

CRITERIOS GENERALES A CONSIDERAR EN EL LABOREO DE SUELOS PARA CULTIVOS DE VERANO

OSWALDO ERNST¹

INTRODUCCION

El laboreo de suelos es una práctica de manejo que tiene como objetivos generales el control de malezas, incremento de la disponibilidad de nutrientes, descompactación del suelo, preparación de una semenera adecuada para el trabajo de los sistemas de siembra convencionales, manejo del agua.

Estos son válidos para la siembra de cualquier cultivo pero su importancia relativa varía con la estación de crecimiento (verano o invierno), las características climáticas de la región, la fertilidad de los suelos, la historia agrícola, entre otras. Así, por ejemplo, en zonas semi-áridas, almacenar agua en el suelo es tan importante para la producción de cultivos de invierno como para los de verano. En regiones como la nuestra, con mayor pluviosidad, esto pierde importancia en invierno y el manejo de la fertilidad es más relevante.

En nuestro país, la investigación en laboreo para cultivos de verano tiene un desarrollo sensiblemente menor que en invierno. En este trabajo se discuten criterios generales con la información disponible a nivel nacional, y se completa con resultados extranjeros en aquellos temas básicos que resultan importantes para comprender la problemática planteada por el manejo de suelos para cultivos de verano.

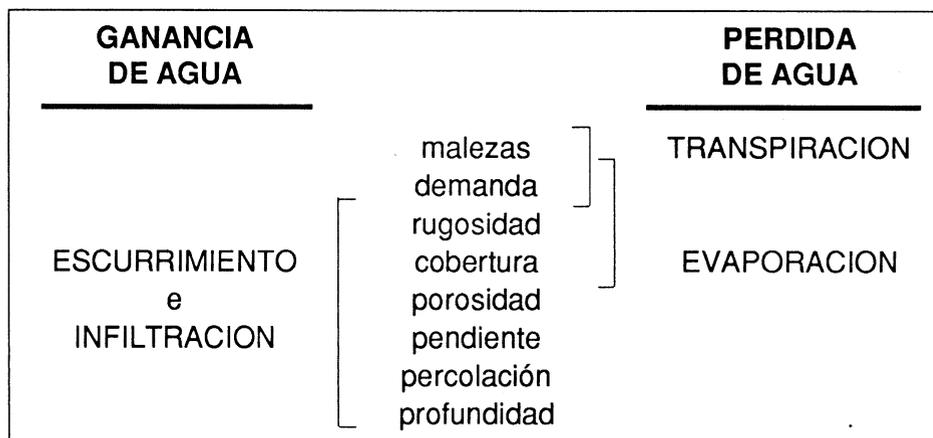
PLANTEO DEL PROBLEMA

El Uruguay se ubica en una zona subhúmeda, sin una estación de lluvias definida, pero con una importante variación estacional en la evapotranspiración (ETP). Los valores medios de precipitación y ETP, permiten identificar períodos de déficit de agua en el suelo (noviembre - marzo), recarga del perfil (marzo - mayo) y de exceso (mayo-octubre)⁽¹⁾.

El desarrollo de los cultivos de verano se produce en un período en que, por demanda, debe esperarse déficit de agua. Por lo

¹ Ingeniero Agrónomo, Cátedra de Cereales y Cultivos Industriales, EEMAC.

⁽¹⁾ Corsi, W. 1982.



Cuadro 1.- Efecto del laboreo sobre la infiltración y escurrimiento de agua. (Sin rastrojo en superficie)

Tratamiento	porosidad	rugosidad	(1)		(2)	
			escurrimiento inicio	5cm	infiltración inicio	5cm
No laboreo	8.0	0.6	8.1	18.2	0.9	2.1
Arado	13.9	5.7	80.4	18.2	9.3	2.1
Arado+afinado	10.6	1.5	21.0	18.2	2.4	2.1
Cinzel	11.3	3.5	57.4	20.2	6.7	2.1

Fuente: Burwell y Larson, 1969

(1).-Energía de la lluvia necesaria para escurrimiento(MJ/Ha)

(2).-Infiltración acumulada hasta inicio del escurrimiento y luego de 5 cm de agua escurrida.

tanto, incrementar su reserva en el suelo previo a la siembra aparece como una meta a lograr.

El porcentaje de agua que ingresa a un suelo en barbecho es el resultado de procesos de ganancias y pérdidas, los que se esquematizan en el diagrama de esta página.

