (Argiudol típico) desarrollado sobre la formación Libertad, algunas de cuyas características se indican en el Cuadro No. 1. Se trataba de una chacra muy vieja que presentaba una suela de arado* muy notoria.

* Suele mencionarse en la literatura como "plow sole" o "traffic pan", ver Bayer (3), pág.423

Cuadro No. 1 - Algunos caracteres del suelo

Horizonte	Espesor (cm)	Textura*	pH**	Materia orgánica** (0/o)	Nitrógeno** (0/o)	Fósforo Bray P ₁ ** (ppm)
A	20-25	Franco limoso pesado	H ₂ O 5.9 KCl 4.9	3.44	0.20	8.3
Bt	50-55	Arcillo-limoso				

* Apreciación al tacto

** Muestra compuesta tomada entre 0-15 cm.

Se probaron tres formas diferentes de preparar el suelo bajo dos tratamientos de fertilización: a) sin fertilizar; b) fertilización a razón de 40, 40 y 40 Kg . Há⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente.

Los tratamientos de laboreo fueron:

Símbolo	Descripción del tratamiento
S ₂	Una arada superficial y tardía
S S	Dos aradas: una temprana y otra tardía, ambas superficiales.
P S	Dos aradas: la temprana profunda y la tardía superficial.

Las aradas tempranas se realizaron en febrero y las tardías en mayo. Las profundas tuvieron unos 30 cm de profundidad y las superficiales unos 15 cm. El resto del laboreo consistió en el número de disqueadas y rastreadas necesarias para obtener una buena sementera.

Se usó un diseño en parcelas divididas con cuatro repeticiones. Las parcelas grandes correspondieron a los tratamientos de fertilización y las chicas a los de laboreo. El tamaño de estas últimas fue de 50 x 10 m y se cosecharon mediante dos pasadas con una cosechadora automotriz comercial con ancho de corte de 3.60 m.

El ensayo se sembró en julio de 1963 con semilla de la variedad Frontana a razón de 100 Kg.Há⁻¹.

III. Resultados y Discusión

En el Cuadro No. 2 se muestra el análisis de variancia de los datos de rendimiento. Fueron significativos los efectos principales del laboreo y de la fertilización, no habiendo interacción significativa entre ambos factores. En el Cuadro No. 3 se muestran los rendimientos promedios de los distintos tratamientos y en el Cuadro No. 4 se comparan entre sí los rendimientos de los tratamientos de laboreo promediados sobre ambos niveles de fertilización.

Cuadro No. 2 — Análisis de variancia

Origen de la variación	g.l.	Cuadrados medios	F	F de tablas 10 0/o
Fertilización	1	619852	60,31	5,54
Bloques	3	46388	4,51	5,39
Error (a)	3	10277		
Laboreo	2	125633	25,08	2,81
Laboreo x fertilización	2	1183	0,24	2,81
Error (b)	12	5009		

C.V. Trat. parcela grande = 15 0/o

C.V. Trat. parcela chica = 11 0/o

Los tratamientos S₂ y SS no difirieron significativamente entre sí, siendo PS significativamente superior a ambos. Cuando se hicieron dos aradas, la realización de la primera a 30 cm de profundidad, aumentó los rendimientos en un 34 0/o.

La fertilización produjo en promedio 321 Kg extra de grano, lo que representa un incremento de rendimientos del 64 0/o.

Resumiendo: la inclusión de una arada profunda temprana durante la preparación del suelo más la fertilización logró más que duplicar los rendimientos de trigo sobre una chacra muy vieja (con muchos años de agricultura) que presentaba una notoria suela de arado.

Cuadro No. 3 — Rendimiento promedio (Kg.Há⁻¹) de los diferentes tratamientos

Tratamiento de fertilización	Tratamiento de laboreo			Promedios de fertilización
	S ₂	SS	PS	
Sin fertilizar	407	439	659	502
Fertilizado	751	764	954	823
Promedio de laboreo	579	602	807	

Cuadro No. 4 — Comparación de los tratamientos de laboreo promediados sobre ambos niveles de fertilización, mediante la prueba de Student-Newman-Keuls

Tratamiento	S ₂	SS	PS
Rendimiento (Kg.Há ⁻¹)	<u>579</u>	<u>602</u>	807

Las medias subrayadas por una misma línea no difieren significativamente entre sí. Las medias no subrayadas por una misma línea difieren significativamente entre sí.

EXPERIMENTO II. Efecto de la época y número de aradas (1963)

I. Objetivos

El objetivo de este experimento fue determinar el efecto de la época y número de aradas sobre el rendimiento del trigo y su respuesta a la fertilización.

II. Materiales y Métodos

El experimento se realizó sobre un Grumosol (Pelludert típico), desarrollado sobre la formación Libertad cuya textura era franco arcillo limoso pesado en el horizonte superficial (0 - 25 cm) y arcillo limoso en el resto del perfil (25 - 85 cm). La chacra tuvo trébol rojo durante los dos años previos al ensayo. Anteriormente había soportado varios años de agricultura.

Se compararon tres formas de preparación del suelo bajo tres condiciones de fertilización.

Los tratamientos de laboreo fueron:

Símbolo	Descripción del tratamiento
S ₁	Una arada superficial y temprana
S ₂	Una arada superficial y tardía
SS	Una arada superficial temprana más una segunda tardía.

La profundidad de las aradas fue en todos los casos de unos 15 cm. Las aradas tempranas se realizaron a fines de febrero y las tardías a mediados de mayo. El resto del laboreo consistió en el número de disqueadas y rastreadas necesarias para obtener una sementera aceptable. El tratamiento S₂ requirió una disqueada más que los otros.

Los tratamientos de fertilización fueron:

Tratamiento	Unidades por hectárea de nitrógeno, fósforo y potasio		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	0	0	0
2	0	40	40
3	40	40	40

El diseño, el tamaño de las parcelas y la forma de cosecha fue igual que el Experimento I. El ensayo se sembró el 15 de julio de 1963 con la variedad Klein Impacto a razón de 100 Kg. Há⁻¹ de semilla.

III. Resultados y Discusión

En el Cuadro No. 5 se muestra el análisis de variancia de los datos de rendimiento en grano. Sólo el efecto de laboreo y bloques fue significativo. En la Figura No. 1 se muestran los rendimientos de cada tratamiento de laboreo promediados sobre los tres tratamientos de fertilización. La diferencia mínima significativa para comparar estos promedios es 147 Kg. Há⁻¹.

Tanto la arada temprana como la doble arada produjeron rendimientos significativamente superiores a los de la arada tardía, pero no difirieron significativamente entre sí. La respuesta al laboreo no estuvo relacionada a ningún efecto de éste sobre el suministro de nutrientes, ya que el agregado de fósforo y potasio, o nitrógeno, fósforo y potasio, no afectó el rendimiento del cultivo bajo ningún tratamiento de laboreo. Por lo tanto, las diferencias en rendimientos deben adjudicarse a diferencias en las propiedades físicas del suelo.

Cuadro No. 5 — Análisis de variancia

Origen de la variación	g.l.	Cuadrados medios	F	F de tablas 10 0/0
Fertilizantes	2	4777	0,27	3,46
Bloques	3	135972	7,82	3,29
Error (a)	6	17388		
Laboreo	2	59871	10,71	2,62
Laboreo x fertilización	4	9897	1,77	2,29
Error (b)	18	5589		

C.V. Trat. parcela grande = 6,6 0/0

C.V. Trat. parcela chica = 3,7 0/0

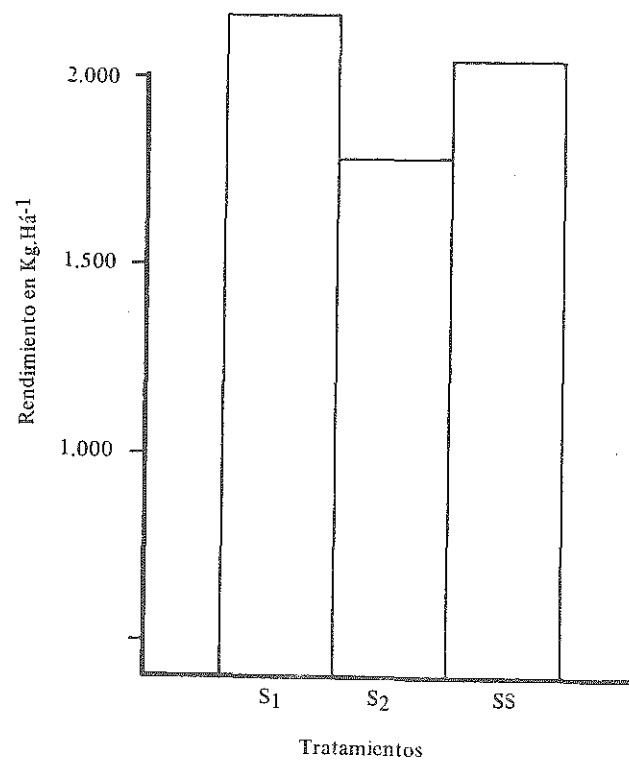


Figura No. 1 — Rendimiento de los tratamientos de laboreo promediados sobre los tres tratamientos de fertilización (diferencia mínima significativa 10 o/o = 147 Kg.Há⁻¹)

EXPERIMENTO III. Efecto de la época y número de aradas (1964)

I. Objetivos y Materiales y Métodos

Este experimento es la repetición en el año 1964 del anterior. Se realizó sobre un suelo de Pradera Negra (Argiudol típico) desarrollado sobre la formación Libertad sobre una chacra vieja con muchos años de agricultura previos a la realización del ensayo. Los tratamientos de laboreo, el diseño experimental, el tamaño de las parcelas y la forma de cosecha fueron iguales que en el Experimento II. Los tratamientos de fertilización difirieron en que no se incluyó potasio en los tratamientos 2 y 3.

