

# El sistema de rotaciones

## Pensando bajo.....

NOTA DE OPINION

Oswaldo Ernst\*

La agricultura uruguaya ha experimentado una serie de cambios relacionados a la tecnología de producción que ha permitido seguir aumentando los rendimientos medios de los cultivos de secano.

Algunos de los cambios introducidos suponen un incremento en el uso de fertilizantes y defensivos agrícolas, tendientes a aumentar y proteger el rendimiento; otros pueden ser el resultado de la mejor elección de chacras y momentos de siembra producto de una mejor planificación, cambios en los esquemas productivos y/o reducción de la superficie sembrada. Por último, y al que se refiere esta nota, es el cambio producido en la preparación del suelo, el que por sí solo no tiene por qué aumentar los rendimientos y hasta en muchos casos se discutió (discute) sobre sus posibles efectos negativos en el corto plazo.

La siembra sin laboreo no se desarrolló para mejorar el rendimiento de los cultivos sino para conservar el potencial productivo del suelo. Este efecto sobre el suelo, es el que determina la diferencia de producción en el largo plazo. Sin embargo, la adopción de la siembra sin laboreo en forma generalizada depende de la existencia de tecnología de producción capaz de asegurar desde el inicio, un nivel productivo comparable con el obtenible con el manejo tradicional. La existencia de esta tecnología puede demostrarse citando publicaciones sobre los resultados experimentales que avalan las propuestas, pero también lo avalan la valoración sobre los efectos en la producción de granos y forrajes que hacen los productores que ya siembran sus cultivos y pasturas sin laboreo. El 98% de los productores que realizan agricultura entienden que el resultado de incluir la siembra directa, sobre la rentabilidad, es positivo o no cambia con relación a la situación con laboreo, y el 69% opinan que mejora la estabilidad de los resultados (Scarlato et al., 2001). En el área lechera, más del 70% de los productores entienden que no afecta o mejora la producción de materia seca por hectárea (Ernst et al., 2001).

En la Figura 1 se presenta la curva de adopción de la siembra sin laboreo en el área agrícola del litoral y en el área lechera nacional.

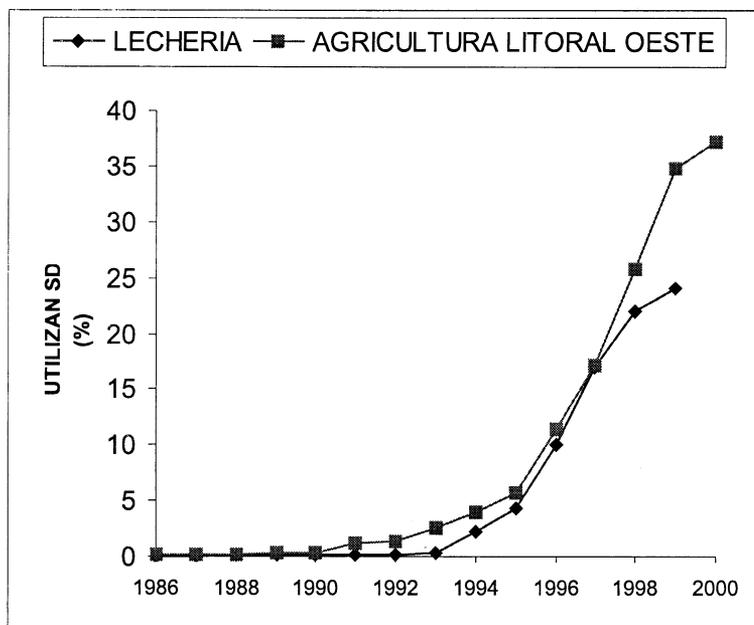


Figura 1. Curva de adopción de la siembra sin laboreo en sistemas agrícolas-ganaderos del Litoral y en sistemas lecheros, expresada como proporción del total de productores que utilizan siembra directa en algún cultivo (en base a: Ernst et al., 2001 y Scarlato et al., 2001).

Si bien la superficie realizada sin laboreo es diferente según el cultivo considerado, un productor que ha realizado siembra directa difícilmente la abandone (sólo un 10% de los productores que han realizado siembra directa la abandonaron y lo hicieron por falta de maquinaria), por lo que es de esperar que la superficie sembrada crezca aun sin incorporar nuevos productores.