CONTROL DEL ESCURRIMIENTO Y LA INFILTRACION

El laboreo de suelos en cultivos de verano puede tener como objetivo prioritario, el incremento del agua almacenada en el perfil.

La elección de la herramienta de laboreo primario modifica el ingreso de agua en el suelo a través de su efecto en la porosidad y rugosidad de la superficie (cuadro 1).

Independientemente del tipo de laboreo primario utilizado, la porosidad del suelo fue incrementada en relación al suelo no laboreado. En tanto, el efecto sobre la rugosidad se perdió luego del laboreo secundario (afinado). Como resultado, la energía de la lluvia necesaria para iniciar el escurrimiento fue mayor con arado que con los demás laboreos primarios. Al sumar el afinado posterior, no hubo diferencias con el no laboreo.

La rugosidad del suelo creada por el laboreo primario actuó como una barrera al escurrimiento determinando la necesidad de lluvias más intensas para que se inicie el escurrimiento del agua y, por lo tanto, un ingreso de agua nueve veces superior hasta ese

momento.

Una vez iniciado el escurrimiento, el laboreo no aumentó la infiltración en relación a un suelo sin laboreo. Esta pasó a depender de las características intrínsecas del suelo.

Haciendo la salvedad de que la porosidad inicial puede marcar diferencias importantes entre situaciones contrastantes por textura y estructura, la creación de rugosidad superficial aparece como una forma eficaz de incrementar la cantidad de agua que ingresa a un suelo.

En el cuadro 2 se muestra el efecto combinado del laboreo y manejo del rastrojo, sobre el escurrimiento en dos años.

Al igual que en el trabajo anterior, no hubo diferencia entre el laboreo convencional con afinado y No-laboreo cuando no hubo rastrojo en superficie. Cuando se lo dejó sobre el suelo, tampoco hubo diferencias entre los tratamientos pero se redujo el escurrimiento del agua en un 83% promedio. Los autores concluyen que el rastrojo en superficie es la principal variable de manejo para reducir el escurrimiento y por lo tanto, aumentar la infiltración.

El rastrojo actúa como barrera al escurrimiento (efecto similar al de la rugosidad) y reduce la energía del agua que llega al suelo por amortiguar el impacto de sus gotas sobre este.

La rugosidad aparece como la principal causa del aumento de la infiltración en "situación de laboreo" y el rastrojo en superficie en el sistema de siembra directa. En ambos casos se controla el escurrimiento superficial. La cobertura con rastrojo tiene la ventaja de que su efecto perdura hasta que el cultivo cubre el suelo, mientras que la rugosidad se pierde con el laboreo secundario. Esto determina claras diferencias en la infiltración y erosión del suelo en la etapa afinado del suelo-cobertura por el cultivo (cuadro 3)

Estos resultados obtenidos en INTA Marco Juarez demuestran la ventaja de la siembra directa con rastrojo en superficie sobre el porcentaje de agua infiltrada y la pérdida de suelo por erosión. Este efecto fue relativamente más importante en cultivos de verano, donde la cobertura del suelo es más lenta, cuantificándose diferencias importantes en el aprovechamiento de las lluvias ocurridas en todo el ciclo del cultivo.

Cuadro 2.- Agua escurrida según laboreo y manejo de rastrojo

Año	Nº de lluvias con escurrimiento	lluvia mm	Arado+afinado		No laboreo	
			-R	+R	-R	+R
1965	12	283	105	14	103	23
1966	15	400	104	16	62	9
PROM	13	341	104	15	82	16

-R. sin rastrojo en superficie

+R. con rastrojo en superficie

Fuente: E.E.MARCO JUAREZ/INTA

Cuadro 3.- Pérdida de suelo y agua infiltrada en la secuencia trigo-soja. E.E. Marco Juarez/INTA

TRIGO					
Lluvia(mm)		Emergencia	Floración	Cosecha	Total
		95	96	93	284
Pérdida de suelo (tt/há)	L.C	2.0	0.66	0.14	2.80
	S.D.	0.45	0.31	0.13	0.89
Infiltración (%)	L.C.	39	35	69	47
	S.D.	61	55	82	66
SOJA					
Lluvia (mm)		92	97	97	286
Pérdida de suelo(tt/há)	L.C.	2.95	2.20	1.77	6.92
	S.D.	0.98	0.41	0.38	1.77
Infiltración (%)	L.C.	29	41	40	37
	S.D.	52	50	63	55

CONTROL DE LA PERDIDA DE AGUA DESDE EL SUELO

Una vez que el agua ingresó al suelo, la estrategia de manejo debe tender a reducir la evaporación, como forma de mantener el agua almacenada hasta la siembra y lograr que esta pase a través de la planta cumpliendo su rol biológico.

