

# El cultivo de soja y la conservación del suelo

NOTA TÉCNICA

Carlos Clérico\*, Walter Baethgen\*\*, Fernando García Préchac\* y Mariana Hill\*

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de soja en Uruguay pasó de casi haber desaparecido a 260.000 ha en dos años. El alto precio del producto y la participación de agricultores e inversores argentinos explican el resultado.

Una de las principales dudas que se plantea como consecuencia de este cambio es por cuánto tiempo se va a mantener y cuáles serán sus consecuencias sobre el sistema de producción. Resultados de INIA-33 (Terra y García Préchac, 2001), indican que si la secuencia de cultivos deja pocos residuos, como es de esperar lo hagan las fases de cultivos dominadas por soja, a mediano y largo plazo ocurre alguna degradación del recurso suelo, aún con siembra directa. Allmaras *et al.* (1991), presentan resultados que muestran que la soja deja menor cantidad de residuos en superficie y dentro de los primeros 10 cm del suelo que el maíz y el trigo, determinando mayores valores del Factor C de RUSLE, que estima el riesgo de erosión por uso y manejo, con y sin laboreo. Determinaciones similares citadas por Shelton *et al.* (1992), indican que la soja tiene los menores valores de cobertura por residuos con y sin laboreo. Ello determina mayores pérdidas de suelo por erosión respecto al trigo y al maíz, hecho que refuerza la necesidad de prestar atención a este cultivo y a su intensidad de participación en los sistemas de producción, aun en caso de siembra directa.

En este trabajo se presentan estimaciones de tasa de pérdida de suelo por erosión y de variaciones del contenido de carbono orgánico en sistemas de producción que incluyen soja en intensidades que van desde cultivo continuo, a rotaciones de culti-

vos y pasturas de cuatro años de duración, realizados con laboreo reducido y con siembra directa. Las variables estimadas constituyen los principales indicadores de sostenibilidad física de los sistemas productivos, por lo que son útiles para tomar decisiones en la selección del uso y manejo de los suelos agrícolas de Uruguay.

Las estimaciones de pérdidas de suelo por erosión se realizaron con el modelo USLE/RUSLE (Ecuación Universal de pérdida de suelo - Ecuación Universal de pérdida de suelo Revisada, Wischmeier y Smith, 1978; Renard *et al.*, 1997). Una síntesis de los esfuerzos para validarlos en Uruguay, así como ejemplos de su utilización a diferentes escalas, pueden consultarse en Clérico y García Préchac (2001).

Las estimaciones se realizaron considerando 3% de pendiente y 100 m de largo de ladera, con todas las operaciones a favor de la pendiente.

Se consideraron tres suelos representativos de los más usados en agricultura en Uruguay: Brunosol Subéutrico Típico de la Unidad Cañada Nieto, Vertisol Rúptico Lúvivo de la Unidad La Carolina y Brunosol Eutrico Típico de la Unidad Young, con dos intensidades de laboreo: laboreo reducido y siembra directa

Para cada combinación sistema-intensidad de laboreo, se estimó la tasa promedio anual de erosión generada y la contribución porcentual de cada componente (cultivo) a la misma.

Las estimaciones de carbono orgánico

**Cuadro 1.** Estimaciones de pérdida de suelo por erosión utilizando USLE/RUSLE.

Rotación	Unidad/Suelo	Pérdida (tt/ha) según manejo	
		Siembra directa	Laboreo reducido
Soja Continua	CñN Brunosol	25,6	45,0
	Young. Brunosol	14,3	25,2
	La Carolina. Vertisol	16,6	29,2
Soja - Trigo	CñN Brunosol	11,9	34,9
	Young. Brunosol	6,6	19,5
	La Carolina. Vertisol	7,7	22,6
Soja - Cobertura	CñN Brunosol	13,7	22,4
	Young. Brunosol	7,7	12,5
	La Carolina. Vertisol	8,1	14,5
M-S-T/p-P-P	CñN Brunosol	5,7	10,4
	Young. Brunosol	3,2	5,8
	La Carolina. Vertisol	3,7	6,7
M-S-T/p-P-P-P	CñN Brunosol	4,9	8,8
	Young. Brunosol	2,8	5,0
	La Carolina. Vertisol	3,2	5,7
M-S-T-S-T/p-P-P	CñN Brunosol	6,6	12,6
	Young. Brunosol	3,7	7,1
	La Carolina. Vertisol	4,3	8,2
M-S-T-S-T/p-P-P-P	CñN Brunosol	5,7	10,9
	Young. Brunosol	3,2	6,1
	La Carolina. Vertisol	3,7	7,1

