

# Sistemas de laboreo y rotación de cultivos en Uruguay: Resumen de resultados

NOTA TÉCNICA

Oswaldo Ernst\*, Guillermo Siri-Prieto\*

## INTRODUCCIÓN

Cuando se elabora un programa de investigación es importante identificar y definir claramente el problema que se intenta solucionar y elaborar hipótesis claras a partir del estudio de antecedentes, sobre las causas del problema, el funcionamiento del sistema en el cual se diagnosticó el mismo y las disciplinas que será necesario involucrar para resolverlo. A partir de esto, se definirán los objetivos, la estrategia del programa y los proyectos que lo forman.

Para el caso de “Sistemas de laboreo y rotación de cultivos en Uruguay”, el problema principal está centrado en el desarrollo de la actividad agrícola de manera sostenible, definiendo para ello el mantenimiento del potencial productivo del suelo como punto prioritario.

La agricultura en el país se desarrolló a partir de la instalación de colonos en la zona sur, cercana a la capital, y fue colonizando tierras hacia el litoral oeste, como consecuencia de la necesidad de crecer para autoabastecer de granos la demanda interna, pero también como consecuencia de incorporar nuevas áreas, más fértiles. En ese proceso se utilizaron como herramientas de labranza el arado de rejas y de discos. En los relativamente escasos 100 años de historia agrícola quedó como residuo de este manejo, la pérdida de fertilidad natural y la erosión del suelo. Ésta avanzó en el mismo sentido que la agricultura, quedando zonas inicialmente importantes desde el punto de vista agrícola, comprometidas en su potencial productivo para casi cualquier rubro.

El laboreo aportó al desarrollo de la agricultura a través de su efecto sobre la dinámica de los nutrientes y el control de malezas, pero a él también se le atribuye la responsabilidad del deterioro de las propiedades físico-químicas y la erosión de los suelos.

El conocimiento de que las pasturas de gramíneas y leguminosas son capaces de recuperar la calidad física y química del suelo, llevó a iniciar estudios sobre el efecto de incorporar rotaciones de cultivos anuales con pasturas plurianuales destinadas a la producción animal sobre la calidad del suelo y la producción de grano.

En 1962 se instaló en la Estación Experimental La Estanzuela, perteneciente en la actualidad al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), un experimento de comparación de distintas rotaciones que, con algunas modificaciones, continúa funcionando. La mejora de los

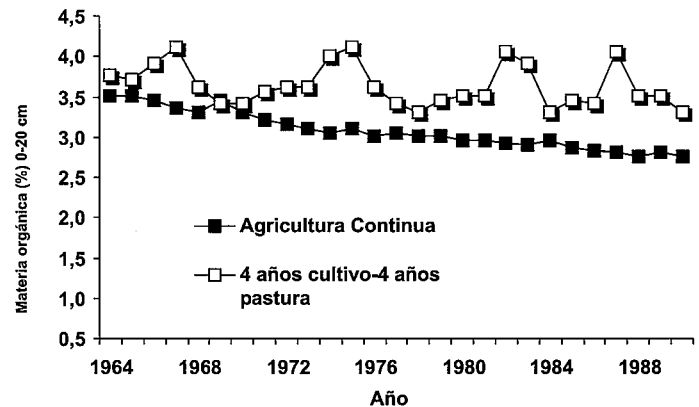


Figura 1. Contenido de materia orgánica del suelo desde 1964 hasta 1990, en sistemas agrícolas continuos o en sistemas agrícolas en rotación con pasturas, ambos con laboreo convencional (Tomado de Díaz Roselló, 1992).

resultados físicos y económicos, sostenidos en la mejora de la calidad del suelo y el control de la erosión, son la principal explicación de la adopción generalizada de las rotaciones de cultivos-pastura en Uruguay, la que adquirió importancia a partir de la segunda mitad de la década de los 70 y se considera uno de los principales cambios tecnológicos de la agricultura uruguaya. Dentro de la rotación se identifican dos períodos (Figura 1).

Durante la fase agrícola, basada en el laboreo del suelo, se produce una reducción en la fertilidad y pérdida de estructura del mismo, la que se recupera durante la fase de pastura (Díaz Roselló, 1992; García Préchac, 1992). Este ciclo de pérdidas y ganancias muestra una tendencia negativa en el tiempo como consecuencia de que la magnitud de las pérdidas supera al efecto positivo que ocurre durante la fase pastura.

La erosión hídrica y la oxidación de la materia orgánica fueron identificadas como determinantes de la tendencia en el largo plazo, las que se vieron favorecidas por los extensos períodos de barbechos asociados a secuencias de un cultivo por año y excesivo laboreo.

La rotación dominante en el Litoral Oeste a mediados de la década de los años 80, era 3 años de pastura seguido por 3 cultivos de trigo (Ernst *et al.*, 1992). La propia secuencia de cultivos determina 5 a 6 meses de período de barbecho. Como resultado de esto, en promedio se realizaban de 5 a 8 operaciones de laboreo previas a la siembra de cada cultivo. Como criterios para labrear, se priorizaba fecha de inicio del laboreo (época de arado) como variable para aumentar el aporte de nutrientes desde el suelo y “mantener el suelo descompactado”. Para ambos casos, no importaban el tipo de laboreo ni el implemento a utilizar.

