

AGRICULTURA SOSTENIBLE Y SIEMBRA DIRECTA EN EL LITORAL OESTE URUGUAYO

Daniel L. Martino*

1. INTRODUCCION

La reducción o eliminación del laboreo de suelos es considerada como una de las formas de mejorar la sostenibilidad de la producción agrícola, principalmente a través de la preservación del recurso suelo. La técnica de siembra directa de cultivos está siendo utilizada en forma creciente en varias de las regiones agrícolas del mundo. También en Uruguay existe amplio interés en el tema, existiendo una sociedad que nuclea más de sesenta productores que promueven la siembra directa. En el año agrícola 1992/93 se sembraron en el litoral oeste alrededor de 1.500 ha de cultivos sin laboreo.

Entre las razones para este fenómeno de creciente adopción del cero laboreo a nivel mundial, cabe mencionar: la preocupación por la conservación de suelos; el desarrollo de legislación que promueve o impone el uso de estos sistemas; la disminución del precio del glifosato luego de la expiración de la patente que beneficiaba a la empresa que desarrolló este herbicida; una mejor eficiencia del uso de agua del suelo; y la mejor economía del sistema.

Existen también factores que tienden a impedir o enlentecer la adopción de esta técnica: la complejidad del sistema, que requiere alto grado de conocimiento y precisión en las operaciones; la presión de ecologistas que sostienen que, debido al elevado uso de agroquímicos, el cero laboreo es perjudicial para el ambiente; y la necesidad de invertir en equipos de siembra especializados y deshacerse de herramientas de laboreo.

En este artículo se analiza el concepto de sostenibilidad de la agricultura, y las

implicancias que sobre ésta podría tener el desarrollo de sistemas de agricultura sin laboreo en el litoral. Finalmente, se evalúa el estado actual de conocimiento tecnológico de la siembra directa en Uruguay.

2. AGRICULTURA SOSTENIBLE

Muchas definiciones del término "agricultura sostenible" han sido propuestas, especialmente durante los últimos años, en los que el tema ha adquirido gran relevancia mundial. Un tratamiento extenso del tema puede encontrarse en Poincelot (1986).

Según el *Agricultural Institute of Canada* (1991) sistemas de agricultura sostenible son aquéllos que son económicamente viables y satisfacen la necesidad de la sociedad de alimentos sanos y nutritivos, al mismo tiempo que conservan y mejoran los recursos naturales y la calidad del ambiente para las futuras generaciones. Por otra parte, Lal (1989) definió agricultura sostenible como una estrategia de manejo de recursos que apunta a reducir la dependencia de insumos basados en energía, que implica el uso de técnicas innovadoras de manejo de suelos y cultivos, el uso de insumos renovables y preserva un balance saludable de suelo, alimentos, gente y ambiente.

Claramente, el concepto incluye tres elementos básicos: la preservación de los recursos naturales; mantenimiento o mejora de la calidad del ambiente; y mantenimiento o mejora de la productividad de los factores de producción y calidad de los productos.

La eliminación o reducción del laboreo de suelos conduciría a una mejora global de la sostenibilidad de la agricultura. Las consecuen-

* Ing. Agr., M.Sc., Sección Suelos, INIA La Estanzuela.

cias sobre cada uno de los componentes de la sostenibilidad se discuten a continuación.

2.1. RECURSOS NATURALES

La agricultura utiliza recursos naturales renovables (suelo, agua, energía solar, algunos nutrientes) y no renovables (petróleo, minerales, metales). Por definición, los recursos no renovables serán agotados, y la sostenibilidad de la agricultura dependerá de la disponibilidad de sustitutos, o al menos, del logro de una mínima dependencia de aquéllos. Al ritmo actual de consumo, las reservas mundiales conocidas de petróleo se agotarán en el año 2030 (World Resources Institute, 1990). Afortunadamente, los recursos que parecen menos sustituibles, especialmente suelo y agua, son renovables. La sostenibilidad podrá lograrse entonces, si estos recursos son consumidos a un ritmo menor o igual que el de su renovación.

