



DIALOGO XLIV

AVANCES EN SIEMBRA DIRECTA

PROGRAMA COOPERATIVO PARA EL DESARROLLO
TECNOLOGICO AGROPECUARIO DEL CONO SUR

E644



PROGRAMA COOPERATIVO PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO AGROPECUARIO DEL CONO SUR
PROCISUR

DIALOGO XLIV

AVANCES EN SIEMBRA DIRECTA

EDITOR: *Dr. Juan P. Puignau*

COEDITORES: *Ing. Agr. Héctor Causarano*
Ing. Agr. José Schvartzman

IICA
Montevideo, Uruguay
1995

This one



B54S-XFU-KJFJ

Puignau, Juan P. ed.

Avances en Siembra Directa / ed. por Juan P. Puignau, Héctor Causarano, coed. José Schwartzman, coed. -- Montevideo : IICA-PROCISUR, 1995.

208 p. -- (Diálogo / IICA - PROCISUR; 44)

Contiene: Trabajos presentados al Seminario Internacional sobre Avances en Siembra Directa (8-10 agosto, 1994, Asunción, Paraguay).

ISBN 92-9039-281 9

/SIEMBRA/ /SIEMBRA DIRECTA/ /MALEZAS/ /MAIZ/ /SUELO/ /ARGENTINA/ /BRASIL/
/BOLIVIA/ /PARAGUAY/ /URUGUAY/

AGRIS F02

CDD 631.53

Las ideas y planteamientos contenidos en los artículos firmados son propios del autor y no representan necesariamente el criterio del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

IICA
PROCISUR
56
Diálogo
XLIV
1995

Este DIALOGO reproduce los trabajos presentados en el Seminario Internacional sobre Avances en Siembra Directa, realizado en Asunción, Paraguay, del 8 al 10 de agosto de 1994.

Este Seminario fue coordinado por los Ingenieros Agrónomos Héctor Causarano y José Schvartzman



Presentación

El avance de la agricultura sobre áreas agrícolas marginales, a consecuencia de la expansión de la frontera agrícola y del aumento de la pobreza rural, ha acelerado de manera alarmante el deterioro de los suelos.

La causa principal es la erosión, la cual disminuye la fertilidad y por ende, la productividad de los suelos. Causa, además, enormes perjuicios a la sociedad, por el arrastre de la camada más fértil de los suelos agrícolas, llenando con tierra represas, puertos y canales de navegación. Esto reduce la vida útil de las represas y obliga a constantes operaciones de dragado de los puertos y vías de navegación fluvial.

No es justo que toda la sociedad tenga que pagar por la aparente irracionalidad de unos pocos. Por otro lado, los protagonistas de este deterioro ambiental, ¿están conscientes del perjuicio que están causando a la humanidad, siendo ellos mismos los principales damnificados? Más bien, ¿conocen y acceden a tecnologías conservacionistas?

Con el propósito de ayudar a quienes se interesan por la sustentabilidad de la producción y, por ello, de la vida futura en este Planeta, les ofrecemos esta publicación que contiene importantes informaciones sobre una técnica conservacionista: la **Siembra Directa**.

Este DIALOGO es producto de un Seminario realizado en 1994, en Asunción del Paraguay, sobre técnicas conservacionistas de cultivo. Reproduce, fundamentalmente, las conferencias dictadas en ese evento, cuyo éxito mucho tiene que ver con el esfuerzo realizado por la Dirección de Investigación Agrícola de Paraguay, que organizó y, en parte, patrocinó el encuentro.

Amélio Dall'Agnol
Secretario Ejecutivo PROCISUR

- <u>Presentación, por Amélio Dall'Agnol</u>	<u>i</u>
- <u>Introducción, por H. Causarano</u>	<u>1</u>
- <u>Palabras de apertura, por A. Vasconellos</u>	<u>3</u>
- <u>Siembra directa: perspectivas en áreas tropicales y subtropicales, por P.C. Wall</u>	<u>5</u>
- <u>Análisis de la sustentabilidad del sistema de siembra directa en comparación con la labranza convencional, por G.W. Thomas.</u>	<u>15</u>
- <u>La siembra directa en la Argentina, por H. J. Marelli</u>	<u>47</u>
- <u>La siembra directa en la República Argentina. Región Semiárida Pampeana, por H. R. Krüger</u>	<u>57</u>
- <u>O plantio direto nas regiões tropical e subtropical brasileiras, por G.B. Medeiros e J.C. Henklain</u>	<u>63</u>
- <u>Dinámica de malezas en el sistema de cero labranza de cultivos anuales, por R. A. Pitelli</u>	<u>73</u>
- <u>La situación actual de la siembra directa en Bolivia. Sus avances y limitaciones, por J. Cortés Gumucio</u>	<u>79</u>
- <u>Análisis comparativo de cinco sistemas de labranza en suelos erosionados del altiplano sur de Bolivia, por J. C. Aroni y J. Cossio</u>	<u>83</u>
- <u>Validación de tecnología agrícola del cultivo de maíz para agricultores de subsistencia en la región subandina de Chuquisaca-Bolivia, por E.J. Blanco P.</u>	<u>89</u>
- <u>Labranza conservacionista en la región Centro Sur y Sur de Chile. Inventario, diagnóstico y propuestas técnicas, por J.L. Rouanet M.</u>	<u>93</u>
- <u>Situación actual y perspectivas de la siembra directa en el Paraguay, por H. Causarano</u>	<u>103</u>
- <u>Experiencia de un pequeño productor, asociado en comité, en el manejo de la yerba mate con cobertura del suelo, por M.A. Ken Moriya</u>	<u>111</u>
- <u>Restricciones tecnológicas para la siembra directa en Uruguay, por D. L. Martino</u>	<u>117</u>
- <u>Avaliação do risco ambiental decorrente do uso de pesticidas, por L. Lonardoní Foloni.</u>	<u>125</u>
- <u>Novos conhecimentos sobre manejo de pragas em lavouras sob sistema plantio direto, por E. Melo Reis</u>	<u>161</u>
- <u>Rotación de cultivos en el sistema de siembra directa, por R. Derpsch</u>	<u>167</u>
- <u>Experiencias en la formación de grupos de productores de siembra directa, por A. Visnieski</u>	<u>195</u>
- <u>Desarrollo de la siembra directa en el Cono Sur, por R. Díaz</u>	<u>199</u>
- <u>Palabras de clausura, por R. Pedretti</u>	<u>203</u>
- <u>Lista de participantes</u>	<u>205</u>
- <u>Nota del editor, por J.P. Puignau</u>	<u>209</u>

Introducción

En áreas tropicales y subtropicales de Sudamérica, la cantidad e intensidad de las lluvias ocasionan procesos erosivos que conllevan a una rápida degradación de los suelos. En este sentido, el Sistema de Siembra Directa al permitir una cobertura permanente del suelo, se constituye probablemente en la mejor práctica de manejo para disminuir los daños de erosión hídrica, y a la vez ha demostrado ser una práctica eficaz para la recuperación física, química y biológica de los suelos.

El área de manejo de suelos fue priorizado dentro del Subprograma de Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola del PROCISUR. Dentro de este marco, los Coordinadores Nacionales decidieron realizar el Seminario sobre Avances en Siembra Directa que tuvo como objetivos: a) Presentar los avances en el desarrollo tecnológico para el control de malezas, plagas y enfermedades en la siembra directa, b) Evaluar el desarrollo de la siembra directa en los países que integran el PROCISUR, y c) Elaborar un proyecto de investigación conjunta en siembra directa. El Seminario fue realizado en Asunción, del 8 al 10 de agosto de 1994 y contó con la participación de 157 personas; cuatro de Argentina, cinco de Bolivia, seis de Brasil, tres de Chile, 135 de Paraguay y cuatro de Uruguay.

La Dirección de Investigación Agrícola del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay tuvo el honor de organizar este evento que culminó con gran éxito ya que los participantes expresaron su satisfacción por los conocimientos adquiridos y el intercambio de información logrado durante la realización del Seminario. Además, fue posible la elaboración de un proyecto de investigación conjunta que tiene buenas posibilidades de entrar en ejecución durante el presente año.

Finalmente, deseo expresar un sincero agradecimiento a las personas e instituciones que colaboraron para la realización de este Seminario, muy especialmente a la Compañía CYANAMID del Paraguay, a la Cooperación Técnica Alemana (GTZ), al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y a la Cámara Paraguaya de Exportadores de Cereales y Oleaginosas (CAPECO).

Héctor Causarano

Coordinador por Paraguay del Subprograma de
RNSA, y Coordinador del Seminario.

Palabras de apertura

por Arsenio Vasconsellos *

El Seminario Internacional sobre Avances en Siembra Directa que hoy tenemos el honor de inaugurar constituye un evento muy importante para materializar el desarrollo de una agricultura más moderna, competitiva y conservadora de los recursos naturales y el medio ambiente.

La visión fragmentada de la agricultura, la ganadería y la producción forestal está siendo sustituida por una visión orgánica donde el hombre es el centro y la tecnología, y las políticas económicas son los instrumentos para lograr el desarrollo económico y social que requieren los países integrantes del PROCISUR y Paraguay en particular.

El Gobierno de Paraguay ha definido dentro del marco de la nueva Constitución las bases de un Plan Estratégico de Desarrollo Agropecuario y Forestal y sus correspondientes políticas orientadas a optimizar los objetivos de crecimiento sostenible y distribución equitativa de los resultados del trabajo del hombre del campo.

Los lineamientos de la política para el Desarrollo Agropecuario y Forestal han sido trazados a partir de un diagnóstico que muestra el insuficiente crecimiento sectorial, durante los últimos años, así como una estructura productiva concentrada en pocos rubros agropecuarios. Estas circunstancias han resultado en problemas socioeconómicos, debidos al bajo valor de los productos generados por el sector, sumado al alto riesgo asociado con factores climáticos y económicos

que han resultado en el mantenimiento de niveles bajos de productividad e insuficientes ingresos de la numerosa población rural involucrada.

El país está en condiciones de superar el bajo nivel de producción y productividad del agro y las autoridades nacionales son conscientes que los aumentos de productividad son posibles de lograr, en forma sostenida, en la medida que la tecnología deje de ser un componente aislado dentro de los sistemas de producción y que éstos se integren en forma eficaz y equitativamente con los mercados internos y de exportación.

Todo esto requiere de un esfuerzo de inversión importante en varios sectores, como el educativo, la salud, la infraestructura física, así como para la generación y transferencia de tecnología apropiada a los diferentes tipos de usuarios. Estas inversiones públicas deben complementarse con inversiones privadas, para abaratar los costos de producción y lograr mejores precios para productos agropecuarios de mayor calidad - requeridos en mercados cada vez más exigentes - y asegurar la sostenibilidad de la producción de los sistemas agrícolas, pecuarios y forestales.

Para fundamentar estas políticas es necesario que tanto los productores como los organismos del sector público y privado, vinculados al desarrollo tecnológico, se organicen más y mejor, para favorecer la generación y transferencia de tecnologías que permitan mejorar la productividad de la agricultura, la ganadería y la producción forestal en el corto, mediano y largo plazos.

Los trabajos de investigación en Siembra Directa y el esfuerzo puesto en la difusión de la nueva práctica agrícola, forman parte de la modernización productiva

* *Médico Veterinario, Ministro de Agricultura y Ganadería del Paraguay.*

que este Ministerio está promoviendo. Debemos ampliar aún más la generación de nuevas alternativas tecnológicas susceptibles de ser adoptadas tanto por los productores empresariales, como por las pequeñas explotaciones (menores de 20 hectáreas) que constituyen más del 80 por ciento de las 307.000 explotaciones agropecuarias que existen en Paraguay.

Consideramos que los Sistemas de Siembra Directa actualmente aplicados por agricultores innovadores, en un futuro cercano, serán adoptados por un mayor número de agricultores como alternativa no sólo para un uso más conservacionista del suelo, sino además para mejorar los ingresos, reducir los costos e incrementar la competitividad de la agricultura paraguaya en los mercados internos y de exportación.

Este Seminario, que me honro en inaugurar fue organizado por la Dirección de Investigación Agrícola del Ministerio de Agricultura y Ganadería, dentro del marco del Subprograma de Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola del Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur (PROCISUR), y cuenta con los auspicios de

CYANAMID del Paraguay y la colaboración de la Cooperación Técnica Alemana (GTZ), el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y la Cámara Paraguaya de Exportadores de Cereales y Oleaginosas (CAPECO).

Aprovecho la oportunidad para dar la más cordial de las bienvenidas a los participantes de los países integrantes del PROCISUR, a los expositores extranjeros invitados, a los representantes de los organismos privados y públicos participantes en este Seminario y a todos los profesionales que con su colaboración y su presencia dan un marco distinguido a este evento.

Deseo que los objetivos planteados por los organizadores se cumplan, que el apoyo del sector privado para auspiciar este Seminario sea un eslabón más que contribuya al proceso de modernización de la investigación y transferencia de tecnología en el país y que junto con el sector público aunemos esfuerzos para dinamizar la productividad del agro.

Muchas gracias

Siembra Directa: perspectivas en áreas tropicales y subtropicales

por Patrick C. Wall*

INTRODUCCIÓN

Hoy en día se habla mucho de sistemas conservacionistas y labranza conservacionista. El factor principal que determina si un sistema es conservacionista o no es la cantidad de residuos sobre la superficie del suelo. La labranza conservacionista es definida ya como labranza que deja por lo menos el 30 por ciento de la superficie cubierta con residuos vegetales. Obviamente, el sistema más conservacionista es aquél que deja toda la superficie cubierta con residuos.

El tipo de agricultura que produce cultivos sin remover el suelo y que mantiene la superficie del suelo cubierta con plantas o sus residuos durante todo el año es conocido por varios nombres. Estos nombres, que incluyen "Siembra Directa" y "Cero Labranza", son formas de expresar, en pocas palabras, el concepto de este tipo de agricultura, pero lo que realmente es importante es el concepto y no el nombre que le dan.

Para hacer funcionar un sistema agrícola usando la siembra directa, no es suficiente sólo comprar una sembradora nueva y echar el arado. Hay múltiples componentes del sistema que hay que cambiar o ajustar para adecuarlo a la agricultura sin remoción del suelo. Para que se acumulen los beneficios de la siembra directa, hay que seguir sin arar por varios años; no es suficiente sembrar en los residuos un ciclo y arar el siguiente, para luego regresar con un ciclo de siembra directa de nuevo. Yo usaré el termino del

"Sistema de Siembra Directa" para referirme al sistema prácticamente continuo de siembra directa, en el cual se toman en cuenta, también, los otros ajustes y cambios necesarios para el óptimo funcionamiento del sistema y no sólo la sembradora.

Hablar de las perspectivas para el sistema de siembra directa presupone que se está hablando de un cambio del tipo de agricultura. Este cambio reemplaza la labranza convencional usando arados y rastras por una agricultura sin labranza del suelo. También tenemos que evaluar las posibilidades o probabilidades de que este nuevo sistema de agricultura sea sostenible, es decir que pueda seguir produciendo indefinidamente sin provocar una degradación en las características del suelo y sin una reducción en su productividad.

Cualquier cambio resulta de un problema, que causa la necesidad de cambio, y una solución potencial o posible al problema que causó la necesidad. La factibilidad de usar esta solución determina la velocidad del cambio. Voy a tratar de examinar estos dos factores, la necesidad y la factibilidad, y luego mencionar unas ideas sobre los problemas o tropezones que podemos tener en el camino del cambio, las limitaciones al cambio, y tratar de sugerir como superar éstos.

LA NECESIDAD DE UN CAMBIO

Los índices de degradación del suelo, que resultan en muchos casos en elevados niveles de erosión del suelo, son alarmantes. Los indicios de degradación incluyen reducciones en el contenido de materia orgánica del suelo, reducciones en las tasas de infiltración de agua, reducciones en la estabilidad de agregados del suelo, y reducciones en los rendimientos de cultivos con el tiempo. Algunos datos sobre estos

* Representante Regional - Agronomía, Programa de Trigo, CIMMYT, Santa Cruz, Bolivia.

indicadores de degradación están resumidos en el Cuadro 1. Obviamente, todos estos factores están ligados. Así por ejemplo, la reducción en materia orgánica resulta en agregados más débiles, suelo con menos porosidad donde no infiltra el agua fácilmente, lo cual explica, parcialmente, las reducciones en rendimientos con el tiempo.

La velocidad de la gran mayoría de los procesos biológicos está bajo el control de la temperatura y la humedad. En la presencia de humedad, en general, se duplica la velocidad de estos procesos con un aumento de 10°C. Este tiene un gran efecto sobre el desarrollo y crecimiento de los cultivos, permitiendo dos o más cultivos por año en áreas cálidas, pero a la vez resulta en una descomposición más rápida de la materia orgánica. Por esto el contenido de materia orgánica en los suelos de áreas cálidas es generalmente menor que en áreas templadas. La labranza, al orear el suelo y dejar los residuos y materia orgánica en contacto con oxígeno y humedad, también acelera la descomposición de la materia orgánica. Cuando hay dos o tres cultivos al año, cada uno con su respectiva preparación del suelo en un sistema convencional, la oxidación y descomposición de la materia orgánica es excesivamente rápida, por lo cual un cambio a sistemas conservacionistas es, aún, de mayor importancia en regiones tropicales y subtropicales que en las regiones más templadas. Además, en las áreas tropicales las lluvias tienden a ser de una intensidad mayor que en las áreas templadas, necesitando, aún, más cuidado de no bajar las tasas de infiltración de agua en estas regiones.

Todo esto resulta bastante obvio. ¿Por qué entonces el hombre sigue labrando el suelo? Hay, o han habido, varias razones para labrar el suelo, entre ellas las más importantes son:

- * Control de malezas.
- * Preparar una cama de siembra adecuada.
- * Mineralizar nitrógeno.
- * Eliminar capas compactadas.
- * Incorporar fertilizantes y enmiendas.

- * Controlar enfermedades y plagas.
- * Controlar escurrimiento.

Para poder cambiar a un sistema más conservacionista, el nuevo sistema tiene que suplir todas estas razones de labrar, y dar una ventaja en por lo menos una faceta de la aceptabilidad del sistema al agricultor. El criterio de aceptabilidad más importante normalmente es la rentabilidad del sistema, aunque hay otros como la estabilidad de rendimiento entre años, la sostenibilidad y la facilidad de manejar el sistema. Primero me gustaría analizar si la siembra directa puede superar las "necesidades" para labrar el suelo.

LAS POSIBILIDADES DE CAMBIO

- Control de Malezas

Esta, probablemente, es la razón más importante por qué labrar el suelo, históricamente fue el problema principal con el manejo de la siembra directa. La factibilidad de siembra directa en una escala comercial extensiva, realmente empezó con el lanzamiento del herbicida paraquat al mercado, lo cual permitió un control total de las malezas anuales, sin tener efectos residuales que afectaran el cultivo siguiente. El problema principal con este herbicida fue la necesidad de tener buena cobertura de la maleza con el producto, y el hecho de que no controla malezas perennes, especialmente aquellas que han almacenado reservas metabólicas. Problemas con el manejo de paraquat resultaron en un estancamiento en el área sembrada con siembra directa en la década de los 70, y en muchos casos los agricultores volvieron a labrar el suelo para poder controlar las malezas. El siguiente gran avance fue la llegada del glifosato, aunque su precio muy alto al principio, y las recomendaciones para el uso de dosis altas del producto, restringieron el uso extensivo. Ahora la reducción del precio de este herbicida, junto con la posibilidad de usar varias técnicas para reducir las dosis normales de aplicación, hacen su uso muy alcanzable, y este herbicida sigue siendo un arma muy importante en la viabilización del sistema de siembra directa.

Cuadro 1. Efecto de la agricultura convencional sobre varios indicadores de la fertilidad física del suelo.

Lugar	Suelo	Historial del campo		
		Virgen o Pastura	Cultivado	No. de años cultivado
Materia orgánica %				
Pampa, Argentina ⁽¹⁾	Argiudol	4,4	2,8	-
Paraná, Brasil ⁽²⁾	Oxisol	5,0	2,0	-
Estabilidad de agregados (MWD)				
Brasil ⁽³⁾	Oxisol	2,56	1,81	-
Brasil ⁽³⁾	Ultisol	2,58	1,38	-
Estabilidad de agregados (% agua)⁽⁴⁾				
Paraná, Brasil ⁽⁵⁾	Inceptisol	95	85	3
Paraná, Brasil ⁽⁵⁾	Inceptisol	-	60	>25
Caaguazu, Paraguay ⁽⁵⁾	Alfisol	100 ⁽⁶⁾	80	20
IAN, Paraguay	Alfisol	100	40	
% Agregados >4,76 mm				
Brasil ⁽³⁾	Oxisol	96	3 ⁽⁷⁾	19
Brasil ⁽³⁾	Oxisol	76 ⁽⁸⁾	11 ⁽⁸⁾	19
Brasil ⁽³⁾	Oxisol	76	35 ⁽⁹⁾	24
Tasa de infiltración mm/h				
Brasil ⁽³⁾	Oxisol	136	31,3 ⁽⁵⁾	7
Brasil ⁽³⁾	Oxisol	136	0,2	20
Brasil ⁽³⁾	Oxisol	136	7,5 ⁽⁹⁾	24

¹ Michelena *et al.*² Kemper y Derpsch, 1981³ Kochhann, 1988⁴ Método de mezcla agua: alcohol⁵ Tracción animal⁶ Pastoreo⁷ Residuos quemados⁸ Residuos incorporados⁹ Suelo del renglón anterior después de cuatro años de siembra directa.

Estimuladas por el incremento en el área sembrada con siembra directa, las empresas productoras de agroquímicos están poniendo más y más énfasis en producir productos para este mercado. Hoy en día hay un buen número de productos excelentes para el control químico de malezas en siembra directa en la mayoría de los cultivos extensivos importantes.

En general, los agricultores en siembra directa notan que después de tres o cuatro años el problema de malezas empieza a disminuir. Esto se debe a dos razones principales: la cobertura del suelo con residuos

vegetales tiene un efecto grande en la reducción de las poblaciones de malezas, y el hecho de que no se incorpora nueva semilla al suelo tiende a eliminar el banco de semilla en él. A la vez, el incremento en la actividad biológica en la capa de residuos reduce la longevidad de la semilla de malezas depositada en ella. Además, el hecho de no romper estolones de gramíneas perennes y distribuirlos en el campo como con el arado u otro implemento de labranza, reduce la diseminación de estas malezas, y, en algunos casos (ej. *Cynodon dactylon* y *Cyperus rotundus*) permite un control más efectivo de la población.

- Cama de siembra adecuada

La definición de una cama adecuada depende del tipo de implemento que se usará para incorporar la semilla, y asociado con esto el tipo de suelo. En el pasado, la tendencia hacia sembradoras más livianas resultó en una necesidad de producir una cama más fina, lo cual necesitaba cada día más labranza para preparar una cama adecuada. Esta capa fina a la vez permitía una incorporación uniforme de herbicidas al suelo, encadenando un proceso de búsqueda, cada día, de una pulverización mayor del suelo. Hoy en día hay sembradoras para sembrar directamente en el suelo sin labrar, manteniendo la cobertura de residuos o rastrojos. Estas máquinas son más pesadas que los equipos convencionales, pero el efecto de este peso no es tan negativo como en un sistema convencional, dado que la superficie no labrada resiste el paso de la máquina sin dejar huellas profundas. A la vez, en un sistema convencional, la compactación es a una profundidad mayor debido al efecto de la misma en las bases de los implementos, especialmente la parte inferior de los discos, y el paso de la llanta de tractor en la base del surco abierto.

Para pequeños agricultores, todavía, hay unas limitaciones con respecto a la maquinaria adecuada para sembrar sin labrar, especialmente donde se usa la tracción animal. Esto es mucho más marcado en los cultivos de grano o semilla pequeña que en los cultivos de grano grande. Los cultivos de grano grande, con su mayor espaciamiento entre plantas, se prestan bastante bien a una siembra manual sin labranza del suelo.

La definición de una cama de siembra adecuada cambia en la siembra directa. Una cama adecuada en siembra directa es una cama bien cubierta con residuos vegetales. Esto es la base de la siembra directa, y los equipos tienen que tener la capacidad de sembrar en condiciones de una buena cobertura vegetal. La capa superficial del suelo es más densa que en un suelo labrado, requiriendo una sembradora más pesada para penetrarlo, pero la resistencia ofrecida por este suelo más denso permite el corte fácil de los residuos, sin doblarse bajo los discos cortadores.

- Mineralizar nitrógeno

La oxigenación del suelo y la incorporación de residuos en una capa de suelo húmedo resulta en su descomposición muy rápida. Esta descomposición rápida a la vez es debida a un incremento tremendo en las poblaciones de microflora y microfauna en el suelo como resultado de la accesibilidad de un substrato adecuado para ellos, humedad y aire. Cuando el volumen de substrato se acaba, las poblaciones de bacterias y hongos mueren, se descomponen, y liberan grandes cantidades de nitrógeno al suelo. Este pico en la liberación de nitrógeno no ocurre en la siembra directa, hay una descomposición paulatina de la materia orgánica, resultando en una liberación mucho más lenta de nitrógeno. En los primeros años de siembra directa hay un incremento en el volumen de residuos y materia orgánica en el sistema. Como este material tiene su contenido de proteína y nitrógeno hay una reducción en la cantidad total de nitrógeno disponible en los cultivos. Por esta razón existe la necesidad de agregar más nitrógeno al sistema. Esto se puede hacer con fertilizante, o por medio de un incremento en la frecuencia de leguminosas en la rotación, o una combinación de las dos. Después de unos años, el sistema llega a un nuevo equilibrio, la actividad biológica en la capa de residuos y en el suelo se incrementa y la liberación de nitrógeno regresa al mismo nivel o mayor, que en el sistema convencional inicial.

- Eliminar capas compactadas

La compactación en siembra directa es, todavía, causa de considerable polémica. Hay resultados opuestos en suelos similares que aún no se explica bien (Cuadro2). En general, el problema tiende a ser mayor en suelos muy pesados o muy livianos. A pesar de esto, la mayoría de los agricultores en siembra directa por varios años aseguran que el problema inicial de compactación superficial desaparece con el tiempo. ¿Cómo es posible esto? La razón de nuevo es el incremento en la actividad biológica del suelo. El hecho de tener una fuente de alimentación disponible en la forma de residuos vegetales incrementa las poblaciones de organismos benéficos, las cuales abren

el suelo con canales, incorporando materia orgánica de la superficie y dejando una capa superficial bien estructurada que no presenta impedimento al desarrollo de las raíces de los cultivos. Los organismos principales a este respecto son las lombrices, larvas de insectos y hormigas. Después de dos o tres años de siembra directa se nota un incremento marcado en estos organismos lo cual, sin duda, tiene un efecto muy positivo en el control de la compactación. Los canales dejados por las raíces de los cultivos anteriores, también son importantes para limitar los efectos de una capa densificada. El hecho de no labrar el suelo resulta en una descomposición más lenta de estas raíces, que siguen ejerciendo su efecto sobre la estructura del suelo y, también, mantiene la continuidad de estos canales, hecho muy importante en el transporte de agua en el perfil, y en el enraizamiento de cultivos posteriores.

Hay cultivos con sistemas radiculares más fuertes que otros que logran abrir el suelo y reducir el efecto de la compactación, dejando poros continuos pasando

por capas densificadas. La inclusión de cultivos de este tipo, los arados biológicos, en el sistema ayudan en la apertura del suelo para cultivos posteriores. Lupinos y nabo forrajero (*Raphanus spp.*) son relativamente eficientes a este respecto (Kemper y Derpsch, 1981), además de los cultivos perennes como *Cajanus* y *Ricinus*.

El control de la compactación es de mayor importancia en siembra directa que en un sistema convencional, dado que las soluciones son de más largo plazo. Es muy importante restringir el tráfico sobre campos con contenidos de humedad mayor que el límite plástico del suelo. A la vez, el mayor contenido de materia orgánica y la presencia del mulch hacen más resistente el suelo a las fuerzas de compresión. La necesidad de evitar la compactación incrementará la necesidad de usar métodos para reducir el peso por unidad de superficie, como por ejemplo el uso de llantas anchas, tractores de doble tracción (con llantas anchas en los dos ejes) y el uso de tractores con orugas.

Cuadro 2. El efecto de siembra directa sobre la densidad aparente del suelo en varios estudios en diferentes partes del mundo.

SITIO	Tipo de Suelo	Densidad Aparente (g/cm ³)	
		Siembra Directa	Convencional
Marcos Juárez, Argentina ⁽¹⁾⁽²⁾	Argiudol	1,22	1,22
Marcos Juárez, Argentina ⁽¹⁾⁽³⁾	Argiudol	1,26	1,11
Marcos Juárez, Argentina ⁽¹⁾⁽⁴⁾	Argiudol	1,33	1,25
Pergamino, Argentina ⁽¹⁾	Argiudol	1,35	1,20
Londrina, PR, Brasil ⁽⁵⁾	Latosol	1,20	1,08
Ginninderra, Australia ⁽⁶⁾	Alfisol	1,22	1,41
Wagga Wagga, Australia ⁽⁶⁾	Alfisol	1,42	1,36
Lexington, KY, USA ⁽⁷⁾	Alfisol	1,25	1,29

1 Senigaglia, C., 1987

2 Sucesión Trigo/Soja

3 Soja continua

4 Maíz continua

5 Vieira, M., 1985

6 Packer et al., 1984

7 Blevins et al., 1983. Después de 10 años.

- Incorporar fertilizantes y enmiendas

La incorporación de fertilizantes y enmiendas resultó no ser un problema, siempre que las propiedades químicas del suelo hayan sido corregidas antes de empezar con el sistema de siembra directa. Primero, resultados de Kentucky con fósforo aplicado al voleo mostraron que este método de aplicación funcionaba bastante bien en siembra directa dada la buena humedad abajo del mulch, que permite al cultivo seguir absorbiendo nutrientes de una banda horizontal de alta concentración de fósforo (Phillips y Young., 1973). Posteriormente estos datos se han corroborado en Brasil. Segundo, la actividad de la macrofauna mencionada anteriormente con respeto al transporte de materia orgánica es también eficiente en mover enmiendas en el perfil. En general, la distribución de nutrientes en el perfil, y los niveles aprovechables de P, K, Ca y Mg son mayores en sistemas de siembra directa, debido, principalmente, a los niveles mayores de materia orgánica en el perfil (Sidiras y Pavan, 1985; Sá, 1993; Bogado *et al.*, 1993).

- Controlar enfermedades y plagas

Los monocultivos resultan en un incremento en las poblaciones de enfermedades y plagas de los cultivos que pueden integrarlos. Los residuos vegetales sobre el suelo en siembra directa proveen un ambiente excelente para hospedar a hongos e insectos, incluyendo aquéllos que son enfermedades y plagas de los cultivos comerciales, y, si se sigue con el monocultivo las probabilidades son de una mayor incidencia de plagas y enfermedades en siembra directa. Aquí el problema es el monocultivo. La siembra directa exige una rotación adecuada. Aunque en unas situaciones se practica la siembra directa con éxito en un sistema de monocultivo, las probabilidades son de que se producirán fallas. Una rotación adecuada reduce o elimina el problema de enfermedades, y reduce también el problema de plagas en la mayoría de los casos. La presencia de los residuos vegetales también crea condiciones favorables para la reproducción de los enemigos naturales de las plagas. En general, parece que en siembra directa hay una mayor diversidad y mayores poblaciones de predadores de insectos.

- Controlar escurrimiento

Los residuos vegetales sobre el suelo, protegiendo la superficie de la acción explosiva de las gotas de lluvia, evitando el planchado de la superficie, junto con las mayores tasas de infiltración debido a este factor y la mayor agregación y porosidad del suelo, resultan en un mayor control del escurrimiento con siembra directa que con cualquier otro sistema (Roth *et al.*, 1988). Los residuos también incrementan la cantidad de agua represada sobre la superficie, aumentando el tiempo de oportunidad de infiltración.

En resumen, la siembra directa tiene las posibilidades de superar todas las razones principales para la labranza del suelo. Además, es más rentable que la siembra convencional en la mayoría de los casos, una vez que el sistema está establecido, debido a ligeros incrementos en rendimiento, asociados con reducciones en costos. Estas reducciones en costos provienen de la reducción en el uso de fertilizante fosfatado después de unos años, la disminución en el uso de combustible y el decremento en el desgaste y costos de mantenimiento de tractores y implementos. Durante los primeros años es normal que estas reducciones en costos están balanceadas por un incremento en el uso de herbicidas.

