

Siete años de siembra sin laboreo¹

NOTA TECNICA

Oswaldo Ernst*

INTRODUCCIÓN

La rotación de cultivos anuales y pasturas puede considerarse como uno de los principales cambios tecnológicos de la agricultura uruguaya. Hasta 1970, la rotación agrícola ganadera en nuestro país no integró un sistema planificado, dejando como residuo la pérdida de fertilidad natural del suelo y la erosión.

Dentro de esta rotación se identifican dos períodos, en el primero (fase agrícola basada en el laboreo del suelo) se produce una reducción en la fertilidad (nitrógeno) y pérdida de estructura del suelo que se recuperan durante el segundo (fase de pasturas). (Díaz, 1992; García-Préchac, 1992).

Se produce entonces, un ciclo de pérdidas y ganancias que 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 materia orgánica provocadas por el laboreo han sido identificadas como los factores determinantes de esa tendencia negativa en el largo plazo, lo que se vio favorecido por los extensos períodos de barbechos asociados a la secuencia trigo-trigo.

La intensificación de la fase agrícola con el doble cultivo, 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, representó un paso positivo en el control de la erosión, pero al efecto del laboreo sobre la oxidación de los restos orgánicos, se sumó la quema de rastrojos de los cultivos de invierno, previo a la siembra del cultivo de segunda.

En este esquema, la inclusión de la siembra sin laboreo con retención de rastrojos sobre la superficie, representa una solución posible a ambos problemas.

Con este marco de referencia se inició en 1993 un programa de investigación, tendiente a evaluar el impacto de la inclusión de sistemas de producción sin laboreo, sobre la calidad del suelo, y generar el conocimiento básico necesario para

proponer medidas de manejo que mejoren la performance de los cultivos anuales bajo estas condiciones.

En este artículo se resumen los principales resultados obtenidos entre 1993 y 2000.

Objetivos planteados

- ▶ determinar el nivel mínimo de laboreo necesario para la producción de grano
- ▶ cuantificar el impacto sobre la producción de grano de la rotación
- ▶ cuantificar la evolución de la calidad del suelo en el tiempo
- ▶ conocer el impacto de la eliminación del laboreo sobre la dinámica de malezas, plagas y enfermedades
- ▶ valorar en términos económicos la propuesta

PRINCIPALES RESULTADOS (1993 - 1999)

1. Rendimiento en grano de secuencias de cultivos con y sin laboreo.

Luego de siete años de comparación de rendimientos entre cultivos sembrados con y sin laboreo, no se detectaron diferencias significativas en el rendimiento acumulado de granos.

Durante la primera fase de la rotación de cultivos con pasturas, hubo una tendencia a obtener rendimientos menores sin laboreo que con laboreo convencional tendencia que se revirtió durante el segundo período de cultivos. (Figura 1).