\* Ings. Agrs. Dpto. Producción Vegetal, EEMAC.

El programa de investigación atendió en primer lugar, a la generación de propuestas para mitigar problemas y posteriormente generar nuevas propuestas tecnológicas, capaces de sostener la producción de grano y la conservación del potencial productivo del suelo.

Los resultados se analizan considerando el efecto sobre el rendimiento de cada cultivo y de la rotación y se discute el aporte de la información generada y la tecnología propuesta a la conservación del potencial de producción del suelo para sistemas agrícolas puros y agrícolas en rotación con pasturas.

### FASE I. 1985-1989. ¿ES POSIBLE REDUCIR EL NÚMERO DE OPERACIONES DE LABOREO PARA CADA CULTIVO?

El proyecto de investigación tuvo como objetivo determinar las diferencias que provocan las distintas herramientas de labranza sobre la dinámica de nutrientes, el enmalezamiento y la compactación del suelo en una secuencia trigo-barbecho-trigo como forma de aportar criterios para definir la necesidad de laboreo. De esta manera se buscó racionalizar la labranza del suelo y reducir el número de operaciones necesarias. Como resultado se definió una propuesta de manejo sobre cuándo y con qué labrear el suelo para sembrar trigo.

El período óptimo de barbecho determinado para la siembra de trigo sobre distintos antecesores se presenta en el Cuadro 1.

Se estableció la posibilidad de reducir el período de preparación utilizado, que se ubicaba entre 5 y 6 meses a un máximo de dos meses cuando el antecesor deja un rastrojo de fácil descomposición, y de 3 meses en antecesores de difícil manejo como sorgo granífero. Períodos de barbechos más largos sólo favorecen la pérdida de suelo por erosión y de nutrientes sin modificar el rendimiento en grano.

En el Cuadro 2 se resume la respuesta en rendimiento de trigo al laboreo de suelo. Como forma de aislar el efecto del tipo de laboreo sobre el enmalezamiento y la condición física del suelo, se evaluó la respuesta del cultivo al laboreo con y sin malezas creciendo durante el barbecho, lo que se logró con la aplicación de un herbicida total (glifosato) sobre el suelo laboreado en cada oportunidad que las malezas lo justificaron (barbecho químico). De esta manera se cuantificó el posible efecto positivo que el laboreo tiene como consecuencia de que controla las malezas. Por otro lado, y como forma de cuantificar la necesidad de labrear para descompactar el suelo, se implementó un tratamiento en el que se laboreó cada 15 días, manteniendo el suelo siempre descompactado.

En promedio no hubo diferencias significativas entre tratamientos. El laboreo primario con arado tendió a un mejor comportamiento que el laboreo vertical con cinceles. La diferencia fue mayor en los tratamientos enmalezado y descompactado. A su vez, el barbecho químico no se diferenció del descompactado. Esto implica que luego de realizado el laboreo primario, la respuesta del cultivo fue al control de las malezas y no al laboreo. No se detectó interacción significativa con los sitios evaluados.

**Cuadro 1.** Tiempo de barbecho óptimo para la siembra de trigo con laboreo sobre distintos antecesores (Adaptado de Ernst, 1990).

Antecesor	Rango de días entre labor primaria y siembra
Pradera vieja (trigo cabeza de rotación)	50-70
Trigo	45-60
Girasol	45-60
Sorgo en suelo de baja fertilidad	60-85
Sorgo en suelo de alta fertilidad	85-120

**Cuadro 2.** Efecto del laboreo primario (arado de rejas o de cinceles) y el manejo del barbecho (enmalezado, control químico y descompactado) sobre el rendimiento de trigo (kg/ha). Promedio de 11 experimentos (Ernst, 1990).

Laboreo primario	Manejo de barbecho		
	Enmalezado	Químico	Descompactado
Arado rejas	2219	2424	2308
Arado cinceles	1683	2154	1967

**Referencias:** Descompactado: operación de laboreo cada vez que el suelo se enmalezó o compactó.

La propuesta de manejo de suelo surgida de esta etapa se resume en:

- Laboreo primario 60 a 90 días pre-siembra según cultivo antecesor.
- La necesidad de labrear previo a la siembra se justifica sólo si hay malezas creciendo.
- Es posible sustituir el control mecánico de malezas entre el laboreo primario y la siembra por la aplicación de herbicidas (barbecho químico).
- Si no hay malezas creciendo no se justifica labrear.

Esta propuesta permitió reducir el número de operaciones de laboreo de las 5 a 8 iniciales a sólo 2 o 3, las necesarias para preparar la sementera.

### FASE II. 1990-1992 ¿ES NECESARIO LABOREAR?

Entre 1990 y 1992 se realizaron una serie de experimentos comparando labranza convencional con siembra sin laboreo. En la Figura 2 se presenta un resumen de los resultados obtenidos en cultivos de invierno para dos situaciones.

Cuando los experimentos se realizaron a la salida de la fase pastura (cabeza de rotación), el rendimiento fue un 23% menor que sobre laboreo. La diferencia fue de sólo un 10% cuando se instalaron sobre rastrojos de trigo que recibieron laboreo el año anterior. Este efecto residual de laboreo para un cultivo sobre el siguiente, planteó la necesidad de estudiar el efecto del laboreo para la secuencia de cultivos dentro de la rotación cultivos-pastura dominante.