En la pérdida de agua desde un suelo saturado se reconocen tres fases:

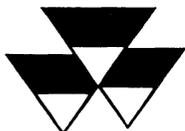
FASE I: El agua se pierde a tasa constante y está gobernada fundamentalmente por la demanda atmosférica.

FASE II: Período de pérdida a tasa decreciente. Esta se inicia al agotarse el agua libre del suelo o al formarse una capa de suelo seco superficial.

FASE III: Pérdida a tasa constante y muy baja.

La tasa a la cual se pierde agua en la FASE I depende de la demanda atmosférica y de la temperatura del suelo. Esto puede manejarse a través de la elección de la época de laboreo y siembra y/o reduciendo la temperatura del suelo.

El manejo de residuos de cultivos sobre el suelo es reconocido como una de las formas más efectivas de control de la tasa de pérdida de agua de un suelo. Su efecto es el resultado de la menor temperatura y amplitud térmica diaria del suelo y el control de la circulación del aire (viento) a nivel de la superficie (figura 1).



MASSEY FERGUSON
CONCESIONARIO EXCLUSIVO
PAYSANDU - YOUNG

REPUESTOS LEGÍTIMOS Y SERVICIO AUTORIZADO

máquinas paysandú s.a.

LUBRICANTES
 ENGRANAJES
 RULEMANES
 CRUCETAS
 RETENES
 CADENAS
 FILTROS

HERRAMIENTAS
 EN GENERAL
 MANGUERAS
 BULONERIA
 FLEXIBLES
 PINTURAS
 CORREAS

CASA CENTRAL: AV. R. ARGENTINA 1699 TELS. (0722) - 2016 - 6003 - 7064 - 7171 - TELEFAX 7172 - PAYSANDU

SUCURSAL YOUNG - RUTA GRAL. ARTIGAS KM 318 - TELS. (0727) - 2324 - FAX 2138

SUCURSAL MONTEVIDEO AV. GRAL. LIB. LAVALLEJA 1641 OF. 304 - TELS. (02) - 91 15 38 - 92 68 - 89

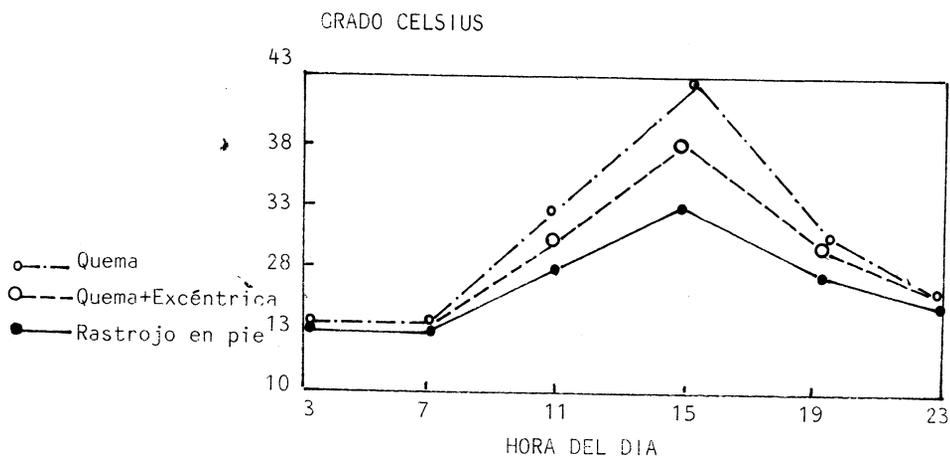


Figura 1.- Evolución de la temperatura del suelo a 2 cm de profundidad en el día con rastrojo en superficie, quema y quema+laboreo. (EEMAC, enero de 1994)

La cantidad de rastrojo modifica la duración de cada Fase y la tasa a la que se evapora el agua. En la figura 2 se muestra la evaporación acumulada al variar la cantidad de rastrojo, en relación al agua libre, para una demanda de 0,7 cm/día.

En el suelo desnudo la Fase I duró 5 días, evaporándose 3,5 cm de agua. Al incrementarse la cobertura con rastrojo, se redujo la tasa de pérdida e incrementó la duración de la Fase, al extremo de que con 6720 kg/ha de materia seca sobre el suelo, ésta duró los 70 días del experimento. La evaporación acumulada durante esta Fase se redujo con la duración del período de pérdida constante (marcado con una flecha en la figura 2), lo que se atribuye al secado de la superficie del suelo. Una vez que esto se produce, el suelo comienza a gobernar el proceso.