El tratamiento S₂ requirió dos disqueadas más que los otros para lograr una sembrera aceptable.

II. Resultados y Discusión

En el Cuadro No. 6 se muestra el análisis de variancia de los datos de rendimiento en grano. Fueron significativos los efectos principales de la fertilización y tratamientos de laboreo, así como la interacción laboreo por fertilización.

Cuadro No. 6 — Análisis de variancia

Origen de la variación	g.l.	Cuadrados medios	F	F de tablas 10 o/o
Fertilizantes	2	3903	125,90	3,46
Bloques	3	35	3,45	3,29
Error (a)	6	31		
Laboreo	2	1517	52,31	2,62
Laboreo x fertilización	4	189	6,52	2,29
Error (b)	18	29		

C.V. Trat.parcela grande = 6,5 o/o

C.V. Trat.parcela chica = 6,3 o/o

En la Figura No. 2 se muestra el rendimiento de los tratamientos de laboreo para cada tratamiento de fertilización. En el Cuadro No. 7 se comparan los tratamientos de laboreo para cada tratamiento de fertilización.

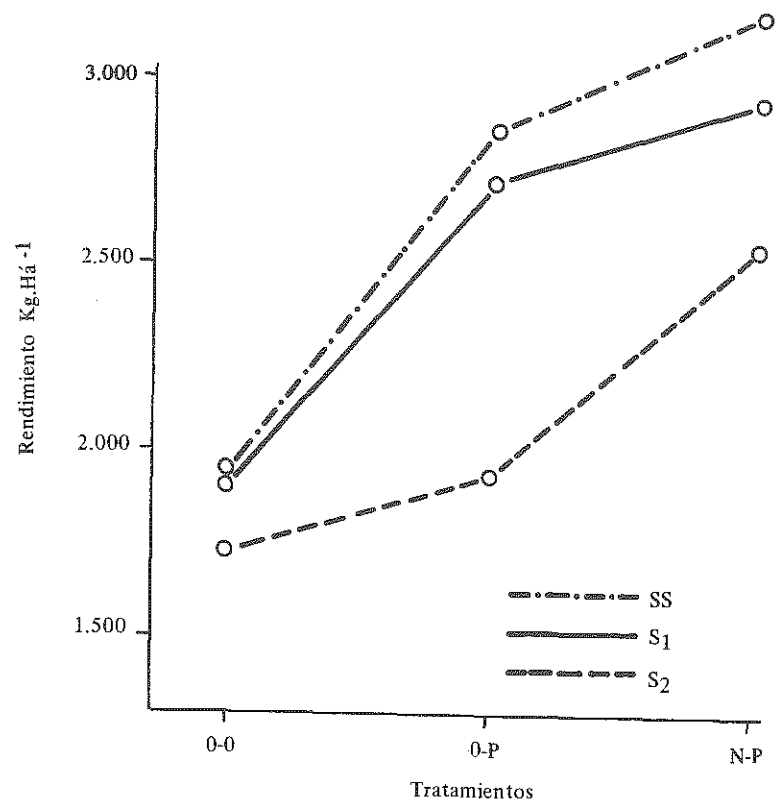


Figura No. 2 – Rendimiento de los tratamientos de laboreo para cada tratamiento de fertilización.

Cuadro No. 7 – Comparación de los tratamientos de laboreo para cada tratamiento de fertilización según la prueba de Student-Newman-Keuls.

Para 0 - 0 (sin fertilizar)			
Tratamiento	S ₂	S ₁	SS
Rendimiento (Kg.Há ⁻¹)	1.729	1.941	1.955
Para 0 - 40			
Tratamiento	S ₂	S ₁	SS
Rendimiento (Kg.Há ⁻¹)	1.933	2.735	2.868
Para 40 - 40			
Tratamiento	S ₂	S ₁	SS
Rendimiento (Kg.Há ⁻¹)	2.528	2.947	3.180

Las medias subrayadas por una misma línea no difieren significativamente entre sí. Las medias no subrayadas por una misma línea difieren significativamente entre sí.

Cuando no se fertilizó, las diferencias entre métodos de preparación del suelo no fueron significativas (Cuadro No. 7). El agregado de fósforo produjo incrementos de rendimiento muy importantes en S₁ y SS (794 y 913 Kg.Há⁻¹), respectivamente, aunque su efecto fue reducido en el caso de S₂ (204 Kg.Há⁻¹).

Evidentemente la disponibilidad de fósforo del suelo fue la misma en todo el ensayo y si la respuesta a su aplicación fue menor en un tratamiento, esto se debió a limitaciones en algún otro factor. Aparentemente este factor fue la disponibilidad de nitrógeno. El agregado de nitrógeno en presencia de fósforo aumentó los rendimientos de 595, 212 y 312 Kg.Há⁻¹ en S₂, S₁ y SS respectivamente. Esto indica que el suministro por parte del suelo fue menor en el tratamiento S₂.

Los mayores rendimientos obtenidos con S₁ y SS (en relación a S₂) cuando se fertilizó con fósforo se debieron, por lo menos en parte, a una mayor disponibilidad de nitrógeno. No podemos saber, sin embargo, qué proporción de esta superioridad se debió a esta causa, puesto que se usó un único nivel de nitrógeno.

Cuando se fertilizó con nitrógeno y fósforo, el tratamiento SS superó significativamente a S₁ pero no tenemos elementos para conocer las causas de esta diferencia.

EXPERIMENTO IV. Efecto de la época, profundidad de arada y manejo del rastrojo en trigo después de trigo (1971)

I. Objetivos

El objetivo de este experimento era originariamente determinar el efecto de la época, profundidad de arada y manejo del rastrojo sobre el rendimiento del trigo y su respuesta al nitrógeno, cuando se prepara una chacra que tuvo trigo el año anterior. Debido a excesos de humedad en junio, no se pudieron hacer aradas profundas en segunda época, por lo que sólo se pudo estudiar en forma conjunta a los factores época de arada y manejo del rastrojo. El efecto de la profundidad sólo pudo estudiarse en aradas tempranas.

Al planificar este ensayo, se sabía en base a experimentos anteriores, que con sólo una arada se pueden obtener rendimientos tan buenos o mejores que con dos, razón por la que se incluyó sólo un tratamiento con dos aradas como testigo.

II. Materiales y Métodos

El experimento se realizó sobre un suelo de Pradera Parda, desarrollado sobre la formación Libertad (Argiudol típico) en una chacra del Programa de Semillas de La Estanzuela, que había tenido trigo el año anterior. La paja estaba uniformemente distribuída sobre el terreno pues se había puesto un desparramador en la salida de la cosechadora. En el Cuadro No. 8 se muestra la historia de la chacra, así como algunas características del suelo, en el Cuadro No. 9.

Se probaron nueve formas diferentes de preparación del suelo y a cada una de ellas se le sobrepusieron cuatro niveles de nitrógeno. Se usó un diseño en bloques al azar con parcelas divididas y cuatro repeticiones. Las parcelas grandes se destinaron a los tratamientos de laboreo y las chicas a las de fertilización. Las parcelas grandes fueron de 8 m x 16 m y las chicas de 1,50 m x 16 m. Entre los bloques se dejaron caminos de 8 m de ancho para poder arar en forma individual cada parcela sin pisar las otras.

Cuadro No. 8 – Historia de la chacra

Período	Cultivo	Fertilización*
70-71	Trigo	30-40
69-70	Descanso	
68-69	Trigo y Cebada	30-40 y 20-40, respectivamente
67-68	Maíz	Desconocida
66-67	Trigo	20-40
65-66	Raigrás	
Anteriormente campo		

* Nitrógeno y fósforo en Kg.Há⁻¹ de N y P₂O₅ respectivamente

Cuadro No. 9. – Algunos caracteres del suelo

Horizonte	Espesor (cm)	Textura*	pH**	Materia orgánica** (o/o)	Nitrógeno** (o/o)	Fósforo Bray P ₁ ** (ppm)
A	20-25	Franco arcillo limoso	H ₂ O 6,6 KCl 5,0	2,8	0,17	11,3
B _t	50-55	Arcillo limoso				

* Apreciación al tacto

** Muestra compuesta tomada entre 0-15 cm.

A. Tratamientos de laboreo

Estos se exponen a continuación, en el Cuadro No. 10.

Cuadro No. 10 — Tratamientos de laboreo

Tratamiento	Símbolo	Descripción del tratamiento
1	+ S ₁	Arada superficial en la primera época Rastrojo enterrado al arar.
2	+ S ₂	Arada superficial en la segunda época. Rastrojo enterrado al arar.
3	+ S ₃	Arada superficial en la tercera época. Rastrojo enterrado al arar.
4	- S ₁	Arada superficial en la primera época. Rastrojo retirado antes de arar.
5	- S ₂	Arada superficial en la segunda época. Rastrojo retirado antes de arar.
6	- S ₃	Arada superficial en la tercera época. Rastrojo retirado antes de arar.
7	+ P ₁	Arada profunda en la primera época. Rastrojo enterrado al arar.
8	- P ₁	Arada profunda en la primera época. Rastrojo retirado antes de arar.
9	+ SP	Doble arada: una superficial en primera época y otra profunda en la tercera. Rastrojo enterrado al arar. (Ambas aradas se hicieron en la misma dirección).

El resto del laboreo fue similar en todas las parcelas y consistió en las pasadas, con rastra de discos, necesarias para obtener una sementera apropiada (tres en las aradas en primera época, cuatro para la segunda y cinco para la tercera).