¿Cuáles son los puntos más débiles de la tecnología, y cuáles son las mayores oportunidades para la investigación a fin de acelerar la adopción del sistema, y la rentabilidad y factibilidad del mismo?

- Las limitaciones al cambio

El Sr. Franke Dijkstra, agricultor líder del movimiento de siembra directa en Brasil, suele decir que el impedimento mayor al cambio a siembra directa está en la cabeza del hombre. Creo que esto, tristemente, es especialmente importante en el ámbito de la investigación agrícola. La preparación convencional de un investigador le imparte un miedo al sesgo, lo prepara para comparar tecnologías fríamente, sin tratar, de beneficiar ni uno ni otro de los tratamientos en prueba. El problema es que la siembra directa es un conjunto complicado de tecnologías que tiene que ser adaptado a las condiciones locales. No es un paquete

que se puede transferir de un ambiente a otro y comparar fríamente sin ajustes. Para hacer funcionar la siembra directa hay que estar convencido de la filosofía del sistema, y luego salir y hacerlo funcionar. Por esta razón, el movimiento de la siembra directa ha sido un movimiento propulsado principalmente por los agricultores. Si la investigación realmente va a tomar una parte en los cambios, muchos investigadores tendrán que pensar seriamente sobre los problemas de la sostenibilidad y dar campo a su creatividad para buscar soluciones a los problemas de la degradación del suelo.

Hay también una apreciación por parte de muchos investigadores que el cambio a una agricultura conservacionista debe ser paulatino, y que el agricultor debe pasar por varias etapas de labranza conservacionista con labranza vertical hasta llegar a un sistema óptimo para sus condiciones, que puede ser la siembra directa, o un tipo de mínima labranza. Personalmente creo que la labranza vertical y la siembra directa no son partes del mismo continuo. Son dos tecnologías completamente distintas, que comparten unas características como la retención de más residuos que los sistemas convencionales, y que están agrupados bajo la misma categoría de "labranza conservacionista". Aunque puede haber condiciones en las que la siembra directa no es el sistema más adecuado, los beneficios de un sistema de siembra directa a largo plazo son tanto mejores que otros sistemas. Creo que no vale la pena apuntar a sistemas menos conservacionistas y sí será mejor apuntar a la siembra directa y modificarlo si es necesario. A la vez creo que el cambio debe ser paulatino, pero bajo un plan donde el agricultor se inicia con una parte de su propiedad en siembra directa para ganar experiencia en el manejo del sistema, antes de convertirse en un productor neto de siembra directa. Obviamente, las experiencias de los pioneros y los vecinos suplen en parte de la necesidad de este ensayo, pero todavía es aconsejable.

¿Qué tipo de investigación es necesario hoy en día para ayudar al progreso de la siembra directa? En la gran mayoría de los ambientes ya han pasado los días en que se comparaba la siembra directa con otros sistemas, para ver si tenía algún beneficio. Actualmente

hay agricultores que producen exitosamente con el sistema en una gama tan amplia de ambientes, que es difícil encontrar situaciones en las cuales se necesite ese tipo de información. Hay dos avenidas principales de investigación que veo necesarias. Primero, hay que observar los sistemas de siembra directa en marcha en los diferentes ambientes, identificar los principales problemas y limitaciones, priorizar éstos, buscar oportunidades de investigación entre ellos y seguir programas de investigación orientados a solucionar estos problemas. Segundo, hay que seguir con estudios intensivos sobre el sistema, con diferentes rotaciones y componentes de estas rotaciones para entender el sistema y poder usar modelos de simulación para extrapolar los resultados a un mayor número de años y condiciones. Obviamente en este tipo de investigación es importante mantener un testigo que es representativo de las prácticas de los agricultores locales, el cual puede ser la labranza convencional. La experimentación es cara - especialmente la de largo plazo - así que tenemos que maximizar el uso de todas las herramientas, especialmente la posibilidad de usar datos meteorológicos históricos, para simular resultados para un mayor número de años. Esto va a ser especialmente importante en áreas donde hay un déficit hídrico durante el año, lo cual implica un análisis de cerca para optimizar la relación entre la cantidad de agua usada para producir productos comerciales y la cantidad usada para producir residuos vegetales.

El motor que hace funcionar el sistema de siembra directa es la presencia de suficientes residuos vegetales. Conseguir estos residuos es a veces el principal problema con el establecimiento del sistema, especialmente, en las áreas más tropicales y cálidas, y va a necesitar mucha investigación. Los siguientes son ejemplos del problema de residuos en dos tipos de ambientes en la región.

En los cerrados de Brasil, los agricultores hablan del problema de producir y mantener suficiente mulch. Este es un ambiente interesante, con temperaturas altas, precipitación generalmente alta (mayor que 1000 mm./año) pero con una marcada estacionalidad (90 por ciento de la precipitación cae entre octubre y abril). Por el momento los residuos vienen principalmente de tres fuentes: las malezas que crecen con las primeras

lluvias en octubre, un segundo cultivo (de maíz, sorgo o girasol, normalmente) después del cultivo principal en el verano (safrinha), y cultivos para cobertura como "milhetto" (*Pennisetum americanum* o *P. typhoides*) o guandu (*Cajanus cajan*). En una entrevista con el Jornal de Plantio Direto, el Ing. Ademir Baumelir apunta al problema de cobertura y lanza unas ideas bastante interesantes. Con las primeras lluvias las plantas que crecen más rápida son las malezas, que están adaptadas a estas condiciones y han evolucionado para tomar ventaja de las mismas. ¿Por qué la investigación no trabaja con esas plantas para aprovechar su adaptabilidad a la región? Aún con los cultivos para cobertura hay mucha variabilidad, lo cual permitiría programas de selección, y tal vez mejoramiento, para conseguir líneas o variedades adaptadas a las diferentes condiciones. (Ver ejemplo de un programa en Bonamico L.A., 1993). En los llanos orientales de Bolivia observé parcelas excelentes de *Crotalaria* spp., de rápido crecimiento, y con un buen nivel de supresión de las malezas. Parcelas de *Stylosanthes guayanensis* también son alentadoras, con una excelente producción de masa vegetal y con una longevidad de mulch excepcional.

Los residuos para mantener la cobertura son también un problema en los valles interandinos de Bolivia, en común con áreas y con sistemas agrícolas similares en otras partes de los Andes, Centroamérica y México. Aparte de la estacionalidad de las lluvias, la agricultura en minifundio pone aún más presión sobre el sistema. No sólo es la producción de residuos una limitante, sino también la necesidad de aprovechar toda la producción hace que los agricultores usen todo los residuos para la alimentación animal. Cualquier solución a este problema para estimular la adopción de siembra directa, va a tener que demostrar que los residuos valen más protegiendo el suelo que pasando por un animal, y a la vez proveer otra fuente de forraje para la alimentación animal.

Además de buscar cultivos de cobertura para estas condiciones, hay que buscar variedades de los cultivos principales adaptados no sólo al ambiente y a las condiciones de siembra directa, sino también tomando en cuenta la duración del ciclo para optimizar el

balance entre la producción de producto económico, y la producción de rastrojo suficiente para asegurar la sostenibilidad del sistema. En esta tarea los datos de estudios intensivos y el uso de modelos de simulación van a ser muy importantes.

El otro requisito principal de la siembra directa es la rotación de cultivos. El problema de rotaciones adecuadas escapa en muchas instancias a las posibilidades de resolución por parte de la investigación agrícola. En la mayoría de los casos, rotaciones son definidas sobre realidades económicas, y no biológicas. En muchos casos la falta de una rotación adecuada se debe a la falta de mercados adecuados para cultivos alternativos. Este aspecto va a necesitar acciones coordinadas entre investigadores biológicos, investigadores de mercados y comercialización, industriales y los programadores de las políticas agrarias.

Yo veo éstos como los dos grandes problemas en el avance de la siembra directa. Además hay y van a haber problemas más puntuales que van a necesitar el apoyo de la investigación para su solución. Estos, sin duda, incluirán problemas locales de control de malezas, fertilización del sistema, resistencia de variedades a plagas y enfermedades. También la adaptación de sembradoras a los diferentes tipos de ambientes e investigación sobre control integrado de plagas y enfermedades, especialmente con respecto a incrementar la eficiencia de aplicaciones de productos químicos.

En resumen, las perspectivas para la siembra directa en áreas tropicales y subtropicales son excelentes, pero siempre van a ser necesarios ajustes y mejoras al sistema, los cuales van a demandar trabajo, esfuerzo y creatividad de los agricultores e investigadores trabajando en conjunto.

LITERATURA CITADA

- BLEVINS, R.L., SMITH, M.S., THOMAS, G.W., FRYE, W.W. AND CORNELIUS, P.L. 1983 Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled com. Soil and Tillage Research, 3, 135-146.

- BOGADO, S.F.; WALL, P.C. Y VENIALGO, N. 1993. Effect of no-tillage and previous crop on yields of wheat, soybeans and maize in southern Paraguay. Poster presentado en el "First International Crop Science Congress", Ames, Iowa, U.S.A., Julio 14-22, 1992.
- BONAMIGO L.A., 1993. O plantio direto no cerrado do Mato Grosso do Sul. En Anais do "Simpósio Internacional Sobre Plantio Direto em Sistemas Sustentáveis". Castro, PR, Brasil, 8-11 março, 1993. Fundação ABC. p. 13-16.
- KEMPER, B. AND DERPSCH, R. 1981. Soil compaction and root-growth in Parana. In: Russell, R.S. Igue, Y. and Mehta, Y.R. "The Soil/Root System in Relation to Brazilian Agriculture", IAPAR, Londrina, Parana, Brazil, 81-101.
- KOCHHANN, R.A. 1988. Fertilizer requirements and management issues for acid soils in nonirrigated areas. In: Klatt, A.R. (ed.) "Wheat Production Constraints in Tropical Environments", Mexico, D.F., CIMMYT, 220-238.
- MICHELENA, R.O.; IRURTIA, C.B. AND PITTALUGA A., Degradación de la fertilidad en suelos agrícolas de la pampa ondulada. Informe no publicado. E.E. Castelar, INTA, Argentina.
- PACKER, I.J.; HAMILTON, G.J. Y WHITE, I. 1984. Tillage practices to conserve soil and improve soil conditions. Soil Conservation Journal, NSW (Australia), 40, 78
- PHILLIPS, S.H. AND YOUNG, H.M. 1973. No Tillage Farming. Wisconsin : Reimann.
- ROTH, C.M.; MEYER, B.; FREDE, H.G. and DERPSCH R. 1988. Effect of mulch rates and tillage systems on infiltrability and other soil physical properties of an oxisol in Parana, Brazil. Soil and Tillage Research 11, 81-91.
- SÁ, J.C.DE M. 1993. Manejo da Fertilidade do Solo no Plantio Direto. Castro : Fundação ABC.
- SENIGAGLIESI, C. 1987. Labranza Conservacionista. Proyecto Agricultura Permanente, Publicación Técnica Nº 3, INTA, Argentina.
- SIDIRAS, N. Y PAVAN, M.A. 1985. Influencia do sistema de manejo do solo no seu nivel de fertilidade. R. bras. C. Solo, 9, 244-254.
- VIEIRA, M.J. 1985. Comportamento físico do solo em plantio direto. In "Atualização em Plantio Direto". Eds. Fancelli, A.L.; Torrado, P.V. y Machado J.. Fundação Cargill, Campinas, SP, Brasil. p 163-179.

Análisis de la sustentabilidad del sistema de siembra directa en comparación con la labranza convencional

por Grant W. Thomas *

Ya hace 31 años que empecé a trabajar sobre los efectos de la siembra directa sobre las propiedades de los suelos. Las mediciones, tanto de los suelos como de cultivos, nunca son adecuadas para explicar totalmente las diferencias entre sistemas de labranza. Sin embargo, las mediciones son mejores que meras observaciones o testimonios. Como dijo el Señor Kelvin "La ciencia consiste de números." Por eso, las conclusiones de este informe se basan en las mediciones de varios investigadores durante un período de más o menos 30 años.

La sustentabilidad es mal definida, principalmente, porque cada persona o grupo de personas tiene su propio y limitado enfoque sobre la misma. Por ejemplo, el enfoque puede ser el uso de energía o conservación de suelos o rentabilidad del sistema. Para poder definir mejor los límites de este informe, se presenta una lista de factores relacionados con la sustentabilidad que voy a discutir.

FACTORES RELACIONADOS CON LA SUSTENTABILIDAD DE LA SIEMBRA DIRECTA

Ellos son:

1. Energía.
2. Maquinaria.
3. Erosión del suelo.
4. Propiedades químicas del suelo.
5. Propiedades físicas del suelo.
6. Problemas con malezas.

7. Rendimientos de los cultivos.

8. Rentabilidad.

- Energía

La energía requerida para la producción de maíz y/ o soja es un factor estrechamente relacionado con la sustentabilidad del sistema, ya que el petróleo es un recurso no renovable y sus sustitutos últimamente son limitados, también. En el Cuadro 1 se ven los requerimientos de energía bajo cuatro sistemas de labranza: arado de rejas, arado cincel, disco y siembra directa. La tendencia es bajar el uso de energía con menos labranza de 76,6 litros/ha con labranza convencional hasta 41,1 litros/ha con siembra directa. Básicamente, el ahorro en energía se concentra en combustible y maquinaria. El aumento en herbicidas con siembra directa no es suficiente para afectar mucho el uso de energía.

- Maquinaria

En el Cuadro 2 se muestra la relación entre combustible, reparación y mantenimiento de maquinaria vs. costo de herbicida con tres sistemas de labranza. En maíz y soja de primera las diferencias en costos son muy pequeñas entre labranzas. En soja de segunda la siembra directa es más costosa pero normalmente gana varios días en la siembra y, por eso, en rendimientos. En trigo, la labranza reducida es menos costosa, los rendimientos son iguales y por eso es el sistema más usado. En cada caso, es evidente que una reducción en el costo de operar la maquinaria está acompañado por un aumento en el costo de herbicidas.

Además del costo de combustible, reparación y mantenimiento de maquinaria, el costo inicial de la

* PhD, Universidad de Kentucky, EE.UU.

Cuadro 1. Requerimientos de energía de operaciones del campo y de insumos en cuatro sistemas de labranza (Phillips *et al.*, 1980).

Operación o Insumo	Sistema de Labranza			
	Arado de Rejas	Arado Cincel	Disco	Siembra Directa
Litros de gasoil equivalente por hectárea				
Arar con arado de rejas	18,4	---	---	---
Arar con arado cincel	---	11,2	---	---
Disquear	6,3	6,3	6,3	---
Aplicar herbicidas y disquear	7,3	7,3	7,3	---
Aplicar herbicidas	---	---	---	1,3
Sembrar	4,3	4,3	4,3	5,0
Escardillar	4,2	4,2	4,2	---
Herbicidas	17,5	20,1	22,5	28,8
Maquinaria y arreglo	18,6	16,1	12,5	6,0
Total	76,6	69,5	57,1	41,1

Cuadro 2. Costos de maquinaria y herbicidas con maíz, soja y trigo bajo labranza convencional, reducida y siembra directa (Trimble *et al.*, 1989).

Labranza y cultivo	Costos de combustible		Total
	Reparaciones y mantenimiento/ha	Costos de herbicidas/ha	
	(\$)	(\$)	(\$)
Maíz, convencional	46,34	39,91	86,25
Maíz, reducida	43,20	41,82	85,02
Maíz, siembra directa	32,21	55,28	87,49
Soja de primera, convencional	46,34	61,82	108,16
Soja de primera, reducida	43,20	61,82	105,02
Soja de primera, siembra directa	32,21	77,21	109,42
Soja de segunda, convencional	37,24	61,82	99,06
Soja de segunda, reducida	36,01	61,82	97,83
Soja de segunda, siembra directa	32,21	77,21	109,42
Trigo, convencional	50,39	4,08	54,47
Trigo, reducida	45,72	4,08	49,80
Trigo, siembra directa	36,58	19,44	56,02

maquinaria tiene importancia. Un estudio en Kentucky (Trimble *et al.*, 1989) mostró los costos de maquinaria en un campo de 162 ha de cultivos según labranza. El Cuadro 3 muestra los valores: \$28.298 con labranza convencional; \$26.241 con labranza reducida y \$24.625 con siembra directa.

Cuadro 3. Costos anual de maquinaria con 162 ha de cultivos (maíz, trigo, soja de primera y de segunda) en Kentucky (Trimble *et al.* 1989).

Labranza	Costo anual de ser dueño
Convencional	\$ 28.298
Reducida	\$ 26.241
Siembra directa	\$ 24.625

Un factor negativo con respecto a la maquinaria con siembra directa es el costo de cambiar la maquinaria de labranza convencional por la maquinaria de siembra directa. Este cambio es costoso temporalmente y tal vez es el obstáculo más difícil en hacer el cambio de sistema.

- Erosión del Suelo

La gran ventaja a favor de la siembra directa es la disminución de la erosión. La reducción en erosión es el resultado de los rastros sobre la superficie del suelo que sirven como protector del suelo contra el golpe de las gotas de lluvia y que actúan como pequeñas presas para controlar el escurrimiento del agua y sedimento. Además, con tiempo, la estructura del suelo va mejorando debido a la protección de la superficie y la acción de raíces y pequeños animales como lombrices.

Muchos resultados son espectaculares. Por ejemplo, en el Cuadro 4 se muestra la erosión de una tormenta en el estado de Ohio, EE.UU. en el año 1969. El maíz bajo labranza convencional y surcos rectos y con una pendiente de siete por ciento perdió 49,8 t/ha de suelo. Con surcos al contorno la erosión fue reducida hasta 7,1 t/ha, que es muy notable. Sin embargo, maíz bajo

Cuadro 4. Erosión vs. método de conservación y labranza, Ohio, 5 julio, 1969. (Harrold y Edwards, 1972).

Tratamiento	Pendiente (%)	Lluvia (mm)	Erosión (t/ha)
Maíz, arado, surcos rectos	7,0	140	49,8
Maíz, arado, surcos al contorno	6,0	140	7,1
Maíz, siembra directa, surcos al contorno	21,0	129	0,07

siembra directa, con surcos al contorno, y una pendiente de 21 por ciento perdió solamente 0,07 t/ha o sea prácticamente nada.

En Kentucky, maíz bajo labranza convencional perdió 17,92 t/ha, mientras en la misma tormenta siembra directa perdió solamente 0,36 t/ha (Cuadro 5). En otro lugar, soja de primera y soja de segunda mostraron una gran reducción en la erosión bajo siembra directa comparada con labranza convencional. Normalmente, en nuestro estado, pensamos en una reducción en la erosión de alrededor del 95 por ciento debido a siembra directa.

Cuadro 5. Comparaciones de erosión bajo labranza convencional y siembra directa con maíz y soja, Kentucky. (Rasnake *et al.*, 1986)

Lugar	Cultivo	Pérdidas de suelo, t/ha	
		Labranza convencional	Siembra directa
Lexington, Ky	Maíz	17,92	0,36
Princeton, Ky	Soja de primera	9,04	0,27
Princeton, Ky	Soja de segunda	1,14	0,18

- Propiedades Químicas del Suelo

En un suelo que no tiene remoción, hay varias tendencias en las propiedades químicas. Primero, la materia orgánica tiene la tendencia de aumentar con

el tiempo porque la tasa de descomposición es menor cuando no está mezclado el suelo. Por ejemplo, en el Cuadro 6, cuatro años de siembra directa en la Argentina resultaron en un aumento en la materia orgánica en la superficie (0-5 cm) del suelo. La pastura en cuatro años tuvo un efecto más marcado. En Chile (Cuadro 7), la siembra directa dio aún más materia orgánica que pastura. Es probable que, en este caso, los cultivos recibieron mucho más fertilizante que la pastura. En Kentucky (Cuadro 8), la siembra directa durante 20 años dio casi el doble de materia orgánica en la superficie (0-5 cm) del suelo. Sin embargo, con más profundidad, la labranza convencional tenía ligeramente más materia orgánica después de 20 años, debido al laboreo del suelo año tras año.

Cuadro 6. Materia orgánica en suelo bajo labranza mínima y convencional, siembra directa y pastura durante cuatro años; Argentina (Thomas *et al.*, 1994).

Uso de la Tierra	Profundidad (cm)	Materia Orgánica (%)
Labranza mínima y convencional	0 - 5	2,67
	5 - 10	2,65
	10 - 15	2,29
	15 - 20	2,06
Siembra directa	0 - 5	3,04
	5 - 10	2,50
	10 - 15	2,40
	15 - 20	1,95
Pastura (alfalfa)	0 - 5	3,56
	5 - 10	3,12
	10 - 15	2,48
	15 - 20	2,11

Cuadro 7. El efecto de uso de la tierra sobre el contenido de materia orgánica en el suelo en Chile (Crovetto, 1992).

Profundidad (cm)	Cinco Años de labranza convencional	Siete años de siembra directa	Quince años de pastura
0 - 5	1,42	5,32	4,56
5 - 10	1,24	2,84	1,92
10 - 20	1,00	2,24	1,14

Cuadro 8. Materia orgánica en labranza convencional y siembra directa después de 20 años, Kentucky (Ismail *et al.*, 1994).

Profundidad	% Materia Orgánica	
	Labranza convencional	Siembra directa
0 - 5	2,56	4,82
5 - 15	2,87	2,77
15 - 30	1,87	1,46

El nitrógeno orgánico en Kentucky y en Argentina muestra un aumento relacionado con la materia orgánica (Cuadro 9). Después de 20 años, el nitrógeno en la superficie (0-5 cm) del suelo fue 0,25 por ciento vs 0,15 por ciento con siembra directa y labranza convencional, respectivamente. Después de cuatro años en Argentina, sólo hubo ligeramente más nitrógeno con siembra directa que con labranza convencional.

Cuadro 9. Nitrógeno orgánico según labranza, Kentucky y Argentina (Ismail *et al.*, 1994; Thomas *et al.*, 1994).

Lugar	Profundidad	% Nitrógeno Orgánico	
		Labranza convencional	Siembra directa
Kentucky, 20 años	0 - 5	0,15	0,25
	5 - 15	0,20	0,17
	15 - 30	0,14	0,12
Argentina, 4 años	0 - 5	0,13	0,15
	5 - 10	0,13	0,13
	10 - 15	0,11	0,12
	15 - 20	0,10	0,10

En el ensayo de Kentucky (Figura 1) la tendencia con el tiempo mostró una pérdida durante los primeros cinco años, empezando de pasturas de 50 años. Con siembra directa se registró un aumento después y con la labranza convencional hubo una lenta bajada. En la

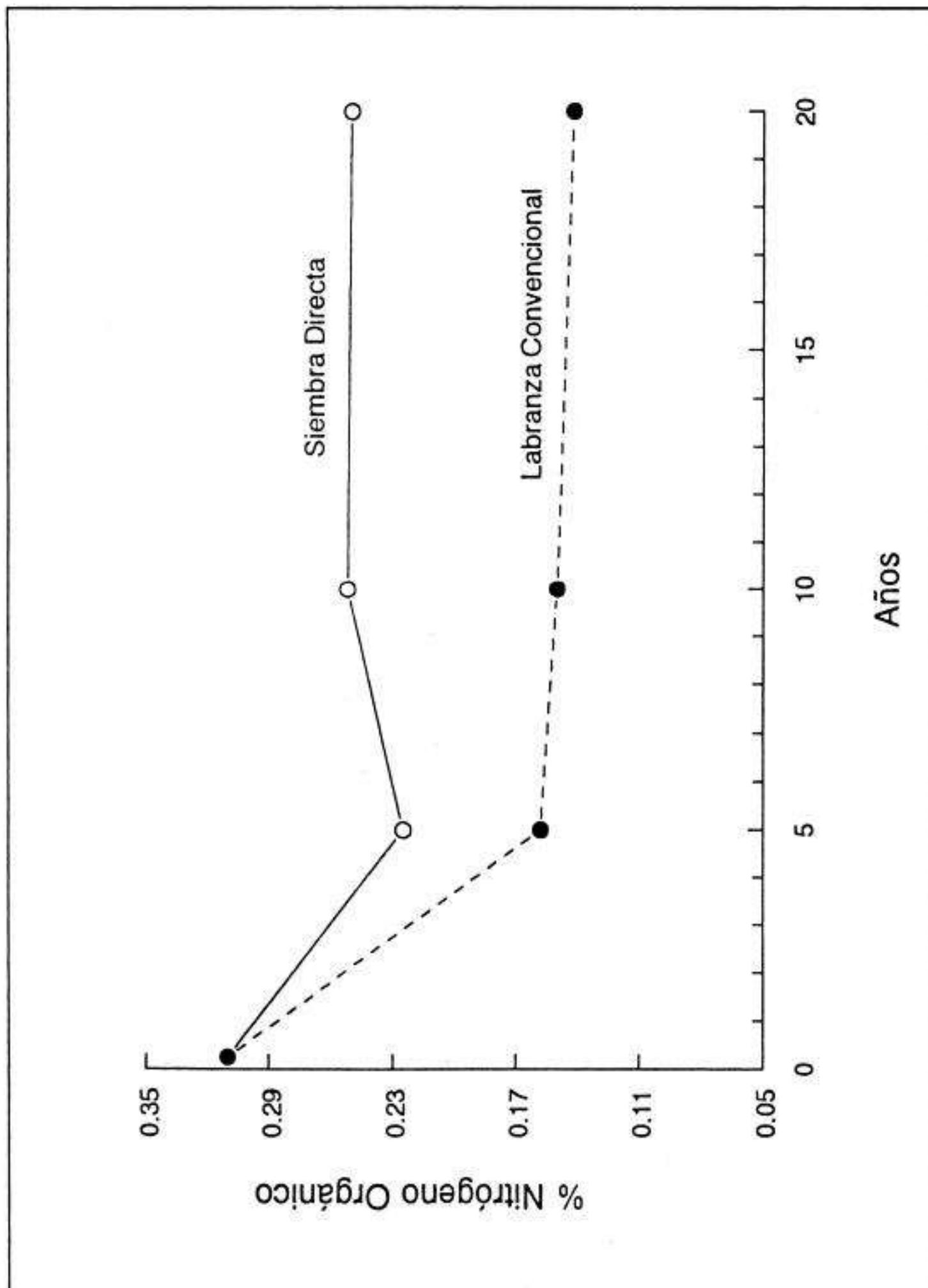


Figura 1. El efecto de labranza sobre el porcentaje de nitrógeno orgánico (0-5 cm profundidad) durante 20 años. (Blevins et al., 1977; Blevins et al., 1983; Ismail et al., 1994).

Figura 2 se muestra el efecto del fertilizante nitrogenado sobre los niveles de nitrógeno orgánico en el suelo, 0, 170, y 340 kg N/ha/año. Con cada dosis, hubo una disminución en los primeros cinco años pero, después, la dosis de nitrógeno tuvo un efecto muy importante sobre el nivel de nitrógeno orgánico. Con la dosis anual de 340 kg N/ha (que no es realista) el nivel de nitrógeno llegó al nivel del suelo bajo pastura en 20 años.

Ya que no se mezclan fertilizantes y residuos de los cultivos con el suelo en siembra directa, hay una tendencia a tener niveles de fósforo y potasio disponible relativamente altos en la superficie del suelo. En el

Cuadro 10 se ven valores de Kentucky, Virginia y Chile para fósforo y potasio. Con respecto al fósforo, siempre hay mucho más en la profundidad 0-5 cm bajo siembra directa. Con relación al potasio, en Kentucky y Chile, se observa el mismo patrón. En Virginia, hubo ligeramente menos potasio en la superficie con siembra directa que con labranza convencional. Sin embargo, la tendencia es una acumulación de los dos nutrientes cerca de la superficie.

Con calcio y magnesio (Cuadro 11) en un suelo que recibió cal agrícola, el suelo bajo siembra directa tiene más de los dos cationes en la superficie. Sin embargo, sin cal agrícola, la tendencia es perder calcio y está

Cuadro 10. Ejemplos de la distribución de fósforo y potasio con labranza convencional y siembra directa.

Lugar	Profundidad, cm	Fósforo disponible (ppm)		Potasio disponible (ppm)	
		Convencional	S.D.	Convencional	S.D.
Kentucky (Ismail et al., 1994)	0 - 5	106	131	224	261
	5 - 15	101	76	141	117
	15 - 30	117	102	89	78
Virginia (Shear y Moschler, 1989)	0 - 5	59	238	159	149
	5 - 10	38	18	108	97
	10 - 15	33	11	104	105
	15 - 20	11	8	98	93
Chile (Crovetto, 1992)	0 - 5	7	51	185	325
	5 - 10	9	46	185	280
	10 - 20	5	5	168	232

Cuadro 11. Efecto de labranza sobre calcio y magnesio intercambiable - suelo encalado (Ismail et al., 1994).

Profundidad	Ca intercambiable		Mg intercambiable	
	CT	NT	CT	NT
0 - 5	909	1.184	154	226
5 - 15	988	974	187	136
15 - 30	966	933	159	91
Media	954	1.030	167	151

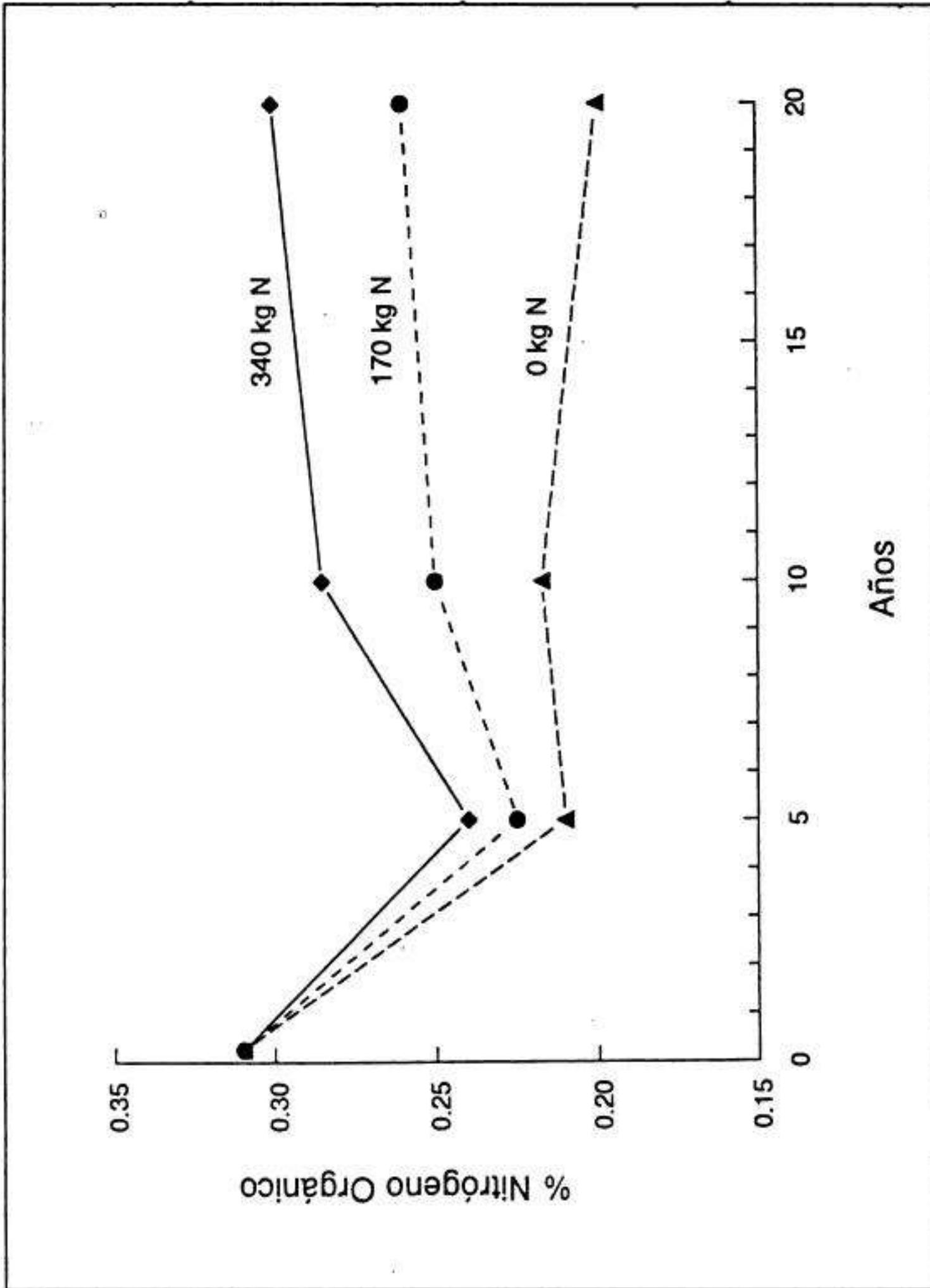


Figura 2. El efecto de dosis de nitrógeno sobre el porcentaje de nitrógeno orgánico (0-5 cm profundidad) durante 20 años. (Blevins et al., 1977; Blevins et al., 1983; Ismail et al., 1994).

agravada por el uso de fertilizante nitrogenado (Cuadro 12).