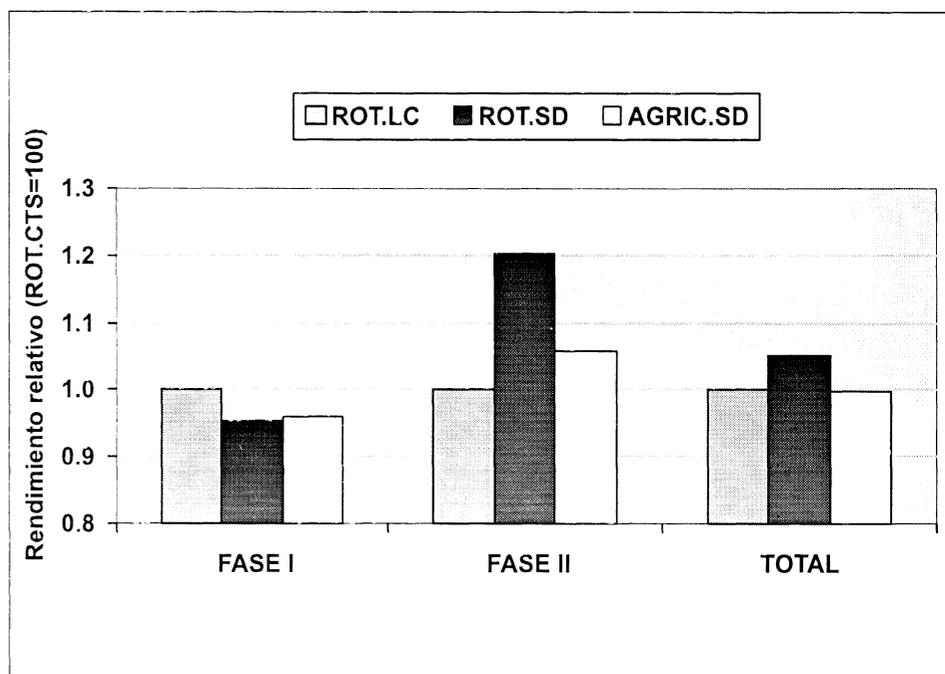


Figura 1. Efecto del tipo de laboreo y rotación o no con pastura sobre el rendimiento en grano acumulado durante la primera y segunda fase agrícola (FASE I y FASE II, respectivamente) de una rotación.

ROT. LC= rotación cultivos/pastura con laboreo
ROT.SD= rotación cultivos/pastura sin laboreo
AGRIC.SD= agricultura continua sin laboreo

1 - Resultados obtenidos en el PROYECTO N.º 36. Consultoría Técnica realizada por la Facultad de Agronomía al Programa de Manejo de Recursos Naturales y Desarrollo del Riego - PRENADER
Participan: Grisel Fernández (Malezas), Enrique Castiglioni (Entomología), Carlos Pérez (Fitopatología), Guillermo Siri (Cultivos)
* Ing. Agr. Cereales y Cultivos Industriales. EEMAC

Comparando sistemas de laboreo que incluyen o no pasturas perennes, FASE II, el rendimiento en grano acumulado fue de 7618 kg/ha, cuando los cultivos se sembraron con laboreo, y 9152 kg/ha sembrados sin laboreo. En tanto, el sistema de agricultura anual continua sin laboreo logró 8056 kg/ha. Las diferencias fueron significativas ($P=0.05$) sólo para los tratamientos extremos. La producción acumulada entre febrero de 1993 y febrero de 2000 fue 30168 kg/ha y 32330 kg/ha para agricultura continua con laboreo y agricultura continua sin laboreo, respectivamente.

El trabajo desarrollado entre 1995 y 1997 en el marco del proyecto "Causas del lento crecimiento inicial de cultivos sembrados sin laboreo: Posibilidades de manejo", financiado por la CSIC, permitió identificar y proponer modificaciones al manejo de cultivos sembrados sin laboreo. Dentro de éstas, pueden mencionarse, el manejo de la fecha de siembra en función de la temperatura del suelo, el tiempo en barbecho como variable para mejorar la disponibilidad de nitrógeno para los cultivos y la calidad de la sementera. A esto se sumó el aporte desde otras áreas del conocimiento como el ajuste de la fertilización nitrogenada en función de indicadores objetivos de la demanda del cultivo y el aporte del suelo, y la rotación de cultivos como manejo de malezas, enfermedades y plagas.

La aplicación de estos conceptos explica en parte los mejores resultados obtenidos en la Fase II de la investigación.

En el Cuadro 1 se resumen los resultados obtenidos en un cultivo de trigo sembrado sin laboreo, sobre rastrojos de maíz o soja, en sistemas de agricultura continua o en rotación con pasturas.

No hubo diferencias entre el rendimiento obtenido con o sin laboreo; cuando la agricultura se desarrolló sin laboreo, no hubo efecto de la rotación con pastura y tampoco del cultivo antecesor (maíz o soja). La única diferencia significativa fue entre el rendimiento con trigo sembrado sin laboreo sobre pradera con barbecho largo o barbecho corto. Este último tratamiento fue utilizado comúnmente en los experimentos realizados entre 1992 y 1994 y aparece como una de las causas de los menores rendimientos iniciales de la siembra sin laboreo en la FASE I de la investigación.

Cuadro 1. Rendimiento relativo de trigo sembrado sobre rastrojo de maíz o soja incluidos, en rotación con pasturas o agricultura continua, y sembrado sin laboreo sobre pradera vieja con barbecho largo o corto. EEMAC, 1999.