Las aradas superficiales tuvieron 13 a 15 cm de profundidad y las profundas 24 a 28 cm de profundidad. Las épocas de las aradas fueron:

Epoca	Fecha	Días entre la arada y siembra
Primera época	1/3/71	175
Segunda época	16/6/71	68
Tercera época	20/7/71	34

“Rastrojo enterrado al arar” significa que tanto la paja de trigo, remanente del cultivo anterior, como las malezas que habían crecido, fueron incorporadas al suelo al arar. En los tratamientos con “rastrojo retirado antes de arar”, previamente las parcelas se cortaron al ras con una pastera. Luego, todos los residuos vegetales (malezas + paja) se juntaron con un rastrillo de descarga lateral y se retiraron de la parcela.

Los tratamientos del 1 al 6 surgen de la combinación factorial de tres épocas de arada con dos manejos del rastrojo. El tratamiento 9 se incluyó para tener, con fines comparativos, un tratamiento con dos aradas. Los tratamientos 7 y 8 se incluyeron porque el experimento, originariamente planeado como la combinación factorial de dos épocas de arada, con dos profundidades y dos manejos del rastrojo, debió ser modificado por razones ya expuestas. Las aradas profundas tardías, se cambiaron por aradas superficiales en una tercera época, más tardía aún.

B. Niveles de nitrógeno.

Los niveles de nitrógeno sobrepuestos fueron: 0, 40, 80 y 120 Kg.Há⁻¹. Todo el ensayo recibió una fertilización básica con fósforo a razón de 60 Kg de P₂O₅ por hectárea. No se aplicó potasio pues numerosos datos experimentales indican la ausencia de respuesta a este nutriente en estos suelos.

Las aradas se realizaron con un arado reversible con rejas de 14 pulgadas.

El ensayo se sembró el día 24/8/71 con semilla certificada de la variedad Estanzuela Sabiá a razón de 120 Kg.Há⁻¹ en líneas distanciadas a 15 cm entre sí.

C. Medidas realizadas.

1. Peso de materia seca de paja y malezas al hacer las primeras aradas

Se cortaron al ras dos cuadrados de 1/4 m² por bloque inmediatamente antes de hacer las primeras aradas. El material recolectado (paja + malezas) se secó a estufa a 70°C durante 48 horas, se dejó enfriar y se pesó. Estos valores se citan en la discusión general.

2. Plantas por metro cuadrado al iniciarse el macollaje

A fin de ver posibles efectos del laboreo a través de su efecto sobre la implantación del cultivo, se determinó el número de plantas por metro cuadrado en cada uno de los tratamientos de laboreo. Para ello se dividió cada parcela en tres partes iguales, contándose en cada una el número de plantas en 80 cm de línea, sobre una línea elegida al azar. Esta determinación se hizo el día 20/9/71 cuando el cultivo se encontraba iniciando el macollaje. Los resultados de esta determinación se muestran en el Cuadro No. 11. En el Cuadro No. 12 se presenta el análisis de variancia correspondiente.

3. Rendimiento en grano

El rendimiento en grano se determinó cosechando una franja de 60 cm de ancho en la parte central de cada subparcela mediante una cosechadora automotriz de parcelas.

Los rendimientos fueron corregidos por contenido de humedad, llevándose todos los datos a 12 % de humedad.

III. Resultados y Discusión

A. Efecto del laboreo sobre la implantación del cultivo

En el Cuadro No. 11 se muestra el número promedio de plantas por metro cuadrado de los distintos tratamientos al iniciarse el macollaje 26 días después de la siembra y en el Cuadro No. 12 el análisis de variancia de dichos datos.

Cuadro No. 11 — Plantas por metro cuadrado al iniciarse el macollaje

Tratamiento	+S ₁	+S ₂	+S ₃	-S ₁	-S ₂	-S ₃	+P ₁	-P ₁	+SP
Plantas.m ⁻²	86	83	77	85	69	79	83	81	85

Cuadro No. 12 — Análisis de variancia de los datos de población de plantas, al iniciarse el macollaje.

Origen de la variación	g.l.	Cuadrados medios	F	F de tablas 10 %
Bloques	3	332,10	6,35	2,33
Tratamientos	8	55,75	1,07	1,94
Error	24	52,27		
Total	35			

C.V. Trat.parcela = 13,3 %

A pesar de que la tierra en las parcelas aradas en tercera época quedó terronuda y que se observó un nacimiento más rápido en las parcelas correspondientes a las otras dos épocas, los tratamientos no afectaron el número final de plantas establecidas.

B. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento

En el Cuadro No. 13 se muestra el análisis de variancia de los datos de rendimiento en grano del trigo. El rendimiento fue afectado significativamente, tanto por los tratamientos de laboreo como por la fertilización nitrogenada.

La interacción entre los tratamientos de laboreo y niveles de nitrógeno no fue significativa en promedio, ni dentro de ninguno de los agrupamientos de tratamientos realizados (factorial de épocas x manejo del rastrojo y resto). La ausencia de interacción nos permite estudiar en forma independiente ambos tipos de factores.

Cuadro No. 13 — Análisis de variancia de los datos de rendimiento

Origen de la variación	g.l.	Cuadrados medios	F	F de tablas 10 %
Bloques	3	2,713	25,83	2,33
Trat. de laboreo (A)	8	0,420	3,99	1,94
Epoca de arada (E)	2	0,772	7,35	2,54
Manejo del rastrojo (R)	1	0,003	0,03	2,93
E x R	2	0,352	3,35	2,54
Resto	3	0,368	3,50	2,54
Error (a)	24	0,105		
Niveles de N (B)	3	0,593	17,96	2,13
N x laboreo	24	0,029	0,88	1,45
N x factorial	15	0,039	1,18	1,58
N x E	6	0,057	1,73	1,77
N x R	3	0,029	0,88	2,08
N x E x R	6	0,025	0,76	1,77
N x resto	9	0,011	0,33	1,63
Error (b)	76	0,033		

C.V. Trat.parcela grande = 34 %

C.V. Trat.parcela chica = 18 %

a) Efecto del laboreo

1. Efecto de la época de arada y del manejo del rastrojo

Dentro del factorial "época de arada x manejo del rastrojo", fue significativo el efecto principal de la época de arada y la interacción "época de arada x manejo del rastrojo". No fue significativo el efecto principal del factor "manejo del rastrojo". En la Figura No. 3 y en los Cuadros No. 14 y No. 15 se estudian en detalle estos resultados.

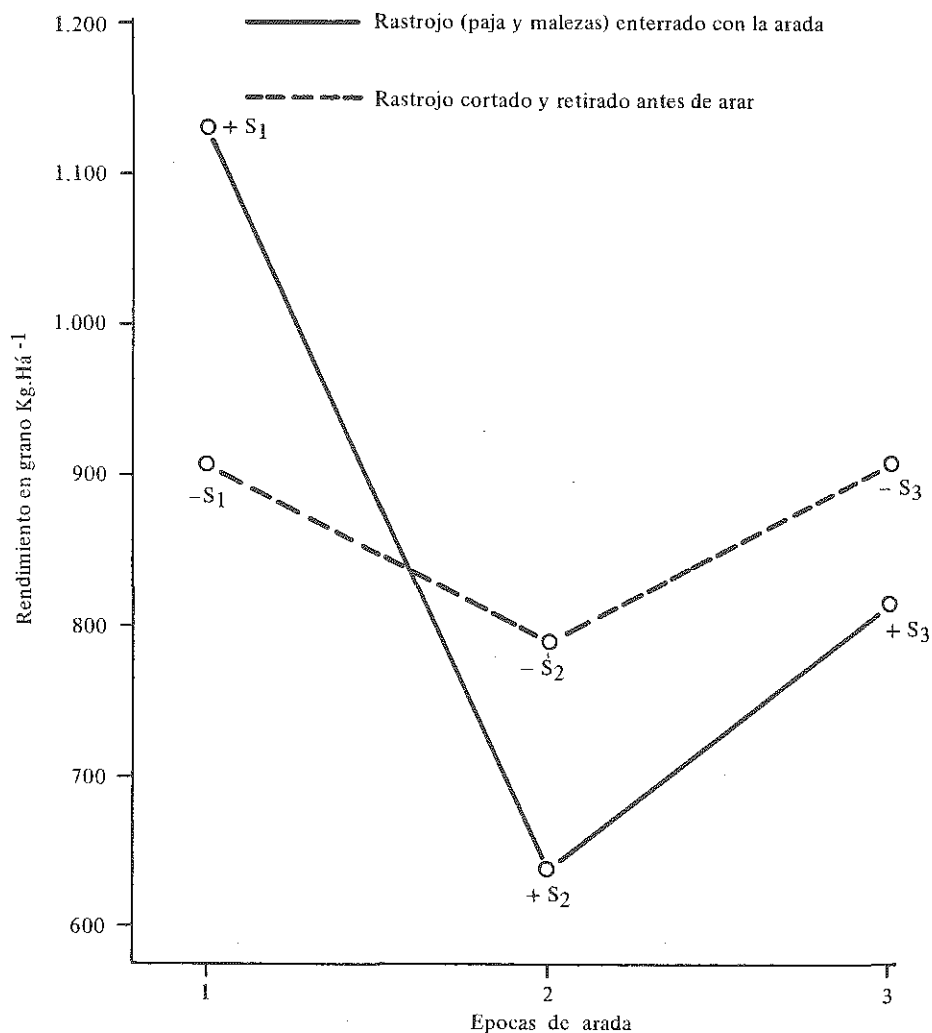


Figura No. 3 — Efecto de la época de arada y el manejo del rastrojo sobre los rendimientos en grano del trigo.

Cuadro No. 14 — Efecto del manejo del rastrojo en cada época de arada

- + Rastrojo (paja y malezas) enterrado con la arada.
- Rastrojo retirado de la parcela antes de arar.