En lo que respecta a la utilización de los recursos suelo y agua, la siembra directa ofrece importantes beneficios. La presencia de residuos vegetales sobre la superficie del suelo amortigua o suprime el impacto de las gotas de lluvia sobre las partículas de suelo. Por otra parte, el suelo sin laborear presenta una mayor estabilidad estructural y una mayor capacidad de infiltración que el suelo cultivado. La combinación de estos tres factores -protección por residuos, estabilidad de agregados y capacidad de infiltración- tiene como consecuencia una menor pérdida de suelo por erosión en condiciones de siembra directa que en agricultura tradicional. Esto ha sido confirmado experimentalmente en La Estanzuela (García-Préchac, 1992). La preservación y mejora de la calidad del suelo también ha sido observada (Sawchik, *com.pers.*). Finalmente, la combinación de mejor estructura de suelo y menor evaporación de agua desde el mismo, conduce a una mayor eficiencia de uso del agua por los cultivos.

Contrariamente a lo que podría esperarse, la siembra directa no reduciría drásticamente, al menos en el corto plazo, la dependencia del petróleo. La razón de esto es que los fertilizantes sintéticos, que requieren muy altas cantidades de petróleo para su elaboración, siguen siendo utilizados en cantidades similares a las

que se usan en los sistemas convencionales. Frye y Phillips (1980) estimaron que un cultivo de maíz en América del Norte requería un total de 2940 y 1580 MJ/ha de energía proveniente de petróleo si se hacía con y sin laboreo, respectivamente. Dichas cifras incluían construcción y reparación de maquinaria, operaciones de campo y herbicidas. Si a las mismas se agrega la energía contenida en fertilizantes, fácilmente se multiplican por tres o cuatro. Si se asume una fertilización 100-50-0, el ahorro de petróleo se reduciría a un 15%.

2.2. AMBIENTE

Las prácticas agrícolas contaminan el ambiente en diversas formas: liberación a la atmósfera de gases nocivos, contaminación de aguas subterráneas y arrastre superficial de sedimentos y sustancias en solución.

Resulta difícil evaluar si, en el balance, la agricultura sin laboreo presenta ventajas sobre la convencional. Por un lado, la siembra directa reduce el aporte de sedimentos de erosión a arroyos y ríos, conduce a una fijación de anhídrido carbónico del aire, y reduce la emisión de gases a la atmósfera debido al menor uso de combustibles. Sin embargo, también tiene efectos nocivos: mayor potencial de contaminación de aguas subterráneas, debido a la mejor capacidad de infiltración de los suelos (McMahon y Thomas, 1976); y mayor emisión de N_2O causada por la alta disponibilidad de C y frecuencia de condiciones adecuadas para la denitrificación (Aulakh *et al.*, 1984; Colbourn, 1985).

2.3. PRODUCTIVIDAD

La productividad de la tierra es un elemento esencial de la sostenibilidad. Los rendimientos de los cultivos con cero laboreo pueden ser, en ciertas circunstancias, menores a los de sistemas con laboreo. Sin embargo, la experiencia internacional muestra que en general, se puede esperar un leve incremento en el largo plazo, debido a la mejora en las propiedades del suelo. Varias experiencias realizadas en el país demostraron que es posible lograr buenas productividades con siembra directa. El mayor aporte de la siem-

bra directa a la productividad del factor tierra, en las condiciones de Uruguay, sería a través de: a) la posibilidad de aumentar el número de cultivos por año; b) la posibilidad de sembrar cultivos en suelos marginales, y de mejorar campo natural; y c) la mejor oportunidad de realizar operaciones en fecha, y de pastorear praderas y verdes en condiciones de excesos de humedad.

La productividad del factor trabajo se incrementa notablemente con la siembra directa, ya que la necesidad de mano de obra es menor que en sistemas convencionales. Es necesario considerar, sin embargo, que la siembra directa exigiría una mayor atención gerencial y calificación de personal que los sistemas convencionales.

Por último, la magnitud de inversiones fijas también es menor con siembra directa, ya que se requiere un menor parque de maquinaria. Esto también causa un incremento en la productividad del factor capital.

3. TECNOLOGIA PARA SIEMBRA DIRECTA EN URUGUAY

La investigación en siembra directa en Uruguay se ha desarrollado en forma discontinua desde 1976. Recién en los últimos años el tema comenzó a ser abordado con mayor intensidad. A continuación se realiza un balance del estado actual del conocimiento de la siembra directa en Uruguay, y una proyección de las tendencias de la investigación en los próximos años.