Trigo con laboreo / trigo sin laboreo	2440 / 2927 ns
Trigo sin laboreo en rotación con pastura / trigo sin laboreo en agricultura continua	30421 / 2889 ns
Trigo sin laboreo sobre maíz / trigo sin laboreo sobre soja	3037 / 2837 ns
Trigo sin laboreo sobre pradera vieja con barbecho corto / trigo sin laboreo sobre pradera vieja con barbecho largo	1496 / 3116 **

Barbecho largo = aplicación de 2.2 l/ha de glifosato el 10/3

Barbecho corto = aplicación de 2.2 l/ha de glifosato el 23/4

Siembra = 15 g

ns = diferencias no significativas

** = diferencias significativas $P=0.01$

1. Calidad del suelo

La calidad del suelo se estimó cuantificando la evolución del carbono orgánico y su distribución en el perfil, la estabilidad de la estructura del suelo y el riesgo de erosión.

a. Carbono orgánico

La concentración de carbono en el suelo, durante todo el período evaluado, fue significativamente mayor en sistemas sin laboreo que con laboreo convencional diferencia que varió entre 7% y 21% dentro del período (Figura 2).

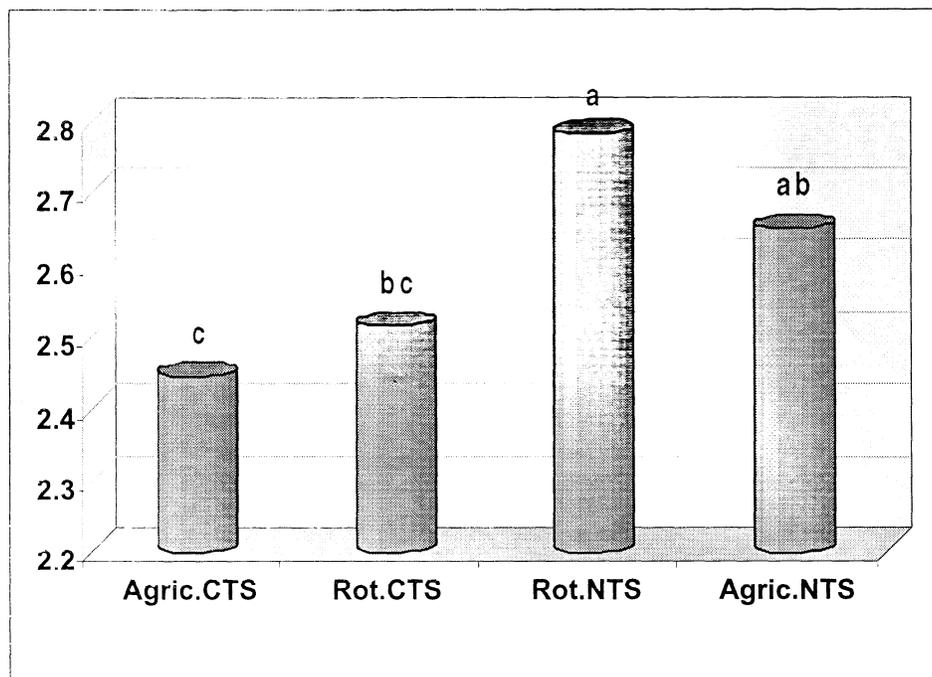


Figura 2. Porcentaje de carbono orgánico en el suelo después de siete años de pastura/cultivo con laboreo (ROT.LC), pastura /cultivo sin laboreo (ROT.SD), agricultura continua sin laboreo (AGRIC.SD) y agricultura continua con laboreo (AGRIC.LC). (Ernst y Siri, 2000).

Coincidiendo con resultados experimentales presentados por Díaz (1992), con laboreo convencional, el porcentaje de carbono se redujo en un 14% durante la fase agrícola, y se recuperó en un 3% durante la

fase pastura.

Como la densidad aparente se modificó significativamente durante el período, en la Figura 3 se muestra la cantidad de carbono orgánico.

Solamente los tratamientos sin laboreo mantuvieron el contenido de carbono orgánico de 1993, sin diferencias entre la rotación con pasturas y la agricultura continua. Los resultados indican que se perdió materia orgánica del suelo, en los sistemas con laboreo, y se mantuvo en la cantidad original en los sistemas sin laboreo, con independencia de la presencia o no de pasturas en la rotación.

El carbono orgánico del suelo descende rápidamente en los primeros años después de que un suelo es perturbado por el laboreo. La magnitud y velocidad de la pérdida varía con el tipo de suelo, condiciones climáticas, secuencia de cultivos, tipo de laboreo, cantidad de rastrojo dejado sobre el suelo. (Paustian, Collins and Paul, 1997). Estas variables afectan el contenido del carbono orgánico a través de su efecto sobre el potencial de producción de biomasa del sistema productivo (entrada de carbono) y la tasa de mineralización y erosión del suelo (salida de carbono).