Estos resultados llevaron a pensar que cuanto más rápido se produce el proceso de secado superficial, mayor será el residuo hídrico. Al analizar la incidencia sobre la Fase II, puede observarse que la evaporación acumulada se iguala con el tiempo, por lo tanto, la cobertura solo retrasa el proceso permitiendo "esperar una lluvia" o aumentando la eficiencia de uso del agua por el cultivo.

Cuando la cantidad de rastrojo superó los 6500 kg/ha recién se logró un control del proceso de pérdida que permitió reducir la evaporación total. La figura 3 resume los resultados sobre la humedad final del perfil.

El retraso de la evaporación provocó diferencias en la humedad superficial (lo que representa la posibilidad de siembra) y en profundidad (reserva total).

Se destaca la cantidad absoluta de rastrojo necesario para establecer un control efectivo sobre la humedad del suelo. A modo de ejemplo, 6500 kg/ha de rastrojo se obtendrán al momento de la cosecha de un trigo de por lo menos 2700 kg/ha de grano o un sorgo de más de 6500 kg/ha. Estas cantidades representan un problema importante para los métodos de siembra convencionales.

Considerando los dos procesos discutidos (ganancia y pérdida de agua), el rastrojo en superficie tiene la ventaja de aumentar la infiltración y reducir la evaporación. El laboreo con suelo desnudo mejora la infiltración a través de su efecto en la rugosidad y, en menor medida, la porosidad total, pero incrementa la velocidad de pérdida al ofrecer una mayor superficie expuesta al viento y el sol. El resultado combinado de los dos procesos será un mayor porcentaje de humedad en un suelo no laboreado y cubierto por rastrojo, que no laboreado y desnudo.

Si se considera el balance hídrico medio de nuestra región se debe esperar que, a fines del invierno, el suelo se encuentre próximo a capacidad de campo, por lo que no parece justificar un manejo tendiente a ganar agua, sino a reducir su pérdida. En este sentido la siembra directa con rastrojo

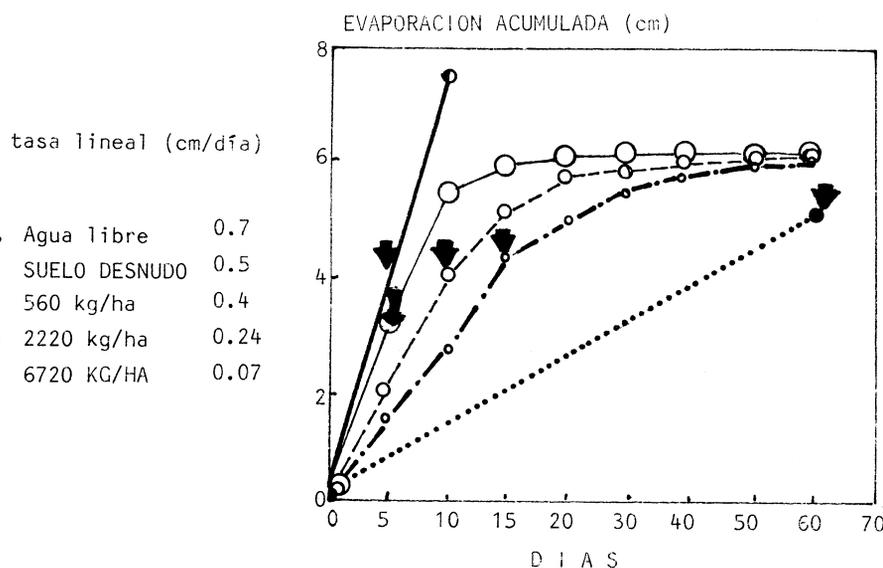


Figura 2.-Cantidad de rastrojo en superficie y pérdida de agua desde el suelo. Fuente: Bond y Willis, 1969.