3.1. LIMITACIONES FISICAS DE LOS SUELOS

Los rendimientos de los cultivos bajo cero laboreo son, en muchos casos, inferiores a aquéllos en sistemas de labranza convencional. Factores físicos del suelo son, al menos parcialmente, responsables por esa menor productividad. El tráfico de maquinaria pesada durante otoño e invierno, el pisoteo por animales durante las etapas de pastura y en rastrojos, y la falta de laboreo por sí misma, causan compactación del horizonte superficial del suelo, lo cual se traduce en una mayor resistencia mecánica al crecimiento de raíces

de los cultivos, y una mayor incidencia de deficiencia de oxígeno para las raíces.

Se están estudiando tres tipos de soluciones para esta problemática: a) subsolados periódicos con "Paraplow", un subsolador desarrollado en Inglaterra que trabaja a 30-40 cm de profundidad sin invertir el suelo (Hippes y Hodgson, 1988); b) explotación de la habilidad de ciertas especies para desarrollar raíces en condiciones de alta compactación ("laboreo biológico"), lo que generaría un sistema de canales en el suelo por el que podrían crecer las raíces de especies sensibles a la compactación (Dexter, 1991); y c) aprovechamiento de la variabilidad genética en caracteres morfológicos y fisiológicos que determinan tolerancia a las restricciones físicas de suelo. La identificación de estas características podría eventualmente ser usada para definir criterios de selección en programas de mejoramiento.

3.2. FERTILIDAD DEL SUELO

La tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo es reducida en condiciones de siembra directa, por lo que el aporte de N y P a los cultivos sería menor que con laboreo de suelo, especialmente en los primeros años en que se establece el sistema (Dowdell *et al.*, 1983). Sin embargo, la disponibilidad de N aumenta con el tiempo bajo cero laboreo debido al incremento en el contenido de materia orgánica en el suelo, y al cabo de algunos años, supera incluso a la disponibilidad en sistemas tradicionales (Campbell *et al.* 1993; Follett y Schimel, 1989; Tracy *et al.*, 1990).

Una forma de resolver el problema de menor disponibilidad de N sería aumentar la eficiencia de uso de los fertilizantes nitrogenados, a través de la realización de hasta tres o más aplicaciones a un cultivo. El uso de fertilizantes de liberación lenta, y la localización del fertilizante también deberían ser objeto de estudio.

Otro aspecto que es necesario considerar es el de la concentración de fertilidad (materia orgánica y P) en la superficie del suelo. Hasta el presente no se han identificado problemas relacionados con la nutrición mineral de los cultivos debido a esta desuniformidad en la distribución de nutrientes en el perfil de suelo.

3.3. BALANCE DE RADIACION

La capa de residuos en superficie existente en sistemas de cero laboreo actúa como aislante térmico (Gupta *et al.*, 1981), reduciendo la tasa de intercambio de calor entre el suelo y la atmósfera; aumentando el albedo de la superficie (Enz *et al.*, 1988); y atenuando la velocidad del viento cerca de la superficie (Smika, 1983). Estos efectos resultan en una menor incidencia de energía solar en el suelo, y en una mayor capacidad para retener la energía que alcanza el suelo. Las consecuencias son variadas: a) una menor amplitud térmica en suelos bajo cero laboreo que en suelos sin residuos en superficie; b) mayor retención de humedad en el suelo; c) mayor incidencia de daños por heladas en cultivos sensibles, ya que durante la noche, el aire adyacente al suelo se calienta con la radiación de onda larga emitida por éste, y la capa aislante de residuos atenúa dicha radiación; d) posible menor disponibilidad de P inorgánico debido a bajas temperaturas diurnas.

3.4. CONTROL DE MALEZAS

El control de malezas con herbicidas es uno de los aspectos más críticos de la siembra directa. Su éxito depende de la permanente vigilancia de las chacras, el buen funcionamiento de máquinas pulverizadoras, y del nivel de conocimiento técnico disponible.