Mientras el suelo bajo labranza convencional mostró poca pérdida de calcio en 10 años aún con una dosis anual de 170 kg N/ha, el mismo suelo bajo siembra directa y con la misma dosis perdió un tercio del calcio en cinco años y dos tercios del calcio en 10 años. Aún sin nitrógeno, un tercio del calcio fue perdido en 10 años "versus" nada con labranza convencional.

Al perder el calcio, la tendencia es aumentar el nivel de aluminio intercambiable y el Cuadro 13 muestra una gran diferencia en esta medición de acidez,

especialmente con fertilizante nitrogenado, después de 10 años. Estos resultados que notamos al principio de nuestra investigación nos convencieron que una aplicación de cal agrícola sería útil. Ya que con el sistema de siembra directa no fue posible incorporar la cal, la aplicamos en la superficie con muy buenos resultados. La Figura 3 muestra el efecto de dos dosis de cal agrícola sobre el pH del suelo hasta 25 cm. Una dosis de 3,4 t/ha corrigió el problema y 10,1 t/ha hizo un suelo prácticamente ideal después de cinco años. Lo notable es que la cal penetró en el suelo hasta por lo menos 25 cm. Este trabajo ilustra la necesidad de usar cal agrícola en climas húmedos donde se aplica nitrógeno.

Cuadro 12. Efecto de nitrógeno y labranza sobre calcio intercambiable (0-5 cm de profundidad) (Blevins *et al.*, 1977; 1983).

Dosis de N kg/ha	Ca intercambiable, meq/100 g en labranza convencional		Ca intercambiable, meq/100g en siembra directa	
	en 5 años	en 10 años	en 5 años	en 10 años
0	7,6	7,9	7,2	5,5
85	8,2	7,3	5,4	3,8
170	6,5	6,1	5,5	2,6
340	4,4	5,5	3,5	1,2

Cuadro 13. Efectos de nitrógeno y labranza sobre aluminio intercambiable (0-5 cm de profundidad) sin cal agrícola (Blevins *et al.*, 1977, 1983).

kg/ha	Al intercambiable, meq/100 g en labranza convencional		Al intercambiable, meq/100g en siembra directa	
	en 5 años	en 10 años	en 5 años	en 10 años
0	0,03	0,03	0,06	0,06
85	0,02	0,03	0,09	0,27
170	0,14	0,04	0,32	1,22
340	0,22	0,14	1,08	2,50

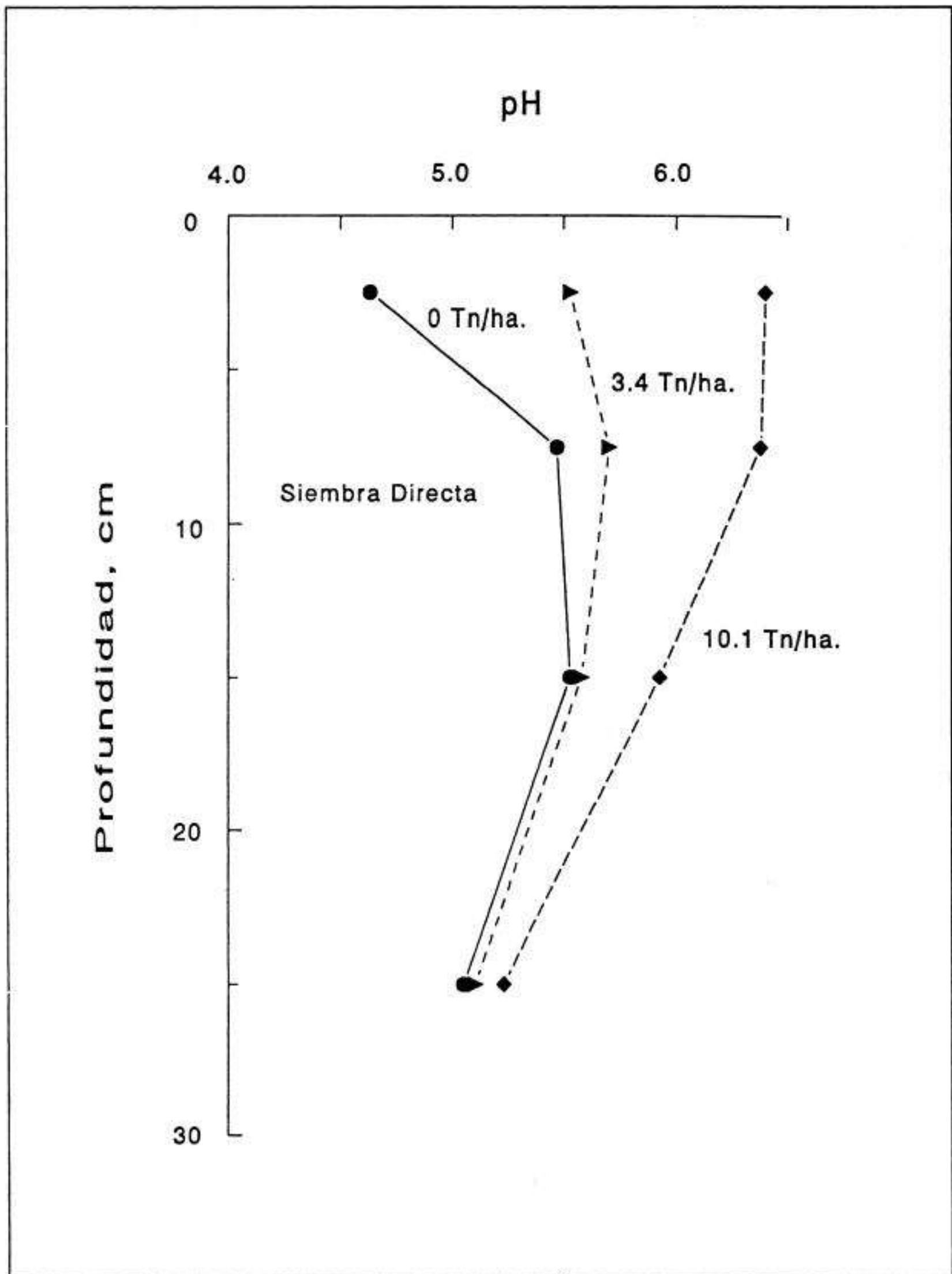


Figura 3. El efecto de cal agrícola aplicada a la superficie sobre el pH del suelo después de 5 años. (Blevins et al., 1978).

- Propiedades físicas del suelo

Tal vez la propiedad física más importante afectada por la labranza es el contenido de humedad del suelo. Las Figuras 4 y 5 muestran humedad durante dos campañas de maíz, una de Argentina y la otra de Kentucky. En los dos lugares, la tendencia siempre es tener más humedad bajo siembra directa. Hay dos razones para la tendencia. La primera es que la presencia de un "mulch" de rastrojos disminuye la tasa de evaporación, especialmente con mucha agua en la superficie del suelo. La segunda es que hay mejor estructura con siembra directa, dando la posibilidad de tener una más rápida infiltración de la lluvia. De todos modos, después de la prevención de erosión, el efecto de siembra directa sobre la humedad del suelo, probablemente, es la próxima ventaja más importante.

La compactación del suelo es, tal vez, la inquietud asociada con la siembra directa con mayor frecuencia. Ejemplos de Kentucky (Figura 6) y de Argentina (Figuras 7-10) muestran con claridad que la compactación como medida por densidad aparente no es un gran problema. La Figura 6 muestra la densidad aparente de un suelo después de 20 años de maíz continuo bajo siembra directa, labranza convencional y, como referencia, bajo pastura (sin animales). Prácticamente no hay diferencias entre los sistemas de labranza. En Argentina, después de un año de siembra directa y labranza mínima (Figura 7), hay pequeñas diferencias solamente en las muestras de 0-5 cm y 5-10 cm de profundidad. Después de 20 años de maíz continuo (Figura 8) la única diferencia significativa ocurrió entre 10 y 15 cm de profundidad. En soja de 20 años continua (Figura 9), la única diferencia ocurrió entre 5 y 10 cm. En lotes de productores en la zona de Marcos Juárez (Figura 10), las diferencias ocurrieron en profundidades de 0-5 y 5-10 cm. Es notable que la pastura (con animales) tiene casi los mismos valores con la excepción de la profundidad 0-5 cm. También, es interesante que hay una tendencia en la capa de arado (15-20 cm) a tener densidades más bajas después de 20 años de siembra directa (Figuras 8 y 9). En ningún caso existe evidencia que la densidad

aparente ha llegado a ser un problema, aún con 20 años sin labranza.

La estabilidad estructural de los suelos en lotes de productores en Córdoba, Argentina, se ve en el Cuadro 14. La pastura (alfalfa) tiene un índice de estabilidad de 0,732 y los lotes de labranza convencional y mínima un índice de 1,390. Lotes bajo siembra directa tienen un promedio de 1,053, exactamente entre pastura y labranza. Estos valores representan sólo cuatro años de pastura y siembra directa y se espera más diferencia con el tiempo.

Cuadro 14. Estabilidad estructural y uso de suelos, Argentina (Thomas *et al.*, 1994).

Tratamiento	Índice de Estabilidad
Pastura	0,732
Siembra directa	1,053
Labranza convencional y mínima	1,390

En un ensayo de 20 años en Kentucky se hizo una comparación del efecto de labranza convencional y siembra directa sobre el tamaño de agregados en la superficie del suelo (Figura 11). La gran mayoría de los agregados en labranza convencional tienen diámetros de 0,15 mm mientras con siembra directa, la mayoría tienen diámetros entre 0,4 y 0,6 mm.

Los agregados afectan el tamaño de los poros y en la Figura 12 se ven los resultados de los diámetros de poros. Con labranza convencional hay una distribución normal alrededor de 0,38 mm. Con siembra directa, el rango de diámetros es muy grande y el 15 por ciento de los poros tienen diámetros mayores a 1,0 mm. Obviamente, esta diferencia debe afectar la infiltración del agua de lluvia.

En el caso de temperaturas en el suelo, la presencia de un "mulch" de rastrojos tiene el efecto de bajar la

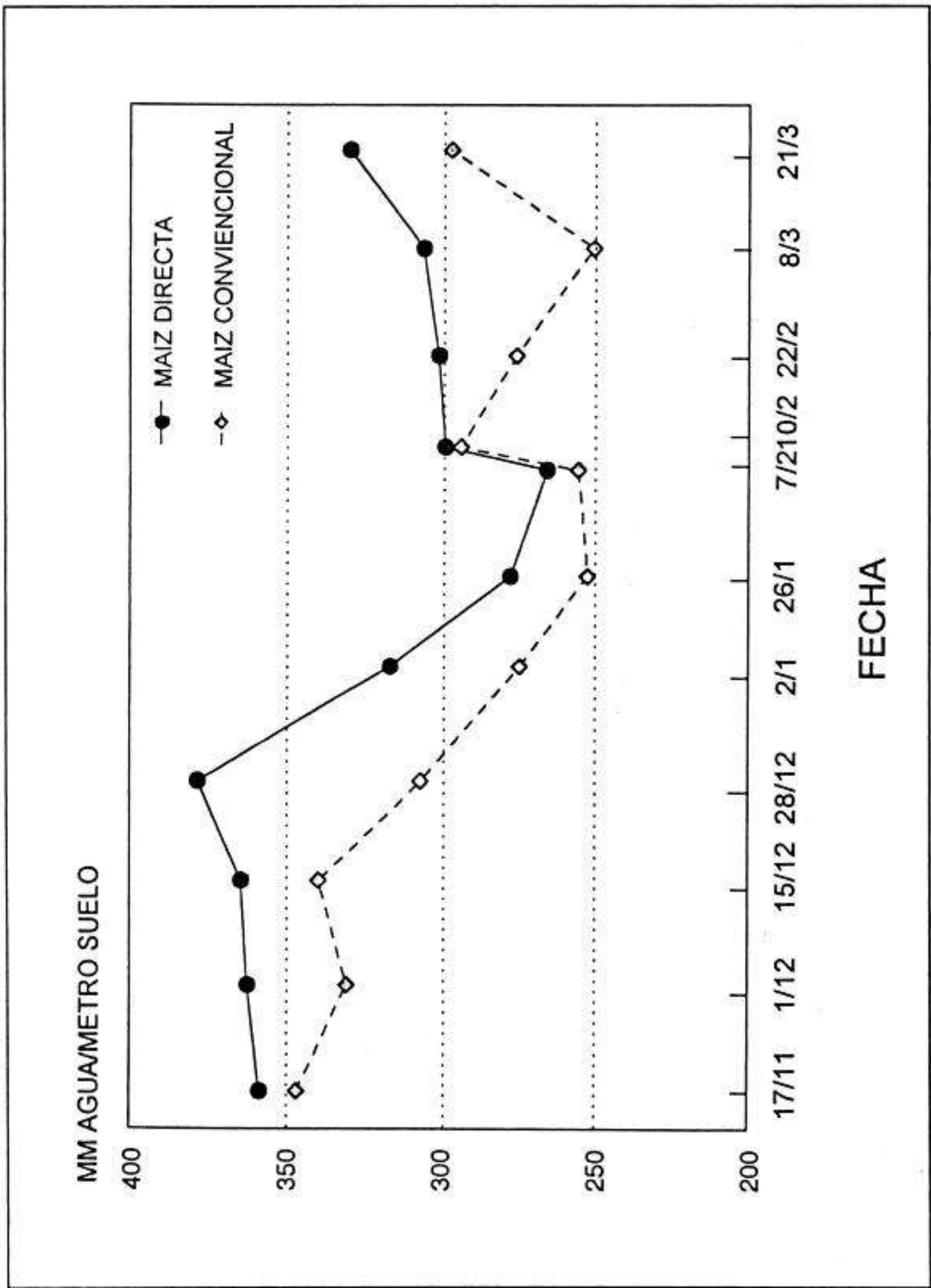


Figura 4. El efecto de labranza sobre mm de agua en el perfil de suelo hasta un metro, Marcos Juárez, Córdoba, Argentina. (Thomas y Fredianelli, 1994).

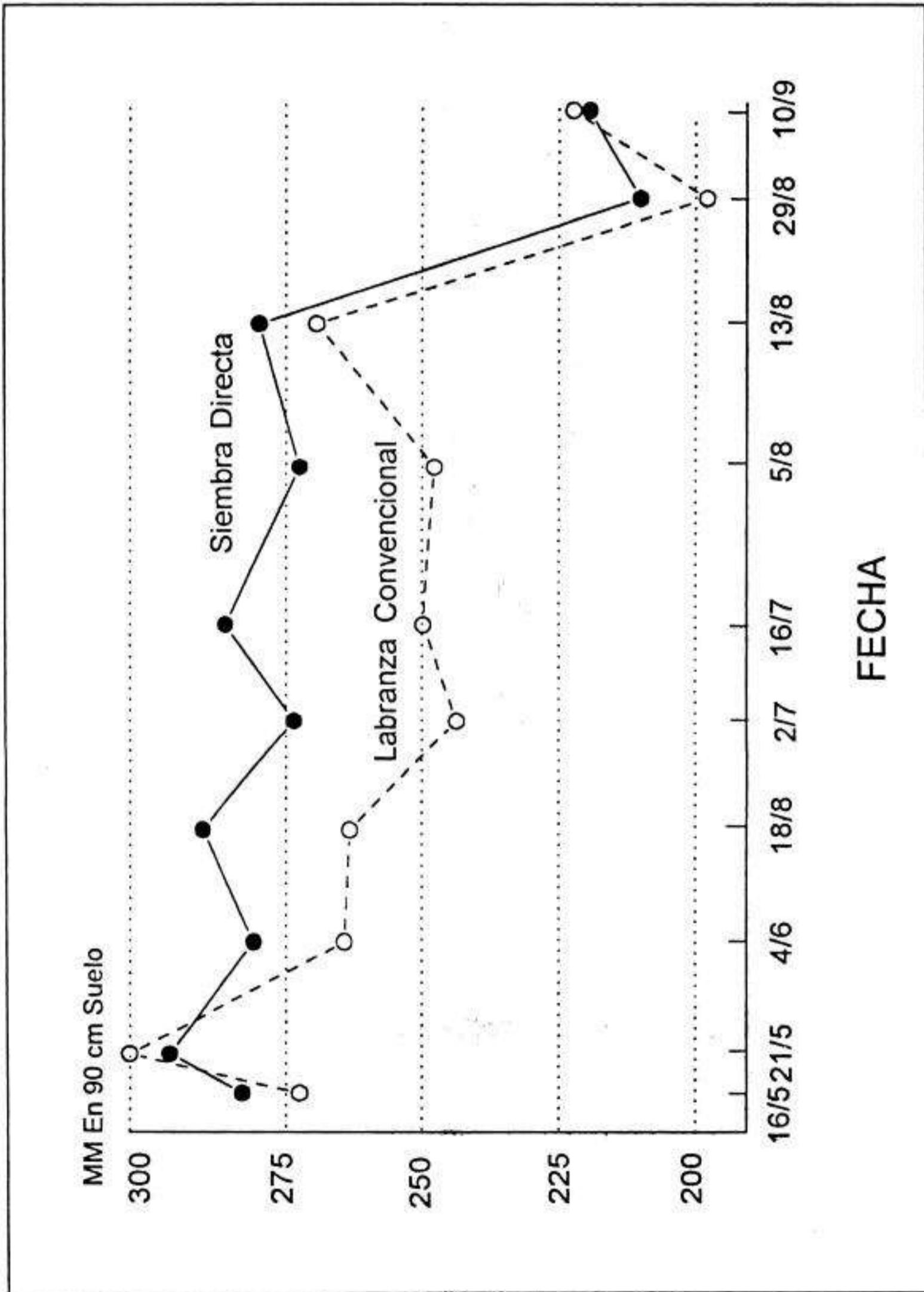


Figura 5. El efecto de labranza sobre mm de agua en perfil del suelo hasta 90 cm, Lexington, KY. (Thomas et al., 1981).

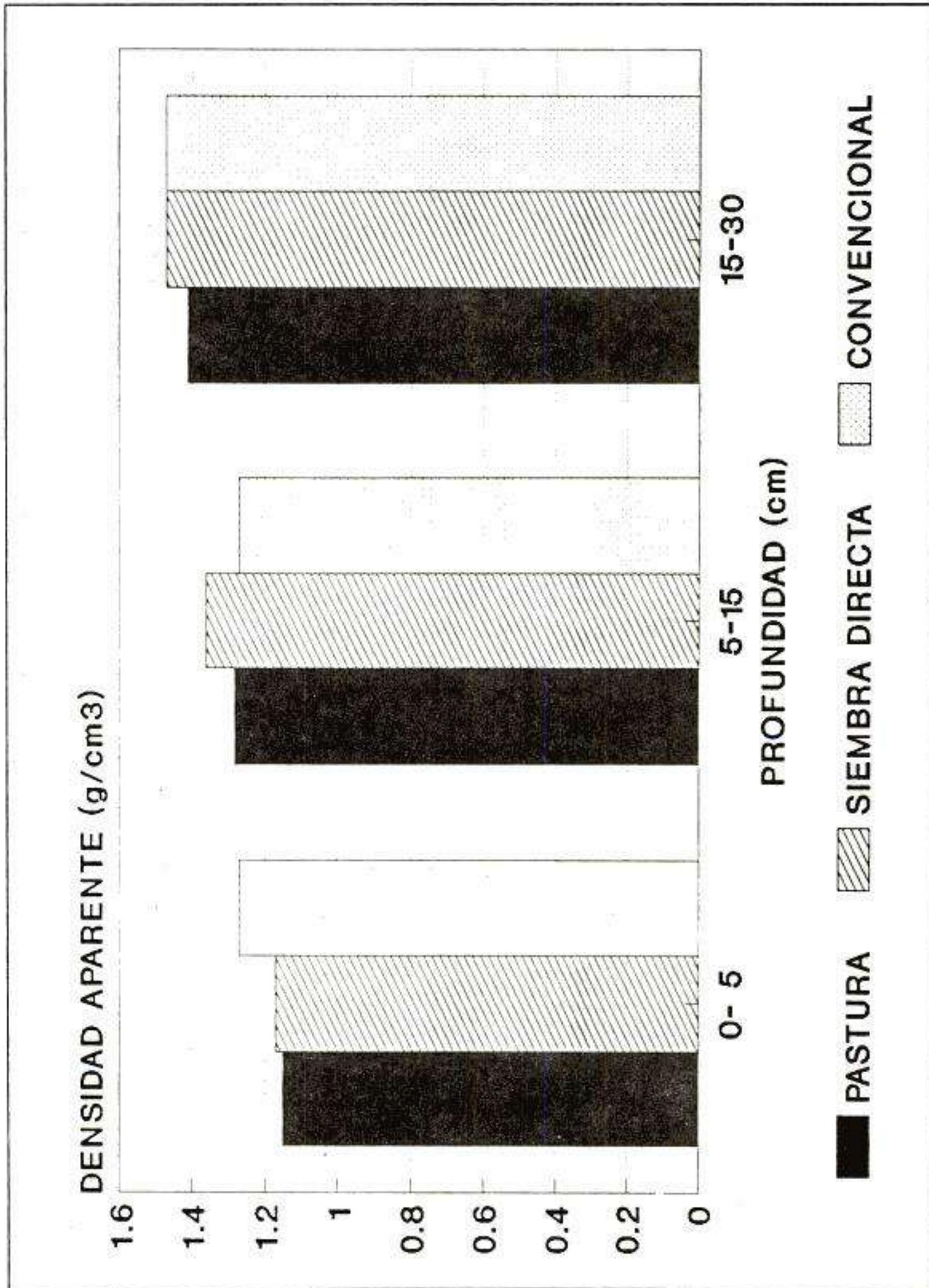


Figura 6. Densidad aparente del suelo bajo pastura, siembra directa y labranza convencional, viejo ensayo, Lexington, KY. (Ismail et al., 1994).

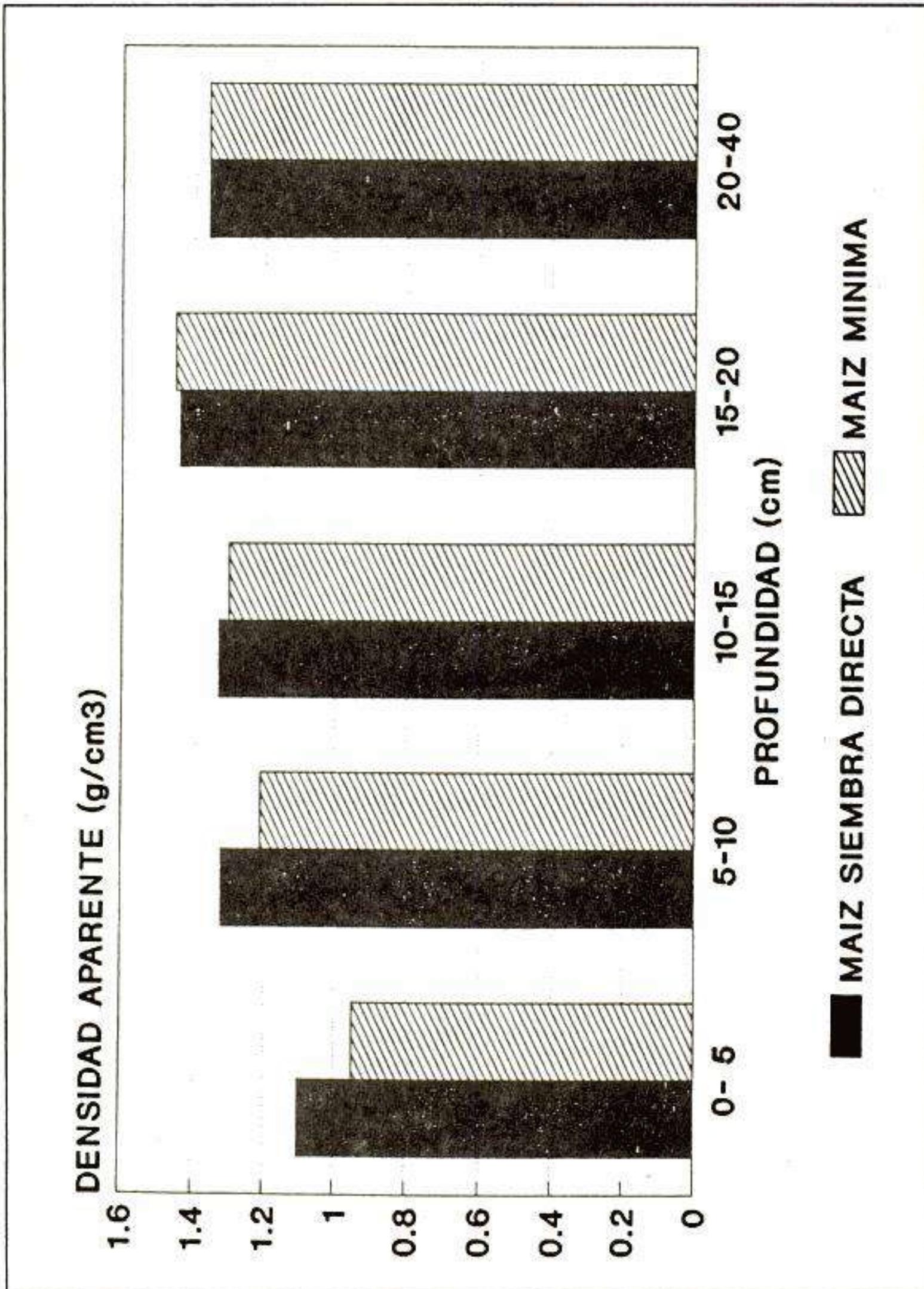


Figura 7. Densidad aparente del suelo bajo siembra directa y labranza mínima, ensayo base, Marcos Juárez, Córdoba, Argentina. (Thomas y Fredianelli, 1994).

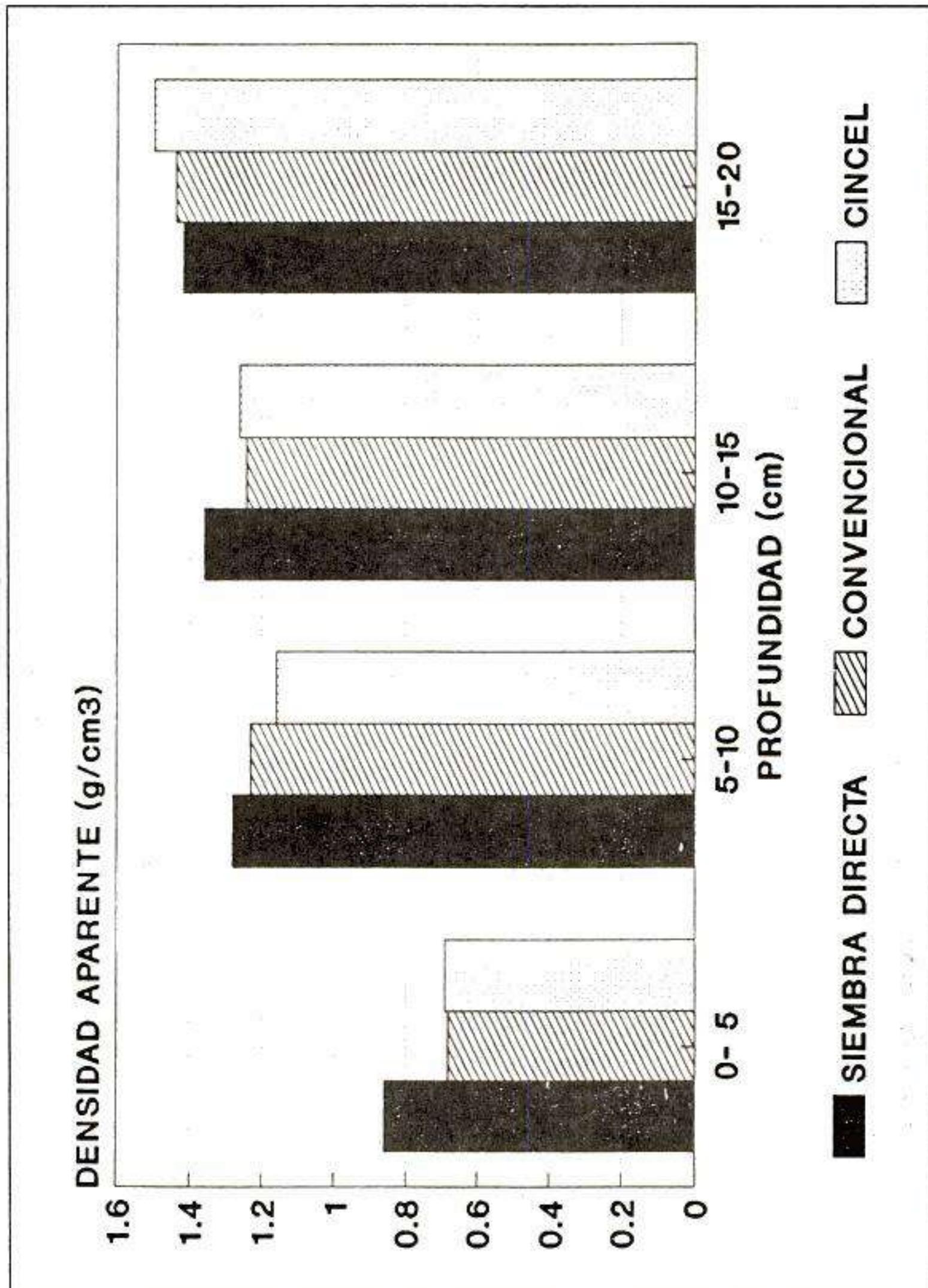


Figura 8. Densidad aparente del suelo bajo siembra directa, cincel labranza convencional, ensayo maíz/maíz, Marcos Juárez, Córdoba, Argentina. (Thomas y Fredianelli, 1994).

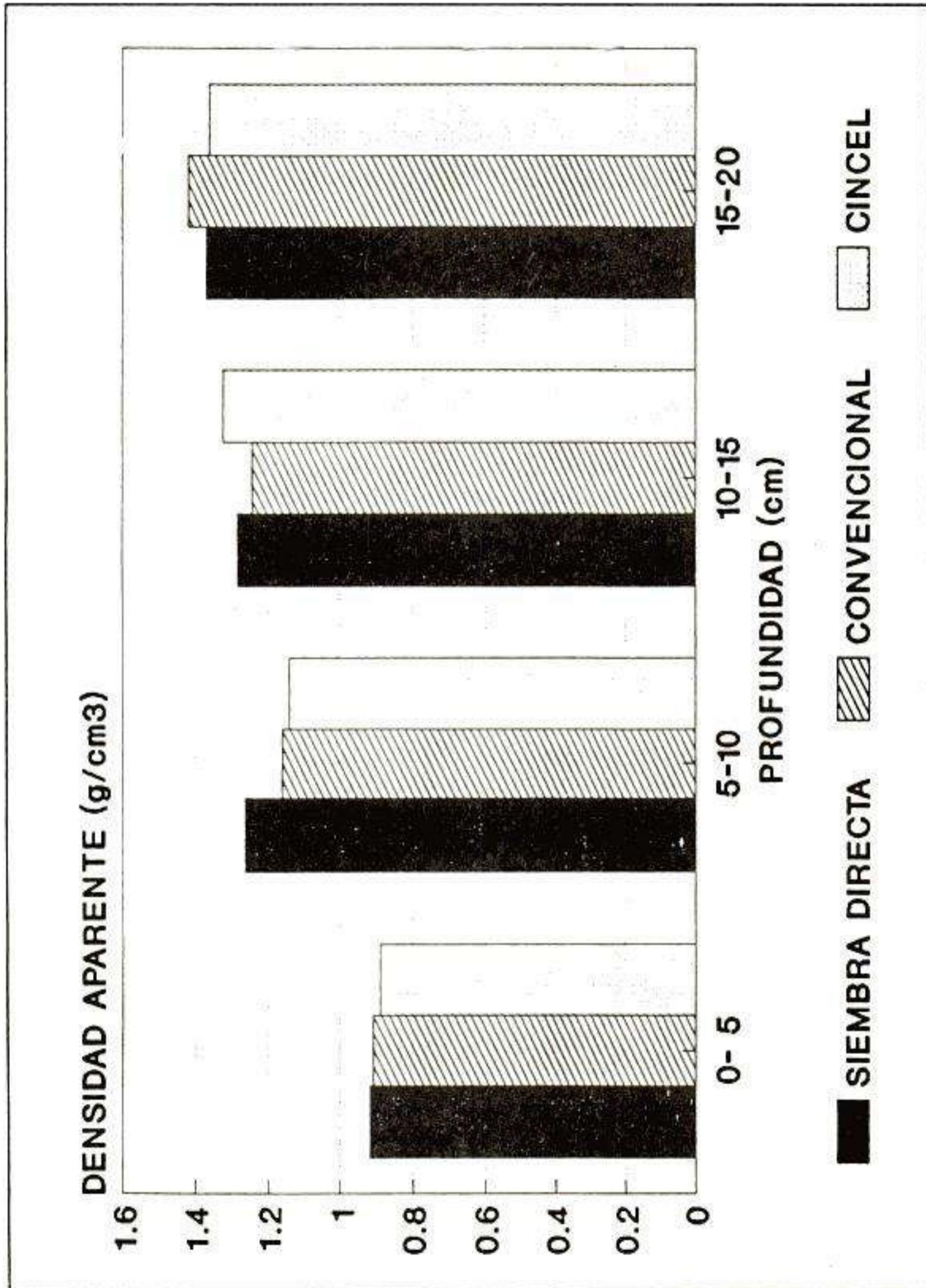


Figura 9. Densidad aparente del suelo bajo siembra directa cinzel y labranza convencional, ensayo soja/soja, Marcos Juárez, Córdoba, Argentina. (Thomas y Fredianelli, 1994).