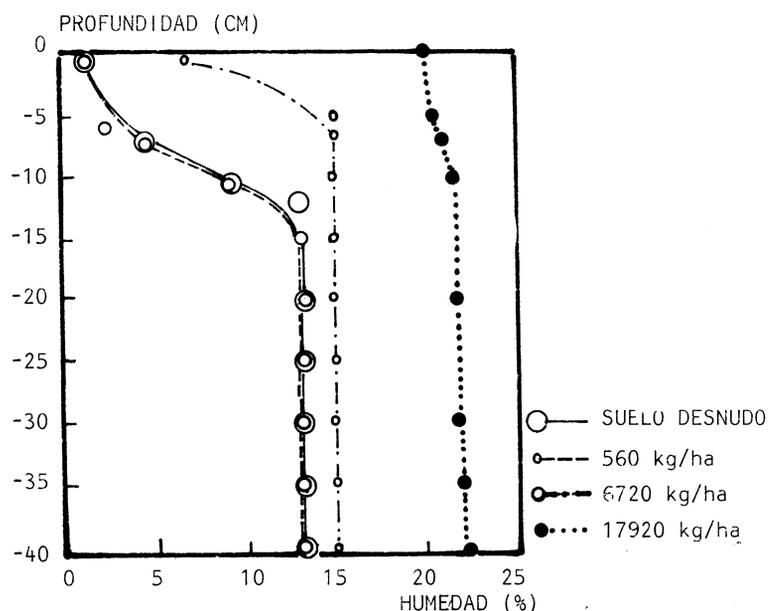


Figura 3.-Efecto de la cantidad de rastrojo sobre la humedad del suelo. Fuente: Bond y Willis, 1969.

en superficie aparece como una alternativa capaz de controlar el escurrimiento superficial y, por ende, la infiltración y erosión.

En situación de "laboreo", si bien la rugosidad mejora el ingreso del agua, también favorece su pérdida inicial. Una vez almacenada, el sellado del suelo será la forma de controlar la evaporación aunque aumente el escurrimiento posterior y el riesgo de erosión.

INFORMACION NACIONAL

La investigación generada en el país, si bien es escasa, se centralizó en el estudio de alternativas de laboreo primario y secundario para "cultivos de primera" y comparación de laboreos reducidos y siembra directa para los "de segunda".

Cultivos de primera

Experimentos realizados en La Estanzuela han demostrado que, partiendo de rastrojo, no existe un efecto positivo de épocas de laboreo tempranas (mayo) frente a las tardías (agosto) (EELE, 1971).

Adelantar el inicio de laboreo no sería una práctica tendiente a incrementar la reserva de agua por las condiciones de precipitaciones y ETP del período en que se evaluaron los tratamientos.

En función de esto, la Cátedra de Cereales y Cultivos Industriales comenzó en 1988, una línea de investigación tendiente a determinar estrategias de laboreo que maximicen la conservación del agua en el suelo en situaciones de laboreo.

La información obtenida muestra que, si bien la rugosidad generada por el laboreo primario mejora el ingreso de agua en un suelo seco, la pérdidas posteriores por evaporación también son mayores (cuadro 4)

El laboreo primario con cincele, al dejar una superficie menos rugosa, permite un mayor control de la pérdida de agua sin representar un problema para su ingreso al suelo.

Cuando la superficie del suelo presenta alta rugosidad (arados de rejas o discos), un rápido afinado posterior a una lluvia, permite controlar la pérdida del agua almacenada (figura 4).

La reducción de la rugosidad permitió llegar con mayor humedad en el suelo tanto a nivel superficial (humedad para la siembra) como en profundidad (reserva).

El otro componente de la pérdida de agua desde un suelo en barbecho, es la transpiración del agua provocada por las malezas (cuadro 5)

La pérdida de humedad fue superior cuando se dejó crecer las malezas, demostrándose que, mantener el suelo libre de estas, resulta una forma efectiva de reducir pérdidas de agua desde el suelo.

La humedad fue mayor con suelo sellado que rugoso y, en ambos casos se manifestó un efecto "barbecho químico". El control

Cuadro 4.- Efecto de la rugosidad de la superficie sobre la ganancia y pérdida de agua de un suelo (0-20 cm)

	ARADO	CINCEL
Rugosidad (*)	31	13
Pérdida de agua (mm/día)	1.4	0.8
Agua en el suelo 30 días post laboreo primario (mm)	42	62
Agua después de 70 mm lluvia	92	92

(*) Desvío estándar de la altura de la superficie
Adaptado: Maranges y Urrutia, 1989.