Para comprender las posibilidades que otorga esta nueva tecnología de producción, es necesario analizar su impacto en el sistema productivo y, para ello, se hace necesario comparar lo que llamaremos "lógicas del sistema".

### AGRICULTURA CON LABOREO

Para las condiciones agroecológicas de nuestro país, es bien conocido el efecto negativo de la agricultura continua sobre el rendimiento de los cultivos y el potencial productivo del suelo (Díaz-Roselló, 1992; Ernst et al., 1992).

En términos generales los efectos pueden resumirse en "el resultado de generar una chacra vieja". Esto es, menor resultado

económico productivo por reducción del rendimiento medio de los cultivos, aumento de la variabilidad de los rendimientos entre años e incremento en la necesidad de fertilizante nitrogenado para obtener un rendimiento máximo menor.

La incorporación de una fase pastura dentro de la rotación, permite controlar estos efectos negativos, transformando una "chacra vieja" en una "cabeza de rotación". Esto genera ciclos de ganancia y pérdida de fertilidad del suelo que van acompañados por ciclos en el potencial productivo de los cultivos.

Este esquema definitivamente adoptado en el área de agricultura de secano de nuestro país, tiene la capacidad, además, de controlar las pérdidas de suelo por erosión hídrica como consecuencia de que en la mitad del tiempo de la rotación el suelo permanece cubierto por la pastura, pero mantiene altas las pérdidas de suelo durante la fase agrícola.

Por la lista de ventajas que tiene la presencia de las pasturas sobre el sistema, es ella la que tiene, como lo definió Bautes

\* Ing. Agr. Dpto. Producción Vegetal, EEMAC.

(1986), "el mando del sistema". El largo de la fase agrícola queda determinado por el "efecto chacra vieja" y el de la pastura, por la pérdida de su productividad y el engramillamiento. ↘

### AGRICULTURA SIN LABOREO

Dos aspectos centrales se modifican al eliminar el laboreo, ambos asociados a la necesidad de la fase pastura en la rotación:

- no se genera la "chacra vieja"
- la erosión se controla por la cobertura de suelo dada por el cultivo y la presencia de rastrojos en superficie.

La eliminación del laboreo y la quema de rastrojos, como variables de manejo dentro del sistema de producción, dejó en evidencia la existencia de una serie de problemas que no son nuevos, pero que adquirieron mayor relevancia al dejar el resto de las variables constantes. Dentro de éstos, los problemas sanitarios en cultivos de invierno, el incremento de malezas gramíneas anuales y problemas de implantación asociados a insectos plagas.

Nuevamente la rotación, pero ahora de cultivos dentro de la secuencia agrícola, resulta la solución más sencilla, porque evita que los problemas alcancen un nivel de relevancia económica.

Después de varios años de investigación sobre el tema resulta hasta asombroso el hecho de que los criterios de manejo de los cultivos, incluida la preparación del suelo para la siembra, sigan siendo los mismos que cuando se laboreo y, que a diferencia de la impresión inicial, debamos seguir leyendo los mismos libros y manejando los mismos conceptos. Ejemplo de esto son el tiempo de barbecho diferencial según cultivo antecesor y fertilidad del suelo (Ernst, 2000; Sawchik, 2001), y que deban seguirse utilizando los mismos indicadores y niveles críticos en el manejo de la fertilización nitrogenada (Perdomo et al. 2001; Bordoli et al., 2000) y fosfatada (Bordoli et al., 2000) que los definidos para situaciones con laboreo.

### TIPO Y DURACIÓN DE LA PASTURA COMO PARADIGMA

Como la agricultura ya no genera los problemas que determinaron la necesidad de implementar sistemas de rotación que incluyan una fase de pastura con por lo menos la misma duración que la fase cultivos, es posible replantear su necesidad y sobre todo, su rol dentro del sistema.

En un esquema agrícola en el que no se laboreo, las pasturas pierden relevancia como generadoras de un potencial productivo que no se deteriora, siempre y cuando

se respeten sus principios básicos, dentro de éstos, dejar una cantidad mínima de rastrojos de cultivos sobre el suelo. Si bien no está cuantificado para nuestras condiciones cuánto es esa cantidad mínima, la misma oscila entre 5 y 10 t/ha/año de materia seca según las condiciones climáticas. (Paustian et al., 1997), siendo mayores cuanto más cálido y húmedo es el ambiente.