### FASE III. 1993 A LA FECHA. LABOREO DE SUELO PARA EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN

La información disponible sobre el impacto del manejo del suelo sobre la secuencia de cultivos en la rotación era escasa. La propia estrategia de la investigación no contempló la cuantificación de efectos residuales, ya que los experimentos se realizaron evaluando el efecto sobre un cultivo y cada año se instalaron en distintos sitios.

A partir de 1993, el programa tuvo como objetivo determinar el nivel mínimo de laboreo del suelo en secuencias agrícolas-forrajeras, compatible con una producción de granos basada en eficiencia de uso de recursos naturales.

La estrategia fue instalar experimentos de largo plazo con el objetivo de:

- Cuantificar la evolución de los rendimientos de los cultivos en secuencias de laboreo contrastantes y la producción total de grano de la secuencia de cultivos establecida.

- Cuantificar el efecto año como determinante de la respuesta de los cultivos al manejo de suelos.

- Determinar la tendencia evolutiva de los parámetros físico-químicos del suelo y su relación con el comportamiento de los cultivos.

- Determinar efectos del manejo del suelo sobre la dinámica del enmalezamiento, enfermedades y plagas de los cultivos.

Un aspecto importante fue definir qué rotación y cuál secuencia de cultivos considerar. Entre 1993 y 1995 se definió trabajar en una rotación a 5 años pero sin pre-establecer una secuencia de cultivos. Sin embargo, sí se definió que la fase agrícola estaría compuesta por un sistema de doble cultivo anual, lo que permitiría reducir el tiempo de exposición del suelo a la erosión y el excesivo laboreo.

En 1990, el doble cultivo anual trigo/girasol con laboreo ya era la secuencia dominante. Esta intensificación de la fase agrícola, redujo el tiempo de barbecho y con ello, el tiempo de suelo descubierto. La mayor cobertura de suelo y la reducción del número de laboreos, representaron un paso positivo en el control de la erosión pero se sumó la quema de rastrojos de los cultivos de invierno (trigo) previo a la siembra del cultivo de verano (girasol). En este esquema, la inclusión de la siembra sin laboreo con retención de rastrojos sobre la superficie, representa una solución posible a ambos problemas.

En el Cuadro 3 se presentan los principales tratamientos considerados para dos sistemas: agricultura en rotación con pasturas y agricultura continua.

En la Figura 3 se muestra la evolución del rendimiento en

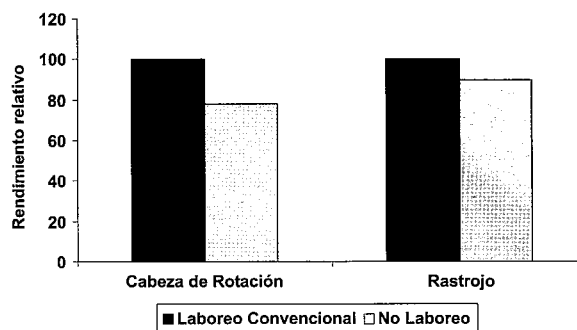


Figura 2. Rendimiento relativo de cultivos de invierno sembrados con laboreo convencional y sin laboreo sobre pradera vieja (cabeza de rotación) o rastrojos de cultivos que recibieron previamente laboreo (Ernst, 2000).

Cuadro 3. Número de eventos de labranza en los tratamientos evaluados para agricultura continua (SIN pastura) y rotación cultivos-pastura (CON pastura).

Preparación del suelo	Eventos de laboreo en la fase agrícola de la rotación CON pastura	Eventos de laboreo en la fase agrícola de la rotación SIN pastura
LCC	6	12
LC-SD	3	6
LC-SD-SD	1	No corresponde
SD-SD	0	0

Referencias: LCC= Laboreo convencional continuo previo a cada cultivo; LC-SD= Laboreo convencional sólo en cultivos de invierno; LC-SD-SD= Laboreo convencional sólo en el cultivo cabeza de rotación; SD-SD= Siembra directa continua.

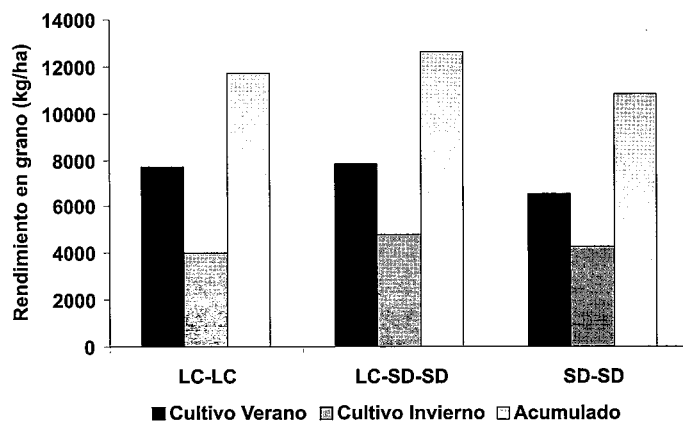


Figura 3. Producción de grano acumulada entre 1993 y 1995 para tres sistemas de labranza (Ernst, 2000)

grano de la primera fase agrícola de la rotación.