Manejo del Rastrojo	Épocas de arada		
	1	2	3
+	1128	642	815
-	909	796	915
Diferencia*	+ 219	- 154	100

* Todas las diferencias son significativas. Dif. mínima significativa 10 % = 94 Kg.Há⁻¹.

Cuadro No. 15 — Efecto de la época de arada para cada manejo del rastrojo.

a) Comparación de los tratamientos + S₁, + S₂ y + S₃ mediante la prueba de Student, Newman y Keuls.

Tratamiento	+ S ₁	+ S ₃	+ S ₂
Rendimiento (Kg.Há ⁻¹)	1.128	815	642

b) Comparación de los tratamientos - S₁, - S₂ y - S₃ mediante la prueba de Student, Newman y Keuls.

Tratamiento	- S ₃	- S ₁	- S ₂
Rendimiento (Kg.Há ⁻¹)	915	909	796

Las medias subrayadas por una misma línea no difieren significativamente entre sí. Las medias no subrayadas por una misma línea difieren significativamente entre sí.

Al arar superficialmente, fue mejor enterrar el rastrojo, en el caso de la primera época, mientras que en las otras dos su eliminación condujo a mejores rendimientos.

Las diferencias entre ambos manejos del rastrojo dentro de una misma época fueron todas significativas (Cuadro No. 14).

Cuando el rastrojo se enterró al arar, la primera época fue significativamente superior a las otras dos (Cuadro No. 15 a). Cuando el rastrojo fue retirado previo a arar, las épocas uno y tres no difirieron significativamente entre sí (Cuadro No. 15 b).

Llama la atención el hecho de que la segunda época produjo en ambos casos rendimientos significativamente inferiores a los de la tercera. Esto podría deberse a que en esta época la arada se realizó estando el suelo excesivamente húmedo y/o a que la tercera época (a pesar de que se intentó siempre regular igual al arado) resultó en promedio unos 2 cm más profunda, según medidas efectuadas posteriormente a la realización de las aradas. En condiciones similares Labella (18) encontró que el rendimiento aumentaba con la profundidad en el caso de aradas tardías.

A pesar de que la eliminación del rastrojo mejoró los rendimientos en el caso de las labores tardías, el arar a fines de verano, enterrando el rastrojo, fue la mejor de las opciones en el caso de labores superficiales.

2. Efecto de la profundidad y de la doble arada

En el Cuadro No. 16 se comparan entre sí los cuatro tratamientos realizados en la primera época y el tratamiento con doble arada, y en la Figura No. 4 se muestra el efecto de la profundidad de arada y el manejo del rastrojo para la primera época.

Cuadro No. 16 – Comparación de los tratamientos +S₁, -P₁, +P₁, +SP y -S₁ mediante la prueba de Student - Newman - Keuls.

Tratamiento	+S ₁	-P ₁	+P ₁	+SP	-S ₁
Rendimiento (Kg.Há ⁻¹)	<u>1.128</u>	<u>1.109</u>	<u>998</u>	<u>993</u>	<u>909</u>

Las medias subrayadas por una misma línea no difieren significativamente entre sí. Las medias no subrayadas por una misma línea difieren significativamente entre sí.

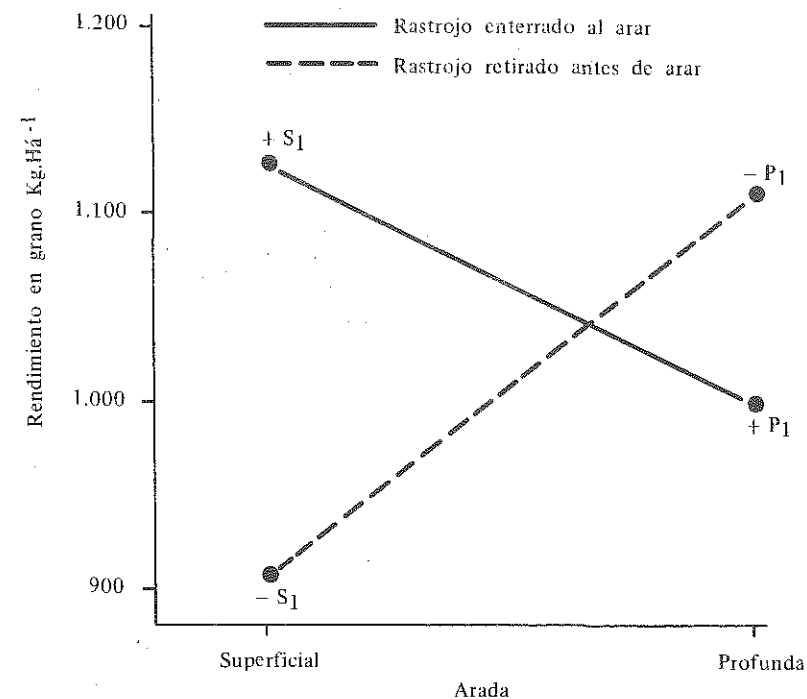


Figura No. 4 – Efecto de la profundidad de arada y el manejo del rastrojo en la primera época sobre el rendimiento del trigo.

Cuando se enterró el rastrojo, la arada superficial fue significativamente superior a la profunda. Cuando el rastrojo fue retirado sucedió lo inverso.

La doble arada no superó en forma significativa a ninguno de los tratamientos con una arada en primera época y fue significativamente inferior a +S₁ y -P₁. La diferencia mínima significativa al 10 % para comparar +SP con cualquier otro tratamiento es de 94 Kg.Há⁻¹.

b) Respuesta al nitrógeno

El análisis de variancia (Cuadro No. 13) mostró un efecto altamente significativo de los niveles de nitrógeno, siendo éste independiente de los niveles de los demás factores. En el Cuadro No. 17 se muestra la descomposición del efecto de nitrógeno en efecto lineal, cuadrático y cúbico. Sólo el primero fue significativo y la función que mejor ajustó para expresar rendimientos esperados en función del nivel de nitrógeno fue

$$Y = 791,123 + 2,3797 \cdot N$$

en donde: Y = rendimiento en Kg.Há⁻¹

N = unidades.Há⁻¹ de nitrógeno aplicadas a la siembra

Cuadro No. 17 – Descomposición del efecto de nitrógeno en efecto lineal, cuadrático y cúbico.

Origen de la variación	g.l.	Cuadrados medios	F	F de tablas 10 %
Nitrógeno	3	0,593	17,96	2,13
Lineal	1	1,764	58,80	2,78
Cuadrático	1	0,013	0,39	2,78
Cúbico	1	0,001	0,03	2,78
Error (b)	76	0,033		

A pesar de la ausencia de interacción entre nivel de nitrógeno y tratamiento de laboreo, los datos expuestos no permiten descartar totalmente la posibilidad de que en el efecto del laboreo haya intervenido la disponibilidad del nitrógeno del suelo. Siendo la respuesta lineal, e igual para todos los métodos de preparación del suelo, las diferencias entre sus rendimientos promedios podrían deberse a diferencia en el aporte de nitrógeno del suelo.

EXPERIMENTO V. Efecto de la época, profundidad y número de aradas en trigo después de pradera (1971)

I. Objetivos

El objetivo de este experimento fue determinar el efecto de la época, profundidad y número de aradas sobre el rendimiento del trigo y su respuesta al nitrógeno cuando se rotura una pradera mixta (con gramíneas y leguminosas) para la siembra del cereal. Esta información resultará de fundamental importancia para el correcto manejo de sistemas de cultivos en los que se usen las praderas mixtas como método para mantener el nivel de nitrógeno y las buenas propiedades físicas del suelo.

II. Materiales y Métodos

El experimento se realizó sobre un suelo de Pradera Negra (Argiudol típico) desarrollado sobre la formación Libertad en un potrero del Programa de Producción Animal de La Estanzuela, que tenía una pradera de trébol blanco (*Trifolium repens*) y festuca (*Festuca arundinacea*). El lugar hacía más de ocho años que no se araba y estaba muy invadido con "gramilla" (*Cynodon dactylon*).

En el Cuadro No. 18 se muestran algunas características del suelo:

Cuadro No. 18 – Algunas características del suelo.

Horizonte	Espesor (cm)	Textura*	pH**	Materia orgánica** (o/o)	Nitrógeno** (o/o)	Fósforo Bray P ₁ ** (ppm)
A ₁	25-30	Franco arcillo limoso	H ₂ O 6,0 KCl 5,0	3,1	0,26	8,4
B _{2t}	45-50	Arcillo limoso	—	—	—	—

* Apreciación al tacto

** Muestra compuesta tomada entre 0-15 cm.

Se probaron ocho formas diferentes de preparar el suelo y a cada una se le sobrepusieron cuatro niveles de nitrógeno. El diseño, tamaño de las parcelas y subparcelas, número de repeticiones y disposición y ancho de los caminos, fueron iguales que en el experimento IV.

A) Tratamientos de laboreo

Estos se exponen a continuación, en el Cuadro No. 19.

Cuadro No. 19 — Tratamientos de laboreo

Tratamiento	Símbolo	Descripción del tratamiento
1	S ₁	Una arada superficial y temprana
2	S ₂	Una arada superficial y tardía.
3	P ₁	Una arada profunda y temprana
4	P ₂	Una arada profunda y tardía
5	SS	Dos aradas, una temprana y otra tardía, ambas superficiales
6	PP	Dos aradas, una temprana y otra tardía, ambas profundas
7	SP	Dos aradas, la temprana superficial y la tardía profunda
8	PS	Dos aradas, la temprana profunda y la tardía superficial

El resto del laboreo fue similar en todas las parcelas y consistió en tres o cuatro pasadas con rastra de discos, las necesarias para dejar la tierra en condiciones de sembrar. Sólo el tratamiento P₂ necesitó cuatro disqueadas.