**Nota:** Para las estimaciones se consideró: Factor práctica especial de manejo: P = 1, largo de la pendiente L = 100m y porcentaje de pendiente S=3%. La tolerancia a la pérdida es 7 tt/ha.

**Referencias:** M = Maíz. S = Soja. T = Trigo. P = Pradera. C = Cobertura raigrás.

\* Ings. Agrs., Dpto. Suelos y Aguas, Facultad de Agronomía.

\*\* Ing. Agr., International Fertilizer Development Center. U.S.A.

fueron realizadas con el modelo CENTURY, que ha sido validado con los datos de los ensayos de larga duración de INIA-La Estanzuela (Baethgen *et al.*, 1994). Las estimaciones fueron realizadas para 3 sistemas de producción durante 24 años (1976 a 2000): soja continua, trigo-soja y rotación maíz-soja-trigo-3 años de pradera, combinados con la utilización de laboreo reducido o siembra directa.

Las estimaciones de tasas promedio anuales de erosión realizadas con USLE/RUSLE (Cuadro 1), indican que en el sistema de soja continua, aun con siembra directa, se obtienen valores estimados de erosión mayores a las tolerables. Si el sistema intercala un cultivo de cobertura o trigo en los inviernos entre los cultivos de soja y se hace con siembra directa, lo que asegura suelo cubierto en el período invernal, la estimación de erosión se acerca a la tasa tolerable.

En cambio, para las rotaciones con pasturas de 2 o 3 años de duración se estiman pérdidas de suelo por debajo de la tolerancia, tanto con laboreo reducido como con siembra directa. Si la secuencia de cultivos de la rotación con pasturas se alarga, con laboreo reducido la tasa estimada supera ligeramente la tolerancia. Las combinaciones más erosivas agravan su efecto al incrementarse la erodabilidad del suelo.

La soja representa el componente de la rotación de mayor contribución a la tasa de erosión estimada (Cuadro 2). En promedio para todos los sistemas, el 62% de la erosión estimada fue determinado por el cultivo de soja, el 24% por el cultivo de maíz,

21% por el cultivo de trigo y 2% por las pasturas sembradas.

En el Cuadro 3 se presentan las simulaciones de pérdidas de carbono orgánico para dos de los suelos considerados en las estimaciones de erosión: Vertisol de La Carolina y Brunosol de Cañada Nieto. Para la realización de las mismas, se utilizó como entrada la tasa de erosión estimada con USLE/RUSLE. El modelo simula el carbono orgánico en g/m<sup>2</sup> hasta 20 cm de profundidad. Además, estima qué cantidad del mismo es perdida por erosión. Los resultados muestran que en todos los sistemas las pérdidas porcentuales de carbono orgánico son mayores en el suelo de textura media que en el arcilloso. La pérdida es mayor con laboreo reducido que con siembra directa.

La erosión explica entre 50 y 90 % de las pérdidas totales de carbono, en los sistemas de cultivos sin pasturas.