La calidad de los rastrojos es relevante para definir el resultado final, destacándose por sus efectos benéficos, sorgo y maíz, y por su escaso o nulo efecto, el de soja. A su vez, cuando el cambio se produce sobre un suelo degradado, para lograr incrementos en la fertilidad del suelo, se debe superar la cantidad mínima de rastrojo, y esto depende del nivel de producción de los cultivos. En estos casos, la agricultura enfrenta la necesidad de producir grandes cantidades de biomasa en ambientes con el potencial productivo comprometido.

Las pasturas con gramíneas perennes mantendrán su importancia en todo sistema agrícola que no cumpla con el requisito de aporte mínimo en cantidad y calidad de rastrojos, y parecen seguir siendo una forma viable de recuperar el potencial productivo de los suelos que han sido degradados por la agricultura con laboreo. Sin dudas que ésta ha sido la forma en que se soportó el sistema hasta la actualidad, donde la producción de materia seca de las gramíneas perennes durante toda la fase pastura, es la responsable de la mejora en la calidad del suelo (García-Préchac, 1992). Es de resaltar que probablemente, en los sistemas comerciales, la gramilla fue la responsable de gran parte del efecto benéfico buscado.

También seguirán siendo el sustento de los sistemas de producción animal intensiva, donde se consume la mayoría de la materia seca producida por lo que se dejan bajas cantidades de rastrojo y de descomposición relativamente rápida (Terra y García-Préchac, 2001).

Sin embargo, en sistemas agrícolas intensivos en el uso del suelo, que parten de suelos con alto potencial de producción y que por lo tanto tienen la capacidad de lograr rendimientos medios altos, sin dudas se producen las cantidades mínimas de rastrojo/ha/año. En estos casos, las pasturas cumplen otros roles, como el ingreso de nitrógeno a través de la fijación simbiótica y mantener la necesaria diversificación biológica del sistema, pero por lo menos puede cuestionarse su tipo (composición botánica) y duración.

Las pasturas cortas, con leguminosas anuales apareciendo con alta frecuencia en la rotación permitirían mantener la ventaja

de ingresar nitrógeno al sistema y darían una "salida" a los problemas generados por la actualmente escasa diversificación posible dentro de la fase agrícola.

En secuencias agrícolas relativamente largas, agronómicamente posibles si no se laboreo, es necesario rotar los ciclos de los cultivos, transformando una secuencia invierno-verano, en una verano-invierno. Esto permite controlar los problemas generados por la propia secuencia de cultivos a través del cambio de la estación de producción y las fechas de siembra, pero genera tiempos de suelo improductivo. Es en ellos donde se puede ubicar leguminosas anuales o bianuales (Figura 2).

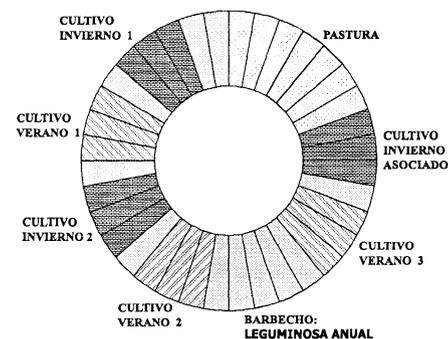


Figura 2. Esquema de uso del suelo en secuencias agrícolas largas sin laboreo.

Esta opción ha sido evaluada en Uruguay, bajo condiciones de laboreo, y sólo durante el verano. Torres y del Pino (1995), utilizaron trébol rojo asociado al trigo logrando un escaso impacto sobre el trigo siguiente, pero un efecto equivalente a 100 kg/ha de nitrógeno agregado como urea cuando la secuencia siguió con maíz.

Por otro lado, el Sistema 7 de las rotaciones evaluadas en la Estación Experimental "La Estanzuela" desde 1963, incluye una secuencia en la que todos los cultivos de trigo se siembran asociados con trébol rojo, lo que implica 33% de pastura de leguminosa y 67% de cultivo. Este sistema perdió en casi 30 años, sólo un 13% del carbono perdido por la agricultura continua sin fertilización (Sistema 1), pérdida similar a la cuantificada en el Sistema 3, que incluye 50% del tiempo bajo alfalfa para heno (Díaz-Roselló, 1992).