La producción total de grano, explicada por el comportamiento de los cultivos de invierno, fue significativamente menor sólo cuando todos los cultivos se sembraron sin laboreo (SD-SD). Con sólo labrear para el cultivo cabeza de rotación y sembrar los

demás sin laboreo (LC-SD-SD) se logró el mismo rendimiento que en el tratamiento con laboreo para todos los cultivos (LC-LC). La comprobación de estos resultados permitió promover un esquema de laboreo en el que era necesario laborear una vez cada 5 años.

El menor rendimiento del primer cultivo se atribuyó inicialmente a la compactación del suelo provocada por el pastoreo directo con ganado vacuno durante la fase de pastura de la rotación. Sin embargo, entre 1995 y 1997 se ejecutó un proyecto cuyo objetivo fue determinar las causas del menor rendimiento de los cultivos cabeza de rotación sembrados sin laboreo y, en base a ello, proponer soluciones tecnológicas.

En este período se generó un paquete de tecnología que incluye la fecha de primera aplicación del herbicida total para controlar el tapiz, generar un “tiempo de barbecho químico” durante el cual ocurre la descomposición de los restos vegetales aéreos y raíces, acumulación de nutrientes (nitrógeno) y agua y se logra la descompactación superficial del suelo (Figura 4).

Cuando el período aplicación de herbicida-siembra es corto, las plantas deben crecer en un ambiente desfavorable, deficiente en nitrógeno, y en una sembrera no preparada. En estas situaciones se reduce la implantación, hay menor crecimiento y desarrollo inicial del cultivo y deficiencia de nutrientes, lo que explica el menor rendimiento.

En la Figura 5 se presenta la evolución de rendimiento relativo de los cultivos con y sin laboreo para sistemas de agricultura continua y rotación-cultivos pastura entre 1993 y 2004.

En los primeros años, el rendimiento de los cultivos sembrados sin laboreo fue menor al logrado con laboreo. A partir de 1998, no se cuantificaron diferencias entre estos tratamientos con y sin laboreo dentro del sistema pastura-cultivos (ROT SD-LC). En tanto, en sistemas de agricultura continua (AC SD-LC), el manejo sin laboreo superó al con laboreo convencional en todos los años. El cambio de comportamiento entre los primeros 5 años y los siguientes se atribuye a la mejora de la tecnología de manejo para siembra sin laboreo generada durante el período. El comportamiento diferencial de la agricultura con o sin rotación con pastura muestra la clara ventaja de no laborear en sistemas agrícolas y el menor impacto de esta práctica cuando se mantienen sistemas mixtos de producción.

## APORTE A LA CONSERVACIÓN DEL POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DEL SUELO

La pérdida de fertilidad y condición física del suelo en sistemas de producción de granos en rotación con pasturas con laboreo convencional fue atribuida al efecto que el exceso de laboreo tiene sobre la oxidación de materia orgánica, y a las pérdidas de suelo por erosión. La hipótesis planteada fue que un sistema de producción más intensivo (doble cultivo anual) y reducción o eliminación del laboreo aportarían una solución al problema en la medida que no significara pérdida de productividad.

En el Cuadro 4 se presenta una estimación del efecto del laboreo, rotación con pastura y manejo de rastrojos sobre las pérdidas de suelo y carbono orgánico por erosión, realizada utilizando un simulador de lluvias.

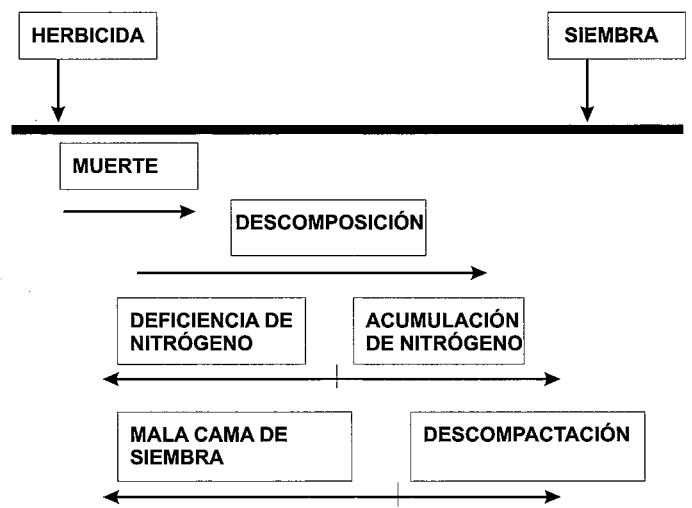


Figura 4. Esquema de los procesos que ocurren en el suelo durante el tiempo de barbecho.