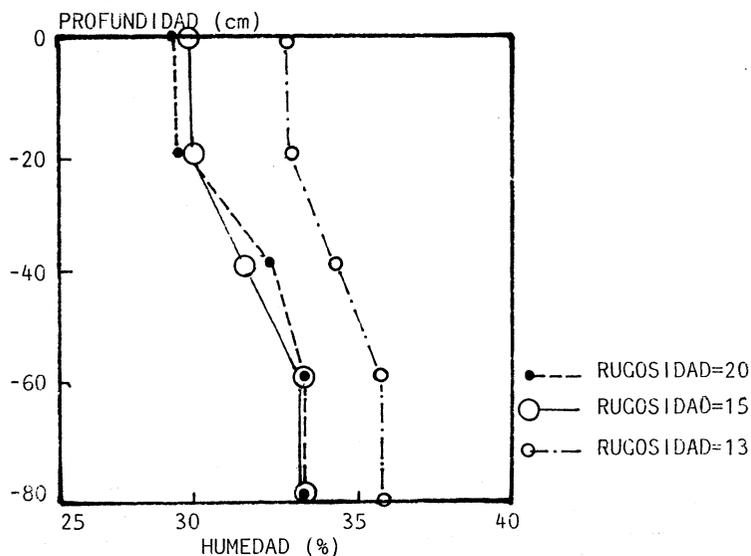


Figura 4.- Efecto del sellado del suelo luego de una lluvia sobre la conservación de la humedad.

Fuente: Maranges y Urrutia, 1989

Cuadro 5.- Pérdida de agua por crecimiento de malezas durante el barbecho

Profundidad (cm)	Pérdida porcentual	
	sin malezas(*)	con malezas
0-20	-3.6	-7.3
20-40	-1.6	-4.5

(*) Barbecho químico con glifosato.

Fuente: Maranges y Urrutia, 1989

Cuadro 6.- Número de plantas de sorgo/m de surco según manejo del barbecho

Superficie días post-siembra	Rugosa		Sellada	
	6	26	6	26
Barbecho químico	4	12	21	21
Barbecho enmalezado	0	15	6	9

Fuente: Maranges y Urrutia, 1989

de malezas durante el barbecho sustituyendo herramientas por herbicidas, permite conservar la humedad superficial. Esto representa una mayor seguridad de siembra en la fecha planificada y rápida implantación de los cultivos (cuadro 6).

El número de plantas fue mayor y la implantación más concentrada, en las situaciones de afinado previo del suelo y barbecho químico. Esto representó no solo una mayor población, sino plantas más homogéneas.

Esto llevó a evaluar una estrategia de manejo en la que un suelo laboreado y rugoso se afinara inmediatamente después de una lluvia, y se adelantara la aplicación del herbicida pre-emergente (atrazina) como forma de mantener el barbecho limpio. La siembra se

Cuadro 7.- Número de plantas de sorgo/m de surco en diferentes estrategias de afinado del suelo.

	Lluvia dentro de los 4 días post-siembra (mm)	
	120	40
Rugoso hasta la siembra	8	13
Barbecho químico	9	14
Manejo propuesto	5	15

Ernst, Perez y Terzaghi, s.p.

Cuadro 8.- Rendimientos relativos en siembras de primera

Cultivo	S.D./laboreo	año	Autores
Maíz	0.57	1981	Díaz y Sanguinetti
Maíz	0.74	1993	Perez y García
Maíz	1.09	1993	Perez y García
Maíz (*)	0.51	1993	Martino
Maíz (*)	0.48	1993	Martino
Maíz (*)	0.60	1993	Martino
Maíz (*)	0.68	1993	Martino
Sorgo	0.75	1981	Díaz y Sanguinetti
Soja (1)	0.79	1993	Perez y García
Soja (1)	0.91	1993	Perez y García
Girasol (*)	0.63	1993	Martino
Girasol (*)	0.60	1993	Martino
Girasol (*)	0.78	1993	Martino

(*)- utilizando subsolado
(1)- Suelos arenosos de Tacuarembó.
S.D. Siembra directa

realiza una vez alcanzada la temperatura mínima en el suelo.

Los resultados obtenidos con sorgo se muestran en el cuadro 7 para dos situaciones de lluvia contrastantes posteriores a la siembra.

Las lluvias ocurridas dentro de los 4 días posteriores a la siembra eliminaron las diferencias cuando fue adecuada (40 mm) y determinó un efecto negativo del manejo propuesto cuando fue excesiva (120 mm). En este caso debe sumarse el efecto sobre la erosión del suelo que no fue cuantificado lo que hace de este manejo, una práctica altamente riesgosa.

La siembra directa con rastrojo en superficie permitiría controlar las ganancias y pérdidas de agua sin las desventajas mencionadas para la situación de laboreo.