En los sistemas agrícolas, la rotación de cultivos afecta al contenido de carbono orgánico, a través de la cantidad y calidad de biomasa producida por unidad de tiempo. Este contenido aumenta cuando se producen altas cantidades de rastrojos/ha y se reduce cuando existen períodos de baja producción (Zielke and Christenson, 1986; Campell and Zetner, 1993), cuando existe una alta proporción del tiempo en que el suelo está en barbecho (Cambell *et al.*, 1991 a,b) o cuando se retira el 100% de los rastrojos o biomasa total producida.

Durante el periodo experimental no se registraron diferencias significativas en la producción total de biomasa entre los sistemas de producción evaluados, por lo que el efecto sobre la cantidad de carbono existente luego de siete años de manejos contrastantes resultaría de la menor oxidación de materia orgánica y erosión registrada en los sistemas sin laboreo.

b. Estabilidad de los agregados del suelo

Los sistemas con laboreo convencional redujeron significativamente la estabilidad de la estructura medida como Diámetro Medio Ponderado (MWD) de agregados del suelo.

Las secuencias sin laboreo determinaron mayores valores de estabilidad de agregados que los sistemas con laboreo, excepto en 1997, donde la rotación cultivo/pastura no difirió de los mejores tratamientos. Esta fecha coincide con el último año de la pastura, por lo que el

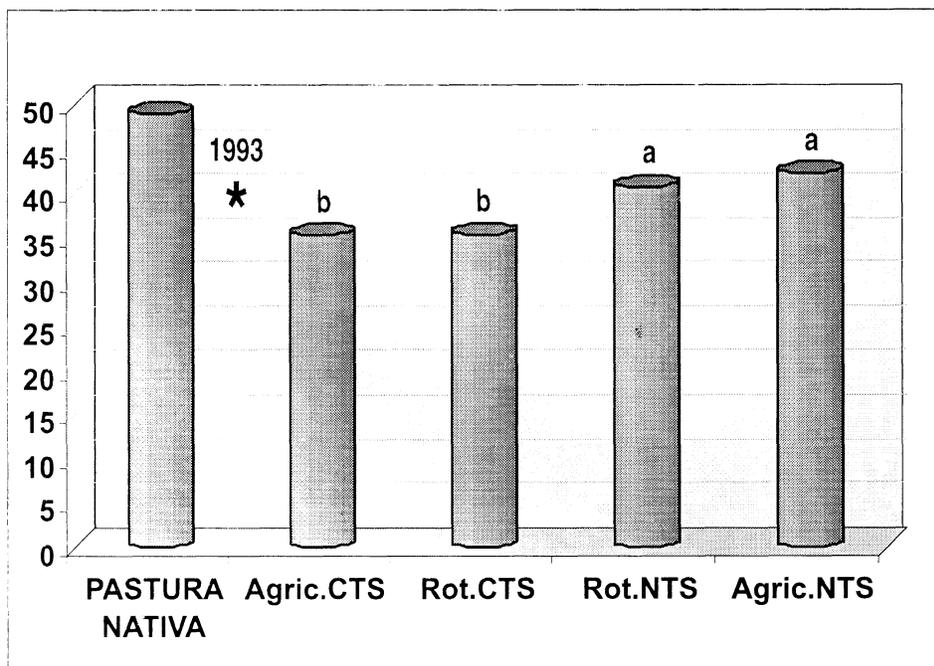


Figura 3. Contenido de carbono orgánico en 0-12 cm del suelo (Mg/ha) después de siete años de pastura/cultivo con laboreo (ROT.LC), pastura/cultivo sin laboreo (ROT.SD), agricultura continua sin laboreo (AGRIC.SD) y agricultura continua con laboreo (AGRIC.LC). (Ernst y Siri, 2000)