En general, es de esperar que con cero laboreo, se acentúe la incidencia de malezas perennes (Moyer *et al.*, 1993). En el litoral oeste uruguayo, la gramilla aparece como uno de los principales problemas, y en principio, no sería recomendable establecer sistemas de siembra directa en chacras donde esta maleza esté presente en forma importante. El uso de graminicidas en momentos estratégicos (Giménez y Cibils, 1993), el subsolado con Paraplow (Martino, 1993), y la competencia de los cultivos, serían las herramientas más promisorias para su combate.

3.5. MECANISMO DE SIEMBRA

Las sembradoras con sistema de "triple disco" son las que han tenido mayor difusión en el país. Este tipo de mecanismo abresurco

posee diversas limitaciones: a) compactación de paredes laterales del surco, lo que dificulta la penetración de las raíces de las plántulas, y puede impedir el libre intercambio de agua y aire entre el suelo y la atmósfera; b) pobre contacto semilla-suelo; c) dificultad para cortar rastrojos densos; d) en condiciones de alta humedad y suelos de texturas pesadas, los surcos quedan abiertos, lo que puede afectar la emergencia; y e) localización del fertilizante junto a la semilla, que en ciertos casos puede resultar en toxicidad de las plántulas.

Existen en el mundo otros diseños de máquinas sembradoras (Baker y Mai, 1982; Tessier *et al.*, 1991; Ward *et al.*, 1991), algunos de los cuales podrían ser más adecuados para nuestras condiciones, y es necesario evaluar.

3.6. CONTROL DE ENFERMEDADES

Los residuos de cultivos que permanecen sobre la superficie del suelo pueden constituir una fuente importante de inóculo de ciertas enfermedades, como las manchas foliares de los cereales de invierno. Ello significa que bajo siembra directa hay un alto potencial de incidencia de estas enfermedades. El uso de fungicidas, el manejo de los residuos y una adecuada rotación de cultivos serían los elementos de manejo disponibles para evitar este problema. No existen datos nacionales sobre la persistencia de inóculo de enfermedades en los rastrojos. En Passo Fundo (Brasil) Reis (1990) reportó que es necesario esperar 15 meses luego de la cosecha de cebada para erradicar las esporas de mancha en red (*Drechslera teres*), y que es necesario de uno a dos años sin sembrar trigo en un mismo lugar para eliminar el inóculo de mancha parda (*Pyrenopeziza tritici-repentis*).

3.7. MANEJO DE LOS RASTROJOS Y ALELOPATIAS

El efecto de un cultivo sobre su sucesor, en un sistema sin laboreo, se manifiesta a través del efecto físico del rastrojo sobre la calidad de siembra; la dinámica de malezas y disponibilidad de agua; y la liberación de sustancias alelopáticas (Anchieri y Magrini, 1981; Díaz y Sanguinetti, 1981). La experien-

cia de algunos productores uruguayos indica la necesidad de quemar los rastrojos de cultivos de invierno para lograr la implantación exitosa de cultivos de segunda. Esto parecería estar relacionado con factores alelopáticos, aunque se carece de evidencia experimental que lo confirme.

BIBLIOGRAFIA CITADA

AGRICULTURAL INSTITUTE OF CANADA. 1991. AIC presents sustainable agriculture brief. *AgriScience*, March 1991. p. 5-7.

ANCHIERI, C.; MAGRINI, A. 1981. Efecto residual de cuatro rastrojos de cultivos de invierno en la producción de cultivos de verano sembrados con mínimo y cero laboreo. Tesis Ing. Agr., Universidad de la República, La Estanzuela 144 p.

AULAKH, M.S.; RENNIE, D.A.; PAUL, E.A. 1984. Gaseous nitrogen losses from soils under zero-till as compared with conventional-till management systems. *J. Environ. Qual.* 13:130-136.

BAKER, C.J.; MAI, T.V. 1982. Physical effects of direct drilling equipment on undisturbed soils. V. Groove compaction and seedling root development. *N. Z. J. Agr. Res.* 25:51-60.

CAMPBELL, C.A.; ZENTNER, R.P.; SELLES, F.; MCCONKEY, B.G.; DYCK, F.B. 1993. Nitrogen management for spring wheat grown annually on zero-tillage: yields and nitrogen use efficiency. *Agron. J.* 85:107-114.