Sin embargo, los rendimientos obtenidos con sorgo, girasol y maíz en siembra directa, han sido menores que con algún laboreo (cuadro 8).

Los autores atribuyen las diferencias a enmalezamiento, implantación y descompactación diferencial y "otras causas no identificadas". Es claro que en esta área es necesario contar con más información causal que permita a los cultivos capitalizar las ventajas teóricas del sistema.

Cultivos de segunda

En la siembra de un cultivo de segunda, la humedad del suelo determina, además de la velocidad del proceso de implantación, la posibilidad de capitalizar pequeñas variaciones en fecha de siembra que resultan importantes para el acople entre el ambiente ofrecido y los requerimientos agroclimáticos de los cultivos.

De no mediar alguna lluvia, el agua disponible será el residuo hídrico del crecimiento del cultivo invernal anterior. Existe una relación inversa entre humedad residual y fecha de cosecha. El ciclo del cultivo es más importante que el cultivo anterior y, para ciclos similares, la producción de materia seca total es la que determina las diferencias de humedad a cosecha. La información generada en la EEMAC indica que cultivos y/o cultivos de ciclos largos y alta producción de materia seca total, dejarán menor residuo hídrico para el cultivo de segunda.

Si bien el cultivo de invierno transpira agua, una vez alcanzada la madurez, actúa como cobertura del suelo.

Esto permite un óptimo aprovechamiento de las lluvias ocurridas en este último período. Por lo tanto, la estrategia utilizada para la siembra del cultivo siguiente deberá tender a conservar la humedad disponible en un momento de creciente demanda atmosférica.

En la figura 5 se muestra el efecto del laboreo convencional de siembras de segunda (quema de rastrojo más excéntrica) sobre la humedad del suelo.

En ambos trabajos el laboreo redujo la humedad residual como consecuencia de la eliminación de la cobertura de rastrojo y el movimiento del suelo. A pesar de esto, la implantación en siembra directa fue menor lo que plantea la existencia de otra limitante (sembradora, contacto de la semilla con el suelo, residuos en el surco, temperatura del suelo).

Los rendimientos obtenidos igualaron o superaron a los obtenidos con el manejo tradicional en sorgo y girasol, y fueron menores en maíz. (cuadro 9).

El control de la malezas post-emergente (atrazina), mejoró los rendimientos, pero el impacto fue mayor en siembra directa, donde el enmalezamiento fue mayor.



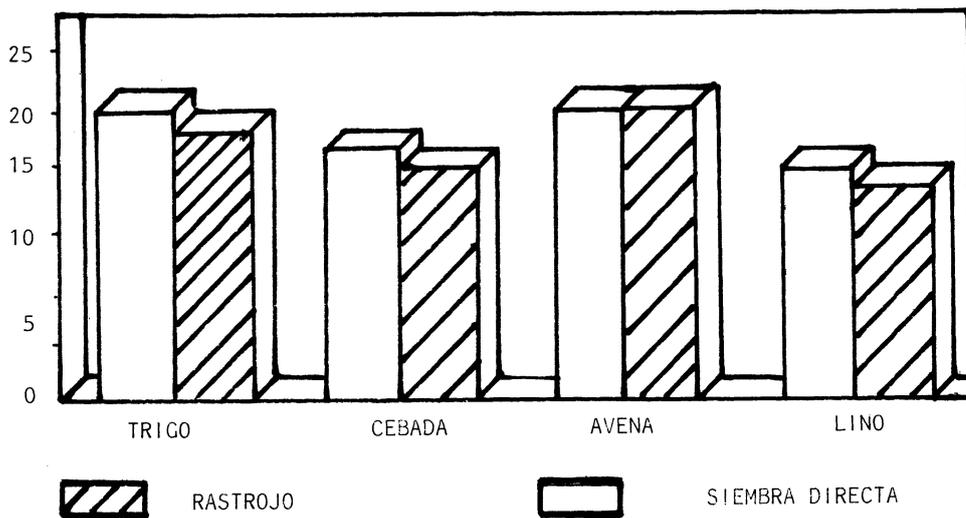
35 AÑOS JUNTO AL PRODUCTOR

25 DE MAYO 1443
TELS.: (0722) 2178 -4678 - 4992
FAX: (0722) 6907
PLANTA DE SILOS: TEL. (0722) 7529

- VENDEMOS TODOS LOS INSUMOS
NECESARIOS PARA LA PRODUCCION A
PRECIOS MUY COMPETITIVOS

- UN DEPARTAMENTO TECNICO
AGRONOMICO CON PERMANENTE
ACTIVIDAD EN EL MEDIO DIFUNDIENDO
TECNOLOGIA A LOS PRODUCTORES

HUMEDAD EN EL SUELO (%)