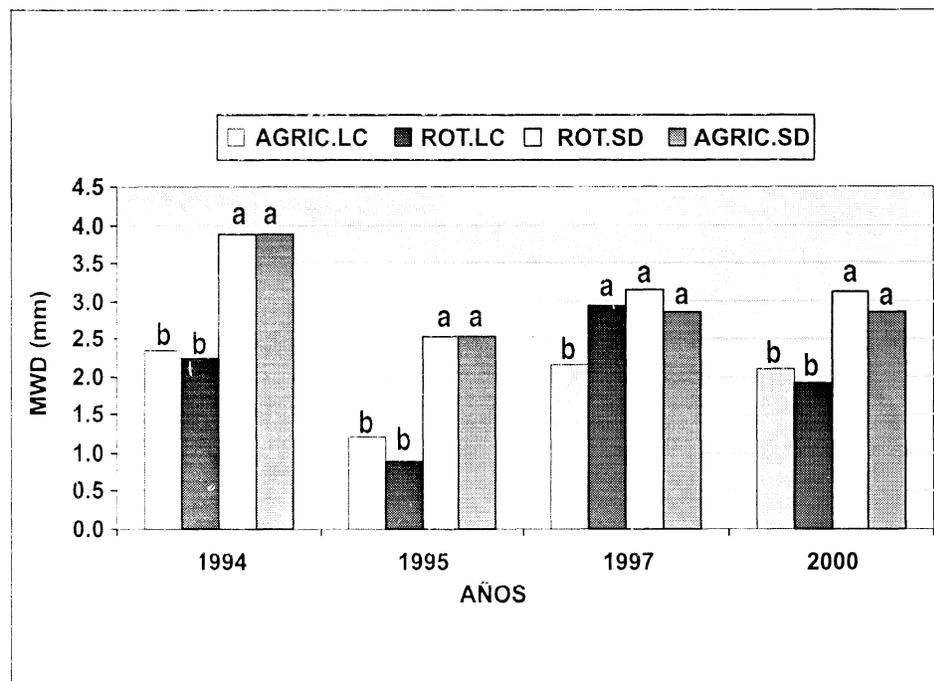


Figura 4. Evolución del tamaño medio ponderado de agregados del suelo (MWD) en respuesta a secuencias pastura/cultivo con laboreo (ROT.LC), pastura/cultivo sin laboreo (ROT.SD), agricultura continua sin laboreo (AGRIC.SD) y agricultura continua con laboreo (AGRIC.LC). (Ernst y Siri, 2000).

MWD se redujo durante la fase agrícola con laboreo en los dos períodos, y se incrementó durante la fase pastura. Los resultados coinciden con los obtenidos por García-Précha, (1992) en los sistemas de rotaciones con laboreo evaluados en La Estanzuela desde 1963.

2. Las malezas como problema

En agricultura continua los enmalezamientos con y sin laboreo presentan iguales densidades, aunque marcadas diferencias en la composición de especies. En los sistemas de cero laboreo, se comprueba una menor diversidad con

permitan un manejo sustentable de malezas para condiciones de cero laboreo.

3. Los insectos plaga como problema

Castiglioni (1999) resume la información experimental obtenida en el tema. 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.

La diversidad de especies en los tratamientos sin laboreo es mayor a la de los tratamientos laboreados, tanto para especies potencialmente plagas como para las benéficas. En ningún caso esto significó un cambio en las especies presentes, 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 especies citadas. Las larvas de gorgojos (Curculionidae) presentan, en general, mayores poblaciones en no laboreo, determinando una tendencia a mayores daños en cultivos de invierno.

El nivel de problemas a esperar al eliminar el laboreo, dependerá del nuevo equilibrio alcanzado, el que depende del grado de diversidad que presente el sistema.

4. Las enfermedades como problema

El cambio de un esquema productivo basado en el laboreo y quema de rastrojos,

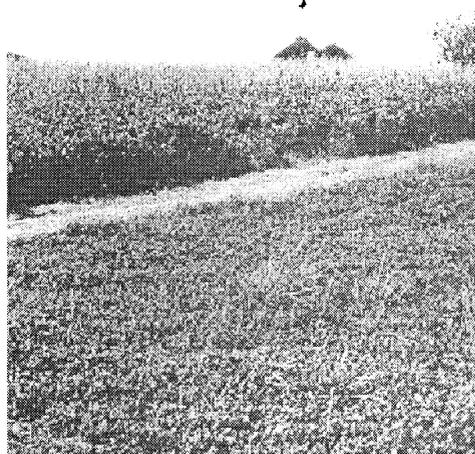
a uno sin laboreo y con retención de rastrojos sobre el suelo, determina un incremento en la incidencia de enfermedades causadas por hongos necrotróficos. En nuestro sistema productivo no es un problema nuevo, sino que adquiere una mayor relevancia al desaparecer dos variables de manejo, determinantes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