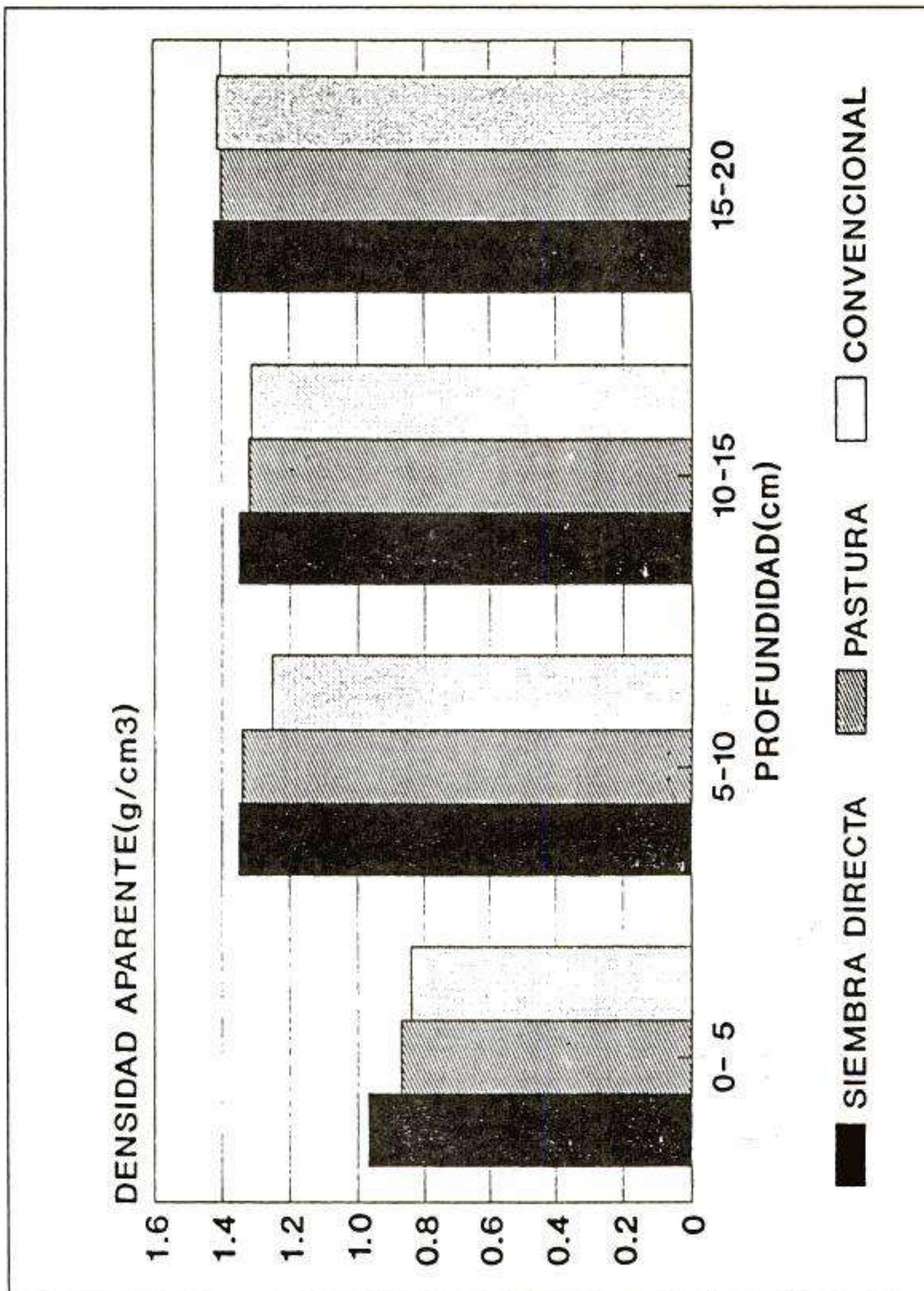


Figura 10. Densidad aparente del suelo bajo pastura, siembra directa y labranza convencional. Lotes de productores. Córdoba, Argentina. (Thomas et al., 1994).

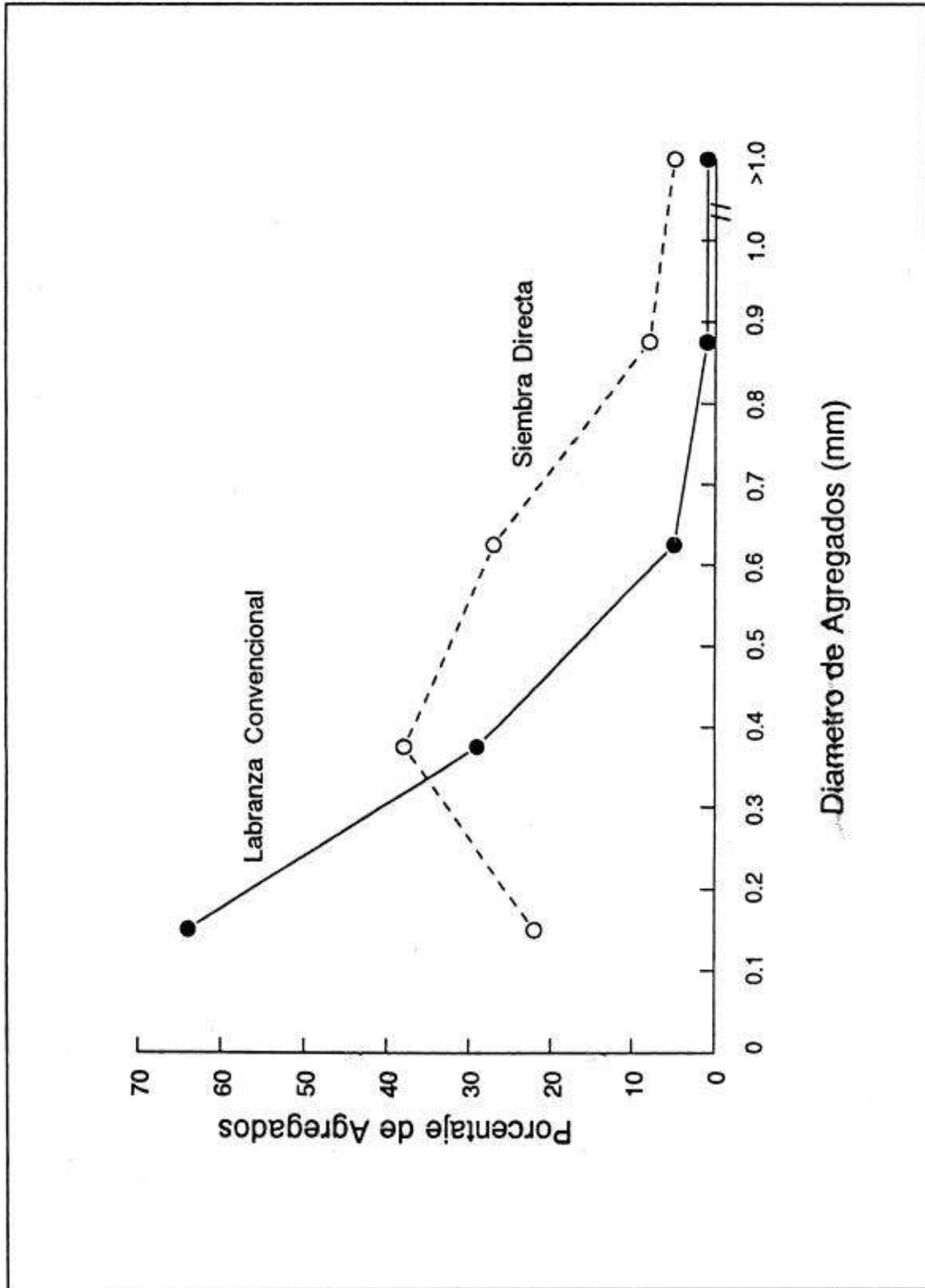


Figura 11. El efecto de labranza sobre el tamaño de agregados en el suelo en el viejo ensayo. (Drees et al., 1994).

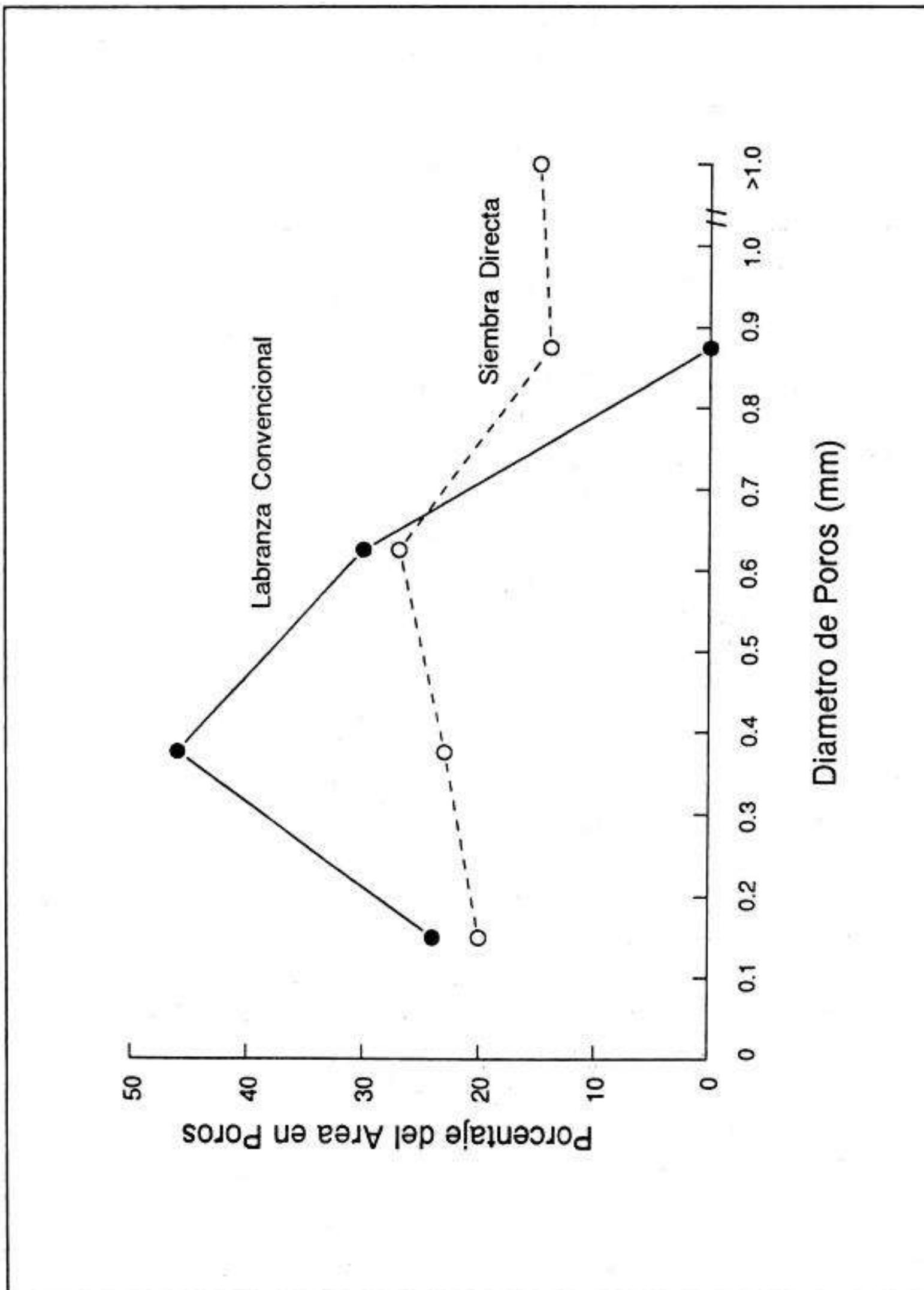


Figura 12. El efecto de labranza sobre el diámetro de poros en el suelo en el viejo ensayo. (Drees et al., 1994).

temperatura máxima y subir la temperatura mínima (Cuadro 15). El efecto de este cambio de temperatura es negativo en la siembra de maíz, casi neutral con soja de primera y probablemente positiva con soja de segunda. O sea, con temperaturas bajas, hay un problema con siembra directa. Normalmente este problema se maneja sembrando unos días más tarde o con la limpieza del surco.

- Problemas con malezas

Al adoptar el sistema de siembra directa, el agricultor está perdiendo el control mecánico de malezas. El desarrollo de herbicidas desde el año 1960 ha sido suficientemente rápido para poder controlar los problemas que han surgido con malezas. Sin embargo, la razón número uno por no adoptar la siembra directa en nuestra región sigue siendo el control de sorgo de alepo o Johnsongrass. A la guerra contra sorgo de alepo, se le suma, actualmente, la lucha contra la *brachiaria*. Además, en nuestra zona que tenía como la vegetación nativa bosques y arbustos, siempre existe la tendencia de volver a la vegetación original y, especialmente, bajo siembra directa.

Las malezas perennes y especialmente perennes y leñosas son difíciles de controlar. Por eso, o el control será malo o el costo será excesivo. Los herbicidas solos no son suficientes para poder controlar el problema. Normalmente, con siembra directa, el

agricultor tiene que combinar los herbicidas con rotaciones de cultivos, competencia de los cultivos mismos y uso de la cobertera de rastrojos contra las malezas.

En los últimos años aparecieron dos problemas que afectan negativamente el éxito de la siembra directa. Uno es la resistencia de ciertas malezas a los herbicidas. Un ejemplo es la resistencia del yuyo Colorado (*Amaranthus*) a la atrazina. El segundo problema es la entrada de una pequeña proporción del herbicida aplicado en la napa de agua. Un ejemplo del problema se muestra en la Figura 13. Los valores son de un pozo superficial rodeado por maíz bajo siembra directa en un campo en la parte central de Kentucky.

El mismo problema ocurre con maíz bajo labranza convencional pero hay alternativas mecánicas para controlar las malezas. Para mí, este es un problema de educar al público en el sentido de que no existe un mundo perfecto. O sea que vamos a tener problemas con sedimentos o vamos a tener problemas con herbicidas. ¿Cuál es preferible? Me imagino que esta batalla está solamente comenzando.

- Rendimientos de cultivos

La medición, tal vez, más importante con respecto a la sustentabilidad de los dos sistemas de labranza es una comparación de los rendimientos en los dos

Cuadro 15. Temperaturas de suelos bajo siembra directa y labranza convencional después de la siembra de maíz, Marcos Juárez, Córdoba (Marelli *et al.*, 1981).

Fecha	Labranza convencional			Siembra directa		
	Máx.	Mín.	Promedio	Max.	Mín.	Promedio
1 noviembre	27,5	12,8	20,2	23,3	14,3	18,8
2 noviembre	30,8	13,6	22,2	25,5	15,0	20,2
3 noviembre	31,3	16,3	23,8	25,6	17,5	21,6
4 noviembre	28,3	16,8	22,6	24,8	17,1	21,0
5 noviembre	28,3	18,8	23,6	25,4	19,0	22,2
6 noviembre	29,8	18,3	24,0	26,1	18,5	22,3
Promedio	29,3	16,1	22,7	25,1	16,9	21,0

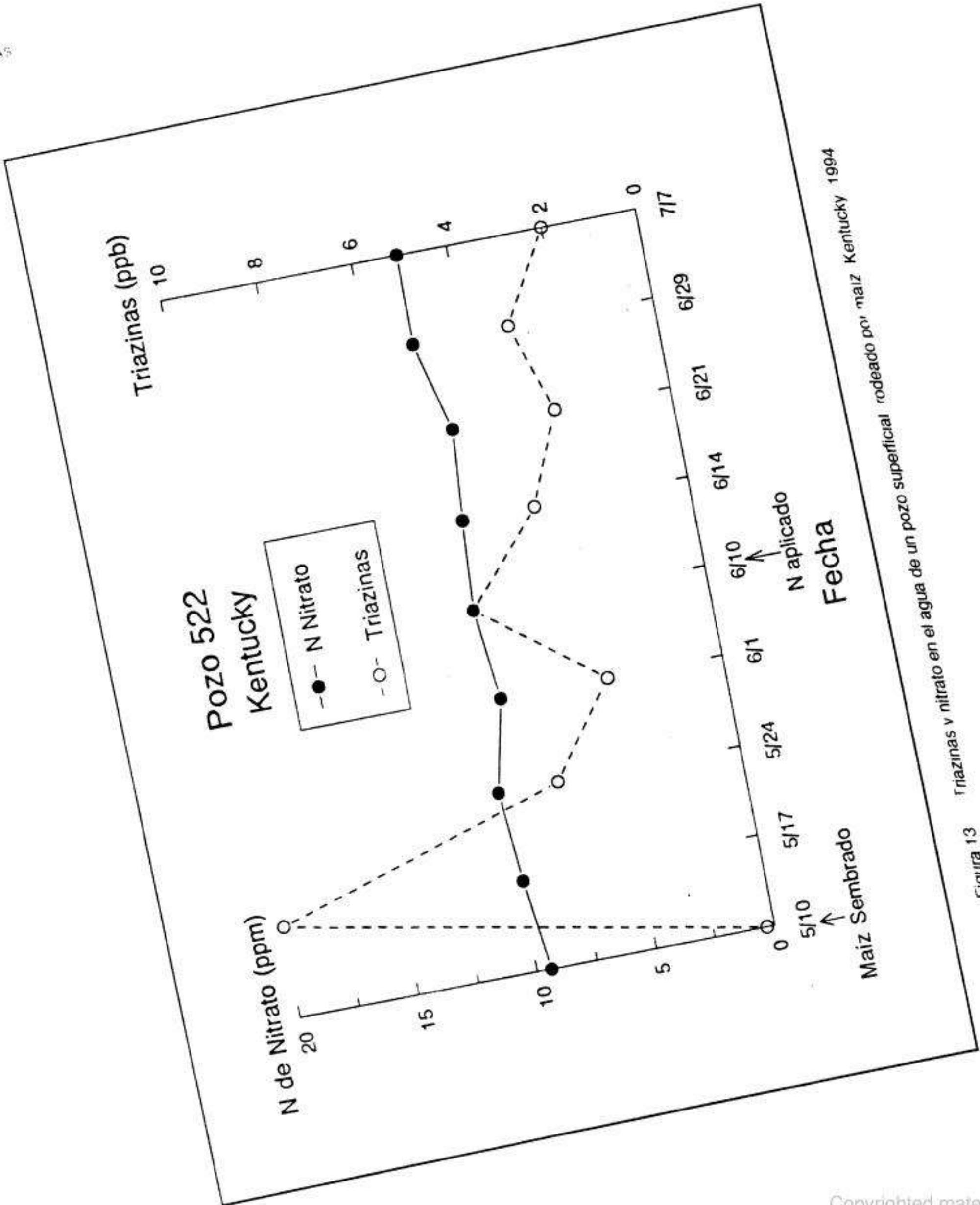


Figura 13 Triazines y nitrato en el agua de un pozo superficial rodeado por maiz Kentucky 1994

sistemas. En el Cuadro 16 se ven resultados de rendimientos de maíz en Virginia en cuatro suelos. En cada suelo, los rendimientos fueron mejores bajo siembra directa que con labranza convencional. Todos los suelos estaban bien drenados. La diferencia tiene un promedio de casi 25 por ciento con maíz.

Cuadro 16. Rendimientos de maíz en cuatro suelos de Virginia bajo siembra directa y labranza convencional. (Moschler *et al.*, 1972 y Moschler y Martens, 1975).

Suelo	Años del ensayo	Rendimientos, kg/ha	
		Siembra directa	Labranza convencional
Lodi	9	7.666	6.101
Davidson	6	8.280	7.285
Cecil	5	4.890	3.518
Jefferson	3	6.867	5.767

En Ohio, hubo más variabilidad en los resultados (Cuadro 17). Con cuatro suelos, sólo dos mostraron una ventaja a favor de siembra directa en maíz. Un suelo tenía rendimientos prácticamente iguales con las dos labranzas y un suelo mal drenado (Hoytville) tenía peores rendimientos bajo siembra directa. En Kentucky (Cuadro 18) nuestra experiencia es entre los resultados de Virginia y Ohio. El promedio de los rendimientos de maíz bajo siembra directa fue casi 10 por ciento mejor que los de labranza convencional. Sin embargo, dos de los seis suelos no mostraron diferencias según labranza.

Los rendimientos de soja de primera y de segunda durante seis años se ven en el Cuadro 19. Los datos son del oeste de Kentucky. Con soja de primera los rendimientos fueron el seis por ciento mejor bajo siembra directa que con labranza convencional. Con soja de segunda, los rendimientos eran el 12 por ciento mejor que con labranza cero. La labranza reducida dio rendimientos entre la siembra directa y la labranza convencional.

Con el trigo (Cuadro 20) nuestros resultados en Kentucky nunca mostraron una ventaja en los rendimientos debido a la siembra directa. Bajo nuestras

Cuadro 17. Rendimientos de maíz en cuatro suelos de Ohio bajo siembra directa y labranza convencional (Van Doren *et al.*, 1976).

Suelo	Rendimientos, kg/ha	
	Siembra directa	Labranza convencional
Wooster	9.400	8.420
Crosby	8.620	8.290
Hoytville	6.820	8.000
Toledo	6.520	6.340

Cuadro 18. Rendimientos de maíz en seis suelos de Kentucky bajo siembra directa y labranza convencional. (Blevins y Thomas, 1981).

Suelo	Rendimientos de maíz, kg/ha	
	Siembra directa	Labranza convencional
Crider	8.969	8.020
Donerail	8.530	7.338
Faywood	8.279	8.342
Granada	6.523	6.523
Loradale	8.154	6.899
Lowell	9.345	8.342

Cuadro 19. Rendimientos de soja bajo siembra directa y siembra convencional.

Sistema	Labranza	Rendimientos (Mg/ha) (Promedio de seis años)
Soja de primera	Convencional	2,35
	Reducida	2,42
	Cero	2,49
Soja de segunda	Convencional	1,61
	Reducida	1,75
	Cero	1,81

Cuadro 20. Rendimientos de trigo bajo siembra directa y siembra convencional.

Labranza	Rendimientos Mg/ha (Promedio de cuatro años)
Cero	5,40
Convencional	5,39

condiciones hay un exceso de agua para producir trigo y el trigo mismo da buena protección contra la erosión. En Chile con suelos casi destruidos por erosión, Crovetto obtuvo muy buenos rendimientos de trigo bajo siembra directa, pero no hay datos comparando los rendimientos con la labranza convencional durante varios años.

El efecto del tiempo sobre los rendimientos de maíz continuo se ve en la Figura 14 (pág. 38). Los datos son de la relación entre los rendimientos bajo siembra directa y labranza convencional con cuatro dosis de nitrógeno durante 23 años. La tendencia durante los primeros 12 años fue tener peores rendimientos bajo siembra directa. Sin embargo, la tendencia durante los últimos 11 años fue tener mejores rendimientos bajo siembra directa.

Otro factor relacionado con los rendimientos es el efecto de años malos (principalmente sequía) sobre la relación de rendimientos bajo los dos sistemas. Las Figuras 15, 16, 17, y 18 (págs. 39, 40, 41, 42) muestran el efecto de los rendimientos bajo labranza convencional sobre la relación de rendimientos siembra directa/labranza convencional con cuatro dosis de nitrógeno, 0, 85, 170, y 340 kg N/ha. En general, hay una tendencia a tener mejores rendimientos (relación >1) bajo siembra directa cuando hay malos rendimientos bajo labranza convencional. Esta tendencia tiene sentido porque, en años con suficiente agua, no hay una gran ventaja a favor de siembra directa pero, en años secos, el agua ahorrada en el suelo tiene un efecto muy positivo sobre los rendimientos. Se dice que los rendimientos son más estables bajo siembra directa.

- Rentabilidad del Sistema

Al fin de cuentas, si el sistema no es rentable, no es sustentable aunque sea muy bueno en cuanto al medioambiente y aún con respecto a los niveles de producción. Los Cuadros 21 y 22 (págs. 43, 44) muestran los resultados de costos e ingresos en un campo de 160 ha, la mitad en maíz, un cuarto en soja de primera y un cuarto en trigo-soja de segunda. Los rendimientos de maíz y soja se estiman en cuatro y dos quintales más, respectivamente, bajo siembra directa.

El margen bruto de maíz es de \$22 más/ha, bajo siembra directa; el de soja de primera es \$50 más/ha y el de soja de segunda es \$28 más/ha. En el caso del trigo el margen bruto es \$10 menos/ha bajo siembra directa, que probablemente explica el bajo uso de la técnica en Kentucky.

CONCLUSIONES

La sustentabilidad de un sistema de labranza incluye muchos factores. En este resumen se consideran energía, maquinaria, erosión, cambios en el suelo, problemas con malezas, rendimientos y rentabilidad. Con cada factor, con la posible excepción de control de malezas, se ve que la siembra directa es mejor que la labranza convencional con maíz y soja. Con trigo, la labranza mínima parece ser ligeramente mejor, por lo menos bajo las condiciones húmedas del invierno en el sudeste de los Estados Unidos.

La siembra directa representa un desafío. ¿Es posible tener un sistema de conservación que también gana más dinero para el agricultor? Hasta el momento, la respuesta es que sí.

LITERATURA CITADA

- BLEVINS, R.L.; MURDOCK, L.W. y THOMAS, G.W. 1978. Effect of lime application on no-tillage and conventionally tilled com. *Agron. J.* 70:322-326.
- THOMAS, G.W. 1981. Soil adaptability for no-tillage. Chap.2 in *No-Tillage Research: Research Reports and Reviews*. R.E. Phillips, G.W. Thomas, and R.L. Blevins, Eds. Univ. of Kentucky, College of Agr.
- THOMAS, G.W.; SMITH, M.S.; FRYE, W.W. y CORNELIUS, P.L. 1983. Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally com. *Soil and Tillage Res.* 3:135-146.
- THOMAS, G.W. y CORNELIUS, P.L. 1977. Influence of no tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after five years of continuous com. *Agron. J.* 69:383-386.
- CROVETTO, C. 1992. *Rastrojos Sobre el Suelo*. Editorial Universitaria Santiago de Chile.
- DREES, L.R.; KARATHANASIS, A.D.; WILDING, L.P. y BLEVINS, R.L. 1994. Micromorphological characteristics of long-term no-till and conventionally tilled soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:508-517.

(sigue en pág. 45)

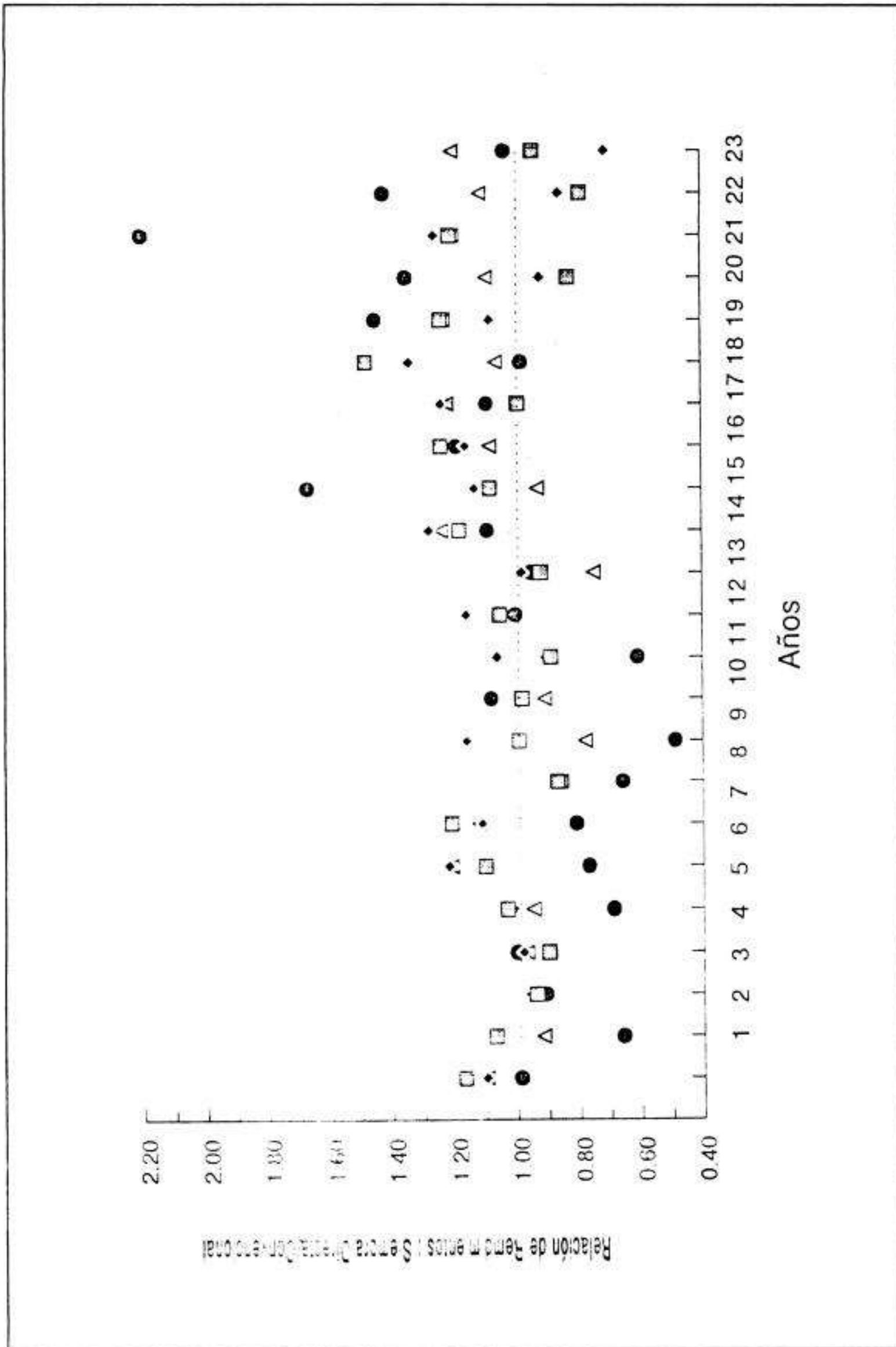


Figura 14. La relación de rendimientos de maíz bajo siembra directa y labranza convencional durante 23 años. Viejo ensayo, Lexington, KY (Ismail et al., 1994).