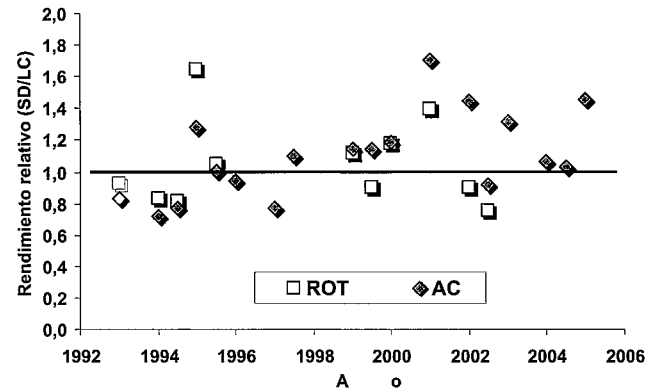


Figura 5. Rendimiento relativo de los cultivos sembrados sin laboreo (SD) o con laboreo convencional (LC) en sistemas de agricultura continua (AC) o en rotación con pasturas (ROT).

Cuadro 4. Pérdida estimada de suelo y carbono orgánico (COS) por erosión para sistemas de agricultura continua (AC), rotación pastura-cultivos (C-P) con laboreo convencional (LC) o siembra directa (SD) con distintos manejos de rastrojo (Ingold, 2006).

Laboreo	Rotación	Rastrojo	Erosión (kg suelo/ha)	COS Erosionado (kg/ha)
LC	AC	incorporado	3400	87,8
	C-P	incorporado	2800	83,6
SD	AC	retirado	2500	121,9
		en superficie	200	9,2
	C-P	retirado	2200	84,5
		en superficie	100	2,5

Con LC, la incorporación de pasturas significó una reducción en la erosión estimada del 18%. La eliminación del laboreo la redujo en un 22% con relación al anterior cuando se retiró el rastrojo de la superficie del suelo y en un 97% cuando se dejó el rastrojo del cultivo anterior sobre el suelo. Este efecto de la cobertura del suelo por rastrojo también se manifestó para sistemas de agricultura continua, lo que confirma que si bien la eliminación del laboreo tiende a reducir las pérdidas de suelo por erosión, el efecto depende de mantener el suelo cubierto por rastrojos o cobertura verde. Las pérdidas de fertilidad asociadas a la erosión siguieron la misma tendencia, confirmando que la pérdida de suelo por erosión tiene implícita la pérdida de fertilidad, por lo que toda práctica de manejo que controle a aquella aportará al mantenimiento del potencial de producción del suelo.

En el Cuadro 5 se presenta el efecto del laboreo y rotación con pasturas sobre la concentración y cantidad de carbono orgánico y nitrógeno.

A nueve años de iniciado el experimento, el suelo tuvo un 10% más de carbono orgánico, 10% más de nitrógeno total y 12% más de carbono total en los sistemas sin laboreo con respecto al laboreo convencional. El efecto de rotar cultivos con pasturas se cuantificó como una tendencia sólo sobre la cantidad de carbono del suelo.

El efecto sobre la condición física del suelo se cuantificó como estabilidad media de los agregados del suelo (Figura 6).

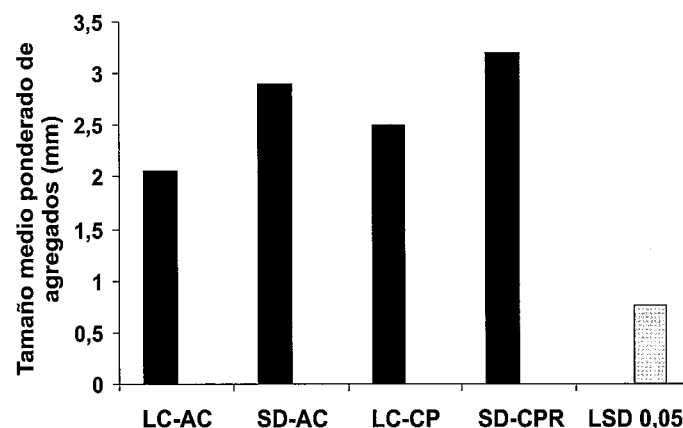
La eliminación del laboreo en el sistema pastura-cultivo determinó que el tamaño medio ponderado de los agregados del suelo fuera un 25% superior al del mismo sistema con laboreo. Al igual que el efecto sobre la fertilidad, sin laboreo se logró mantener la estabilidad de la estructura aún en agricultura continua, a un nivel superior que rotando con pastura pero manteniendo el laboreo.

### 2003. UN NUEVO PROBLEMA: MANEJO DE BARBECHO EN AGRICULTURA CONTINUA SIN LABOREO

A partir del año 2003 se inició un proceso de "agriculturización" asociado, entre otras causas, a los precios de los granos oleaginosos, por lo que el sistema agrícola ganadero uruguayo se está haciendo más agrícola. El "fenómeno soja" es uno de los grandes responsables de esta modificación. El cambio de una agricultura invernal, asociada al doble cultivo trigo/girasol, a una agricultura estival con la soja como centro del sistema, supone saltar los cultivos de invierno de la secuencia. Los sistemas de producción que se basan en un cultivo de verano por año generan tiempos de barbecho largos y la profundidad de los suelos en el litoral oeste no permite almacenar el agua de lluvia que reciben durante ese período. Cuando se junta esto con su relativamente baja velocidad de infiltración, pendiente e intensidad de la lluvia, no es difícil imaginar el resultado final. En los cultivos de verano sembrados "como cultivos de primera", temprano en la estación de crecimiento y con ciclos cortos, es posible realizar la cosecha en febrero-marzo lo que determina un período de barbecho mayor a 150 días. En estas situaciones el suelo queda sin cobertura efectiva para el manejo del agua en superficie y el control de su pérdida por evaporación desde el suelo.