En el sistema de rotación con pasturas no se presentan los valores de la contribución porcentual de la erosión a la pérdida de carbono orgánico (\*) porque superan a la misma. Esto se debe a que las pérdidas se concentran en la fase de cultivos y a que en la etapa de pasturas se producen ganancias, por lo que el resultado neto es el balance entre ambas. En el caso del suelo Franco, el resultado neto es ligeramente positivo y en el Arcilloso ligeramente negativo, en especial con siembra directa. Esto se explica porque el contenido de carbono orgánico en equilibrio es menor a medida que se reducen las fracciones finas en la composi-

**Cuadro 2.** Participación porcentual de cada componente del sistema de producción en la tasa de erosión estimada.

Rotación	Componente de la rotación	Porcentaje de pérdida por cada componente según manejo	
		SD	LR
Trigo-soja	Trigo	16	39
	Soja	84	61
M-S-T/P P-P	Maíz	30	27
	Soja	58	46
	Trigo	7	25
M-S-T/P P-P	Pasturas	4	2
	Maíz	19	19
	Soja	69	53
	Trigo	9	27
	Pasturas	3	1

Referencias: M=Maíz; S=Soja; T= Trigo; P=Pasturas.

**Cuadro 3.** Simulaciones de pérdidas de carbono orgánico.

ROTACIÓN	MANEJO	TEXTURA	Cont. de C (g/m <sup>2</sup> ) Año 1	Cont. de C (g/m <sup>2</sup> ) Año 20	Balance de C Totales (g/m <sup>2</sup> )	Pérdidas C por erosión (g/m <sup>2</sup> )	%Pérdidas por erosión
TRIGO - SOJA	LABRANZA REDUCIDA	Franco	5067	3717	-1350	1197	89
		Arcilloso	8846	6639	-2207	1708	77
	SIEMBRA DIRECTA	Franco	5067	4186	-880	428	49
		Arcilloso	8846	7199	-1647	532	32
SOJA - SOJA	LABRANZA REDUCIDA	Franco	5067	3506	-1560	1555	100
		Arcilloso	8846	6210	-2636	2185	83
	SIEMBRA DIRECTA	Franco	5067	3875	-1191	913	77
		Arcilloso	8846	6666	-2180	1288	59
MAIZ - SOJA - TRIGO - 4 años Pradera	LABRANZA REDUCIDA	Franco	4891	4901	+10	530	*
		Arcilloso	8553	8169	-385	766	*
	SIEMBRA DIRECTA	Franco	4891	5139	+248	273	*
		Arcilloso	8553	8409	-144	410	*

ción granulométrica (Pieri, 1989).

Esto es coincidente con los resultados obtenidos en el ensayo de larga duración de INIA-La Estanzuela (Díaz Roselló, 1992), sobre un Argiudo típico (horizonte A Franco arcillo limoso) en el que, en la rotación cultivo-pasturas con laboreo durante 27 años, el carbono orgánico bajó y subió acentuadamente durante las fases de cultivos arables y pasturas de la rotación, respectivamente, con ligera tendencia general a la pérdida (5 g/m<sup>2</sup>).

## CONSIDERACIONES FINALES

Los sistemas de agricultura continua con laboreo no son sostenibles en térmi-

nos de la calidad del recurso suelo.

Aun con siembra directa, en soja continua se estiman tasas de erosión por encima de las tolerables. Este problema tiende a corregirse al incluir un cultivo o cobertura de invierno entre los cultivos de soja.

Las rotaciones de cultivos y pasturas, con o sin laboreo, arrojan estimaciones de erosión por debajo de los niveles tolerables, salvo que la rotación alargue en demasía la fase de cultivos con alta participación de la soja.

Del análisis de la participación de cada cultivo en la erosión total generada en los sistemas de producción, surge la soja como el contribuyente mayoritario (62%).

La evolución del carbono orgánico en el período de simulación considerado pone

de relieve la importancia de incluir pasturas en las rotaciones, independientemente de la intensidad de laboreo utilizada.

En los sistemas de rotación con pasturas se obtuvieron estimaciones de ligera ganancia neta de carbono orgánico en el horizonte Ap del suelo de textura Franca para el período considerado, mientras que en el arcilloso se estimó una ligera pérdida. Esto estaría indicando que en los suelos de texturas más pesadas la fase de pasturas debería ser algo más larga que la de cultivos en las rotaciones. Asimismo, este ejercicio, al igual que los resultados experimentales citados, destaca la contribución de las pasturas en los sistemas de producción para lograr efectiva captura de carbono en los suelos. ■