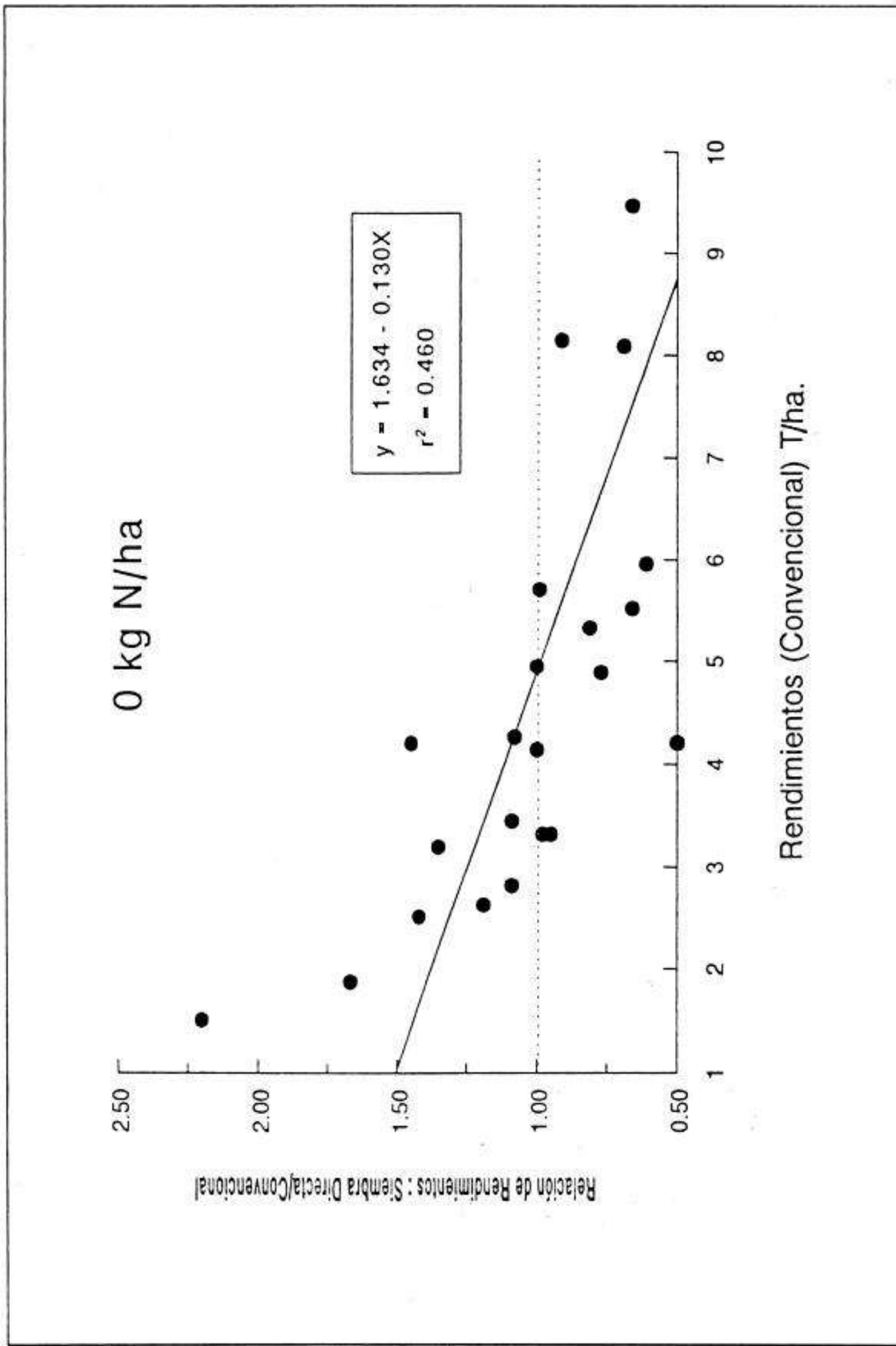


Figura 15. La relación de rendimientos de maíz bajo siembra directa y labranza convencional vs rendimientos convencionales con 0 kg N. Viejo ensayo, Lexington, KY. (Ismail et al., 1994).

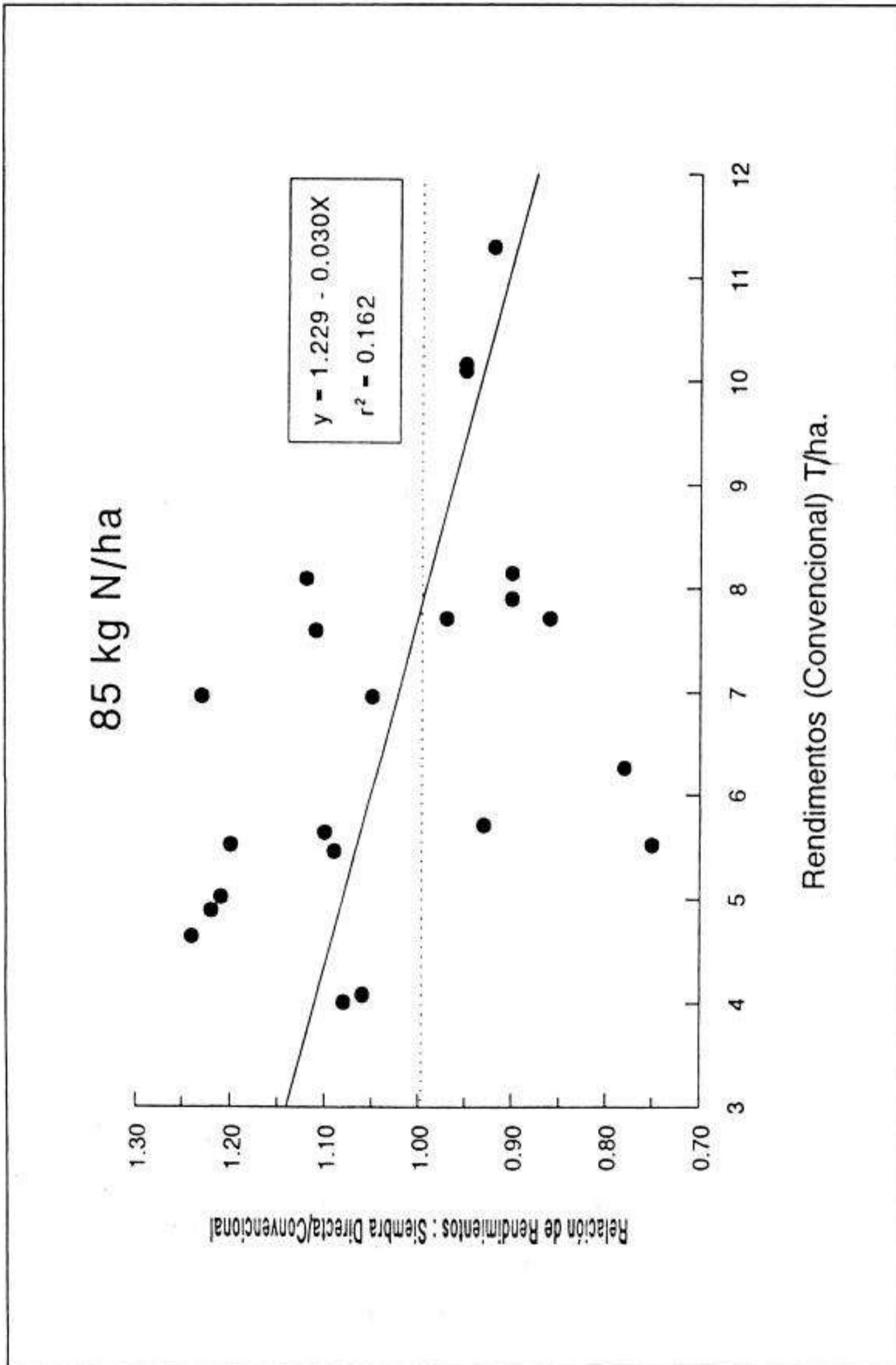


Figura 16. La relación de rendimientos de maíz bajo siembra directa y labranza convencional vs rendimientos convencionales con 85 kg N. Viejo ensayo, Lexington, KY (Ismail et al., 1994).

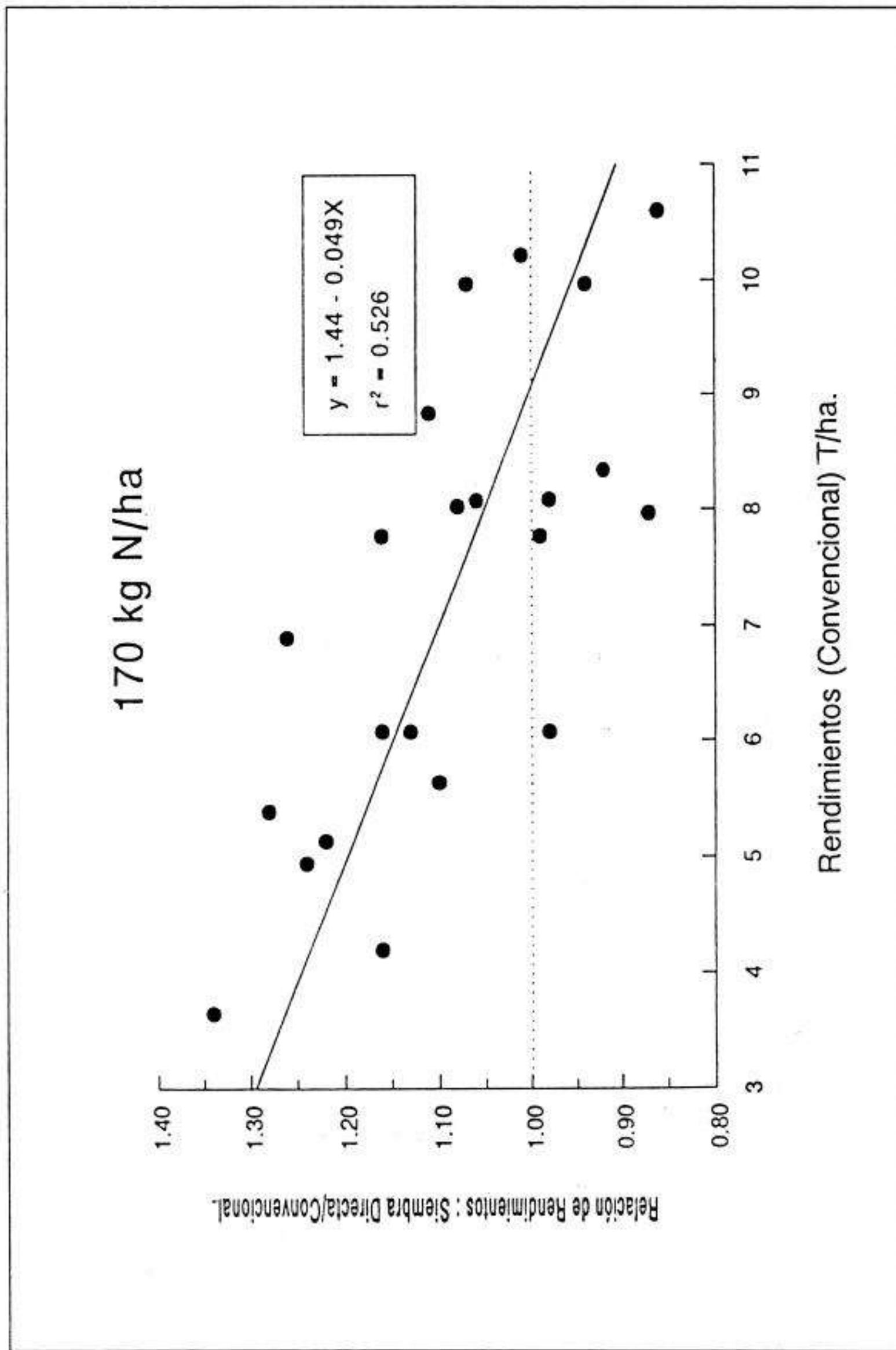


Figura 17. La relación de rendimientos de maíz bajo siembra directa y labranza convencional vs rendimientos convencionales con 160 kg N. Viejo ensayo, Lexington, KY. (Ismail et al., 1994).

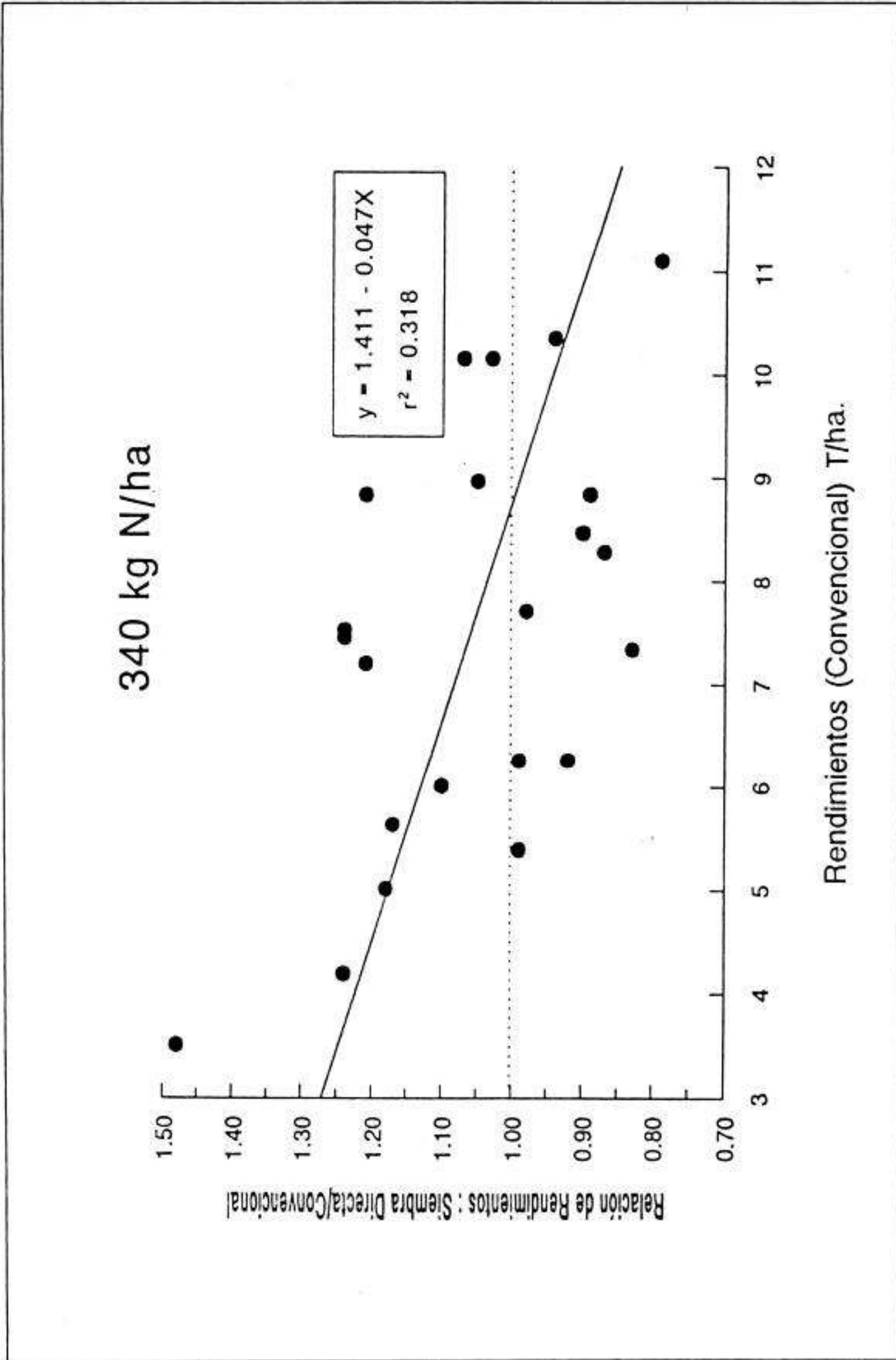


Figura 18. La relación de rendimientos de maíz bajo siembra directa y labranza convencional vs rendimientos convencionales con 340 kg N. Viejo ensayo, Lexington, KY. (Ismail et al., 1994).

Cuadro 21. Presupuesto de la rotación maíz, trigo, soja bajo siembra convencional.

	Maíz	Soja de primera	Soja de segunda	Trigo
Hectáreas	80	40	40	40
Rendimientos, qq/ha	70	23	18	30
Precio, \$/qq	\$ 8,00	\$ 23,00	\$ 23,00	\$ 9,50
Ingreso Bruto/ha	\$ 560,00	\$ 529,00	\$ 414,00	\$ 285,00
Ingresos brutos de la chacra entera				\$ 93,920
Costos Operativos				
Semilla	\$ 47,87	\$ 20,35	\$ 20,35	\$ 27,79
Inoculante	0,00	2,50	2,50	0,00
Nitrógeno	43,22	0,00	0,00	35,57
Fósforo	26,68	17,78	0,00	35,57
Potasio	13,34	13,34	13,34	-
Cal Agrícola	20,00	20,00	0,00	0,00
Herbicidas	39,92	61,82	61,82	20,00
Secado	37,05	0,00	0,00	4,08
Mano de obra	17,90	17,90	11,86	0,00
				19,02
Costos de maquinaria				
Combustible y aceite	\$ 17,51	\$ 17,51	\$ 11,14	\$ 18,75
Mantenimiento	28,82	28,82	23,64	31,64
Costos totales	\$ 292,31	\$ 200,02	\$ 144,65	\$ 192,42
Costos de la chacra entera			44.868,40	
Margen bruto	\$ 267,69	\$ 328,98	\$ 269,35	\$ 92,58
Margen bruto de la chacra entera			\$ 49.051,60	
Margen bruto por hectárea			\$ 306,57	

Cuadro 22. Presupuesto de la rotación maíz, trigo, soja bajo siembra directa.

	Maíz	Soja de primera	Soja de segunda	Trigo
Hectáreas	80	40	40	40
Rendimientos, qq/ha	74	25	20	30
Precio, \$/qq	\$ 8,00	\$ 23,00	\$ 23,00	\$ 9,50
Ingreso bruto/ha	\$ 592,00	\$ 575,00	\$ 460,00	\$ 285,00
Ingresos brutos de la chacra entera				\$ 100,160
Costos operativos				
Semilla	\$ 51,70	\$ 22,38	\$ 26,85	\$ 33,34
Inoculante	0,00	2,50	2,50	19,44
Nitrógeno	51,87	0,00	0,00	47,42
Fósforo	26,68	17,78	0,00	35,57
Potasio	13,34	13,34	13,34	-
Cal agrícola	20,00	20,00	0,00	0,00
Herbicidas	55,28	77,21	77,21	20,00
Secado	40,76	-	0,00	19,44
Mano de obra	10,74	10,74	10,74	10,62
Costos de maquinaria				
Combustible y aceite	\$ 8,05	\$ 8,05	\$ 8,05	\$ 7,93
Mantenimiento	24,16	24,16	24,16	28,65
Costos totales	\$ 302,58	\$ 196,16	\$ 162,85	\$ 202,97
Costos de la chacra entera			46.685,60	
Margen bruto	\$ 289,42	\$ 378,84	\$ 297,15	\$ 82,03
Margen bruto de la chacra entera				\$ 53.474,40
Margen bruto por hectárea				\$ 334,22

- HARROLD, L.L.; y EDWARDS, W.M.. 1972. A severe rainstorm test of no-till corn. *J. Soil and Water Cons.* 27:30.
- ISMAIL, I.; BLEVINS, R.L. y FRYE, W.W. 1994. Long-term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yields. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:193-198.
- MARELLI, H.; DE MIR, B.M. y LATTANZI, A. 1981. La temperatura del suelo y su relación con los sistemas de labranza. Informe especial 14. EERA. Marcos Juárez, Argentina.
- MOSCHLER, W.W.; SHEAR, G.M.; MARTENS, D.C.; JONES, G.D. y WILMOUTH, R.W. 1972. Comparative yields and fertilizer efficiency on no-tillage and conventionally tilled corn. *Agron. J.* 64:229-231.
- MARTENS, D.C. 1975. Nitrogen, phosphorus, and potassium requirements in no-tillage and conventionally-tilled corn. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39:886-891.
- PHILLIPS, R.E.; BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; FRYE, W.W. y PHILLIPS, S.H. 1980. No-tillage agriculture. *Science* 208:1108-1113.
- RASNAKE, N.; FRYE, W.W.; DITSCH, D.C. y BLEVINS, R.L. 1986. Soil erosion with different tillage and cropping systems. *Soil Sci. News and Views. Agron. Dept., Univ. of Kentucky.*
- SHEAR, G.M. y MOSCHLER, W.W. 1969. Continuous corn by the no-tillage and conventional methods: a six-year comparison. *Agron. J.* 61:524-526.
- THOMAS, G.W. y FREDIANELLI, V. 1994. Informe del estudio sobre humedad en parcelas de ensayos. INTA Marcos Juárez.
- , V. GUEDELJ; GUEDELJ, O. y AYUB, G. 1994. Características de suelos bajo varios sistemas de labranza y pastura. EEA INTA, Marcos Juárez.
- , R.E. PHILLIPS; RADCLIFFE, D.E. y SHEPARD, S. 1981. Modeling soil water contents and their effects on stream flow in Kentucky. Res. Report No. 128, Univ. of Kentucky, Water Resources Res. Inst.
- TRIMBLE, R.; DITSCH, D.; WADE, J.M. y RASNAKE, M.. 1989. Economic and financial analysis of soil tillage options available to Kentucky crop farmers. Univ. Kentucky Coop. Ext. Serv.
- VAN DOREN JUNIOR, D.M.; TRIPLETT JUNIOR, G.B. y HENRY, J.E.. 1976. Influence of long-term tillage, crop rotation, and soil type combinations on corn yield. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40:100-105.

La siembra directa en la Argentina

por Hugo Juan Marelli *

Los suelos bajo intenso uso agrícola presentan un acelerado proceso de degradación en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Esto está asociado con un menor aprovechamiento del agua, graves daños de erosión y una tendencia declinante en los rendimientos. Este hecho es el resultado de la utilización de sistemas de producción basados en el intenso laboreo del suelo sin protección superficial y en el consumo de nutrientes sin reposición.

Diferentes sistemas de labranza conservacionista desarrollados durante los últimos 20 años, muestran a la siembra directa como un sistema que permite mantener y/o aumentar los rendimientos, desacelerando los procesos de degradación.

Las labranzas convencionales utilizadas para la preparación de la cama de siembra entierran los residuos de los cultivos y refinan la superficie del suelo, dejándolo expuesto al proceso erosivo en el comienzo de las lluvias de primavera.

En la EEA Marcos Juárez se han medido pérdidas de suelo de hasta 40 t/ha/año. Si consideramos una sola lluvia de 60 mm/hora al momento de la siembra en un lote de dos por ciento de pendiente, la pérdida de suelo alcanza las 2,5 t/ha. Además, para estas condiciones de suelo desnudo, la infiltración del agua es rápidamente limitada por el sellado y encostramiento

superficial, disminuyendo al 50 por ciento de su valor inicial a los 20-30 minutos de iniciada la lluvia

Uno de los más importantes factores para el control de la erosión a través de la reducción de labores está relacionado con el porcentaje de la superficie del suelo cubierta con rastrojo. Dependiendo del tipo de suelo y pendiente, con sólo un 30 por ciento de cobertura, se reducen las pérdidas de suelo hasta un 60 por ciento de las producidas en un suelo descubierto. Investigaciones realizadas con simuladores de lluvia en la EEA Marcos Juárez indican una reducción del 2,5 a 0,50 t/ha de pérdida de suelo cuando la superficie está cubierta por 4 t/ha de rastrojo de trigo. Esta cobertura mantiene un elevado nivel inicial de infiltración aproximada, la cual una vez saturada la superficie del suelo se rige por su drenaje interno.

Dentro de los sistemas de labranza conservacionista, la siembra directa permite lograr la implantación de un cultivo con el mayor porcentaje de cobertura del suelo. No obstante, la labranza reducida puede ser una alternativa importante, siempre y cuando deje al suelo cubierto por lo menos en un 30 por ciento. Además cabe aclarar que, independientemente del sistema de labranza conservacionista a adoptar, la "distribución" de los residuos de cosecha pueden marcar una gran diferencia en cuanto al objetivo buscado. **El manejo de residuos comienza detrás de la cosechadora.**

EFICIENCIA DE LA LABRANZA CONSERVACIONISTA

Como ejemplo de que las labranzas conservacionistas permiten también buenos rendimientos, se indican seguidamente los resultados obtenidos para una secuencia soja/maíz (ciclo 1993) en la Estación

* *Ingeniero Geógrafo, Área suelo y producción vegetal, Proyecto de Investigación Estratégica: Cultivos sin Labranza. EEA Marcos Juárez/INTA, Marcos Juárez, Argentina.*

Experimental Marcos Juárez, sobre un suelo Argiudol típico de textura franco-limosa:

Rendimiento de Maíz		Rendimiento de Soja	
Maíz S. Dta. Fert.	8.730 kg/ha	Soja S. Dta.	4.496 kg/ha
Maíz L. Reducida	8.492 kg/ha	Soja L. Reducida	4.107 kg/ha
Maíz S. Convenc.	8.022 kg/ha	Soja S. Convenc.	3.868 kg/ha

LA SIEMBRA DIRECTA Y EL INTA

Si bien antes de 1970, el uso del barbecho químico figuraba como una alternativa agrícola promisorio, es el incremento de la secuencia trigo/soja, (soja de 2da.), la que se presenta como impulsora de la siembra directa. Esta técnica permite la implantación de la soja en una mejor fecha de siembra, más rápido y con mejor humedad del suelo que en el sistema convencional.

En base a esta nueva alternativa, la EEA Marcos Juárez implanta en 1974 sus primeros ensayos de siembra directa dentro de la Unidad y en campos de productores, a través del Convenio INTA-DUPERIAL (ICI). Dado el interés que despierta esta alternativa de producción se realiza en Marcos Juárez la 1ª Reunión Técnica Nacional de Cultivos sin Labranza en 1977 y la 2ª Reunión Técnica Nacional de Cultivos sin Labranza en 1979 en Rosario.

A través de este impulso inicial aparecen un sinnúmero de acciones en otras Estaciones Experimentales e Instituciones privadas y Asociaciones de productores que ven en la siembra directa una técnica importantísima no sólo como práctica conservacionista sino también como técnica de producción para grano y forraje.

En la actualidad, el INTA desarrolla más de 15 planes de trabajo que tienen a la siembra directa como técnica de extensión e investigación, además de Proyectos de Experimentación Adaptativa y Proyectos de Investigación Estratégica. Toda esta actividad científico-técnica tiende a respaldar la investigación y extensión de la siembra directa, para lograr aumentar la producción.

Las Figuras 1, 2 y 3 muestran la evolución de la siembra directa en diferentes áreas y en el país.

Las Figuras 4 y 5 muestran la distribución del área sembrada con maíz, trigo y soja bajo diferentes sistemas de labranza.

Las Figuras 6 y 7, relacionan la siembra directa con la producción total de maíz, trigo y soja para nuestro país y EE.UU., como referencia a nuestro crecimiento en esta técnica.

LA INVESTIGACIÓN EN SIEMBRA DIRECTA

A través de INTA y de otras instituciones públicas y privadas y de diversas asociaciones se realiza una intensa tarea de transferencia de estas nuevas tecnologías. Sin embargo, existen variables relacionadas con la siembra directa que no están estudiadas en profundidad y pueden ser limitantes para el avance del sistema.

Algunos aspectos de estas variables se relacionan con: efectos sobre el uso del agua y la erosión (infiltración, percolación y erodibilidad del suelo), las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, fertilización, manejo de malezas, plagas y enfermedades, secuencia y manejo de cultivos y variedades, eficacia de los equipos agrícolas, impacto sobre el medio ambiente, índices económicos.

Para lograr contestar estas incógnitas, que pueden constituirse en problemas limitantes del desarrollo y difusión de la siembra directa, se está trabajando interdisciplinariamente en el Proyecto de Investigación Estratégica "Cultivos sin Labranza". En él intervienen las Estaciones Experimentales de Manfredi, Rafaela, Olivero y Marcos Juárez, el Instituto de Suelos de Castelar, y la Facultad de Agronomía de Buenos Aires.

Los trabajos que se vienen realizando abarcan los siguientes temas:

- Suelo

Incrementar el estudio sobre la dinámica del agua edáfica y de los nutrientes, del proceso microbiológico involucrado, de las alteraciones físicas y químicas, de la erodibilidad y de la evolución del rastrojo superficial.

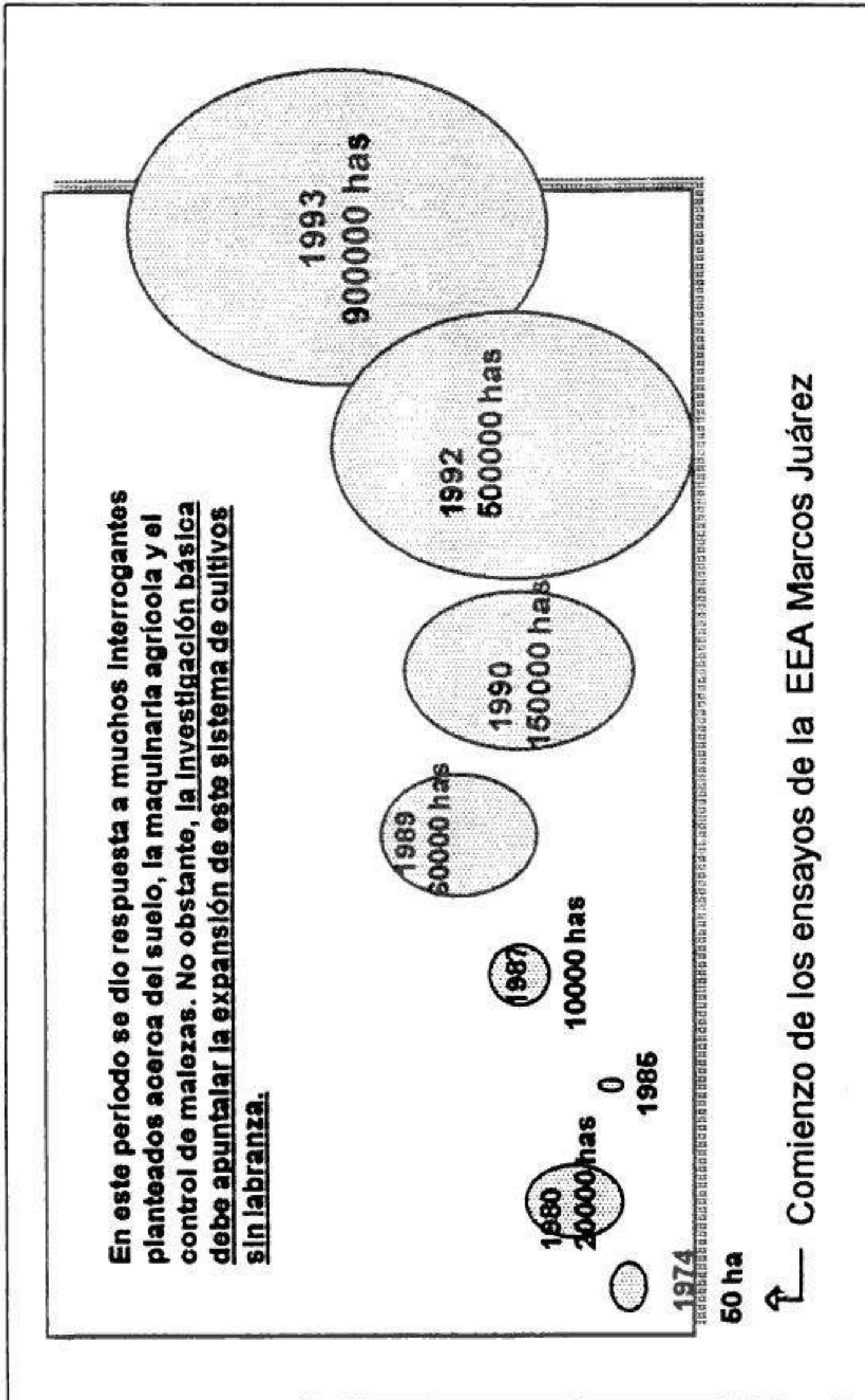


Figura 1. Evolución estimada de la siembra directa (hectáreas)