Actualmente se están realizando estudios epidemiológicos de dos grupos de enfermedades afectadas por este cambio: las manchas foliares de los cereales de invierno y las podredumbres causadas por *Sclerotinia* spp. Las manchas foliares han sido ampliamente estudiadas en nuestro país, sin embargo aún hay preguntas sin responder. Para el caso de las podredumbres en soja, girasol, lotus, colza, -entre otros- la situación es completamente distinta ya que no hay antecedentes nacionales de estudios epidemiológicos en cultivos extensivos.

5. Los insumos necesarios

En el caso de los experimentos iniciados en 1992. Durante la primera fase agrícola de la rotación, se aplicó cinco veces más herbicida y dos veces más nitrógeno, en siembra sin laboreo que en laboreo convencional.

Al mantener el sistema sin laboreo, los costos en herbicida se redujeron en forma relativa, aunque continuaron siendo tres veces más que con laboreo, pero los de preparación de suelos y de nitrógeno total, fueron 30% y 33% menores, respectivamente. (Ernst, 1999).



Agricultura continua sin laboreo (fondo) - fase pastura de la rotación (frente)

fuertes reducciones en la contribución de especies de la familia de las crucíferas (como mastuerzo, nabos y rábanos) y también para flor morada y lengua de vaca. Por el contrario, se constatan marcados incrementos en la contribución de gramíneas (pasto blanco, capines, cebadilla, raigrás) y especies latifoliadas de la familia de las compuestas (como *Ambrosia sp.* y cardos), y otras especies menos frecuentes.

En las secuencias que incluyen pasturas, el enmalezamiento presenta igual diversidad en ambos sistemas de laboreo y mayores densidades en las situaciones sin laboreo, esto significa que se encuentran las mismas especies pero existen incrementos muy marcados en las densidades de algunas de ellas, como *Ambrosia sp.* y gramíneas.

Estos efectos varían en su intensidad dependiendo del cultivo que sigue a la etapa de pastura, y fundamentalmente como resultado de las tecnologías de aplicación de herbicidas asociadas con el cultivo en cuestión. En el caso de los experimentos en estudio, se observaron menores incrementos de *Ambrosia sp.* cuando a la pastura le siguió soja, que cuando le siguió maíz, y por ende, mínimos incrementos en las densidades totales.

Estos resultados señalan la importancia de las interacciones de las secuencias, con relación a la participación de pasturas y cultivos, e inclusive, características de los cultivos incluidos, con los efectos de los sistemas de laboreos, y sugieren la posibilidad de numerosos ajustes que



Siembra sin laboreo de soja sobre rastrojo de trigo

CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados obtenidos en este trabajo, al igual que otros similares desarrollados en el país, demuestran que la inclusión de la siembra sin laboreo en nuestro sistema de producción agrícola ganadero, es una práctica capaz de mejorar la sustentabilidad del mismo, cuantificada a través de parámetros que estiman la evolución en el tiempo de la calidad del suelo, el rendimiento obtenido y los insumos necesarios en el proceso.

Si bien los sistemas mantenidos sin laboreo con o sin pasturas mostraron un incremento de la concentración (%) de carbono orgánico en el suelo a través del tiempo, esto se redujo a los primeros 12 cm

del perfil y la cantidad (toneladas) no varió en relación a la situación de partida en 1993. Esto indicaría que el efecto real del no laboreo fue mantener el nivel original de materia orgánica del suelo más que mejorarlo. La reducción en la oxidación del carbono orgánico y la pérdida de suelo por erosión son las principales causas asociadas a este efecto.

La estabilidad al agua de los agregados del suelo fue más sensible a los cambios impuestos por el laboreo o no del suelo y la presencia de pastura. En este caso, se registró claramente el ciclo de pérdida y ganancia de condición física del suelo asociado al laboreo y la pastura, respectivamente. La eliminación del laboreo

mostró una alta estabilidad a lo largo de los siete años de evaluación.

Estas ventajas cuantificadas sobre la calidad del suelo, como consecuencia del no laboreo, determinaron además, modificaciones en el enmalezamiento de cada sistema de producción, cambios en la composición de la macro fauna del suelo y en el impacto relativo de las enfermedades.