Las aradas tempranas se hicieron el día 11/3/71 (147 días antes de la siembra) y las tardías el día 16/6/71 (50 días antes de la siembra).

Las aradas superficiales tuvieron 13 a 16 cm de profundidad y las profundas 25 a 30 cm. En los tratamientos con dos aradas, ambas se hicieron en la misma dirección.

Los tratamientos del 1 al 4 surgen de la combinación factorial de dos épocas de arada por dos profundidades. Los tratamientos del 5 al 8 incluyen todas las posibles combinaciones dentro de aradas en dos épocas con dos posibles profundidades en cada una de ellas, pero en el análisis estadístico se consideran como cuatro tratamientos independientes.

B) Niveles de nitrógeno

Los niveles de nitrógeno sobrepuestos fueron 0, 20, 40 y 60 Kg.Há⁻¹. Todo el ensayo recibió una fertilización básica con fósforo a razón de 60 Kg de P₂O₅ por hectárea. No se aplicó potasio por la razón expuesta en el experimento anterior. Se usó el mismo arado, variedad, densidad de siembra y distancia entre líneas que en el experimento IV.

El ensayo se sembró el día 5/8/71.

C) Medidas realizadas

Se determinaron plantas por metro cuadrado al iniciarse el macollaje (determinación realizada el día 6/9/71) y rendimiento de grano en la misma forma que en el experimento IV.

III. Resultados y Discusión

A) Efecto del laboreo sobre la implantación del cultivo

En el Cuadro No. 20 se muestra el número promedio de plantas por metro cuadrado de los distintos tratamientos al iniciarse el macollaje, 30 días después de la siembra, y en el Cuadro No. 21 el análisis de variancia de dichos datos.

Cuadro No. 20 — Plantas por metro cuadrado al iniciarse el macollaje

Tratamiento	S ₁	S ₂	P ₁	P ₂	PP	SS	PS	SP
Plantas.m ⁻²	100	110	106	92	104	102	98	110

Cuadro No. 21 — Análisis de variancia de los datos de población de plantas al iniciarse el macollaje

Origen de la variación	g.l.	Cuadrados medios	F	F de tablas 10 %
Bloques	3	44,11	0,59	2,04
Tratamientos	7	38,64	0,52	
Error	21	74,95		
Total	31			

C.V. Trat.parcela = 8.5 %

Los tratamientos de laboreo no produjeron diferencias en el número de plantas establecidas. Este suelo tenía una estructura excelente, siendo fácil lograr una adecuada distribución de agregados en la sementera, independientemente del tratamiento de aradas.

En los tratamientos con una sola arada tardía (S_2 y P_2) quedaron muchos restos de gramilla (*Cynodon dactylon*) en superficie, y éstos molestaron durante la siembra, por atorarse entre los discos de la sembradora impidiendo un buen enterrado de la semilla. Sin embargo, esto no influyó en la implantación del cultivo.

B) Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento

En el Cuadro No. 22 se muestra el análisis de variancia de los datos de rendimiento en grano. Allí se observa que los únicos efectos significativos fueron el del número de aradas (una versus dos aradas), el efecto promedio del nitrógeno y la interacción entre el efecto de los distintos tratamientos con dos aradas y el del nitrógeno. La interacción entre tratamiento de laboreo y nivel de nitrógeno, sin embargo, tuvo un valor de F muy próximo al de significancia.

Cuadro No. 22 — Análisis de variancia de los datos de rendimiento

Origen de la variación	g.l.	Cuadrados medios	F	F de tablas 10 %
Bloques	3	316369	1,53	2,36
Trat. de laboreo (A)	7	283954	1,37	2,02
Una vs. dos aradas	1	827060	4,00	2,96
Epoca de arada (E)	1	422663	2,05	2,96
Profundidad (P)	1	427226	2,07	2,96
E x P	1	643	0,00	2,96
Trat. con dos aradas	3	100363	0,49	2,36
Error (a)	21	206520		
Niveles de N (B)	3	250494	3,25	2,18
N x laboreo	21	116376	1,51	1,53
N x Fact. (P x E)	9	88967	1,06	1,74
E x N	3	58874	0,70	2,18
P x N	3	107080	1,27	2,18
P x E x N	3	100947	1,20	2,18
Trat. 2 aradas x N	9	146267	1,74	1,73
Una vs. dos aradas x N	3	108827	1,29	2,18
Error (b)	66	84181		

C.V. Trat.parcela grande = 27 %

C.V. Trat.parcela chica = 17 %

a) Efecto del número de aradas

Los tratamientos con dos aradas rindieron en promedio un 10 % más que aquellos con sólo una. En la Figura No. 5 se observa que hubo una variación considerable en rendimientos, tanto dentro de los tratamientos con una arada como en aquellos con dos. Entre los que incluyen una arada, en ambas épocas, la arada profunda dio un rendimiento superior a la superficial. El efecto de profundidad, sin embargo, no fue significativo. Dentro de los tratamientos con dos aradas tampoco hay diferencias significativas entre sus rendimientos promedios (Cuadro No. 22). Sin embargo, se observa (Figura No. 5) que el tratamiento que no incluyó ninguna arada profunda (SS) rindió por debajo del nivel de los demás.

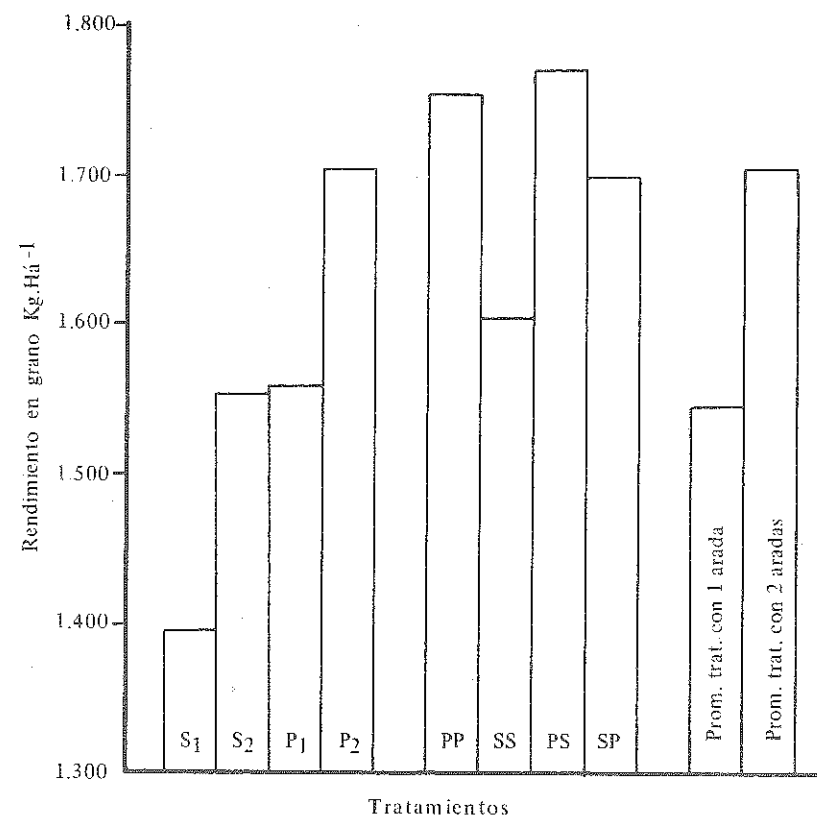


Figura No. 5 — Rendimiento de los distintos tratamientos de laboreo promediados sobre los cuatro niveles de nitrógeno.

Por este motivo (Cuadro No. 23) se comparó mediante prueba F el promedio de todos los tratamientos que incluyeron una o más aradas profundas (P₁, P₂, PP, SP y PS) con el de aquellos que no incluyeron ninguna arada profunda (S₁, S₂ y SS). Sin embargo, el contraste no fue significativo (Cuadro No. 23) con el test aplicado, debido al alto valor del error. Si este contraste se hubiese probado dentro del análisis de variancia, hubiese sido significativo.

Cuadro No. 23 — Prueba F del contraste 3 (P₁ + P₂ + PP + PS + SP) — 5 (S₁ + S₂ + SS)

Origen de la variación	g.l.	Cuadrados medios	F	F de tablas 10 %
Contraste	1	1069410	0,74	5,54
Error *	3	1453838		

* Si llamamos L_i al valor del contraste estudiado en el bloque i, el error usado es el S₂ de L_i estimado a partir del valor de L_i en cada bloque.

b) Efecto de la fertilización nitrogenada

La fertilización con nitrógeno afectó significativamente los rendimientos (Cuadro No. 22). Pero, mientras dentro de los tratamientos con una sola arada el efecto del nitrógeno fue independiente del tratamiento de laboreo, dentro de aquellos con dos aradas hubo interacción significativa entre el efecto de los tratamientos de laboreo y el del nitrógeno.

En el Cuadro No. 24 se comparan las medias correspondientes a cada nivel de nitrógeno promediadas sobre los cuatro tratamientos con una arada.

En el Cuadro No. 25 se comparan las medias correspondientes a cada nivel de nitrógeno para cada uno de los tratamientos de laboreo con dos aradas.

Cuadro No. 24 — Comparación de los distintos niveles de nitrógeno dentro de los tratamientos con una arada mediante la prueba de Student-Newman - Keuls.

Niveles de N	0	20	40	60
Rendimiento (Kg.Há ⁻¹)	1.401	1.520	1.662	1.664

Las medias subrayadas por una misma línea no difieren significativamente entre sí. Las medias no subrayadas por una misma línea difieren significativamente entre sí.

Cuadro No. 25 — Comparación de los distintos niveles de nitrógeno dentro de cada uno de los tratamientos con dos aradas mediante la prueba de Student - Newman - Keuls.