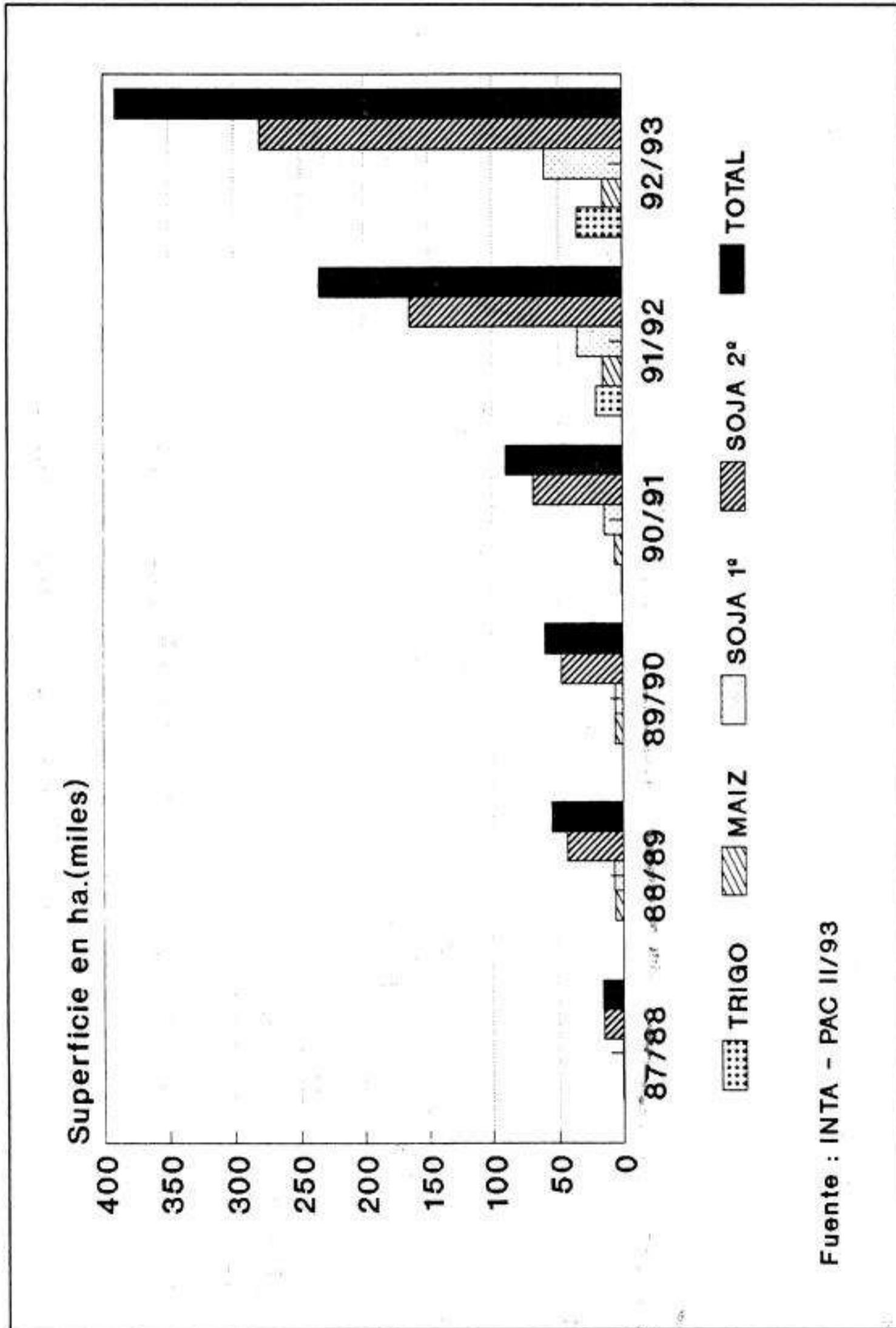


Figura 2. Superficie bajo siembra directa. Area PAC II

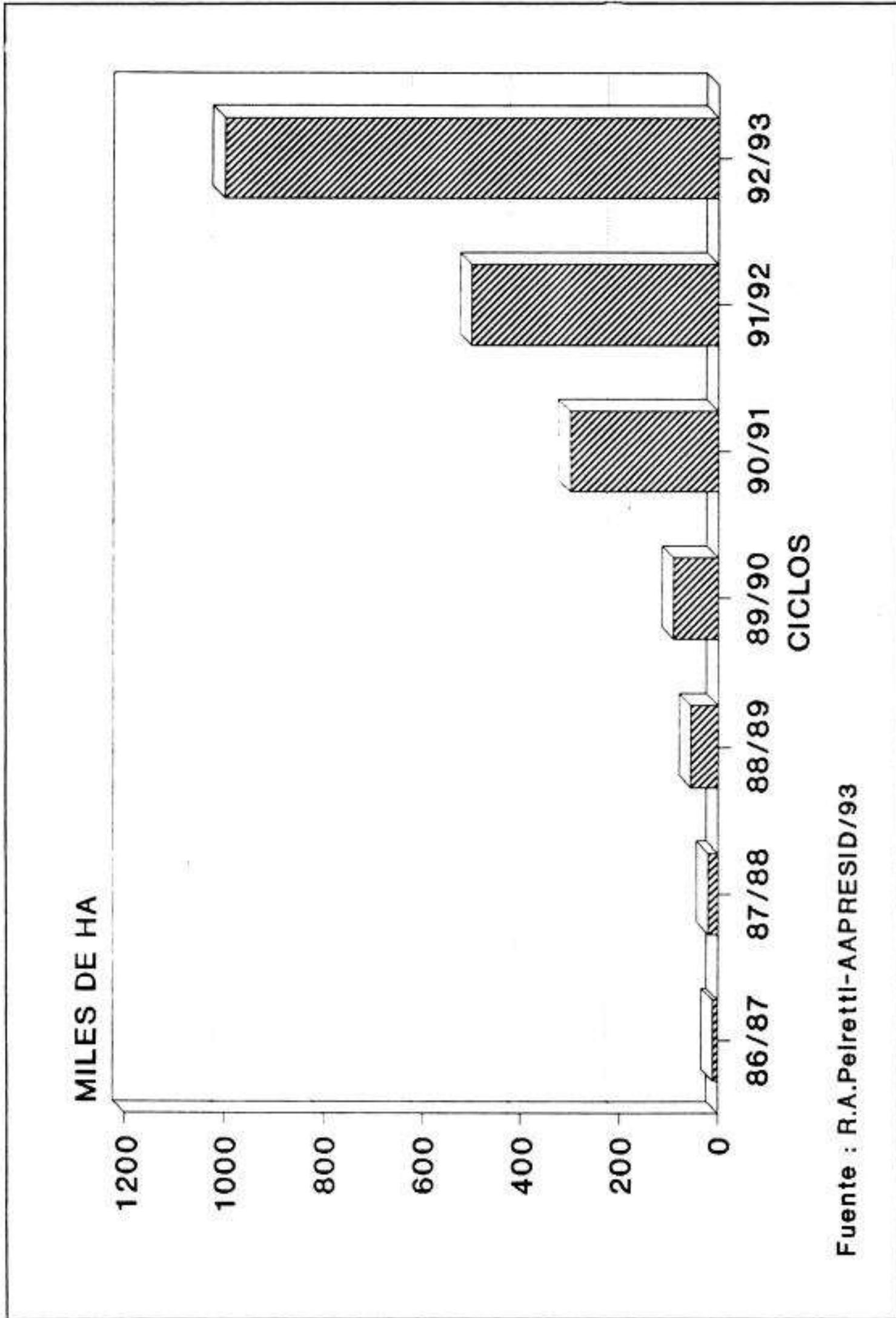


Figura 3. Crecimiento de la superficie bajo siembra directa en la República Argentina.

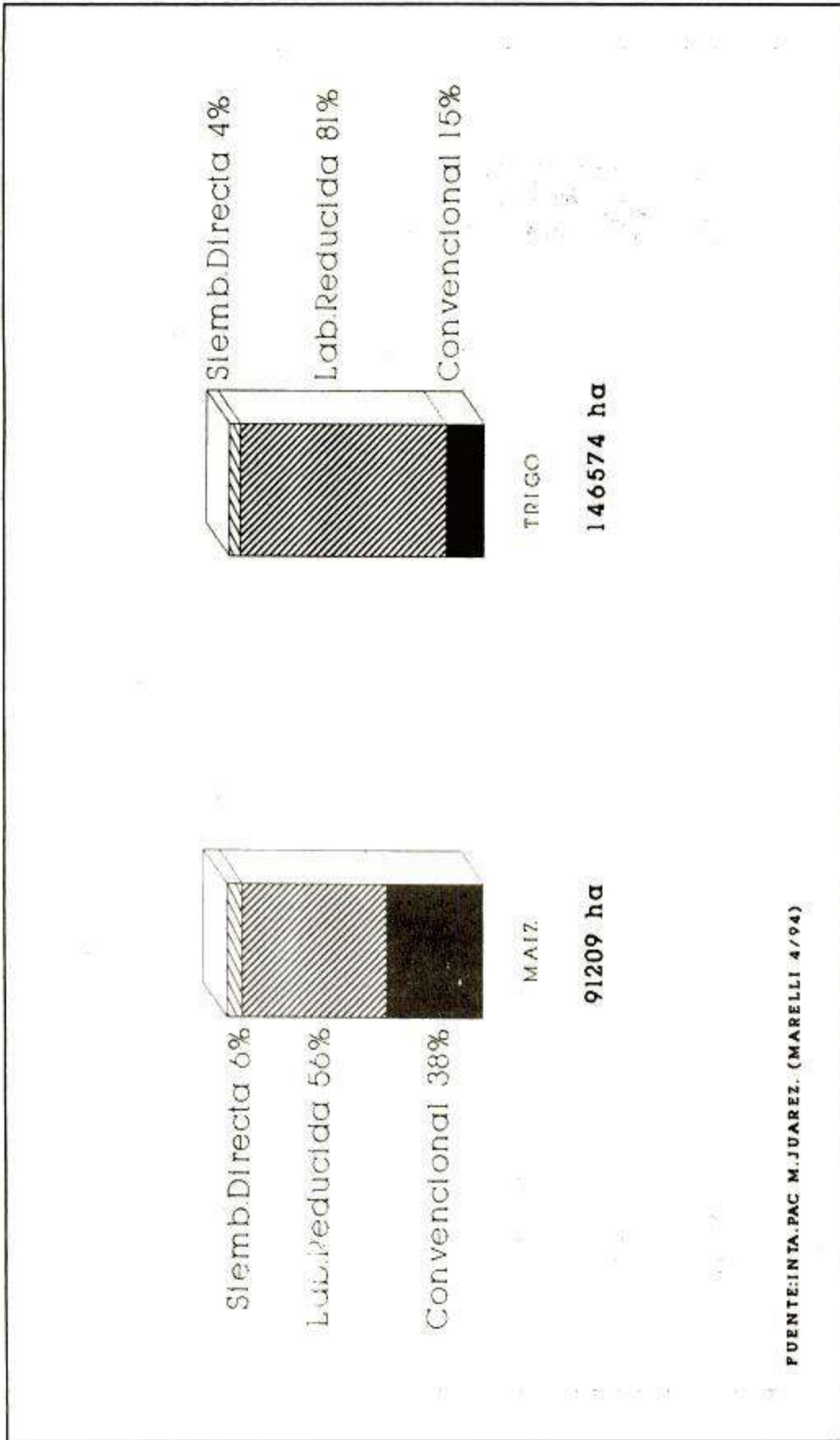


Figura 4. Area sembrada AER M. Juárez. Maíz y trigo

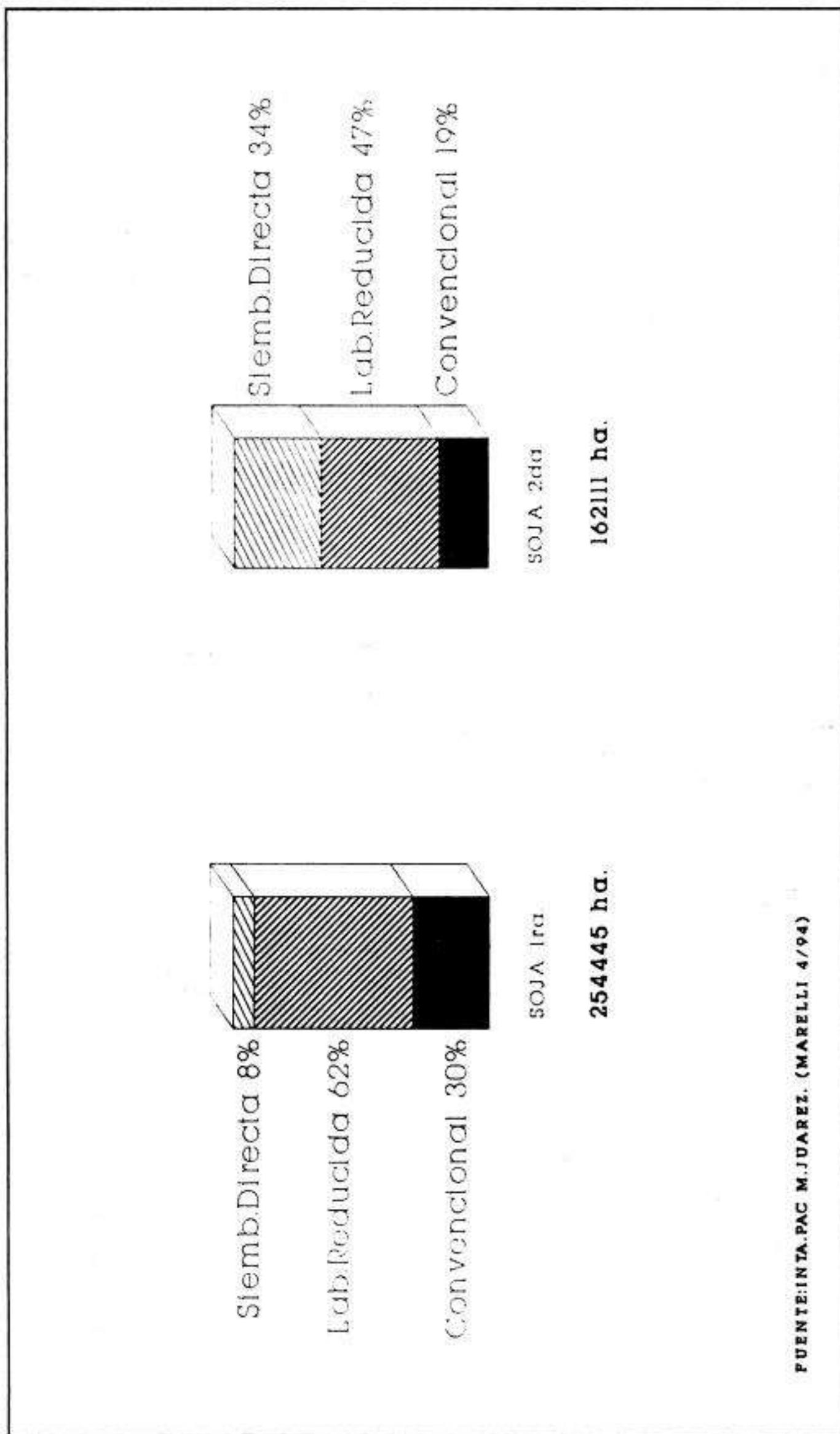


Figura 5. Area sembrada AER M. Juárez. Soja 1ra. y soja 2da.

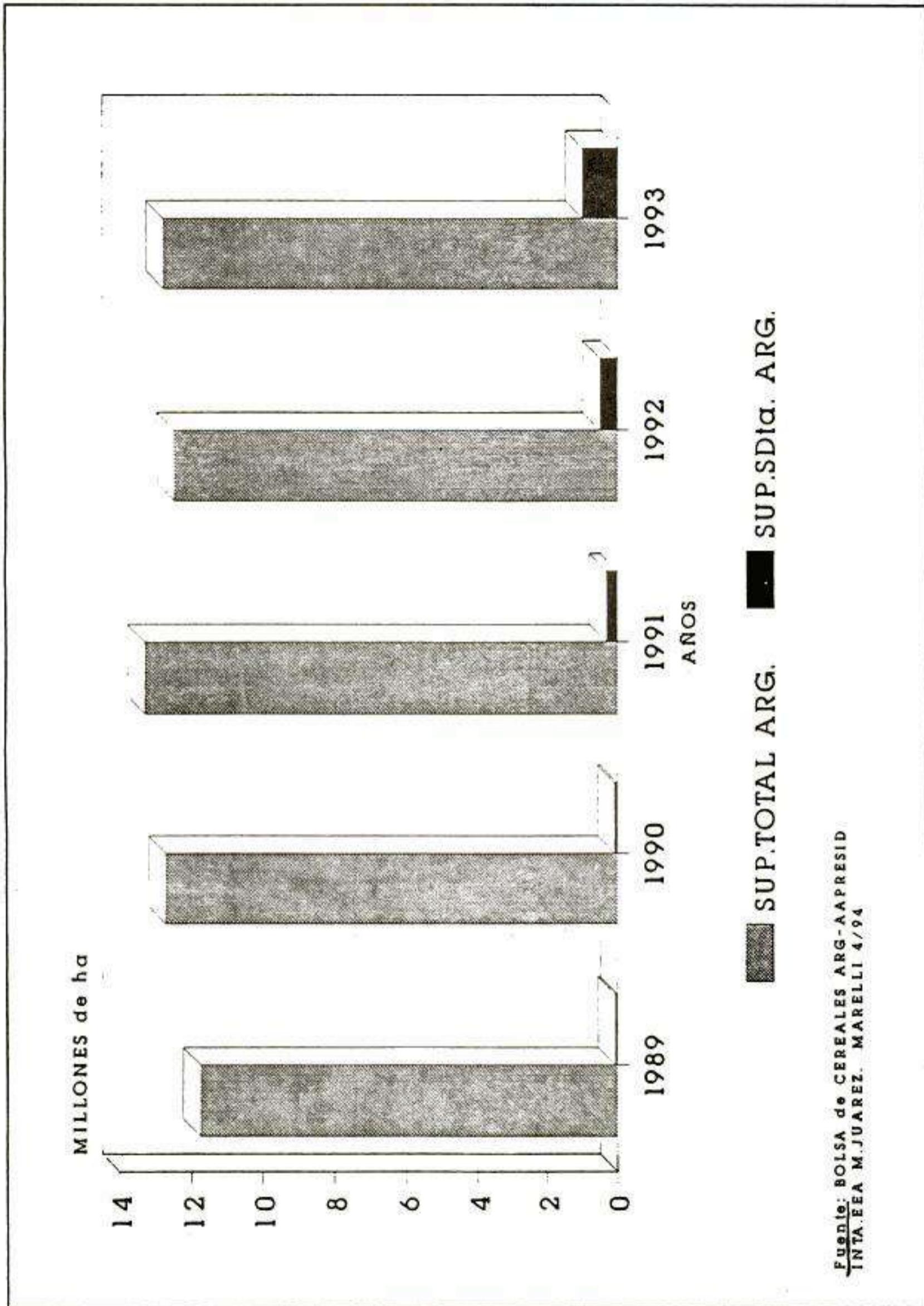


Figura 6. Evolución área sembrada en Argentina. Maíz, trigo y soja

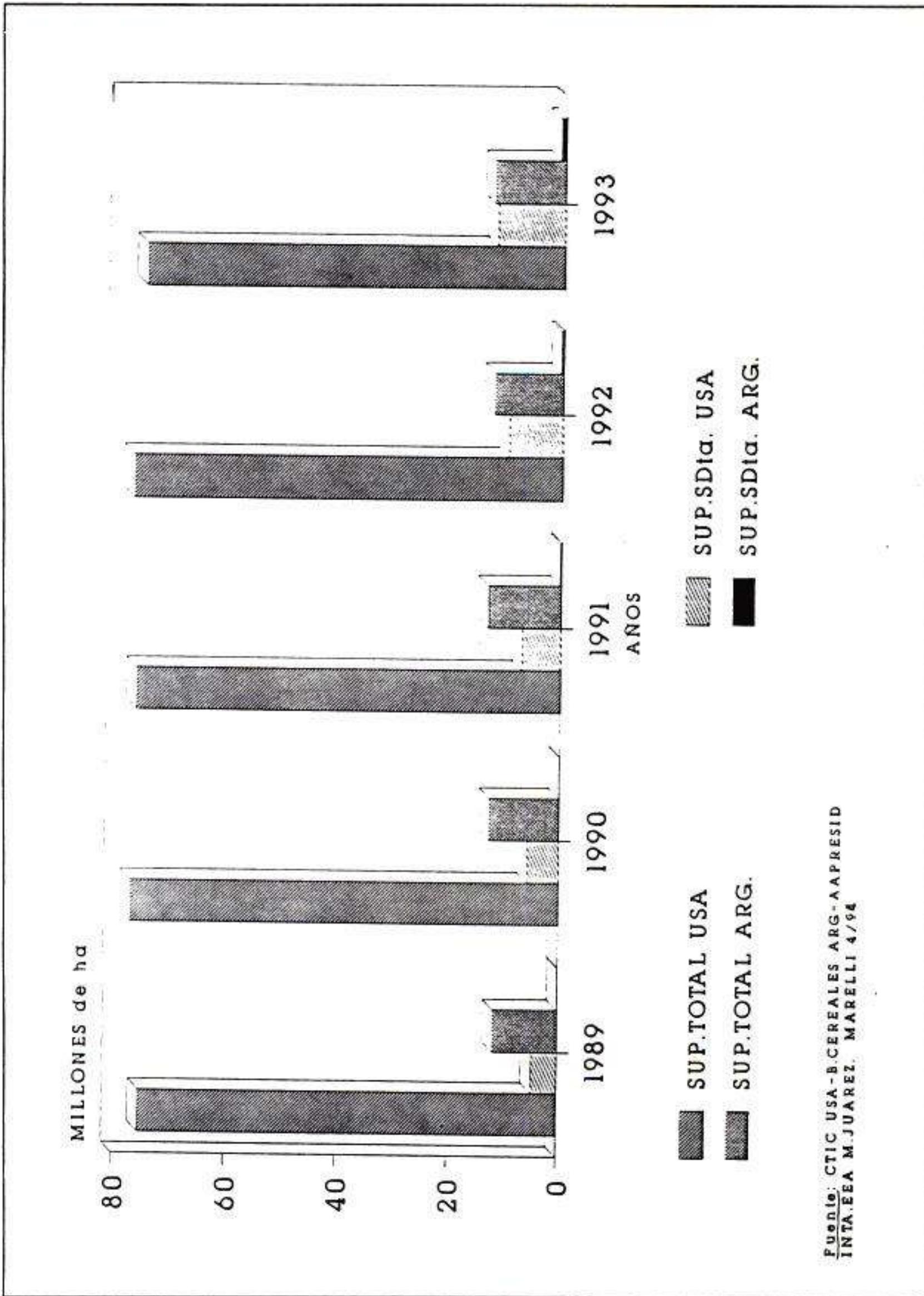


Figura 7. Evolución área sembrada EEUU - Argentina. Maíz, trigo y soja

- Maquinaria agrícola

Evaluar las sembradoras en la siembra y en la aplicación de fertilizantes y las fertilizadoras, y los equipos especiales de descompactación del suelo.

- Mejoramiento genético

Determinar genotipos adaptados en los cultivos de trigo y soja por su producción de rastrojo, alta capacidad del sistema radicular y muy buenos rendimientos.

- Control integrado de malezas

Conocer la interacción de las secuencias de cultivos, fecha y densidad de siembra en las poblaciones de plagas y organismos benéficos, los sistemas de muestreo de los insectos de suelo, umbrales de daño y la eficacia de los sistemas de control.

- Patología vegetal

Identificar los patógenos presentes, conocer la incidencia y severidad de las enfermedades, estimar rendimientos y umbrales de daño.

Conocer la influencia de los cultivos antecesores, métodos de protección, identificación de cultivos tolerantes y el grado de control químico y biológico de los principales patógenos.

- Manejo de los cultivos y de los rastrojos

Evaluar la eficacia de las diferentes secuencias de cultivos, época, densidad y espaciamiento de siembra, época y forma de aplicación de fertilizantes. Conocer la dinámica de nitrógeno y de la fijación simbiótica.

Obtener información sobre las especies de mayor producción y persistencia de rastrojo (cultivos de cobertura).

Todas estas actividades mencionadas, y otras que vayan surgiendo, deberán enmarcarse dentro de los proyectos de investigación interdisciplinaria para concretar y apoyar el desarrollo sostenido de la siembra directa, propendiendo siempre a la sostenibilidad de los recursos naturales.

La siembra directa en la República Argentina. Región Semiárida Pampeana

por Hugo R. Krüger *

INTRODUCCIÓN

La región semiárida argentina, es una estrecha franja semicircular, que se extiende desde la parte norte del país hasta las cercanías de la ciudad de Bahía Blanca -sobre la costa Atlántica - aproximadamente a 39° de latitud sur.

La parte sur de esta franja, se denomina Región Semiárida Pampeana (R.S.P.) y cubre una superficie aproximada de 22 millones de hectáreas. Se trata fundamentalmente de una gran planicie, suavemente ondulada, con dos sistemas montañosos de baja altura relativa: las Sierras de Córdoba y San Luis en el norte, y las Sierras de la Ventana en el sudeste (Glave, 1989).

El clima ha sido caracterizado como continental, templado y semiárido (Covas, 1989). La temperatura media anual varía entre 14 y 17°C. Las precipitaciones medias anuales tiene un rango de 700 mm - en el noreste - a 400 mm - en el sudoeste, y se concentran principalmente en otoño y primavera. Tanto la precipitación anual como el régimen pluviométrico presentan gran variabilidad, determinando la existencia de períodos secos y húmedos. Los vientos dominantes son del norte y noroeste, con una velocidad media anual de 10-15 km/h. Aunque las estaciones ventosas son primavera y verano, las tormentas de viento ocurren durante todo el año. Cuando coinciden con períodos secos, durante la preparación del suelo o antes que los cultivos lo cubran, se produce erosión eólica.

La mayor parte de la R.S.P. se dedica al cultivo de cereales (trigo, avena, cebada, maíz, sorgo), oleaginosas (girasol y soja) y a la ganadería bovina en casi todas sus alternativas; el sistema de producción dominante es mixto: ganadero-agrícola. Los suelos zonales corresponden en general al orden Molisoles (Hapludoles, Haplustoles, Argiudoles y Argiustoles), con presencia de Entisoles y Aridisoles en áreas medianas y salitrales. Un horizonte petrocálcico, conocido localmente como "tosca", determina la profundidad efectiva de estos suelos en casi toda la región.

La siembra directa (SD) fue introducida en Argentina durante la década del 70, básicamente en la región subhúmeda y húmeda, para la secuencia trigo/soja de segunda. Alcanzó una cierta difusión (20.000 ha), pero la falta de herbicidas apropiados y su costo redujo el interés en la práctica (INTA, 1986). Durante los últimos años, con el desarrollo de nuevas sembradoras y formulaciones de herbicidas, se ha producido un resurgimiento de esta técnica. Es así que, incluso en la R.S.P., se realizan actualmente numerosas pruebas, la mayor parte en pequeños lotes de producción (30-50 ha) con o sin supervisión técnica. Las experiencias conducidas por estaciones experimentales del INTA y algunas Universidades han aportado información básica, acerca de los principales efectos sobre el suelo y los rendimientos de diferentes cultivos.

LA SIEMBRA DIRECTA EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA

La R.S.P. presenta algunas particularidades que influyen sobre la práctica de SD. Así por ejemplo, en la zona sur no es posible el doble cultivo (trigo/soja, trigo/girasol, etc.); se pierde, en consecuencia, la posibilidad

* *Ingeniero Agrónomo, EEA Bordenave/INTA, Bordenave, Buenos Aires, Argentina*

de explotar una de las alternativas más ventajosas de este sistema. La siembra de cultivos de verano de primera (sobre rastrojos de trigo del año anterior) tiene como desventajas la dificultad de lograr cantidades adecuadas de residuos, y la proliferación de malezas debido al reducido número de herbicidas disponibles para asegurar el control durante las primeras etapas del cultivo (especialmente en sorgo y maíz). En la zona central se han obtenido, sin embargo, mejores resultados con SD de cultivos de verano (Quiroga, com. pers.).

La siembra de cereales de invierno - luego de cultivos de verano - y de verdeos de invierno - sobre trigo recién cosechado - resultó, en cambio, exitosa en la mayor parte de las experiencias realizadas. Aún así, la inserción de la SD en los sistemas productivos locales se realizó hasta ahora en forma aislada y sin una verdadera integración al sistema. Esto plantea interrogantes en cuanto a la mejor secuencia de cultivos, su relación con la rotación agrícola-ganadera, y la intervención del pastoreo en ambos ciclos de la

rotación. Según Quiroga (1993), el manejo de residuos es, frecuentemente, el más difícil de compatibilizar en los sistemas mixtos de producción, llegando a confrontar las necesidades del productor y las condiciones que exige la SD.

EFFECTOS SOBRE LOS SUELOS Y LOS CULTIVOS

La cobertura del suelo durante el barbecho para cultivos de verano, que alcanza en SD valores del 90-100 por ciento (Krüger, 1990), lo protege de la erosión eólica y del encostramiento o "planchado". Esta cobertura tiene, además, efectos positivos sobre la eficiencia hídrica (Figura 1); se requieren, sin embargo, volúmenes muy elevados para lograr aumentos relativamente pequeños en la acumulación de humedad.

Los volúmenes habitualmente alcanzados con residuos de trigo del año anterior (3.000-3.500 kg/ha),

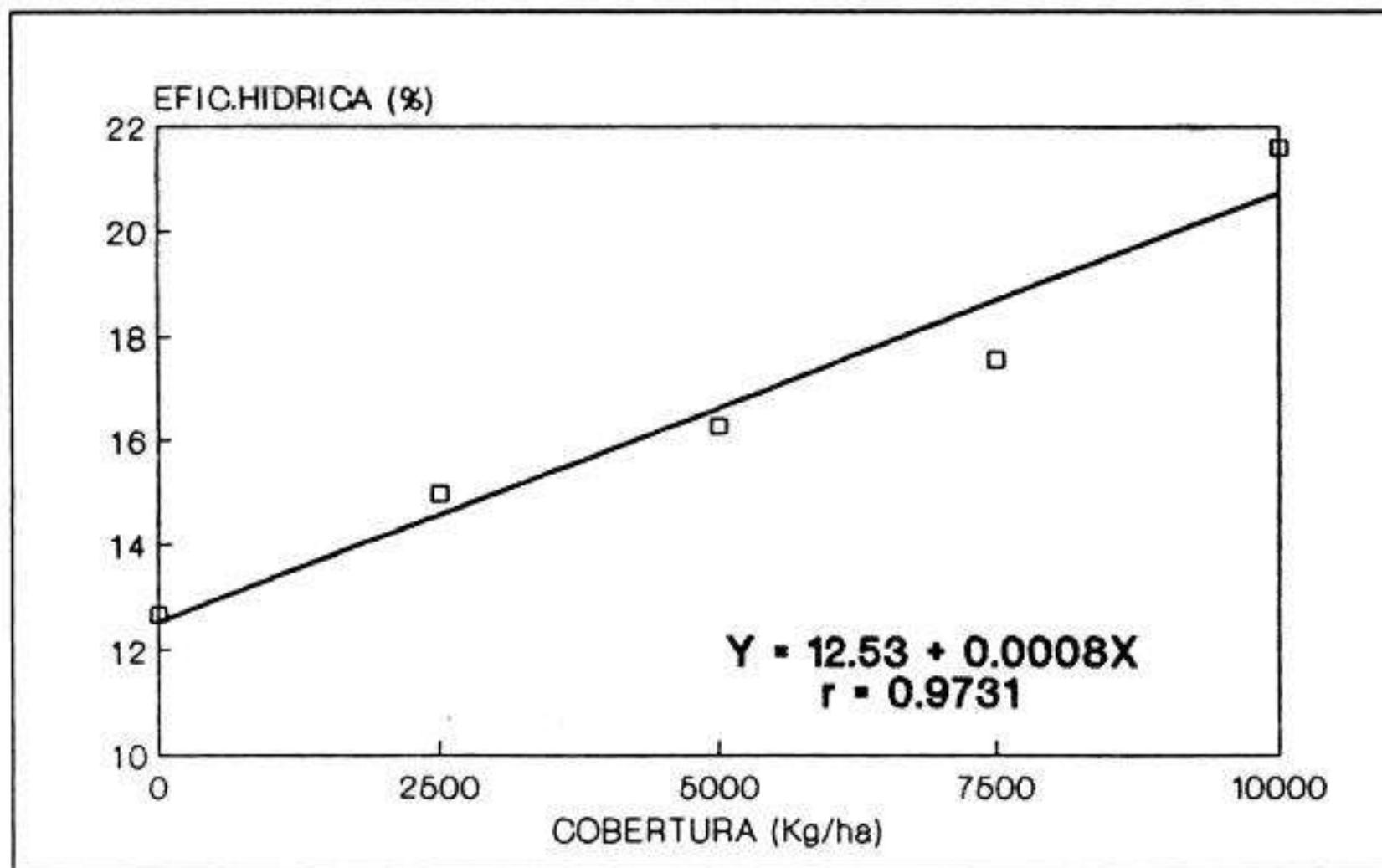


Figura 1. Efecto del volumen de residuos de trigo sobre la eficiencia hídrica en el barbecho para cultivos de verano.

la escasa profundidad efectiva de los suelos (70 cm), y su relativamente baja capacidad de retención de humedad, no garantizan - en estas condiciones - una mayor acumulación de humedad en SD respecto de sistemas convencionales. Aún así, bajo SD, se detectaron contenidos de humedad ligeramente mayores en la capa superficial (Figura 2). Estas pequeñas diferencias resultan, sin embargo, importantes, en una época en que es frecuente el retraso de la siembra convencional por falta de humedad en la superficie del suelo (Krüger, 1992). En la R.S.P. central Quiroga (op. cit.) encontró mayor acumulación de humedad en el suelo bajo SD, durante los barbechos para verdeos de invierno y para cultivos de verano.