La utilización de leguminosas anuales de invierno permitiría cumplir con el mismo objetivo en el cambio de ciclo invierno a verano, utilizando un período normalmente improductivo, de bajo aporte de nitrógeno por el suelo, donde según resultados obtenidos por García et al. (1994), la mayoría del nitrógeno total presente en el forraje pro-

ducido corresponde al producto de la fijación simbiótica. En este sentido, en un experimento instalado en la EEMAC, en mayo del 2001, utilizando trébol alejandrino entre dos cultivos de maíz sembrados sin laboreo, se acumularon en promedio 104 kg/ha de nitrógeno hasta el momento de aplicar el herbicida total, lo que abre una expectativa importante sobre las posibilidades de éxito de este esquema.

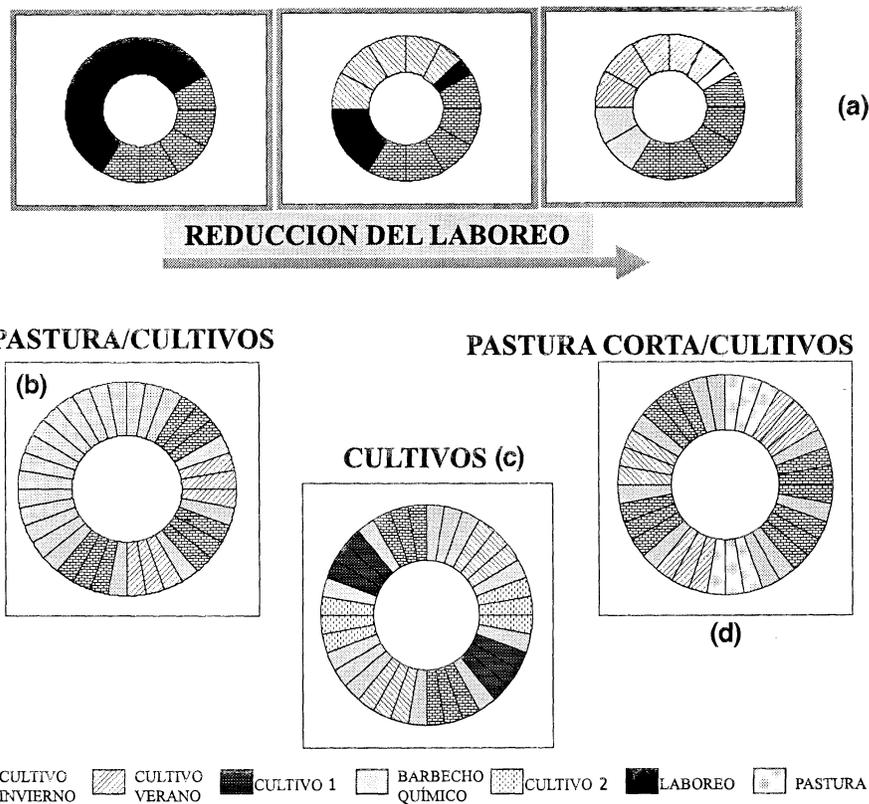
En la Figura 3 se presenta un esquema de secuencias de cultivos dentro del año y para la rotación cuando la única variable de manejo que se modifica es el laboreo.

Al intensificarse el uso del suelo (1 cultivo/año contra 2 cultivos/año), se hizo necesaria la quema de los restos de cosecha, ya que no es compatible laborear un suelo con 3 a 5 t/ha de rastrojo y sembrar inmediatamente un cultivo de verano. La siembra sin laboreo lo hizo posible. Cuando esto se proyecta a lo largo de la fase agrícola de la rotación, se visualiza claramente la importancia que adquieren los efectos residuales. El cultivo de invierno se siembra en el rastrojo del cultivo de invierno anterior. Repetido esto en el tiempo, aumenta la probabilidad de aparición de problemas sanitarios y de malezas, principalmente gramíneas anuales invernales.

En este esquema la pastura sigue siendo una salida efectiva, ya que separa los cultivos suficiente tiempo como para volver a hacer manejables los problemas. Otra alternativa propuesta es la rotación de cultivos anuales dentro de la fase agrícola, incorporando cultivos como avena, colza, lino, arveja, propuesta cuya implementación está limitada por las posibilidades de comercialización. La tercera alternativa es saltar cultivos dentro de la secuencia lo que, además de separar los cultivos en el tiempo, permite cambiar los ciclos, diversificando el sistema y permitiendo incorporar diferentes herramientas de control de malezas y plagas. En este caso se generan tiempos de barbecho excesivamente largos, con suelo improductivo y donde existe la posibilidad de que ocurra erosión laminar, perdiendo la capa de suelo más fértil.