Tratamiento PP				
Nivel de N	20	40	0	60
Rendimiento (Kg.Há ⁻¹)	1.459	1.686	1.808	2.091
Tratamiento SS				
Nivel de N	0	60	20	40
Rendimiento (Kg.Há ⁻¹)	1.359	1.611	1.751	1.739
Tratamiento PS				
Nivel de N	20	40	60	0
Rendimiento (Kg.Há ⁻¹)	1.736	1.767	1.769	1.821
Tratamiento SP				
Nivel de N	20	60	40	0
Rendimiento (Kg.Há ⁻¹)	1.507	1.682	1.756	1.884

Las medias subrayadas por una misma línea no difieren significativamente entre sí. Las medias no subrayadas por una misma línea difieren significativamente entre sí.

Mientras que dentro de los tratamientos de una arada la aplicación de nitrógeno aumentó significativamente los rendimientos, dentro de los tratamientos con dos aradas, en ningún caso, algún nivel de nitrógeno superó significativamente al nivel cero.

Esto muestra que la disponibilidad de nitrógeno fue mayor en los tratamientos con dos aradas y que la superioridad de estos tratamientos se debió en parte a una mayor disponibilidad de este nutriente. En la Figura No. 6 se observan los rendimientos promedios de los tratamientos con una y dos aradas a los cuatro niveles de nitrógeno usados. Las dobles aradas rindieron en promedio un 23 % más que las aradas únicas al nivel cero de nitrógeno, pero sólo un 7 % más al nivel 60.

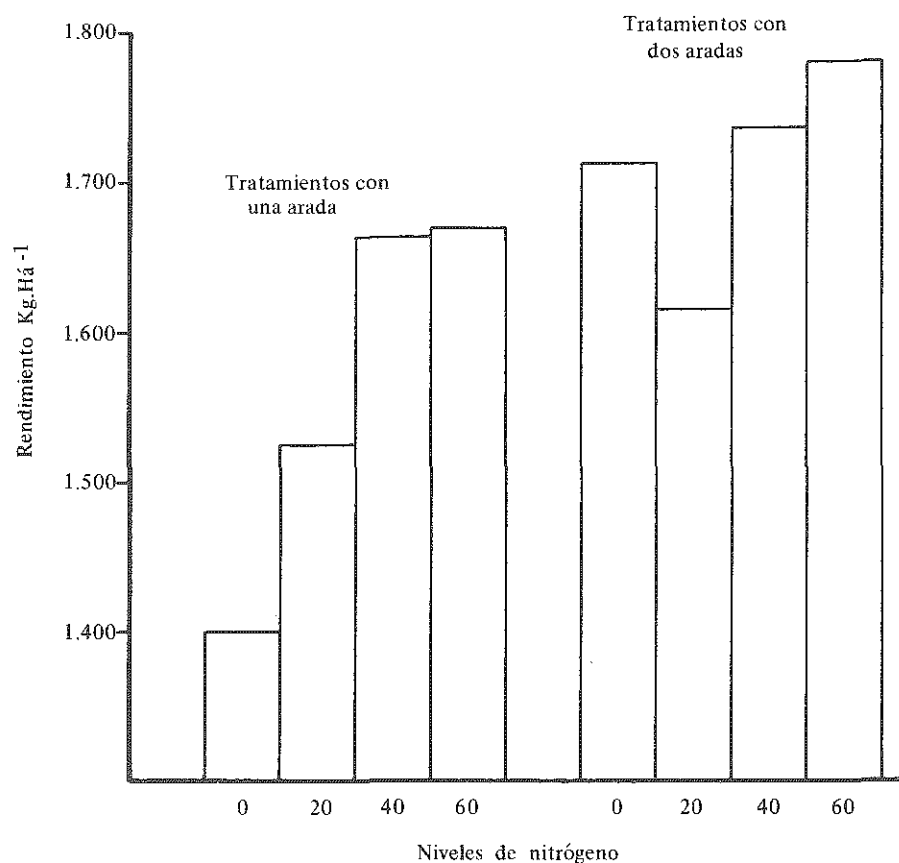


Figura No. 6 — Rendimiento promedio de los tratamientos de laboreo con una y con dos aradas para cada uno de los niveles de nitrógeno usados.

Aparentemente, la interacción (Laboreo x N) dentro de tratamientos con doble arada se debió al tratamiento PP en el que los niveles 20 y 60 difirieron significativamente entre sí, mientras dentro de los demás tratamientos no hubieron efectos significativos del nitrógeno (Cuadro No. 25). La interacción número de aradas por nivel de nitrógeno (una vs. dos aradas x N, en el Cuadro No. 22) no fue significativa, posiblemente debido a que no fue similar la respuesta al nitrógeno dentro de los distintos tratamientos con dos aradas. De ese modo la respuesta promedio dentro de tratamientos con una arada no difirió significativamente de la observada dentro de tratamientos con dos aradas.

DISCUSION GENERAL Y CONCLUSIONES

De los cinco experimentos descritos, cuatro de ellos (I, II, III y IV) se realizaron sobre chacras que venían siendo destinadas, desde muchos años atrás, a agricultura, mientras que el experimento V fue realizado sobre una pradera vieja que fue usada siempre para pastoreo de bovinos. Evidentemente se trata de condiciones iniciales distintas, con problemas de preparación del suelo también distintos. Será diferente la compactación de la capa arable (Labella, 18), el efecto del sistema radicular de los pastos, que tiende a mantener unido al pan de tierra, la naturaleza de los residuos enterrados y el grado de agregación del suelo. Es lógico entonces discutir los resultados obtenidos en chacras viejas separadamente del experimento sobre praderas.

I) Preparación de chacras viejas

A) Efecto de la profundidad de arada

En el experimento I la inclusión de una arada profunda en la preparación del suelo aumentó los rendimientos en un 34 %. En el experimento IV (ver Cuadro No. 16), sin embargo, no fue necesaria una labor profunda para alcanzar los máximos rendimientos. Labella (18), en un experimento en que se estudió el efecto de la época, profundidad y número de aradas al preparar un rastrojo de trigo, del año anterior, para la siembra de trigo, también encontró que no era necesario la realización de una arada profunda para alcanzar los máximos rendimientos. En dicho ensayo, al igual que en el experimento IV, la arada superficial temprana (14 a 18 cm de profundidad, realizada a fines del verano) enterrando el rastrojo, fue el tratamiento más rendidor, y el tratamiento con dos aradas superficiales rindió 112 Kg.Ha⁻¹ (60%) más que el tratamiento con la primera arada profunda (25 a 30 cm) y la segunda superficial, aunque dicha diferencia no fue significativa al nivel de significación usado (50%).

Probablemente la respuesta a la arada profunda, obtenida en el experimento I, está relacionada a la "suela de arado" observada en la chacra y en chacras que no presentan esta capa compactada, pueden obtenerse los máximos rendimientos con aradas de unos 15 cm de profundidad.

Cabría sin embargo la posibilidad de que el resultado del experimento I estuviese relacionado a las características del rastreo arado. La respuesta a la profundidad de arada, en ausencia de "suela de arado", mostró estar afectada por el manejo del rastreo (ver Figura No. 4).

Labella (18) mostró que, por lo menos bajo las condiciones de su ensayo, el efecto de la profundidad de arada interaccionaba con el de la época. En las aradas tempranas (fines de verano) la arada superficial (14 a 18 cm) superó significativamente a la arada profunda (25-30 cm). En las aradas tardías (junio), sin embargo, ocurrió lo inverso y la arada profunda tardía (2.117 Kg.Há⁻¹) no difirió significativamente de la superficial temprana (2.185 Kg.Há⁻¹).

Evidentemente será de gran interés, tanto práctico como teórico, aclarar en futuros experimentos cómo actúan en forma conjunta las variables época, profundidad de arada y manejo del rastreo.

B) Efecto del número y época de arada cuando se trabaja a profundidad normal (alrededor de 15 cm de profundidad)

No siendo necesario, en general, una labor profunda, es importante saber que número de aradas deben hacerse y en qué oportunidad, para obtener el máximo rendimiento cuando se trabaja a profundidad "normal". La profundidad, llamada "superficial" en los experimentos descritos y que osciló alrededor de los 15 cm, es aproximadamente la profundidad "normal" a que aran los productores de cereales en las zonas agrícolas del Uruguay. La información deseada puede obtenerse comparando los tratamientos de arada temprana "superficial", tardía "superficial" y doble arada en los experimentos II, III y IV (S₁, S₂ y SS en experimentos II y III y +S₁, +S₂, +S₃ y +SP en el IV). En todos estos casos el rastreo fue enterrado con la arada. El uso de +SP o SS indistintamente como tratamiento de doble arada se justifica ya que Labella (18), encontró que estos tratamientos no diferían significativamente entre sí.

La arada tardía fue siempre significativamente inferior a la arada temprana y a la doble arada, por lo menos cuando se aplicaron más de 40 Kg de P₂O₅ (Cuadros No. 7 y No. 16 y Figura No. 1). Sólo en el experimento III, cuando no se fertilizó y el nivel de fósforo limitaba seriamente el rendimiento, la arada tardía no difirió significativamente de la temprana o la doble arada.

La doble arada superó significativamente la arada única temprana en el experimento III, pero sólo cuando se fertilizó con nitrógeno. Por otra parte, la diferencia fue pequeña (233 Kg.Há⁻¹, lo que equivale a un 8 o/o): En el experimento II la arada temprana no difirió significativamente de la doble arada y en el experimento IV

la arada superficial temprana, cuando se enterró el rastreo (+S₁), fue significativamente superior a la doble arada (+SP). En el Cuadro No. 26 se sintetizan estos resultados.