La información acerca de los efectos de la SD sobre las propiedades de los suelos de la región es relativamente escasa. Se estudió la distribución del carbono orgánico total (COT), nitrógeno total (Nt), fósforo disponible (P) y la variación del pH, detectándose concordancia con los resultados

provenientes de otros puntos del país y del mundo. Luego de algunos años, los suelos bajo SD muestran mayor contenido de COT, Nt y P en superficie que aquellos manejados con labranza convencional (Quiroga, op.cit.; Krüger, manuscrito inédito; Krüger y Puricelli, manuscrito inédito). El pH se reduce ligeramente bajo SD, aunque la presencia de calcáreo en los suelos zonales restaría importancia a este fenómeno. Persisten, no obstante, especulaciones acerca del origen de estos mayores contenidos: ¿son ganancias netas o una simple redistribución?. También se duda de las ventajas de esta concentración superficial de nutrientes (y de raíces), en una región con frecuentes períodos secos, que pueden afectar la nutrición vegetal en las capas superiores del suelo.

La menor concentración de nitratos en SD, respecto de labranzas convencionales se observó en toda la región (Quiroga, op.cit.; Krüger, 1992); esta realidad hace poco menos que obligatoria la fertilización nitrogenada. La mencionada estratificación de nutrientes, la presencia de residuos en superficie y las

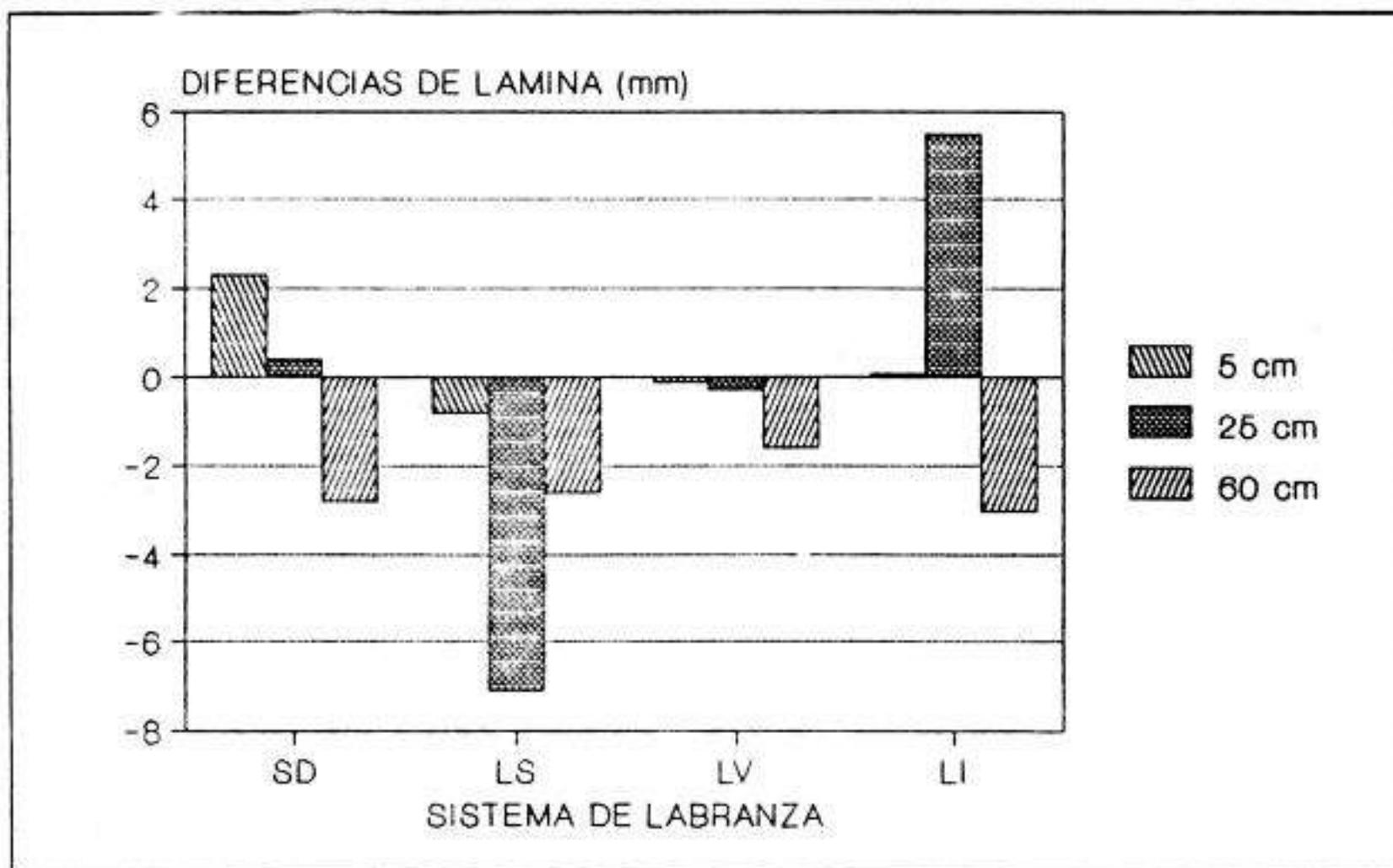


Figura 2. Diferencias medias de humedad (final vs. inicial), según el sistema de labranza (barbechos para verano 1987/91).

características de las sembradoras y fertilizantes utilizados, abren entonces un amplio campo de experimentación en cuanto al diagnóstico, las dosis y las formas de aplicación del fertilizante.

La estabilidad estructural, medida a través del Cambio en el Diámetro Medio Ponderado (CDMP) del método de De Boodt y De Leenheer, no mostró diferencias significativas entre distintos sistemas de labranza, luego de dos ciclos sorgo/trigo (Krüger, 1992). Lo mismo ocurrió con la distribución de agregados resultante del tamizado en húmedo. Ambos parámetros indicaron, sin embargo, la tendencia a una mejor estabilidad de la estructura bajo SD (Cuadro 1), con menores índices de CDMP, mayores porcentajes de agregados grandes (7,55 mm) y menores porcentajes de agregados pequeños (0,5 mm).

Cuadro 1. Porcentaje de agregados resultantes del tamizado en húmedo e índices de CDMP para diferentes sistemas de labranza, luego de dos ciclos sorgo/trigo. (SD=siembra directa LS=labranza superficial, LV= labranza vertical, LI=labranza intensiva con inversión del suelo).

SIST. LABR.	DIÁMETRO (mm)					Índice C.D.M.P.*
	7,55	4,45	2,65	1,50	0,50	
SD	13,7	8,0	7,9	9,0	61,2	2,87
LS	8,3	5,9	7,6	8,4	68,4	3,25
LV	8,6	7,7	7,6	8,2	68,0	3,33
LI	7,6	6,7	6,0	8,0	71,9	3,29

*) A mayor valor del CDMP menor estabilidad estructural.

**) Las diferencias entre tratamiento no revisten significación estadística ($P=0,90$).

A pesar del reducido período de tratamiento - incluyó un ciclo soja/trigo con determinaciones durante el siguiente cultivo de soja - la SD mostró mayor resistencia a la penetración en superficie (Cuadro 2). Esta compactación superficial - mencionada frecuentemente - no pudo ser detectada, sin embargo, mediante mediciones de densidad aparente (Krüger, 1991).

Cuadro 2. Resistencia a la penetración (MPa) según el sistema de labranza utilizado en una secuencia de cultivo soja-trigo-soja. Mediciones realizadas con penetrómetro de impacto (humedad promedio del suelo: 12%).

PROF. (cm)	SISTEMA DE LABRANZA			
	SD	LS	LV	LI
0	0,29 a	0,16 b	0,15 b	0,14 b
5	0,56 ns	0,33 ns	0,40 ns	0,22 ns
10	0,93 a	0,89 a	0,87 a	0,44 b
15	0,90 a	1,18 a	1,13 a	0,66 b
20	0,93 ns	0,95 ns	1,02 ns	0,86 ns
25	0,76 ns	0,82 ns	0,97 ns	0,74 ns

En cada línea, los valores seguidos de la misma letra no difieren significativamente (Tukey $P=0,05$).

Según Heguilén *et al* (1993), los rendimientos con SD, en la región sur, no difieren demasiado de los que se logran con labranzas convencionales. En otra serie de experiencias (Krüger y Puricelli, manuscrito inédito), se lograron rendimientos iguales o ligeramente menores en trigo y cultivos de verano (Cuadro 3). Las mayores diferencias en contra de la SD se observaron en cultivos de verano. En la R.S.P. central, en cambio, ensayos realizados por Quiroga (com.pers.) mostraron generalmente mejores rendimientos con SD. Existe muy poca información acerca de la SD de pasturas, cuyo principal inconveniente sería la colocación de las semillas a escasa profundidad, pero sin interferencias por la capa de residuos.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Aunque las experiencias locales muestran su viabilidad, la SD no puede considerarse aún una tecnología disponible. Su aplicación integral y continua a los sistemas productivos del área no está aclarada. Los pocos productores avanzados que la realizan, lo hacen a modo de prueba, en superficies pequeñas y

Cuadro 3. Rendimientos de cultivos en tres localidades del área de influencia de la EEA INTA Bordenave. En cada localidad la secuencia de cultivos se realizó siempre en el mismo lote.

AÑO	CULTIVO	S.D.(kg/ha)	LABR.REDUC.(kg/ha)
Localidad N°1 (Tornquist) - Lote de producción			
1986/87	MAIZ	3.584	3.277
87/88	TRIGO	4.282	4.387
88/89	GIRASOL	1.080	811
89/90	TRIGO	4.168	4.372
90/91	GIRASOL	280 *	1.400 *
91/92	TRIGO	3.052	3.256
92/93	SORGO (grano)	1.554	1.506
93/94	CEBADA CERV.	5.000	3.065
Localidad N°2 (Saldungaray) - Lote de producción			
1991/92	MAIZ	3.000	4.100
92/93	TRIGO	3.550	3.700
93/94	MAIZ	1.500	2.500
Localidad N°3 (Bordenave) - Parcelas experimentales			
1988/89	TRIGO	2.872	2.935
90/91	TRIGO	2.182	3.498
92/93	TRIGO	2.033	1.744

* Fallas de siembra.

fuera del sistema de producción. La existencia de numerosas sembradoras especiales, en ciertos puntos del área, no implica la adopción de la práctica, ya que éstas pueden ser derivadas a sistemas convencionales.

Para la difusión masiva de esta tecnología se destaca la dificultad de acceder a la sembradora y pulverizador, por parte de muchos productores medianos y pequeños, actualmente con graves problemas económico-financieros. Para este nivel de productores se requiere, además, superar primero tecnologías menos complejas como la fertilización, el manejo de la cobertura y la utilización de agroquímicos; todas ellas son conocidas, pero relativamente poco utilizadas.

Los mercados internacionales de granos y carnes y los sistemas de producción avanzados muestran,

últimamente, definidas tendencias hacia una agricultura y ganadería "orgánicas", "ecológicas" o similares; aquí se eliminan, por contaminantes, los insumos básicos de la SD: herbicidas y fertilizantes. Es previsible un enfrentamiento de estas filosofías a corto plazo, contándose con escasa información local sobre el impacto ambiental de la SD.

A pesar de las dificultades mencionadas, el tema encuentra en productores y técnicos un inusitado interés que, ligado a la fuerte presión comercial y a sus ventajas en cuanto a la conservación del suelo, seguirá propulsando el avance de la práctica. Este interés debe ser canalizado adecuadamente, para que no se malogre, por excesivo entusiasmo, una técnica valiosa. La SD representa la mejor aproximación conocida a un sistema de producción agrícola verdaderamente sustentable. La tarea de ajustarla, a los sistemas de

producción locales, y promoverla, como sistema de labranza avanzado, representa para investigadores y extensionistas un verdadero desafío.

LITERATURA CITADA

- COVAS, G. 1989. Manejo de Suelos y Aguas en la Región Pampeana Semiárida. In: INTA-CONAPHI. Manejo de Suelos y Aguas en Llanuras Argentinas (88-97).
- GLAVE, A. 1989. Labranza conservacionista para la Región Pampeana Semiárida. In: INTA-CONAPHI. Manejo de Suelos y Aguas en Llanuras Argentinas (99-115).
- HEGUILLEN, S.; DAGNA, A y LAURENT, G. 1993. Siembra directa en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Seg.Jorn.Reg.de Siembra Directa. DAASONS (Ed.), (87-109). Bahía Blanca.
- INTA. 1986. Soja. Las malezas y su control. Serie Agric.-San.Veg. N°4507.
- KRÜGER, H. 1990. Informe de Revisión PT N°5018: Sistemas de labranza y siembra en módulos de producción cosecha de verano/trigo. INTA, EEA Bordenave. Doc.interno.
- 1991. Efecto del sistema de labranza sobre la compactación de la capa arable. Res. X Reun. Nac. de C.A.P.E.R.A.S. (109-110). Bahía Blanca.
- 1992. Informe anual PT N°5018: Sistemas de labranza y siembra en módulos de producción cosecha de verano/trigo. INTA, EEA Bordenave. Doc.interno.
- 1993. Barbecho para cultivos de verano y humedad del suelo en Bordenave (Pcia.de Bs.As.). Res.XIV Congr.Arg. de la Ciencia del Suelo, (pp 295-296). Mendoza.
- QUIROGA, A. 1993. La siembra directa en relación con características de los suelos de la Región Semiárida Pampeana. Seg.Jorn.Reg.de Siembra Directa. DAASONS (Ed.) (41-49). Bahía Blanca.

O plantio nas regiões tropical e subtropical brasileiras

por Garibaldi B. Medeiros e João Carlos Henklain *

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de terras destinadas à produção de alimentos **per capita** na região tropical é decrescente face à pressão demográfica e degradação do solo. A degradação é decorrente do imediatismo e ineficiência que, de modo geral, fazem parte do quadro sócio-econômico, cultural e no uso e manejo dos recursos naturais na área tropical. Esses fatores associados à alta erosividade, à drástica mineralização da matéria orgânica tornam os solos vulneráveis à erosão hídrica em intensidade muito alta quando comparados àqueles da região temperada. Nessas condições, torna-se imperativo modificar os sistemas de produção vigentes em busca de maior sustentabilidade para a agricultura praticada nos agroecossistemas tropicais. O plantio direto se constitui em importante vetor de mudança e da evolução em busca da sustentabilidade, dentro do conceito dinâmico dessa que incorpora o reconhecimento das necessidades das futuras gerações. Sem dúvida, através do plantio direto poderá ser viabilizado o grande salto de qualidade da agricultura tropical.

ENTRAVES A ADOÇÃO

O processo de adoção de novos conhecimentos/tecnologias na agricultura exige mudanças de **comportamento do agricultor**, avanços na gerência, novos conhecimentos e consequentes modificações dos sistemas de produção. A mudança de comportamento está associada à cultura, educação e

conhecimentos disponíveis. A partir desses, surge a predisposição para a mudança nos níveis individual e grupal (Figura 1). Além das características intrínsecas ao ser humano, há condicionantes que influenciam à tomada de decisões dos agricultores na gerência dos processos de produção agrícola representados pelas **circunstâncias agroecológicas e sócio-econômicas**. As circunstâncias agroecológicas limitantes ao plantio direto estão relacionadas principalmente a impedimento de drenagem, reduzida faixa de friabilidade e textura muito argilosa associadas a altas taxas de decomposição da matéria orgânica. Quanto às restrições sócio-econômicas, à pesquisa agrícola cabe ter uma visão abrangente porém, pouco ou quase nada, pode decidir quanto às definições de preços, insumos/produtos, o crédito, capital mas, pode contribuir substancialmente para a viabilização de novos conhecimentos e bens destinados ao manejo racional de fatores mecânicos edáficos e biológicos, compatíveis com as variadas escalas de produção. A transformação dos tipos de manejo de solo nos trópicos é imperiosa e, para isto, torna-se necessária a produção de conhecimentos apropriados a cada agroecossistema específico, por parte da pesquisa.

As decisões de política econômica e a grande disponibilidade de terras no Brasil agregaram ao processo produtivo agrícola características de **imediatismo e baixa gerência** que associadas as insuficiências na assistência técnica constituem-se em fatores de retardamento à melhoria dos padrões da agricultura tropical na velocidade e qualidade desejadas. O sistema de plantio direto é complexo, dependente da elevação dos níveis de gerência e, superadas essas limitações, poderá contribuir de forma decisiva para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas na região tropical.

* *Pesquisadores do Instituto Agrônomo do Paraná-IAPAR, Paraná, Brasil.*

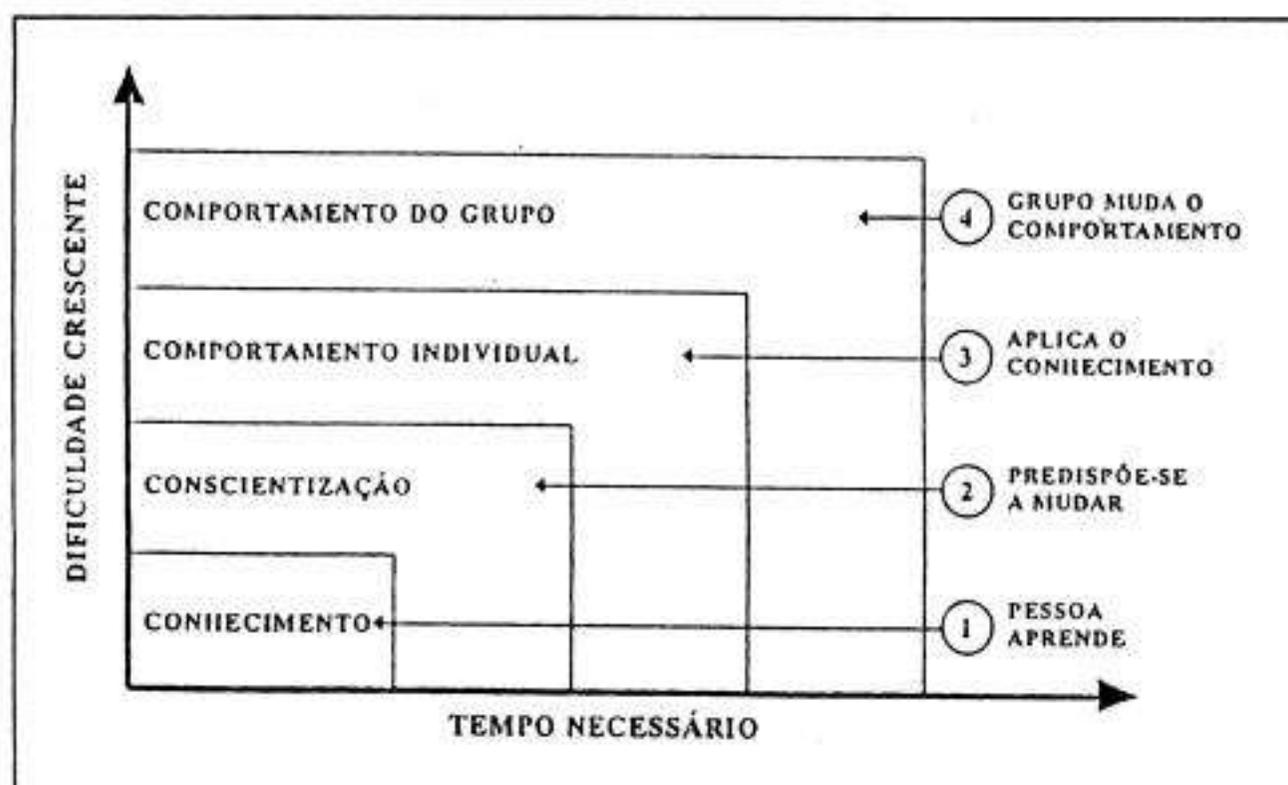


Figura 1. Diagrama de Hersey para as mudanças de comportamento.

ANTECEDENTES

O plantio direto foi introduzido no Brasil no início da década de 70 tendo como principal objetivo controlar a erosão em lavouras cultivadas pela sucessão trigo/soja na região Sul. As primeiras tentativas ao nível de agricultor foram efetuadas no Norte do Paraná em solo muito argiloso, erodido e com baixos conteúdos de matéria orgânica porém, logo em seguida, começaram as iniciativas na região Sul, em solos com textura média ou argilosa e altos teores de matéria orgânica. Naquela época havia insuficiência de conhecimento e a pesquisa brasileira iniciava os seus trabalhos. As restrições estavam associadas a qualidade das máquinas, controle de ervas, gerência, rotação, etc. Devido ao preparo intensivo dos solos, durante muitos anos, os teores de matéria orgânica baixaram nas regiões quentes e úmidas e a monocultura de soja ou a sucessão trigo/soja não produziram a quantidade de palha necessária para manter o solo equilibrado nas características físicas, químicas e biológicas. Nas áreas úmidas e de solos mais intemperizados os aspectos fitossanitários e de manejo da fertilidade assumiam grande importância.

Do início da década de 70 até 1994, a área com plantio direto no Brasil passou por ciclos sucessivos de expansão/redução devido a restrições manifestadas ao nível de agricultor e assistência técnica, etc. Também, houve superação da maioria dos problemas tecnológicos, o que permitiu uma retomada de crescimento de áreas atingindo cerca de 2.500.000 ha, atualmente. Os esforços em busca da sustentabilidade da agricultura tropical continuam e, no Paraná, o plantio direto faz parte dessa estratégia de modo que detém cerca de 65 por cento da área com plantio direto no Brasil.

AMBIENTE, PROBLEMAS E AVANÇOS DO PLANTIO DIRETO NAS ÁREAS TROPICAL E SUBTROPICAL BRASILEIRAS

A região tropical está limitada a 23°30' de latitude Norte e Sul do globo terrestre porém, neste trabalho, será considerada a área de plantio direto existente em parte do Cerrado e estados da região Sul brasileira.

O clima tropical caracteriza-se por pequena variação de temperatura (<5°C) entre as médias dos três meses

mais quentes e os mais frios. Essa variação diminui ao norte e aumenta na direção subtropical (sul) até atingir 10°C, ou mais, nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. De modo geral, o clima tropical apresenta altas temperaturas e umidade. O **regime térmico** dos solos atinge valores acima de 34°C podendo comprometer aspectos como nodulação da soja, redução de germinação e crescimento do milho porém, a implicação mais importante relaciona-se a fertilidade do solo quanto à taxa de decomposição da matéria orgânica. A cada aumento de 10°C na temperatura a reação aumenta de dois a três vezes e quando o equilíbrio dos teores de matéria orgânica é alcançado num agroecossistema, o seu nível é condicionado pelo tipo de manejo do solo, aplicações e resposta de fertilizantes, textura do solo, cultivos e condições ambientais (Figura 2).

A precipitação pluviométrica é o parâmetro climático mais importante para a agricultura, em termos, tanto

de excesso como déficit. Na região dos Cerrados há uma estação chuvosa de 5 a 6 meses seguido de um período seco no qual há redução da atividade microbiana. Ao sul da região tropical a estação com déficit da água é reduzida a 3 meses acompanhada de queda de temperatura com ocorrência de geadas. Na estação de primavera e verão ocorrem temperaturas altas, boa precipitação porém, há ocorrência de períodos curtos sem precipitação (veranicos). O **regime hídrico** dos solos é influenciado pela precipitação e características intrínsecas, como tipo da fração areia, camadas menos permeáveis, estrutura, teor de matéria orgânica, etc.

Devido a ocorrência de umidade e altas temperaturas, os solos da região tropical são altamente intemperizados com predominância de solos profundos, distróficos e álicos. A mineralogia é constituída principalmente pela caulinita, óxidos de ferro e alumínio, todos com baixa capacidade de troca de cátions e alta

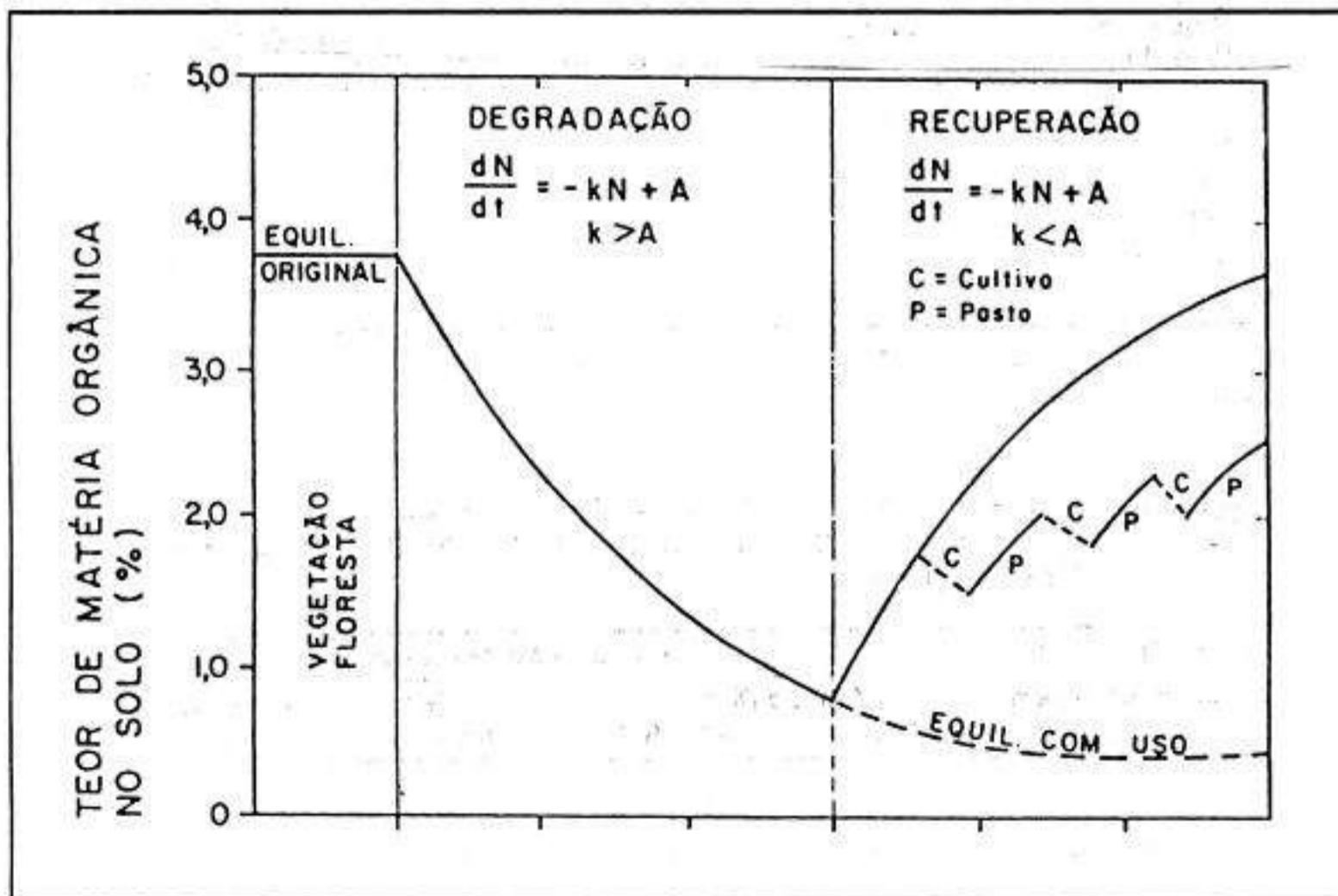


Figura 2. Decomposição e recuperação de matéria orgânica no solo em função do uso e adubação orgânica. (c-cultivo e p-pastagem).

capacidade de absorção de ânions. Devido a essas características mineralógicas a contribuição da matéria orgânica para a nutrição de plantas na área tropical é extremamente relevante.

MATÉRIA ORGÂNICA EM PLANTIO DIRETO

Em qualquer tipo de manejo de solo nos trópicos, a matéria orgânica torna-se muito importante para redução do processo erosivo, maior disponibilidade de nutrientes às plantas, maior retenção de água, redução da temperatura do solo, estimulação da atividade biológica, aumento das taxas de infiltração, maior agregação, redistribuição dos nutrientes de maior mobilidade como N, S e K, complexação de

elementos tóxicos (Al, Mn), etc. No plantio direto, devido a não movimentação do solo e manutenção de resíduos culturais na superfície, os teores de C tendem a crescer em intensidade dependendo do balanço entre taxa de decomposição e adição do carbono (Quadro 1). Comparandose resultados obtidos por Parra (1986) no Norte do Paraná e Sá (1991) no Sul do Paraná (Quadro 2) constata-se aumento de 27 por cento no teor de matéria orgânica no plantio direto sobre o convencional no Norte do Paraná, enquanto no Sul foi de 9,0 por cento. Quanto aos teores totais, em função das temperaturas médias anuais mais baixas no Sul há maior estabilidade da matéria orgânica e mais altos teores. O índice de mineralização na camada superficial (0-10 cm) foi 72 por cento superior no convencional em relação ao plantio direto.

Quadro 1. Quantidade de C na biomassa das culturas sobre o solo em 5 anos e o teor de COT no solo em dois preparos de solo (Bayer, 1992).

Preparo do solo	Culturas	Biomassa	Solo	
		C t/ha	Cot g/100 cm ³	
			0 - 2,5 cm	2,5 - 7,5 cm
PC (Convencional)	A/M	14,64	1,66	1,59
	A+T/M	19,41	1,70	1,82
	A+T/M+C	22,62	1,72	1,70
PD (Direto)	A/M	13,28	2,42	1,86
	A+T/M	16,05	3,00	2,08
	A+T/M+C	19,83	3,07	2,06

A - aveia T - trevo M - milho C - caupi

Quadro 2. Teores de matéria orgânica encontrados no Norte (1) e no Centro-Sul (2) do Paraná, nos sistemas de Plantio Direto e Convencional.

Profundidade de amostragem (cm)	Teores de Matéria Orgânica			
	Plantio Direto		Plantio Convencional	
	Norte	Centro-Sul	Norte	Centro-Sul
0 - 10	3,14	4,30	2,46	3,95
10 - 20	2,63	3,95	2,41	3,95

(1) Dados obtidos por Parra (1984), no Norte do Paraná, após 8 anos de plantio direto e convencional.

(2) Dados obtidos por Sá (1991), no Centro-Sul do Paraná, Carambei, Castro, após 15 anos de plantio direto e convencional.

Nos agroecossistemas onde predominam altas taxas de mineralização deve-se introduzir gramíneas nos sistemas de produção visando estabilidade de cobertura e formação de húmus mais estável.

Quanto ao nitrogênio, dos aspectos básicos devem ser considerados no que se refere a redistribuição no solo e aproveitamento pelas plantas:

- 1) Movimento do íon nitrato.
- 2) Relação C/N influenciando a taxa de mineralização, a imobilização pelos microrganismos e o balanço oferta/demanda pelas culturas. No plantio direto há maior movimentação descendente do nitrogênio porém nas regiões de maior acúmulo de resíduos a tendência é o equilíbrio entre **mineralização imobilização - disponibilidade - perdas**, devido a maior estabilidade de atividade microbiana. A relação C/N das culturas integrantes do sistema da produção influencia os teores de N em plantio direto. Nas rotações com maior participação de gramíneas aumenta a demanda por nitrogênio mineral, principalmente nos primeiros anos de implantação do plantio direto.

DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO

Em plantio directo a tendência é ocorrer maior disponibilidade de fósforo devido aos seguintes aspectos: 1) maior concentração do nutriente na camada superficial do solo (Quadro 3) e consequente redução da área de contato com os coloides minerais, o que significa redução da área de contato com os coloides minerais, o que significa redução da área de contato com os coloides minerais, o que significa redução da fixação; 2) maior disponibilidade de água em plantio direto facilitando a difusão; 3) maiores teores de matéria orgânica complexando elementos responsáveis pela adsorção do fósforo; 4) maior atividade microbiana liberando compostos orgânicos que reduzem a competição de fósforo pelos sítios de adsorção. Em função desses fatores a eficiência da adubação fosfatada é maior no plantio direto quando comparado ao convencional (Quadro 4).

CALAGEM EM SOLOS SOB PLANTIO DIRETO

No plantio direto há tendência de acidificação na superfície devido ao acúmulo de matéria orgânica e de

Quadro 3. Teor de fósforo no perfil de solo, em quatro profundidade, de quatro áreas sob plantio direto.