COLBOURN, P. 1985. Nitrogen losses from the field: denitrification and leaching in intensive winter cereal production in relation to tillage method of a clay soil. *Soil Use Manag.* 1:117-120.

DEXTER, A.R. 1991. Amelioration of soil by natural processes. *Soil Till. Res.* 20:87-100.

DIAZ, E.; SANGUINETTI, D. 1981. Distintas alternativas de laboreo para la siembra de cultivos de verano. Tesis Ing. Agr., Universidad de la República, La Estanzuela. 140 p.

DOWDELL, J.W.; CREES, R.; CANNELL, R.Q. 1983. A field study of effects of contrasting methods of cultivation on soil nitrate content during autumn, winter and spring. *J. Soil Sci.* 34:367-379.

ENZ, J.W.; BRUN, L.J.; LARSEN, J.K. 1988. Evaporation and energy balance for bare and stubble covered soil. *Agric. Forest. Meteor.* 43:59-70.

FOLLETT, R.F.; SCHIMEL, D.S. 1989. Effect of tillage practices on microbial biomass dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:1214-1219.

FRYE, W.W.; PHILLIPS, S.H. 1980. How to grow crops with less energy. In: Hayes, J., ed. *Cutting energy costs*. Washington, D.C., USDA. The 1980 yearbook of agriculture. p. 16-24.

GARCIA-PRECHAC, F. 1992. Propiedades físicas y erosión en rotaciones de cultivos y pasturas. *Rev. INIA Inv. Agr.* 1:127-140.

GIMÉNEZ, A.; CIBILS, R. 1993. Control de gramilla (*Cynodon dactylon*) en un sistema de producción con labranza reducida. In: *Jornada de Cultivos de Verano* (set. 1993). INIA La Estanzuela. p.13-18.

GUPTA, S.C.; RADKE, J.K.; LARSON, W.E. 1981. Predicting temperatures of bare and residue covered soils with and without a corn crop. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:402-412.

HIPPS, N.A.; D.R. HODGSON. 1988. Residual effects of a slant-legged subsoiler on some soil physical conditions and the root growth of spring barley. *J. Agric. Sci.* 110:481-489.

LAL, R. 1989. Conservation tillage for sustainable agriculture: tropic versus temperate environments. *Adv. Agron.* 42:85-197.

MCMAHON, M.A.; THOMAS, G.W. 1976. Anion leaching in two Kentucky soils under conventional tillage and a killed-sod mulch. *Agron. J.* 68:437-442.

MARTINO, D.L. 1993. Siembra directa de maíz y girasol con subsolado. In: *Jornada de Cultivos de Verano* (set. 1993). INIA La Estanzuela. p.7-11.

MOYER, J.R.; ROMAN, E.S.; LINDWALL, C.W.; BLACKSHAW, R.E. 1993. Weed management in conservation tillage systems involving wheat in North and South America. *Crop Protection*. En prensa.

POINCELOT, R.P. 1986. *Toward a more sustainable agriculture*. Westport, Connecticut, AVI. 241 p.

- REIS, E.M.** 1990. Control of diseases of small grains by rotation and management of crop residues in southern Brazil. In: Conservation tillage for subtropical areas. Proceedings of the international workshop on conservation tillage systems. Passo Fundo, Brasil, EMBRAPA/CNPT. p. 140-146.
- SMIKA, D.E.** 1983. Soil water change as related to position of wheat straw mulch on the soil surface. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47:988-991.
- TESSIER, S.; HYDE, G.M.; PAPENDICK, R.I.; SAXTON, K.E.** 1991. No-till seeders effects on seed zone properties and wheat emergence. *Trans. ASAE* 34:733-739.
- TRACY, P.W.; WESTFALL, D.G.; ELLIOTT, E.T.; PETERSON, G.A.; COLE, C.V.** 1990. Carbon, nitrogen, phosphorus and sulfur mineralization in plow and no-till cultivation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:457-461.
- WARD, L.D.; NORRIS, C.P.; THOMAS, E.C.** 1991. Component interactions in zero-till planters for heavy clay soils of southern Queensland. *Soil Till. Res.* 20:19-32.
- WORLD RESOURCES INSTITUTE.** 1990. World resources 1990-91. New York, Oxford University Press. 378 p.