Cuadro No. 26 – Efecto del número y época de arada

Experimento y nivel de fertilización	Arada temprana	Doble arada	Arada tardía
II. Promediado sobre todas las dosis usadas	2.115	2.024	1.762
III. 40–40 Kg . Há ⁻¹ de N y P ₂ O ₅ , respectivamente.	2.947	3.180	2.528
IV. Promediado sobre todas las dosis usadas	1.128*	993**	728***
Promedio	2.073	2.065	1.672

* Tratamiento + S₁

** Tratamiento + SP

*** Promedio de + S₂ y + S₃

A partir de estos tres ensayos es de esperar rendimientos similares con dos aradas (una a fines de verano y otra luego de mediados de mayo) que con una única arada a fines de verano. No se justificaría entonces, hacer dos aradas, a menos que alguna grave infección de malezas haga imposible preparar la tierra sólo con disquera. Sin embargo, durante la ejecución de estos ensayos se observó que las malezas que suelen aparecer se controlan bien con disquera, no siendo necesario hacer la primera disqueada hasta por lo menos dos meses después de la arada.

La arada tardía condujo sistemáticamente a rendimientos menores. Esta práctica presenta, además, una serie de inconvenientes que no se reflejan en los datos presentados. Quien se dispone a arar sus chacras para trigo a partir de fines de verano, evidentemente va a tener la mayor probabilidad de poder sembrar en la mejor época. El productor que inicia la preparación de sus tierras a partir de mayo, corre un grave riesgo de llegar a la mejor época de siembra sin tener las chacras prontas. Los tratamientos de arada tardía, en todos los ensayos, requirieron además, una o dos disqueadas extras.

C) Efecto del manejo del rastrojo

Este factor fue estudiado sólo en el experimento IV. La cantidad de residuos en el lugar del ensayo, según medidas realizadas previamente a la ejecución de las primeras aradas, fue de 7.770 Kg.Há⁻¹. No se determinó qué proporción era paja de trigo y cuál malezas. El desarrollo de malezas era, sin embargo, muy grande.

Bajo las condiciones de este ensayo el manejo del rastrojo interaccionó con la época (Figura No. 3). y con la profundidad de arada (Figura No. 4).

Introducir en el suelo 7.700 Kg.Há⁻¹ de materia seca a fines del verano, fue beneficioso cuando los residuos se dispusieron a la profundidad y en la forma en que los emplaza una arada de 13-15 cm de profundidad, pero fue perjudicial cuando se les colocó en la profundidad y en la forma en que lo hace la arada profunda. En la primera época, cuando no hubo residuos, los rendimientos aumentaron con la profundidad de arada (Figura No. 4 y Cuadro No. 16), pero ocurrió lo contrario cuando éstos estuvieron presentes. De acuerdo a estos datos podría plantearse la hipótesis de que existe un efecto beneficioso para el cultivo al aumentar la profundidad en la medida en que se afloja el suelo. Cuando no se retiran los residuos a este efecto se superpondría un efecto perjudicial relacionado al emplazamiento de los restos orgánicos. Por esta razón el tratamiento + P₁ dio un rendimiento significativamente inferior a - P₁.

Si bien fue beneficioso enterrar los residuos con una arada superficial, a fines del verano, fue perjudicial hacerlo a menos de 68 días de la siembra (Figura No. 3 y Cuadro No. 15).

Evidentemente la ubicación y grado de descomposición de los residuos orgánicos afectan los rendimientos del trigo. La información obtenida, sin embargo, es insuficiente para comprender exactamente en qué forma y mediante qué mecanismo lo hacen.

La bibliografía cita efectos perjudiciales sobre los cultivos cuando se interrumpe la continuidad entre la capa arada y el subsuelo por residuos vegetales, Hénin (15) y Jamison (17). Esto ocurre cuando se ara superficialmente debido a que la inversión del pan de tierra es casi total.

Hénin (15) cita dos observaciones de casos en que una capa de residuos orgánicos perjudicaban a un cultivo limitando el pasaje de raíces. El primer caso se refiere a un cultivo de maíz sembrado sobre un rastrojo de trigo. El maíz con arada a 40 cm tuvo un desarrollo muy superior al sembrado sobre arada de 20 cm de profundidad. El examen del perfil mostró que en el caso de la labor a 20 cm las raíces tenían limitado su desarrollo por la capa de 10 a 20 cm en que se encontraba la masa de paja enterrada. En esta zona se desarrollaron síntomas de gleyzación lo que indicaba una aireación deficiente. En el caso de la labor profunda la paja se repartió en un mayor espesor, no afectándose el desarrollo radicular.

El segundo caso se trataba de dos aradas a la misma profundidad sobre un rastrojo de trigo. Parte se aró en otoño y parte en primavera. En el momento en que se observó el cultivo había una diferencia de desarrollo muy grande a favor de la labor de otoño. El estudio del perfil permitió observar que en el caso de la arada tardía una masa importante de paja y malezas interfirió con el desarrollo radicular. Esta información concuerda con lo observado por Labella (18) que en el caso de arada tardía, la arada profunda (25-30 cm) superó a la superficial (14-18 cm) mientras en las aradas tempranas ambas profundidades no difirieron significativamente entre sí. Está de acuerdo también con el efecto beneficioso de eliminar el rastrojo, observado en las aradas tardías. En la arada superficial temprana, el enterrar el rastrojo no tendría efectos perjudiciales por estar éste suficientemente descompuesto en el momento de la siembra. Parker et al. (28) y Unger y Parker (35), trabajando en el laboratorio e invernáculo, y McCalla y Duley (23) y Parker (27), trabajando en condiciones de campo, demostraron que los residuos se descomponen mucho más rápidamente dentro del suelo que sobre él. El efecto beneficioso de enterrar al residuo temprano con una arada superficial podría derivar de efectos relacionados a su estado de descomposición.

Quedan, sin embargo, algunas interrogantes sin explicar. Es el caso del efecto perjudicial de enterrar los residuos con una arada temprana y profunda.

D) Respuesta a la fertilización

Se incluyeron en estos experimentos diferentes tratamientos de fertilización con el objeto de detectar posibles efectos del laboreo sobre la disponibilidad de nutrientes del suelo. Las respuestas observadas a la aplicación de un fertilizante completo (experimento I) o a fósforo y nitrógeno en presencia de fósforo (experimento III) y al nitrógeno en presencia de fósforo (experimento IV) coinciden con la respuesta sistemática de este cultivo a la aplicación de nitrógeno y fósforo sobre chacras viejas, Castro et al. (12) y Reynaert y Castro (30).

La falta de respuesta observada en el experimento II evidentemente debe relacionarse a altos niveles de nitrógeno y fósforo debido a la fijación efectuada por el trébol rojo y el efecto residual del fósforo aplicado a dicha forrajera.

Sólo en el experimento III se observó interacción significativa entre los tratamientos de laboreo y la fertilización. En este caso (ver Cuadro No. 7) los datos indican que la disponibilidad del nitrógeno del suelo fue en la arada tardía menor que en la temprana y en la doble arada. Este es el único experimento realizado hasta el presente en el país, bajo estas condiciones de manejo anterior de la chacra, en que se observó un efecto de laboreo sobre la disponibilidad del nitrógeno. En el experimento de Labella (18), ya citado, no se encontró tampoco interacción entre tratamientos de laboreo y fertilización. En dicho ensayo los tratamientos de laboreo fueron similares a los del experimento V (repetidos con arado de rejas y de discos) y los de fertilización superpuestos 0-0-0, 0-60-40, 40-60-40 y 80-60-40 Kg.Há⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente.

La incorporación al suelo de un residuo de alta relación carbono/nitrógeno provoca un proceso de inmovilización (Black, 5) de nitrógeno, por lo que podría esperarse una menor disponibilidad en el caso de una arada tardía. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que la paja de trigo enterrada con las aradas tardías ya hace varios meses (cinco o seis) que está sobre el campo. McCalla y Duley (23) muestran datos en que la paja de trigo dejada sobre el suelo puede sufrir una descomposición considerable en término de seis meses. En un experimento, el porcentaje de residuo sin descomponer en dicho período fue del 33, 51 o 71 % según se hubiesen dejado dos, cuatro u ocho toneladas por hectárea, respectivamente. Parker (27), trabajando con residuos de maíz aplicados a razón de tres toneladas por acre, encontró que se descomponía un 50 % al término de 20 semanas, cuando se le dejaba sobre el suelo, y un 65 % cuando se le enterraba. La relación C/N del residuo en superficie bajó de 57 a 30. Parker y colaboradores (28), en una serie de experimentos de laboratorio, también observaron que aunque la descomposición progresa más rápido cuando el residuo se incorpora al suelo, igual se produce una descomposición apreciable de los residuos en superficie, y que por lo menos bajo algunas circunstancias, el nitrógeno del suelo puede ser transportado hacia los residuos en superficie e inmovilizado en ellos cuando se necesita más nitrógeno que el presente para su descomposición. Este fenómeno, sin embargo, no fue confirmado por Parker (27) en condiciones de campo.

La bibliografía indica que los residuos ubicados sobre la superficie del suelo pueden sufrir una descomposición considerable en el término de unos seis meses. Por lo tanto, no es de esperar, en los tratamientos de aradas tardías, una inmovilización apreciable debido a la paja enterrada. Debe recordarse, sin embargo, que al arar también se entierra un volumen variable de malezas, que son residuos frescos. El efecto debido a éstas podría variar según su cantidad y naturaleza.

II) Preparación de praderas

Se dispone de sólo un ensayo bajo estas condiciones. En éste la respuesta al laboreo fue diferente a la obtenida en chacras viejas. Esto mismo fue observado por Marchesi (21) comparando dos ensayos realizados sobre un mismo suelo, uno sobre chacra vieja (rastroy de trigo) y otro sobre una pradera de alfalfa vieja, que estaba muy invadida por gramilla (*Cynodon*).