### SIEMBRA SIN LABOREO Y MEDIANERÍA

La rotación cultivos-pastura tradicional genera la necesidad de sembrar en una misma chacra un cultivo cabeza de rotación cada 6-8 años. Cuando se siembra sin laboreo esto significa tener que manejar enmalezamientos complejos, probablemente gramilla, superficie del suelo desnivelada y compactada por pisoteo. Cuando las condiciones del suelo mejoran, los tiempos de



**Figura 3.** Para una secuencia en la que sólo se modifica el laboreo: (a) Uso del suelo dentro del año (b) en la rotación pastura cultivo tradicional; (c) una rotación de cultivos continuos y rotación cultivo/pasturas cortas (d).

barbecho se reducen porque quedan definidos por la cosecha del cultivo anterior, cuando se controlan las malezas problema y en algunos casos también los insectos plaga que cumplen parte de su ciclo en el suelo, se vuelve a sembrar una pastura que durará 3-4 años, lo que no permite capitalizar las ventajas del sistema que operan en el mediano plazo.

Para ello sería necesario renegociar el sistema, buscando alargar la fase agrícola, incorporar pasturas anuales y bianuales de leguminosas, lo que ofrece una alternativa de diversificación y capitalizar las ventajas de no laborear.

### SIEMBRA SIN LABOREO EN SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUCCIÓN ANIMAL

En los esquemas agrícolas cuyo objetivo es producir reservas (silo y fardos), los cultivos rotan con pasturas por todo el predio, lo que está determinado por la asociación, pérdida de producción de las pasturas engramillamiento. Esto determina, siguiendo las lógicas de la agricultura con laboreo, que el cultivo de maíz se siembre sobre praderas engramilladas o después de un verdeo que fue pastoreado durante todo el invierno.

En estas situaciones es necesario manejar "tiempos de barbecho" suficientemente largos como para lograr preparar una buena sementera sin laborear, lo que determina la necesidad de tomar la decisión de no pastorear y aplicar un herbicida sobre un forraje potencialmente disponible.

La siembra sin laboreo permite pensar en la implementación de un esquema de producción de reservas con las lógicas de la agricultura, sacándolo del sistema de producción destinado a producir forraje. En este caso, como se aportan bajas cantidades de rastrojos, es necesario repensar la secuencia, los cultivos a utilizar para producir las reservas y mantener "pasturas largas" con gramíneas perennes dentro de la rotación.

### REFLEXIÓN FINAL

- La eliminación del laboreo convencional y la quema de rastrojos, como variables de manejo dentro del sistema agrícola-forrajero, hizo evidente la existencia de problemas que no son nuevos, pero adquirieron mayor relevancia.

- La solución es conocida, pero para implementarla hay que imaginar nuevas combinaciones de las mismas alternativas económicas disponibles.

- El no laboreo lo permite, porque le quita a la fase pastura la responsabilidad de transformar una "chacra vieja" en una "cajeza de rotación", y a los cultivos anuales, la responsabilidad de eliminar/reducir el nivel

de engramillamiento para poder volver a implantar una pastura productiva y longeva.

- La llave del éxito de la propuesta pasa por respetar las limitantes que impone el hecho de no laborear y dejar rastrojos so-

bre la superficie del suelo, por lo que el sistema se debe mantener diversificado y debería mantener las ventajas del sistema actual, como el ingreso de nitrógeno por fijación simbiótica. ■