**Cuadro 5.** Efecto medio del laboreo o no del suelo y efecto medio de la agricultura con o sin rotación con pasturas sobre la concentración de nitrógeno total del suelo (NT), carbono orgánico (COS) y de carbono orgánico total (COStot) del suelo en los primeros 18 cm del perfil a los 9 años de iniciado el experimento (Ernst y Siri-Prieto, 2006).

	NT (g/kg)	COS (g/kg)	COStot (mg/ha)
Laboreo Convencional	1,56	19,7	42,51
Siembra Directa (con y sin pasura)	1,76	21,9	48,6
P ≤	0,1	0,03	0,02
Agricultura Continua (con y sin laboreo)	1,66	20,3	42,28
Agricultura-Pastura (con y sin laboreo)	1,67	21,2	46,79
P ≤	0,64	0,29	0,09



Referencias: Siembra Directa (SD); Laboreo Convencional (LC), Agricultura Continua (AC), Cultivo-Pasturas (C-P), Mínima Diferencia Significativa (LSD)

**Figura 6.** Tamaño Medio Ponderado de los agregados del suelo (0-15cm) en el experimento de largo plazo en Uruguay (1993-2002) (Ernst y Siri-Prieto, 2006).

**Cuadro 6.** Efecto de la fecha de aplicación del herbicida total a un cultivo de cobertura de raigrás sobre su producción de materia seca (kg/ha) y disponibilidad de N-NO<sub>3</sub>-a la siembra (mg/kg) (0-20cm) (Siri-Prieto *et al.*, 2006).

Variables	Día del año			LSD <sub>(0,05)</sub>
	235	276	296	
Producción de raigrás	4242	6613	8491	1750
N-NO <sub>3</sub> -a la siembra de soja <sup>a</sup>	12,6	3,0	2,4	1,0
N-NO <sub>3</sub> -V2 <sup>b</sup>	25	12	13	6,7

Referencias: <sup>a</sup> Día 300; <sup>b</sup> Día 336.

El atraso en la aplicación del herbicida permitió producir más biomasa, lo que implica una mejor cobertura de suelo, pero determinó una baja disponibilidad  $N-NO_3^-$  a la siembra del cultivo de verano. Este efecto, que se mantuvo 36 días después de la siembra, pero ya en niveles considerados como no limitantes, no representa un problema grave para soja, pero sí debe considerarse para el caso de cultivos no leguminosas (Cuadro 7).

En todos los casos un cultivo cobertura determinó menor disponibilidad de  $N-NO_3^-$  a la siembra que un manejo de barbecho sin crecimiento vegetal, y la cobertura con raigrás dejó un menor aporte a la siembra y al estadio V6 de maíz que uno de leguminosa. Este efecto podría significar la necesidad de cantidades y estrategias de fertilización nitrogenada diferenciales, información que aún no está ajustada.

Por otro lado, el crecimiento del cultivo de cobertura utiliza agua almacenada en el suelo, la que debe ser repuesta durante el período aplicación del herbicida-siembra del cultivo para grano.

En la Figura 7 se presenta el efecto de la fecha de aplicación del herbicida y tipo de cultivo sobre la reserva de agua en el suelo. Cuando el período de barbecho (días entre aplicación de herbicida y siembra) se reduce, el residuo hídrico en el suelo es menor (Figura 7a). El efecto es muy marcado en las capas superficiales del suelo, lo que compromete la humedad necesaria para lograr la implantación de manera independiente de las precipitaciones. A su vez, el cultivo de cobertura consume el agua en profundidad, limitando el aporte de agua para el cultivo. En suelos diferenciados, con baja conductividad hidráulica en el horizonte Bt, es difícil recargar el suelo en profundidad aunque ocurran lluvias posteriores a la siembra. La Figura 7b muestra el resultado de un testigo sin cultivo de cobertura (barbecho químico) con relación a situaciones con cultivo de cobertura de trébol alejandrino o raigrás. También en este caso, el crecimiento de la cobertura significó un consumo de agua que llegó hasta la máxi-

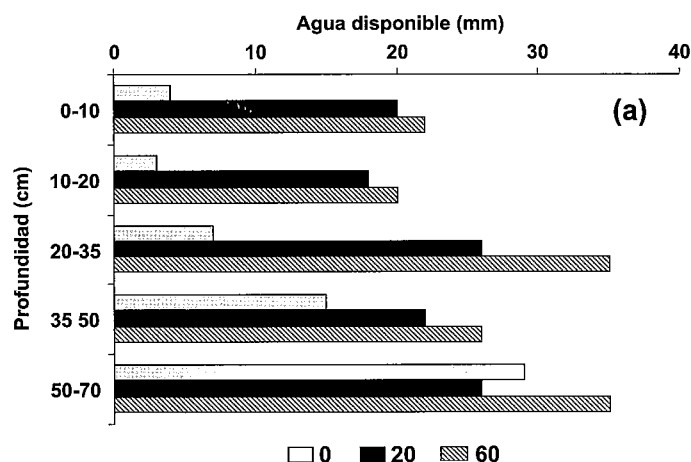
**Cuadro 7.** Disponibilidad de  $N-NO_3^-$  a la siembra y a seis hojas (V6) de maíz sembrado sin laboreo sobre barbecho, después de cultivos de cobertura de raigrás (*Lolium multiflorum*) o trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*) (Elaborado en base a Danree y Reynoso, 2007; Hernández y Osoreo, 2007; Siri Prieto, s/p).