Bajo estas condiciones, las dobles aradas superaron en promedio a las aradas simples. La mayor parte de esta superioridad se debió a una mayor disponibilidad de nitrógeno, ya que la aplicación de 60 unidades por hectárea disminuyó las diferencias de un 23 % a un 7 %.

Cuando se hace una rotación de cultivos con praderas con leguminosas, en general se desea aprovechar al máximo el nitrógeno fijado por la pastura. Bajo las condiciones de este experimento esto se logró haciendo dos aradas.

En el experimento sobre praderas mostrado por Marchesi (21), dentro de los tratamientos con una arada (que eran similares a los del experimento V) se observó que las aradas profundas superaron a las superficiales en ambas épocas. Si bien el efecto de profundidad de arada no fue significativo en el experimento V, la tendencia observada concuerda con esta información.

III) Efecto del laboreo sobre la implantación

En los experimentos IV y V se vio que el laboreo no afectó la implantación del cultivo a pesar de que en el experimento IV las aradas de tercera época tuvieron una sementera mala, con abundancia de terrones grandes.

Las condiciones de humedad del suelo, posteriores a la siembra, fueron buenas. Tal vez no ocurra lo mismo en años en que las condiciones climáticas no sean tan favorables en dicho período.

IV) Conclusiones

En este apartado se sintetizan las principales conclusiones expuestas a través de este artículo. Como las exigencias respecto a la preparación del suelo son diferentes según se trate de una pradera o una chacra "vieja" deben separarse ambas situaciones.

Chacras viejas

1. No fueron necesarias, en general, aradas de más de 15 cm de profundidad para obtener los máximos rendimientos bajo estas condiciones. Sólo ante la presencia de una manifiesta "suela de arado" se observó respuesta a un laboreo más profundo (25 a 30 cm).
2. Una arada de unos 15 cm de profundidad a fines del verano fue tan o más efectiva que dos aradas (una a fines del verano y otra en mayo o junio).
3. La preparación tardía del suelo redujo sistemáticamente los rendimientos. La arada tardía tiene, además, otros inconvenientes tales como reducir la probabilidad de poder sembrar en la mejor época y la necesidad de más labores complementarias para el logro de una sementera aceptable.
4. Cuando se aró a una profundidad "normal" (13-15 cm) la eliminación del rastroy antes de arar disminuyó los rendimientos en el caso de arada temprana, pero los aumentó en el caso de las tardías. Este efecto del manejo del rastroy no estuvo relacionado con la disponibilidad de nitrógeno. La eliminación del rastroy, en el caso de las aradas tardías, no compensó los malos rendimientos obtenidos con esta práctica.

5. El manejo del rastrojo interacciona con la época y la profundidad de arada. La información hasta ahora obtenida no nos permite conocer cuál es el modelo general que explica este comportamiento ni mediante qué mecanismos actúa.
6. La respuesta al nitrógeno no parece, en general, depender del laboreo.

Praderas

No se dispone bajo estas condiciones de tanta información como en el caso anterior. Tanto los datos experimentales mostrados, como la bibliografía, indican que bajo nuestras condiciones es conveniente realizar dos aradas durante la preparación del suelo: la primera a fines del verano y la segunda alrededor de mayo.

BIBLIOGRAFIA

1. ALLMARAS, R.R. et al. Aggregate size distribution in the row zone of tillage experiment. *Soil Science Society of America Proceedings* 29 (6):645-650. 1965.
2. ANDERSON, D.T. The cultivation of wheat. In *Canadian Wheat Symposium, 100th, Saskatoon, 1967. Proceedings. Saskatoon, Modern Press, 1967. pp. 333-355.*
3. BARBER, S.A. Effect of tillage practice on corn (*Zea mays* L.) root distribution and morphology. *Agronomy Journal* 63 (5):724-726. 1971.
4. BAVER, L.D. *Soil physics. 3 ed. New York, Wiley. 1956. pp. 385-427.*
5. BLACK, C.A. *Soil-plant relationships. 2ed. New York, Wiley, 1967. pp. 405-557.*
6. BOND, J.J., POWER, J.F. y WILLIS, W.O. Tillage and crop residue management during seedbed preparation for continuous spring wheat. *Agronomy Journal* 63 (5):789-793. 1971.
7. BRIND, D.W. Some recent work on depth plowing. *Soils and Fertilizers* 20:1190-1221. 1957.
8. BROWNING, G.M. et al. Tillage practices in relation to soil and water conservation and crop yields in Iowa. *Soil Science Society of America Proceedings* 9:241-247. 1944.
9. _____ y NORTON, R.A. Tillage practices on selected soils in Iowa. *Soil Science Society of America Proceedings* 10:461-468. 1945.
10. BURWEL, R.E., ALLMARAS, R.R. y AMEMIYA, M. A field measurement of total porosity and surface microrelief of soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 27 (6):697-700. 1967.
11. DE JONG, E. y RENNIE, D.A. Physical soil factors influencing the growth of wheat. In *Canadian Wheat Symposium, 100th, Saskatoon, 1967. Proceedings. Saskatoon, Modern Press, 1967. pp 61-132.*
12. CASTRO, J.L., PEREZ SANABRIA, J. y ZAMUZ, E.M. de. Fertilización nitrogenada del trigo. La Estanzuela, Uruguay. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger". *Boletín Técnico* No. 16. 1972. 32 p.

13. DE LEENHEER, L. y DE BOODT, M. Est-il indiqué d'améliorer la structure du sol par un labour profond ou par un labour normal avec sous-solage?. Proc. Int. Symp. Soil Struct. pp 154-165. 1958.
14. C.I.D.E. Los Suelos del Uruguay, su uso y manejo. Montevideo, 1967. 85 p.
15. HENIN, S. et al. Le profil cultural; principes de physique du sol. Paris, Société des Ingénieurs Agricoles, 1960. 320 p.
16. HOBBS, J.A. et al. Deep tillage effects on soils and crops. Agronomy Journal 53 (5): 313-316. 1961.
17. JAMISON, C.V. Water movement restriction by plant residues in a silt loam soil. In Congress of Soil Science, 7th, Madison, 1960. Madison Wisconsin, 1960. V.1, pp 464-472.
18. LABELLA, S.J. Laboreo para trigo. I. Trigo sobre rastrojo de trigo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Universidad, Facultad de Agronomía, 1970. 33 p.
19. LARSON W.E. Important soil parameters for evaluating tillage practices in the United States. Netherlands Journal of Agricultural Science 2(2):100-109. 1963.
20. LAWTON, K. y BROWNING, G.M. The effect of tillage practices on the nutrient content and yield of corn. Soil Science Society of America Proceedings 13:311-317. 1948.
21. MARCHESI, E. Laboreo. In _____ et al. El trigo en el Uruguay. Montevideo, Universidad, 1971. pp. 29-55.
22. MASSEE, T.W. y SIDDOWAY, F.H. Fall chiselling for annual cropping of spring wheat in the intermountain dryland region. Agronomy Journal 61 (2):177-182. 1969.
23. Mc CALLA, T.M. y DULEY, F.L. Desintegration of crop residue as influenced by sub-tillage and plowing. Journal of the American Society of Agronomy 35 (4): 306-315. 1943.
24. Mc LEAN, S.P. The effect of date of ploughing and type of cultivations upon winter wheat. Experimental Husbandry 13 (1): 39-43. 1966.
25. OVESON, M.M. y HALL, W.E. Longtime tillage experiments on eastern Oregon wheat land. Oregon, Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin No. 39. 1957.
26. PEARSON, R.W. Soil environment and root development. In Pierre, W.M. et al. ed. Plant environment and efficient water use. Madison, American Society of Agronomy. 1965. pp. 95-126.
27. PARKER, D.T. Descomposition in the field of buried and surface applied cornstalk residue. Soil Science Society of America Proceedings 26 (6):559-562. 1962.
28. _____, LARSON, W.E. y BARTHOLOMEW, W.M. Studies of nitrogen tie-up as influence by location of plant residues in soils. Soil Science Society of America Proceedings 21 (6):608-612. 1957.
29. PHILLIPS, R.E. y KIRKHAM, D. Soil compaction in the field and corn growth. Agronomy Journal 54 (1):29-34. 1962.
30. REYNAERT, E.E. y CASTRO, J.L. Los requerimientos de fósforo en la fertilización de trigo en algunos suelos del Uruguay. La Estanzuela, Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger". Boletín Técnico No. 10. 1969. 22p.
31. RUCKS, C. Situación actual del cultivo de trigo en el área de influencia de la Estación Experimental de Paysandú. In Marchesi, E. et al. El trigo en el Uruguay. Montevideo, Universidad, 1971. pp. 117-125.
32. SINGH, K. y POLLARD, A.G. Relationship between soil structure, soil cultivation, nitrogen uptake and crop growth. III. Effects of cultivation on the porosity of soil and its compactness and crop development and yields. Journal of the Science of Food and Agriculture 9:454-462. 1958.
33. _____ y _____. Relationship between soil structure, soil cultivation, nitrogen uptake and crop growth. IV. Effects of cultivation on nitrate accumulation in soil, nitrogen uptake and crop growth. Journal of the Science of Food and Agriculture 9:463-472. 1958.
34. SMIKA, D.E. y WICKS, G.A. Soil water storage during fallow in the central great plains as influenced by tillage and herbicide treatments. Soil Science Society of America Proceedings 32 (4):591-595. 1968.
35. UNGER, P.W. y PARKER, J.J. Residue placement effects on descomposition, evaporation and soil moisture distribution. Agronomy Journal 60 (5):469-472. 1968.

*Impreso en el Ministerio de Ganadería y Agricultura
Dirección de Suelos y Fertilizantes
Garzón 456
Montevideo, República Oriental del Uruguay*

Depósito Legal No. 66.597