## BIBLIOGRAFÍA

- ALLMARAS, R. R.; LANGDALE, G. W.; UNGER, P. W.; DOWDY, R. H.; VAN DOREN, D. M. 1991. Adoption of conservation tillage and associated planting systems. In Soil Management for Sustainability, R. Lal and F. J. Pierce, Editors, pp 53-83.
- BAETHGEN, W. E.; MORÓN, A.; DÍAZ ROSELLÓ, R. M. 1994. Modeling long-term soil organic carbon changes in six cropping systems of SW Uruguay. In Int. Soil Sci. Soc. Transcripts, Vol. 9: 300-302, Acapulco México.
- CLERICI, C.; GARCÍA PRECHAC, F. 2001. Aplicaciones del modelo USLE/RUSLE para estimar pérdidas de suelo por erosión en Uruguay y la región sur de la cuenca del Río de la Plata. *Agrociencia* 5(1):92-103.
- DÍAZ-ROSELLÓ, R. M. 1992. Evolución de la materia orgánica en rotaciones de cultivos con pasturas. *Revista INIA-Uruguay Investigaciones Agronómicas* 1(1):103-110.
- PIERI, C. H. 1989. *Fertilité des terres de savanes*. CIRAD-IRAT, Montpellier, France, 448p.
- RENARD, K. G.; FOSTER, G. R.; WEESIES, G. A.; MC COOL, D. K.; YONDER, D. C. 1997. Predicting soil Erosion by Water: A guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Agriculture Handbook N° 703.
- SHELTON, D. P.; DICKEY, E. C.; JASA, P. J.; HIRSCHI, M. C.; BROWN, L. C. 1992. Water erosion. In Conservation tillage systems and managements. Midwest Plan Service-MWPS-45 First Edition, pp.8-11.
- TERRA, J. A.; GARCÍA-PRÉCHAC, F. 2001. Siembra directa y rotaciones forrajeras en las Lomadas del Este: Síntesis 1995-2000, INIA-Uruguay, Treinta y Tres, Serie Técnica 125:100.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. 1978. Predicting rainfall erosion losses, a guide to conservation planning. USDA. Agricultural Handbook N° 537, 58p.

## IMPORTANTE DELEGACIÓN UNIVERSITARIA DE RÍO CUARTO, CÓRDOBA (ARGENTINA) VISITA LA EEMAC

El pasado 14 de setiembre visitó la EEMAC en general, y al Grupo Técnico de Ovinos en particular, una delegación de la Universidad de Ciencias Agrarias de Río Cuarto-Córdoba (Argentina).

Profesores (Ingenieros Agrónomos) y estudiantes avanzados de la Facultad de Veterinaria recibieron por parte de los Técnicos del Grupo de Ovinos y Lanar información referente al Programa de Investigación que se viene desarrollando en forma ininterrumpida desde el año 1996.

Este emprendimiento contó con la participación de la Sociedad de Criadores de Corriedale del Uruguay, las distintas Sociedades de criadores de razas carniceras ovinas del país, el sector productivo, a través de predios cooperarios de la zona de influencia de la Estación Experimental y de la Cooperativa de 2° grado "Central Lanera Uruguaya" y la industria frigorífica nacional (Frigoríficos: "Casablanca" de Paysandú y "San Jacinto" de Canelones).

La captación de fondos genuinos para la Facultad de Agronomía y la repercusión en las tareas de docencia y difusión de tecnología que implicó la ejecución del señalado Programa de Investigación, han sido por demás elocuentes: Ocho Proyectos concursados y aprobados en los últimos 8 años, 15 estudiantes graduados con Tesis de Grado en diferentes proyectos, más 30 charlas en diferentes lugares del país y la región y cerca de 40 publicaciones en revistas científicas.

En este contexto, no resulta sorprendente que delegaciones de la región visiten en forma periódica nuestra Estación Experimental. De esta forma se cumple con uno de los objetivos de nuestra Institución en general, y de la Dirección actual de la EEMAC en particular: trascender fronteras e intercambiar conocimientos y tecnologías con los países vecinos, de forma tal de acrecentar las fortalezas y superar las debilidades de los diferentes grupos técnicos de la región.