Variables	2004		2005		2006	
	Siembra	V6	Siembra	V6	Siembra	V6
Barbecho	19	11	14	13	10	8
Trébol alejandrino	7	5	7	17	5	8
Raigrás	3	5	5	10	5	5

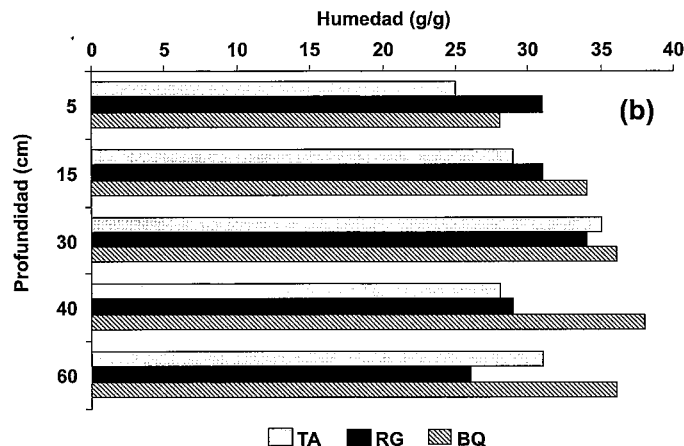
ma profundidad cuantificada. Esto muestra la importancia de mantener un balance entre el crecimiento vegetal realizado con el objetivo de cubrir el suelo, reciclar nutrientes o incorporar nitrógeno por fijación simbiótica, y el costo en reserva de agua que ello implica.

### MALEZAS, PLAGAS Y ENFERMEDADES

En los sistemas con agricultura continua, los enmalezamientos con y sin laboreo presentan iguales densidades aunque marcadas diferencias en la composición de especies. Sin laboreo se comprueba una menor diversidad con fuertes reducciones en la contribución de especies de la familia de las Crucíferas. Por el contrario, se constatan marcados incrementos en la contribución de gramíneas anuales y especies latifoliadas de la familia de las Compuestas. En las secuencias que incluyen pasturas, el



0, 20 y 60 días desde la aplicación del herbicida al raigrás  
BQ. barbecho químico (sin cobertura); TA trébol alejandrino; RG raigrás



**Figura 7.** Efecto de los días de barbecho químico (aplicación de herbicida-siembra) sobre una cobertura de raigrás en una secuencia soja-barbecho-soja (a) y de distintos cultivos de cobertura en una secuencia trigo/soja-barbecho-maíz (b) sobre la disponibilidad de agua en el suelo a la siembra de soja o maíz (Bastos *et al.*, 2007; Danree y Reynoso, 2007).

enmalezamiento presenta iguales diversidades en ambos sistemas de laboreos pero con mayores densidades en las situaciones sin laboreo. Los resultados fueron resumidos por Fernández (1999), y Ernst *et al.* (2004).

Con relación a la entomofauna, como la mayoría de los insectos que viven en el suelo se caracterizan como estrategias "K", la propia estabilidad del sistema favorece su desarrollo poblacional, muchas veces con relativa independencia de la o las especies vegetales empleadas en la secuencia. La ausencia de laboreo puede favorecer el desarrollo de algunas plagas, pero a la vez propicia un ambiente favorable para la persistencia de hongos, bacterias y virus entomopatogénicos, controladores de plagas (Castiglioni, 1999). La diversidad de especies en los tratamientos sin laboreo es mayor a aquellos laboreados, tanto para especies potencialmente plagas como para los benéficos. En ningún caso esto significó un problema diferencial de plagas aunque se detectaron diferencias en el nivel de daño causado. El comportamiento de plagas como *Elasmopalpus lignosellus* y *Diloboderus abderus* dependió más del manejo de rastrojo que del laboreo. La presencia de rastrojo «diluye» el daño de las citadas especies. Las larvas de gorgojos (Curculionidae) presentan, en general, mayores poblaciones en no laboreo, determinando una tendencia a mayores daños en cultivos de invierno (Castiglioni, 1999).

También el cambio de un esquema productivo basado en el laboreo y quema de rastrojos, a uno sin laboreo y con retención de rastrojos sobre el suelo, determina un incremento en la incidencia de enfermedades causadas por hongos necrotróficos. En nuestro sistema productivo no es un problema nuevo, sino que adquiere una mayor relevancia al desaparecer dos variables de manejo determinantes de la cantidad de rastrojo presente sobre el suelo y la persistencia del mismo en el tiempo.

## CONSIDERACIONES FINALES

Cuando se laboreo o no el suelo, se rotan cultivos con pasturas o se establece una secuencia de cultivos, no sólo se modifican las propiedades físico-químicas del suelo y la erosión. El manejo del suelo y la rotación de cultivos tienen también otros objetivos, que se manifiestan en modificaciones en las tendencias de propiedades funcionales del sistema de producción en el que se insertan. No contemplarlos puede comprometer el resultado productivo de la aplicación de un determinado manejo del suelo.