El ajuste de la tecnología de producción en función de estos cambios y la implementación de prácticas tendientes a lograr un ambiente de producción similar al alcanzado con laboreo, es una de las claves para capitalizar, en producción de grano y forraje, las mejoras logradas en el potencial productivo del suelo.■

BIBLIOGRAFÍA

- CAMBELL, C.A.; BIEDERBECK, V.O.; ZENTNER, R.P.; LAFOND, G.P. 1991a. Effect of crop rotation and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respiration in a thin Black Chernozem. *Canadian Journal Soil Science* 71:363-376.
- CAMBELL, C.A.; BOWREN, K.E.; SCHNITZER, M.; ZENTNER, R.P.; TOWNLEY-SMITH, L. 1991 b. Effects of crop rotations and fertilization on soil organic matter and some biochemical properties of a thin Black Chernozem. *Canadian Journal Soil Science* 71: 377-387.
- CASTIGLIONI, E. 1999. Manejo de la fauna del suelo e insectos plagas. *In* Siembra sin laboreo de cultivos y pasturas. Facultad de Agronomía-Unidad de Educación Permanente/INIA/PROCISUR. CD-Rom
- DIAZ-ROSELLO, R. 1992. Evolución de la materia orgánica en rotación de cultivos con pasturas. *Investigaciones Agronómicas* 1: 103-110.
- ERNST, O. 2000. Siembra sin laboreo. Importancia del manejo del barbecho, *In* Jornada Nacional de Siembra Directa. (8ª, 2000, EEMAC, Paysandú). Asociación Uruguaya Pro Siembra Directa.
- ERNST, O.; SIRI, G. 2000. Impact of crops-pasture rotation with conventional tillage and no till system on soil quality and crops yield in Uruguay. *In*. Conference of the International Soil Tillage Research Organization (15th, 2000, Fort Worth, Texas, USA) CD-ROM.
- ERNST, O. 1999. El rol de la siembra sin laboreo en los sistemas agrícola ganaderos de los próximos años. *In* Foro: El sistema agrícola ganadero del siglo XXI. Instituto Plan Agropecuario.
- GARCÍA-PRECHAC, F. 1992. Propiedades físicas y erosión en rotaciones de cultivos y pasturas. *Investigaciones Agronómicas* 1: 127- 140.
- PAUSTIAN, K.; COLLINS, H.P.; PAUL, E.A. 1997. Management controls on soil carbon. *In*. Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems: Long-Term Experiments in North America. E.A. Paul; Paustian, K.; Elliot, E.T. Cole, V.V. eds, CRC Press, Boca Raton. FL, USA. pp 15-49.
- ZIELK, R.C.; CHRISTESON, D.R. 1986. Organic carbon and nitrogen changes in soil under selected cropping systems. *Soil Science Society American Journal* 50: 363.

«LAS TARDECITAS DE DON MOLLEJA» CREANDO Y RECREANDO LA EXTENSION UNIVERSITARIA

En el marco del proyecto "Creando y Recreando la Extensión Universitaria", financiado por la Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio de la Universidad de la República (CSEAM), se realizó el pasado 13 de noviembre la presentación de la obra de teatro "Las Tardecitas de Don Molleja" a cargo del grupo de Teatro Intergremial de Facultad de Agronomía "Los fantasmas del gallinero".

La obra se realizó en el local de Moraga en Estación Porvenir, y buscó sensibilizar a los niños de edad escolar, padres y público en general sobre la problemática de la erosión de suelos a través de una puesta en

escena de una serie de personajes vinculados a la producción agropecuaria.

En esta instancia participaron más de 120 personas, de las cuales 70 fueron niños de las escuelas rurales de la zona. La organización de esta actividad estuvo a cargo de la Unidad de Difusión de la EEMAC y del Grupo de Apoyo Familiar de la Colonia "19 de Abril", que trabaja en conjunto con el equipo del Programa Integral de Extensión de las Facultades del Área Agraria y Área de la Salud de Paysandú.

Esta puesta en escena de la obra demandó el esfuerzo de coordinación de cuatro Proyectos de Extensión de distintas áreas académicas de la Universidad, para aunar esfuerzos en torno a los objetivos comunes y racionalizar el uso de recursos para desarrollar actividades universitarias que logren una mayor inserción de la Institución en el medio.