HUMEDAD SUELO (cm)

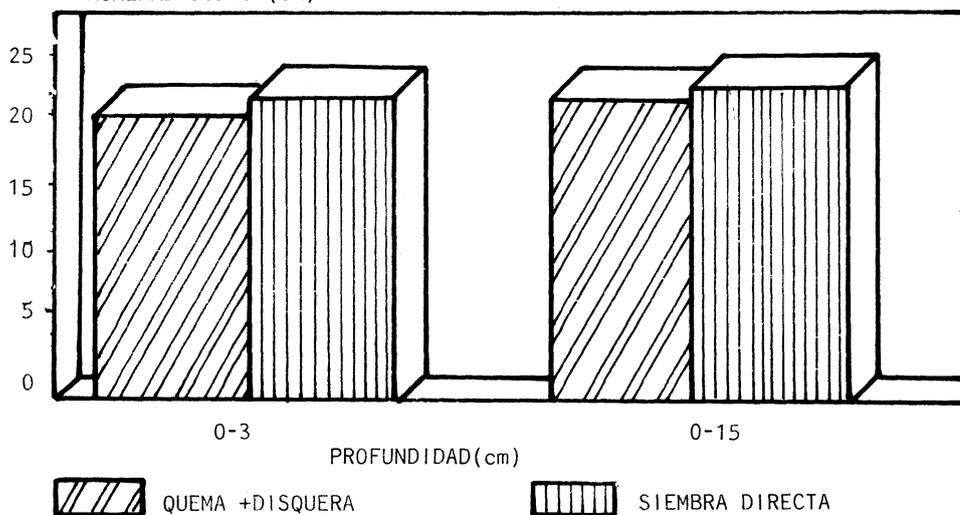


Figura 5.- Humedad del suelo en siembras de segunda según laboreo y cultivo anterior
Fuente: Anchiari y Magrini, 1981
Díaz y Sanguinetti, 1981

Cuadro 9.- Rendimientos relativos (SD/laboreo) logrados en siembras de segunda

Rastrojo	Cultivo	Herbicida post-emergente	
		NO	SI
Trigo	Sorgo	0.94	1.63
Cebada	Sorgo	0.96	1.41
Avena	Sorgo	1.88	1.17
Lino	Sorgo	0.90	3.20
Trigo	Girasol	0.95	
Cebada	Girasol	0.98	
Avena	Girasol	1.16	
Lino	Girasol	0.78	
Trigo	Girasol	1.08	
Trigo	Sorgo	0.81	0.98
Trigo	Maíz	0.82	0.88

Fuente: Anchiari y Magrini, 1981
Díaz y Sanguinetti, 1981

CONSIDERACIONES FINALES

La información analizada indica que:

- 1- barbechos largos no aportan ventajas en el manejo del agua
- 2- la rugosidad creada por el laboreo primario resulta en mayores pérdidas por evaporación cuando el perfil está cargado con agua y es necesario sellar el suelo rápidamente.
- 3- el crecimiento de malezas durante el barbecho resulta perjudicial en cualquier estrategia de manejo del agua.
- 4- si bien un suelo sellado y desnudo reduce la pérdida de agua, establece un alto riesgo de erosión y encostramiento.
- 5- el rastrojo en superficie resulta en un efectivo control de la entrada de agua al suelo y su posterior tasa de pérdida.
- 6- con siembra directa de cultivos "de primera" se han obtenido sistemáticamente rendimientos menores que con laboreo. Dentro de las causas se incluyen el enmalezamiento, compactación y su efecto sobre la absorción de agua y nutrientes, implantación, temperatura del suelo.
- 7- La siembra directa de los cultivos "de segunda" muestra resultados positivos sobre la conservación de la humedad del suelo y rendimiento de los cultivos, aprovechando el efecto residual del laboreo y manejo del cultivo de invierno anterior

TODO LO QUE USTED QUERIA SABER DE ... Y NUNCA CONSIGUIO QUE ALGUIEN SE LO CONTESTARA

CANQUE

ACEPTA EL DESAFIO DE BUSCAR LAS RESPUESTAS A TODAS LAS CONSULTAS DE TEMAS VINCULADOS AL AGRO QUE SE LE DIRIJAN... ESCRIBANOS A LA EEMAC