Como fue presentado, el programa logró aportes significativos a la solución de los problemas planteados que permitieron que en la actualidad la adopción de la siembra directa se haya generalizado en los sistemas agrícolas de Uruguay. La instalación de experimentos de largo plazo permite que se manifiesten en forma anticipada, los problemas que pueden aparecer a nivel de la producción cuando la tecnología se adopta. Lograr un enfoque multidisciplinario, que permita cuantificar y entender el porqué de los cambios, ayuda a evitar que se transformen en una limitante real.

Durante estos años hemos aprendido que el tipo de laboreo a utilizar está estrechamente relacionado al sistema de producción que se realiza, y que su efecto sobre el suelo y sobre la producción de granos debe cuantificarse en forma acumulada en el tiempo. Entender cómo el manejo del suelo afecta las propiedades del sistema de producción, cuantificadas como rendimiento en grano, pero también como resultado económico, cantidad y tipo de enmalezamiento, dinámica de enfermedades y plagas, tipo y cantidad de insumos necesarios para producir una unidad de producto, es de capital importancia para el éxito de las propuestas tecnológicas que surgen de los programas de investigación. ❖

## BIBLIOGRAFÍA

- BASTOS, M.; FELLER, G.; INGOLD, J. 2007.** Efectos del cultivo de cobertura y grupo de madurez en el contenido de agua del suelo y rendimiento de soja. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 97 p.
- CASTIGLIONI, E. 1999.** Manejo de la fauna del suelo e insectos plaga. In: Siembra sin laboreo de cultivos y pasturas. Disponible en: [www.fagro.edu.uy/~eemac](http://www.fagro.edu.uy/~eemac) Acceso 16 febrero 2007.
- DANREE, I.; REYNOSO, Y. G. 2007.** Efecto del manejo del barbecho sobre la disponibilidad de nitrógeno en maíz. Montevideo. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. 65 p.
- DÍAZ-ROSELLÓ, R. M. 1992.** Evolución de la materia orgánica en rotaciones de cultivos con pasturas. INIA. Investigaciones Agronómicas 1, Tomo I. pp.103-110.
- ERNST, O. 1990.** Laboreo de suelos para trigo. Montevideo. Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni". Serie Documentos No 2. 45 p.
- ERNST, O.; GUIDO, R.; IEWDIUKOW, A. 1992.** Tecnología en el cultivo de trigo. Relevamiento. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Serie Documentos No 4. 22 p.
- ERNST, O. 2000.** Siete años de siembra sin laboreo. Cangué no. 20: 9-13.
- ERNST, O.; CASTIGLIONI, E.; C. PEREZ, J.; VILLALBA, J. 2004.** Girasol. Modelo de producción en la República Oriental del Uruguay. In: Duarte, G.; Diaz-Zorita, M. (eds.) El cultivo de girasol en siembra directa. Buenos Aires. Argentina. pp.199-208.
- ERNST, O.; SIRI-PRieto, G. 2006.** Soil organic carbon and total nitrogen in relation to tillage and crop-pasture rotation. In: Horn R.; Fleige, H.; Peth, S.; Peng, X. (eds.) Soil Management for sustainability. Advances in GeoEcology 38: 132-139.
- FERNANDEZ, G. 1999.** La problemática de malezas en cero laboreo In: Siembra sin laboreo de cultivos y pasturas. Disponible en: [www.fagro.edu.uy/~eemac](http://www.fagro.edu.uy/~eemac) Acceso 16 febrero 2007.
- GARCÍA-PRÉCHAC, F. 1992.** Propiedades físicas y erosión en rotaciones de cultivos y pasturas. INIA Investigaciones Agronómicas 1, Tomo I. pp. 127-140.
- HERNÁNDEZ, J.; OSORES, J. 2007.** Efecto del manejo del barbecho invernal sobre los requerimientos de nitrógeno de maíz (*Zea mays*) sembrado en sistemas de agricultura continua en siembra directa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 81 p.
- INGOLD, J. 2006.** Erosión y pérdidas de suelo según sistemas de laboreo y rotaciones en Uruguay. XIV Jornadas de Jovens Pesquisadores da Associação das Universidades do Grupo Montevideu - AUGM e a Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (14, Campinas, 2006) Disponible en: [www.cori.unicamp.br/jornadas/completos/UDELAR/CA4003-INGOLD.pdf](http://www.cori.unicamp.br/jornadas/completos/UDELAR/CA4003-INGOLD.pdf). Acceso 16 febrero 2007.
- SIRI-PRieto, G.; ERNST, O.; INGOLD, J.; FELLER, D.; BASTOS, M. 2006.** Cover Crop and Maturity Group Effects on Soil Water Content and Soybean Yield. In: Proceeding of the 17th Triennial International Soil and Tillage Research Conference. August 28th-September 3rd. 2006. Kiel, Germany Sustainability: its impact on Soil Management and Environment. Disponible en: <http://iworx5.webxtra.net/~istroorg/download/ISTRO2006.zip>. Acceso 16 febrero 2007.