## BIBLIOGRAFÍA

- BAUTES, C. 1986.** Trigo. El problema tecnológico en el sistema de producción. En Jornada de Trigo. CREA.Mercedes.1986
- BORDOLLI, M.; QUINKE, A.; MARCHESI, A. 2000.** Fertilización de trigo en siembra directa. 8ª Jornada Nacional de Siembra Directa. 13 de Octubre. 2000. EEMAC-AUSID.
- DIÁZ-ROSELLO, R. 1992.** Evolución de la materia orgánica en rotación de cultivos con pasturas. Investigaciones Agronómicas. INIA 1: 103-110.
- ERNST, O.; GUIDO, R.; IEWDDIUKOW, A. 1992.** Tecnología en el cultivo de trigo. Facultad de Agronomía. Serie Documentos No 4. 22p.
- ERNST, O. 2000.** Siembra sin laboreo: importancia del manejo del barbecho. 8ª Jornada Nacional de Siembra Directa. 13 de Octubre 2000. EEMAC-AUSID.
- ERNST, O.; BENTACUR, O.; SIRI, G.; FRANCO, J.; LAZBAL, E. 2001.** Nivel de adopción y situación de la siembra directa en establecimientos de producción lechera. En Adopción y demandas de investigación y difusión en siembra directa. Encuesta a la agricultura y lechería del suroeste del Uruguay. Serie FPTA No 06. INIA
- GARCÍA, J. A.; LABANDERA, C.; PASTORINI, D.; CURBELO, O. S. 1994.** Fijación de nitrógeno por leguminosas en La Estanzuela. En: INIA Serie Técnica No 51: 13-18.
- GARCÍA-PRECHAC, F. 1992.** Propiedades físicas y erosión en rotaciones de cultivos y pasturas. Investigaciones Agronómicas INIA 1: 127- 140.
- PAUSTIAN, K.; COLLINS, H. P.; PAUL, E. A. 1997.** Management controls on soil carbon In: Paul, E. A.; Paustian, K.; Elliot, E. T. Cole, V. V. (Eds), Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems: Long-Term Experiments in North America. CRC Press, Boca Raton. FL, USA. pp 15-49.
- PERDOMO, C.; Hoffman, E.; PASTORINI, M.; PONS, C. 2001.** Manejo de la fertilización nitrogenada en cultivos de invierno. Seminario de discusión técnica. Proyecto de difusión EEMAC-CSEAM. (versión en CD).
- SAWCHIK, J. 2001.** Dinámica del nitrógeno en la rotación cultivo-pastura bajo laboreo convencional y siembra directa. En: Díaz Rossello, R. (ed) Siembra Directa en el Cono Sur. PROCISUR. 323-346.
- SCARLATO, G.; BUXEDAS, M.; FRANCO, J.; PERNAS, A. 2001.** Siembra directa en la agricultura del litoral oeste uruguayo. Adopción y demandas de investigación y difusión. En Adopción y demandas de investigación y difusión en siembra directa. Encuesta a la agricultura y lechería del suroeste del Uruguay. Serie FPTA No 06. INIA.
- TORRES, D.; DEL PINO, A. 1995.** Dynamics of soil nitrogen in agroecosystems with addition of fertilizer and incorporation of legumes. In Ljunggren, H; Favelukes, G.; Dankert, M. A.; (eds) SAREC, Conference Efficient use of Biological Nitrogen Fixation: Accomplishments and Prospects. Buenos Aires, December 5-7, 1995.
- TERRA, J.; GARCÍA PRÉCHAC, F. 2001.** Siembra directa y rotaciones en las lomadas del este: síntesis 1995-2000. INIA. Serie Técnica 125.

## Día de campo - Cultivos de Invierno - 12 de octubre de 2002

El grupo de Cereales y Cultivos Industriales de la EEMAC realizó su "Día de Campo de Cultivos de Invierno", en conjunto con la "9ª Jornada Nacional de Siembra Directa". La actividad se desarrolló en el marco del Proyecto "Difusión de la EEMAC".

Durante la mañana se realizó una recorrida del campo experimental donde se presentaron y discutieron los objetivos y resultados preliminares de los trabajos que se están realizando, centralizándose la discusión sobre las líneas de investigación iniciadas durante los dos últimos años.

Se presentó por primera vez el trabajo sobre "Caracterización agronómica de nuevos cultivares de trigo y cebada cervecera", cuyo objetivo es definir manejos específicos por cultivares en función de sus características de crecimiento.

Dentro del Programa "Siembra Directa" se visitaron los experimen-



tos de largo plazo con objetivo de discutir el "Efecto de la incorporación de diferentes pasturas sobre el rendimiento en grano de cultivos sembrados con o sin laboreo y sobre la calidad del suelo" y el "Rol de los cultivos para cobertura en sistemas de agricultura continua sin laboreo".

Por último, dentro de estos experimentos, se presentó un trabajo iniciado recientemente por el Departamento de Suelos y Aguas, sobre "Aumento de la capacidad de secuestro de carbono y disminución de la emisión de gases con efecto invernadero en sistemas agrícolas del Uruguay".

Más de 100 fueron los participantes que, a pesar de las inclemencias del tiempo, pudieron cumplir con todo el itinerario, para luego, en la tarde, continuar con las actividades de la 9ª Jornada Nacional de Siembra Directa.