Profundidade de amostragem (cm)	Teor de fósforo no solo (1)				Média
	Área 1*	Área 2*	Área 3*	Área 4*	
	ppm				
0 - 10	17,8	25,5	35,8	61,5	35,15
10 - 20	5,0	8,8	15,6	20,5	12,47
20 - 30	1,4	2,3	5,7	2,7	3,02
30 - 40	0,9	0,9	1,1	0,9	0,95

(1) Fósforo extraído por Mehlich.

Fonte: Dados obtidos por Sá, J.C.M., 1992 (não publicados).

Quadro 4. Efeito do sistema de cultivo no conteúdo das diversas frações de fósforo no solo, na profundidade de 0-10 cm.

Fração de fósforo no solo	Sistema de cultivo					
	Convencional		Mínimo kg/ha		Direto	
P-LÁBIL	23,8	b (12,5%) *	33,1	a (14,5%)	31,6a	(14,5%)
P-MÉDIO LÁBIL	95,8	b (50,5%)	122,4	a (54,5%)	114,3a	(52,5%)
P-NÃO LÁBIL	70,9	(37,0%)	70,4	(31,5%)	70,4	(32,5%)
P-TOTAL	190,5	b	225,9	a	216,3a	
P-ORGÂNICO	36,3	(19,0%)	48,2	(21,5%)	46,6	(21,5%)
P-INORGÂNICO	89,9	(47,0%)	113,4	(50,5%)	106,9	(49,5%)

Nota: Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

* Valor entre parênteses representa a percentagem de cada fração no fósforo total.

Fonte: Selles, et al., 1990.

resíduos de adubação, sobretudo de fertilizantes nitrogenados nas camadas superficiais. Através da lixiviação do nitrato quantidades equivalentes de cátions são removidos. Trabalhos realizados em Porto Rico mostraram efeito da calagem até 61 cm. de profundidade quando calcários e fertilizantes nitrogenados foram aplicados na superfície. Em trabalhos desenvolvidos no norte do Paraná a tendência de acidificação foi menor no plantio direto que no convencional devido a menor taxa de mineralização seguido de menor liberação de ácidos orgânicos além do maior conteúdo de água no solo com consequente maior diluição da solução do solo.

A correção da acidez e o fornecimento de cálcio e magnésio em plantio direto está sendo levado a efeito pela aplicação superficial de pequenas quantidades de calcário observando-se a textura do solo e as culturas presentes no sistema. Quando há predominância de gramíneas, pelo seu maior efeito acidificante, as doses de calcário são mais elevadas. Aconselha-se efetuar a prática da calagem antes do plantio da cultura de inverno pois devido ao menor espaçamento das linhas há maior movimentação do solo. A calagem em plantio directo é feita apenas para

corrigir pequena acidez a repor calcário e magnésio pois, a correção do solo com acidez elevada a níveis altos de alumínio deve ser feita no início da adequação da área para plantio direto.

Os rendimentos de grãos de soja obtidos com aplicação da calcário foram significativamente superiores aos obtidos com aplicação isolada de gesso ou na ausência de calcário e gesso (Quadro 5).

O calcário distribuído na superfície aumenta significativamente pH, Ca e Mg trocáveis e reduz o Al^{3+} trocável em profundidade.

MÁQUINAS E IMPLEMENTOS

A semeadura direta no Brasil passou por várias fases nestes últimos 20 anos. Do ponto de vista da evolução de máquinas destacam-se como as principais os sistemas de rompimento de solo, como: a) discos de corte (liso, estriado e ondulado), tendo como função cortar os restos culturais e abrir o sulco para a penetração dos conjuntos de semente e adubo; b) discos duplos defasado, liso ou recortado, combinado ou não, composto por dois discos planos

Quadro 5. Rendimiento de safras de soja em plantio direto: Ponta Grossa - PR.

Tratamentos	Anos			
	1988	1989	1990	1991
	t/ha			
Testemunha	1,04	1,92	2,44	1,77
Calcario superficial dose total	1,96	2,4	2,88	2,93
Calcario incorporado	1,82	2,56	2,98	2,6
Gesso na superficie	1,41	2,08	2,48	1,8
Calcario na superficie + gesso	2	2,43	2,97	2,63
Calcario superficial parcelado	1,23	2,62	2,98	2,62

Fonte: Oliveira, E.L. de dados não publicados, julho/94

de diâmetro diferentes, com a função de cortar a palha e abrir o sulco para a colocação da semente e adubo; c) faca ou fação, também destinado a abrir sulco para colocação do adubo a maiores profundidades assim como promover uma descompactação na linha de plantio.

Atualmente as máquinas não utilizam mais os discos de corte ondulado e estriado e sim, apenas disco liso para corte seguido dos discos duplos de abertura de sulco para depósito de semente e adubo.

Existem diversas máquinas no mercado com utilidade inerentes às características de solo, declividade, restos culturais, etc.

COMPACTAÇÃO DO SOLO

É um fenômeno que está indiretamente ligado a estrutura do solo pelo efeito direto da compressão e como consequência influenciando sua aeração (arranjo e volume de poros) e características de retenção de água. Portanto, através da relação entre a massa de uma amostra de solo com estrutura natural e o volume que ela ocupa, pode-se quantificar o estado de compactação de um solo.

Esta influência na aeração do solo, resulta efeitos diretos nas raízes das plantas, além de problemas relacionados a má drenagem e conseqüentemente deficiência de oxigênio, provocando alterações nas condições químicas, como também, o favorecimento de algumas doenças.

A maioria de nossos solos de textura argilosa são bastante sensíveis a compactação provocada quer por implementos agrícolas ou por tráfego de máquinas.

No caso do sistema de plantio direto, os efeitos da compactação nesses solos começaram a aparecer logo nos primeiros anos após sua implantação. Muitas vezes, são resultados que necessariamente não influenciam negativamente na produtividade de dada cultura.

Deve-se isto, principalmente aos sistemas radiculares das diversas plantas, assim como, também, suas exigências para aeração do solo, isto é, porosidade livre de água. O milho para exemplo necessita de valores mínimos em torno de 12 a 15 por cento, sendo que menores que esses, afetam o seu metabolismo em poucos dias. Outras plantas necessitam menos ou até se desenvolvem normalmente como zero por cento da cultura do arroz.

Percebe-se que o problema da compactação é bastante discutível, contudo não impossível de resolvê-lo.

Condição básica para qualquer providência inicial, deve necessariamente passar pelo acompanhamento do desenvolvimento dos rendimentos anuais. A curva de produtividade é fundamental para indicar quais são os fatores que estão interferindo no sistema. A partir daí, é que se deve tomar as devidas providências no sentido de viabilizar melhorias em sua estrutura, caso o problema detectado seja a compactação.

O estado do Paraná tem sido um laboratório para todos os problemas inerentes ao sistema de plantio direto ao longo dos anos, e o fenômeno da compactação não deixa de ser um dos principais, principalmente nas regiões onde predominam solos de textura argilosa.

Em experimentos conduzidos pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), têm mostrado nos aspectos relacionados a este problema, que apesar das condições físicas do solo apresentarem-se insatisfatórias, não houve redução na produtividade da cultura.

Em resultados obtidos em Cambissolo (Inceptisol) mostram que apesar dos valores de macroporosidade estarem baixos (Figura 3) para o sistema de plantio direto nas camadas superficiais (0 - 10 cm.), ainda assim apresentou um rendimento superior de grãos de cevada quando comparado com o sistema de preparo convencional, através da aração com arado de discos.

A redução dos poros maiores em função da compactação, não necessariamente altera a qualidade destes poros em plantio direto, devido a sua continuidade e as galerias contruídas pelos organismos do solo, e também as fendas formadas pelo umedecimento e secamento do solo, garantindo um suprimento adequado de oxigênio e movimento interno de água.

Também, em experimento realizado em latossolo roxo (IAPAR, Londrina), observou-se através de resultados de infiltração, obtidos a partir de medições feitas em cilindros concêntricos, os quais reproduzem bem a proporção de poros existentes no solo, valores favoráveis ao plantio direto em relação ao convencional.

Esses resultados evidenciam que, quando a estrutura natural é preservada, as alterações através da compactação provocada pelos pneus do trator durante o plantio e colheita da soja, são de intensidade bem menores que os demais sistemas de preparo, caracterizada pela maior taxa de infiltração (Figura 4). É necessário no entanto, considerar a distribuição dos nutrientes, que no plantio direto, apresenta-se concentrado mais superficialmente, não exigindo que o sistema radicular da cultura explore um grande volume de solo. Caso inverso para a cultura em sistema convencional de preparo, onde os nutrientes estão mais diluídos em decorrência da mobilização do solo.

No que se refere aos grandes avanços para solução deste problema, considerando a existência de práticas agrícolas seguras e definidas a tempos (rotação de culturas, adubação verde, etc.), pode-se inferir que vários fatores tais como a falta de motivação, instrução, cultura, política agrícola e outros, foram os responsáveis mais diretos pela morosidade de adoção por parte dos agricultores.

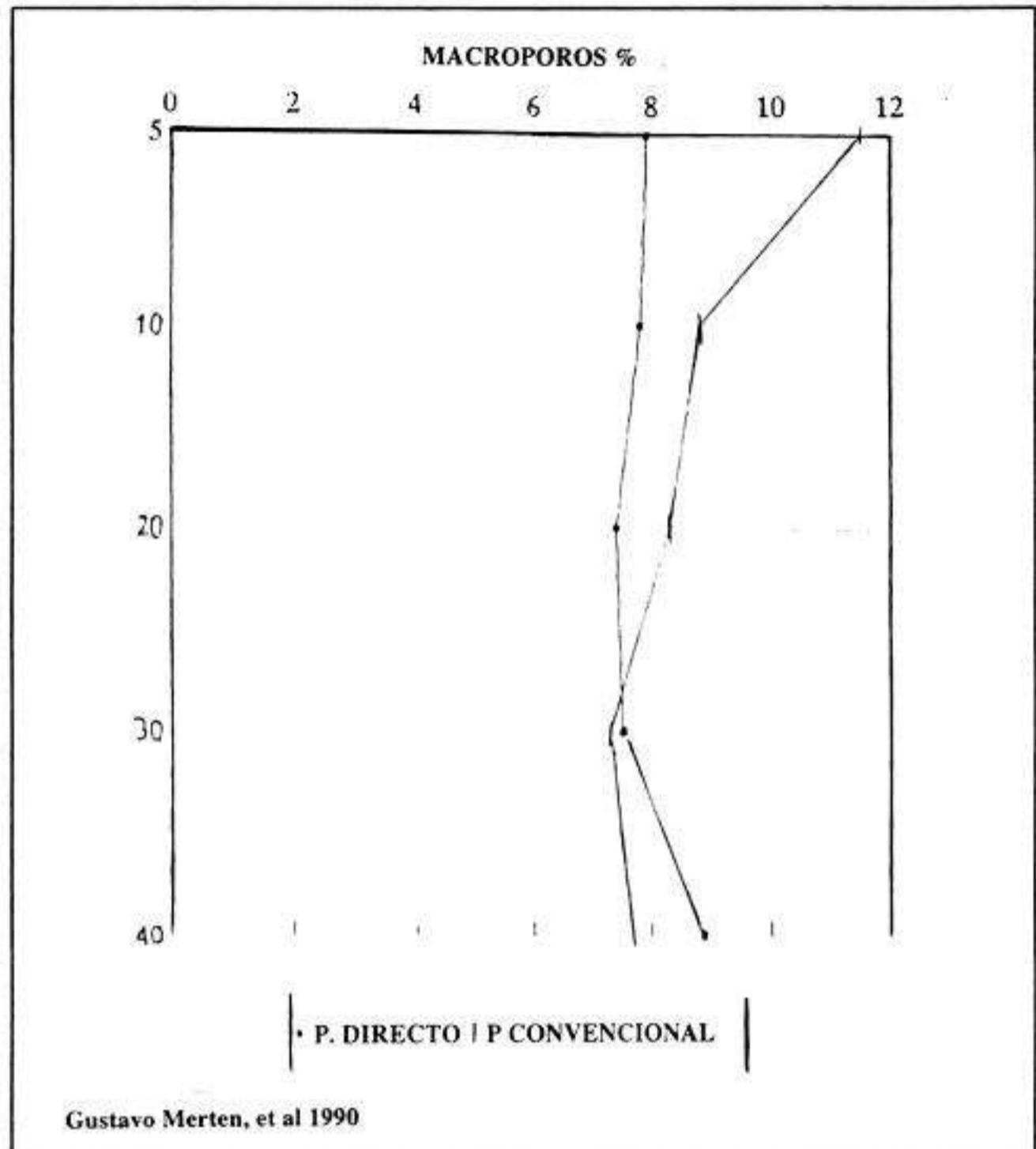
Mecanicamente, os avanços não foram significativos com relação a compactação. Desde o início, quando da introdução do sistema de plantio direto, principalmente em solos argilosos, o uso do facão passou a fazer parte de kits para serem usados nestes casos específicos. Com pequenas inovações é ainda hoje usado nas novas máquinas de plantio direto.

Sem dúvida nenhuma, a solução para este problema em solos de textura argilosa, não passa totalmente pelas máquinas, implementos, mas sim nos sistemas agrícolas adotados, aliados a capacitação frequente dos usuários.

ROTAÇÃO DE CULTURAS

A rotação de culturas associada ao plantio direto tem se constituído em fator decisivo para a obtenção de sustentabilidade técnica e econômica à produção de culturas temporárias na região tropical. Dentre os objetivos da rotação de culturas podem ser assinalados os seguintes: 1) diversidade de renda; 2) melhor aproveitamento de máquinas; 3) melhoria da fertilidade do solos; 4) redução da incidência de doenças, plantas

Figura 3.
Distribuição da
macroporosidade em dois
sistemas de preparo do solo.
Cambissolo (Inceptisol)



Gustavo Merten, et al 1990

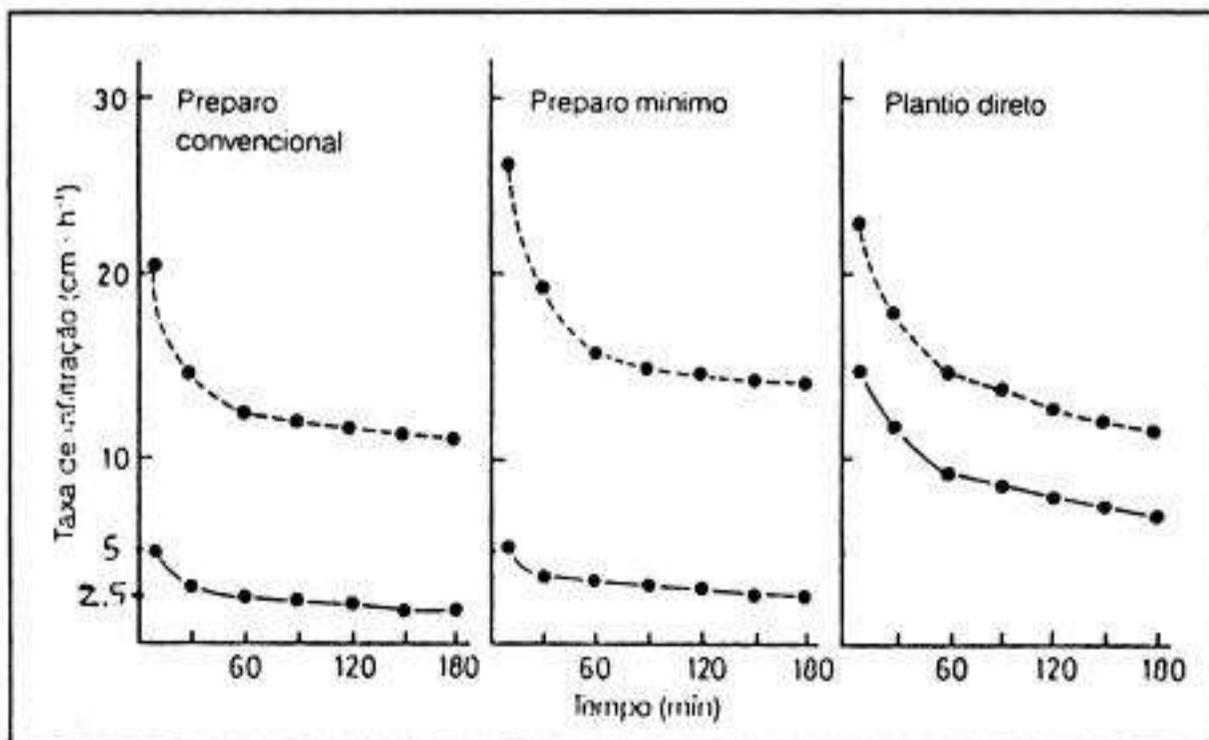


Figura 4.
Taxas de infiltração (infiltrômetro
de anéis) em Latossolo Roxo
após diferentes métodos de
preparo do solo. Medições feitas
após a colheita de soja, ao lado
de e no rastro deixado pelo trator
durante o plantio.
----- não compactado
— compactado
(Didiras e Vieira, 1984)

infestantes e de pragas; 5) redução de perdas de solo; 6) aumento e estabilização da produtividade das culturas e 7) viabilização do plantio direto.

No Sul do Brasil, abaixo do paralelo 24°S, ocorrem altas precipitações durante o ciclo do trigo elevando o número de horas que as plantas permanecem continuamente molhadas tornando severas as epidemias. As rotações de culturas sob o ponto de vista fitopatológico consiste em se deixar de plantar trigo numa lavoura até que ocorra a completa decomposição microbiana dos restos culturais e consequente eliminação dos patógenos da área cultivada. A rotação de culturas tem contribuído para aumentar a estabilidade e os rendimentos da cultura do trigo e diminuir a intensidade de doenças radiculares.

As principais espécies de adubos verdes que integram as rotações no Brasil são: aveia, milheto e guandu no Mato Grosso do Sul; aveia, tremoço, nabo forrageiro, ervilhaca, no Paraná e Rio Grande do Sul. Dentre as espécies de primavera/verão destacam-se a crotalaria juncea, mucuna preta e guandu.

LITERATURA CONSULTADA

- BONAMIGO, L.A. 1993. O plantio direto no Cerrado do Mato Grosso do Sul. In: Simpósio Internacional sobre Plantio Direto em Sistemas Sustentáveis. Anais. Fundação ABC, Castro, Paraná, Brasil. p. 13-16.
- CNPT/EMBRAPA, FUNDACEP/FECOTRIGO, FUNDAÇÃO ABC. 1993. Plantio Direto no Brasil. Passo Fundo. p. 166.
- CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; WILDNER, L.P.; COSTA, M.B.B. da; ALCANTARA, P.B.; MIYASAKA, S. & AMADO, T.J.C. 1992. Adubação Verde no Sul do Brasil, Rio de Janeiro AS-PTA. 346 p.
- DERPSCH, R. 1983. Alguns resultados sobre adubação verde no Paraná. In: Fundação Cargill. Adubação Verde no Brasil. Campinas, p. 268-279.
- & CALEGARI, A. 1985. Guia de plantas para adubação verde de inverno. In: Fundação Instituto Agronômico do Paraná, Londrina. (Documentos, IAPAR, 90). 96p.
- ; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N. & KOPKE, V. 1991. Controle da erosão no Paraná. Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. GTZ/IAPAR, SP No. 145. GTZ, Eschborn, p. 272.
- HEINZMANN, F.X. 1985. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília 20: 1021-1030.
- IAPAR. 1978. Cartas climáticas para o Paraná. Londrina.
- 1991. Relatório técnico anual 1990. IAPAR, Londrina.
- MUZILLI, O. 1981. Manejo da fertilidade do solo. In: Fundação Instituto Agronômico do Paraná, Londrina, Paraná. Plantio Direto no Paraná, circular IAPAR, 23. P.43-57.
- OLIVEIRA, E.L. de. 1994. Rendimento de grãos de soja após calagem em Plantio Direto (Comunicação Particular).
- PARRA, M.S. 1986. Dinâmica da matéria orgânica e de nutrientes um Latossolo Roxo Distrófico submetido aos sistemas de plantio convencional e direto e a diferentes sucessões de cultura. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1986. 94 p. (Tese de Mestrado).
- PEARSON, R.W.; ABRUNA, F. & VICE-CHANDLER, J. 1962. Effect of lime and nitrogen applications on downward movements of calcium and magnesium in two humid tropical soils of Puerto Rico. *Soil Sci.* 93:77-82.
- PAVAN, M.A. 1985. Fertilidade do solo em plantio direto. In: Encontro Nacional de Plantio Direto, 3., 1985. Ponta Grossa. Anais. Castro: Cooperativa Central de Laticínio do Paraná/Fundação ABC, p. 67-75.
- PORTELLA, J.A.; FAGANELLO, A. & SATTler, A. 1993. Máquinas e implementos agrícolas para plantio direto. Ed. Aldeia Norte, p. 29-35.
- REICHARDT, K. 1987. A água em sistemas agrícolas. Ed. Manole, São Paulo. p. 187.
- REIS, E.M. 1991. Potencialidade de controle de doenças de trigo e de cevada por rotação de culturas. In: Reunião Brasileira sobre Controle Biológico de Doenças de Plantas, 4., 1991, Campinas, Anais. Campinas: EMBRAPA/CNPDA, p. 78-99.
- SÁ, J.C.M. 1993. Manejo da Fertilidade do Solo no Plantio Direto. In: Simpósio Internacional sobre Plantio Direto em Sistemas Sustentáveis. Anais. Fundação ABC, Castro. Paraná, Brasil, p. 76-104.
- SANTOS, N.P. 1991. Efeito da rotação de culturas no rendimento, na eficiência energética e econômica do trigo, em plantio direto. Piracicaba. USP-ESALQ, 136p. Tese Doutorado.
- SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. 1985. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. *R. bras. Ci. Solo*, v. 9, p. 249-254.

Dinámica de malezas en el sistema de cero labranza de cultivos anuales

por Robinson Antonio Pitelli *

INTRODUCCIÓN

El conjunto de plantas superiores que se mantienen espontáneamente en áreas agrícolas y pecuarias comprende plantas con características pioneras, o sea, plantas que ocupan lugares donde por alguna razón la vegetación natural fue extinguida y el suelo quedó total y/o parcialmente expuesto (Pitelli, 1990).

Este tipo de vegetación siempre existió. En el pasado su presencia era fortuita y temporal, evolucionando siempre que hubiese un área desprovista de vegetación natural y desapareciendo cuando la vegetación original fuese restablecida. Estas plantas fueron muy importantes en la recuperación de extensas áreas de vegetación después de la desglaciación del pleistoceno (Pitelli, 1990).

El surgimiento de la población humana permitió la perpetuación de este tipo de vegetación, pues el hombre creó nichos adecuados a su crecimiento y desarrollo. No hay dudas de que fue a partir de esta vegetación que el hombre desarrolló la mayoría de sus especies cultivadas y estableció la base para su actividad agropecuaria. Las otras especies pioneras no domesticadas se mantuvieron habitando las áreas ocupadas por el hombre, ocasionando una serie de límites al desarrollo de la actividad agropecuaria y recibiendo el concepto de malezas. Sin embargo, se trata de plantas pioneras, las cuales encuentran en el agroecosistema nichos disponibles y adecuados a la perpetuación de su especie (Pitelli, 1990).

Estas plantas con características pioneras, normalmente, poseen gran agresividad, caracterizada por una elevada y prolongada capacidad de producción de diásporos dotados de alta viabilidad y longevidad, los cuales son capaces de germinar de manera discontinua, en muchos ambientes. Normalmente, poseen adaptaciones para la diseminación a corta y larga distancia. Consecuentemente, poseen rápido crecimiento y desarrollo, son autocompatibles, pero no completamente autógamas o apomíticas y, cuando son alógamas, utilizan agentes de polinización inespecíficos o el viento. Cuando son perennes, además de una vigorosa reproducción vegetativa y alta capacidad de regeneración de fragmentos, las plantas son bastante frágiles, de modo que se fragmentan y no son totalmente arrancadas del suelo. Además, estas plantas desarrollan mecanismos especiales que las dotan de gran habilidad de sobrevivencia, como producción de sustancias de naturaleza alelopática, hábito trepador y otros (Baker, 1965).

En resumen, la perpetuación de una especie como planta invasora del agroecosistema está condicionada a una relación interactiva entre la plasticidad de cada individuo y los procesos que, a largo plazo, proporcionan flexibilidad adaptativa frente a las eventuales modificaciones del ambiente y las modificaciones que, normalmente, ocurren en condiciones naturales en todo el sistema, a través del tiempo (Fernández, 1979).

En los últimos años, han sido propuestos interesantes conceptos con relación a las estrategias evolutivas desarrolladas por las malezas en la ocupación de los agroecosistemas. Una de las teorías más importantes es la de Grime (1979). Según el

* *Profesor Adjunto Depto. Biología Aplicada Agropecuaria. Universidad Estadual Paulista, Jaboticabal. São Paulo, Brasil.*

autor, hay dos factores externos que limitan la estrategia de crecimiento y de reproducción de las plantas superiores. Estos dos factores son:

1. **El estrés:** fenómeno externo que impone barreras al desarrollo vegetal, como disponibilidad de agua, nutrientes y luz, temperaturas elevadas o bajas, competencia interespecífica, etc.
2. **El disturbio:** alteraciones ambientales relativamente drásticas que promueven la remoción total o parcial de la biomasa vegetal, como cultivo, preparación de suelo, pastoreo, fuego, etc.

La frecuencia y/o intensidad de estos factores puede variar mucho. Si apenas son considerados los factores extremos, cuatro situaciones pueden ocurrir y los tipos ecológicos adaptados a cada situación son nombrados en la Cuadro 1.

Cuadro 1. Combinación de valores extremos de factores externos básicos que afectan la estrategia evolutiva de plantas superiores y los nombres dados a los tipos ecológicos adaptados a cada condición (Grime, 1979).

Intensidad del disturbio	Intensidad del estrés	
	Alto	Bajo
Alto	---	"Ruderales"
Bajo	Tolerantes al estrés	Competidoras

Las plantas que se encuadran en cada uno de estos tipos ecológicos pueden ser identificadas por características comunes:

1. **Tolerantes al estrés:** exhiben características que aseguran la sobrevivencia en ambientes desfavorables. Ofrecen un reducido aporte del crecimiento vegetativo y reproductivo. Especies con estas características son prevalentes en ambientes no perturbados, en ambientes pocos

productivos o en estadios finales de la sucesión ecológica.

2. **Competidoras:** exhiben características que maximizan la obtención de recursos en condiciones productivas en ambientes relativamente no perturbados. Presentan gran destino de recursos en favor del crecimiento vegetativo y son abundantes en estadios intermediarios.
3. **Ruderales:** se encuentran en ambientes altamente perturbados, sin embargo, productivos. Exigen características de rápido ciclo de desarrollo y elevado destino de recursos a favor de las estructuras reproductivas. Ocupan las primeras fases de la sucesión ecológica.

Es importante considerar que, en el Cuadro 1, apenas fueron consideradas las condiciones externas. Grime (1979) prefiere evaluar los tipos intermedios en un modelo triangular, en que son consideradas varias situaciones intermedias de estrés, disturbio y competencia de otras plantas.

Así, esta teoría de Grime (1979) puede ser adaptada al universo de plantas invasoras de los agroecosistemas. Por ejemplo, en las de horticultura, en que el disturbio es intenso, los suelos son fértiles, hay abundancia de riego y las plantas emergen en condiciones de suelo desnudo, predominan las malezas con características "ruderales". En el otro extremo, en áreas de reforestación, en que hay poco disturbio, los suelos normalmente son de baja fertilidad y hay un estrés intenso promovido por la interferencia interespecífica de la especie forestal, predominando plantas con características más próximas a las tolerantes al estrés. En las fases iniciales de implantación del bosque predominan las que poseen características de competidoras.

Esta introducción teórica fue para fundamentar el concepto de que la composición específica de la comunidad vegetal, que habita espontáneamente en un agroecosistema, es función del manejo agrícola utilizado, especialmente en términos de movilización (disturbio) del suelo y manejo de los factores limitantes al crecimiento vegetal (estrés).

CERO LABRANZA

- Acción de factores ecológicos limitantes

Cuando ocurre la alteración del sistema de siembra convencional para el sistema de siembra directa, hay un gran cambio en el disturbio y en el estrés que es impuesto al ambiente agrícola.

Antes de comentar sobre los impactos ocasionados por el cambio en los sistemas de cultivo, es interesante que se presenten algunos conceptos básicos acerca de la acción de factores ecológicos sobre las poblaciones vegetales. Dajoz (1983) propuso una clasificación de los factores ecológicos basada en el grado de adaptación de los organismos, que es tanto más desarrollada cuanto mayor es el tiempo de actuación del factor. Clasificó los factores ecológicos en periódicos primarios, periódicos secundarios y no periódicos.

Los factores periódicos primarios tienen periodicidad regular (diaria, lunar, estacionaria y anual) y son consecuencia directa del movimiento de rotación y traslación de la tierra como del ritmo día-noche, estaciones del año etc. Las plantas están totalmente adaptadas a estos factores, que actúan determinando los límites del área de distribución geográfica de las especies. En el interior de estas áreas su acción nunca es fundamental.

Los factores periódicos secundarios son consecuencia de las variaciones de los primarios. Cuanto más estrecha es la relación con el factor primario, más regular es su manifestación y mayor es el grado de adaptación de los organismos al factor. Por ejemplo: el ritmo pluviométrico anual, las fluctuaciones de temperatura y humedad del aire, variaciones en las poblaciones de enemigos naturales, simbiosis, etc. Estos factores actúan regulando la abundancia de las poblaciones dentro de sus áreas de distribución geográfica pero no interfieren expresivamente en los límites de esta área.

Los factores no periódicos son aquéllos que normalmente no ocurren en el hábitat de la planta. Cuando ocurren, ellos provocan grandes impactos en

las poblaciones, debido a que los organismos no tienen adaptaciones para variaciones de este factor. Cuando un factor no periódico se repite con cierta regularidad, las poblaciones desarrollan mecanismos de adaptación y su acción deja de ser muy impactante, llegando al extremo de presentar respuestas similares a un factor periódico secundario.

- Impacto de la siembra directa

Al inicio de la agricultura moderna, los procesos de arada y rastreada del suelo constituían factores ecológicos no periódicos, y por lo tanto, de gran impacto en las poblaciones de malezas. El volteo del suelo, efectuado por el arado, proporcionaba elevada mortalidad de los diásporos y de las partes vegetativas enterradas, porque estas plantas no poseían mecanismos de adaptación desarrollados.

Con la aplicación sucesiva de estas prácticas culturales, las malezas pasaron a desarrollar mecanismos que les permitieron sobrevivir al entierro, como resistencia a los agentes bióticos del suelo, exigencia de temperatura variable para iniciar el proceso germinativo, desarrollo de innumerables y complejos mecanismos de dormancia de los diásporos, capacidad de germinación y emergencia a partir de grandes profundidades en el perfil del suelo, etc.

También hubo una uniformidad en la distribución de los diásporos en el perfil de la capa arable del suelo, de modo que la aradura y el allanamiento apenas movían la semilla superficial para las zonas más profundas y traían las semillas más profundas para la región más superficial.

De este modo, el impacto de la preparación del suelo sobre las poblaciones de malezas decreció bastante en el área de siembra convencional. Es interesante formar grandes poblaciones en campos conducidos bajo este sistema, siendo consideradas las malezas de importancia secundaria.

La adopción del sistema de siembra directa determina la presencia de una cubierta muerta en la superficie del suelo, que no existía en la siembra convencional, y el incremento de la rotación con cultivos de invierno y del uso de herbicidas.

ROTACIÓN DE CULTIVOS

Por su propia historia evolutiva, se puede inferir que las malezas son plantas dotadas de elevada agresividad en la ocupación de suelos desnudos, pero son bastante sensibles a la presencia de otras plantas en el ambiente. De este modo, una ocupación eficiente del suelo, considerada en el tiempo y el espacio, por parte de una planta cultivada es uno de los más importantes factores en el control de la comunidad infestante.

La ocupación eficiente del espacio del agroecosistema por parte del cultivo, reduce la disponibilidad de nichos adecuados al crecimiento y el desarrollo de las malezas. En este aspecto, es importante considerar todos los factores involucrados en la determinación del grado de interferencia entre las plantas cultivadas y las comunidades infestantes, con el objeto de maximizar la presión de interferencia provocada por el cultivo. Por lo tanto, es importante que se utilicen variedades de rápido crecimiento inicial, adecuadas a las condiciones edafoclimáticas predominantes en la región y sembradas en distancias y densidades que asegure un rápido e intenso sombreado del suelo. También es importante que las malezas sean eliminadas durante los periodos de control considerados críticos, o sea, **antes del término del período anterior a la interferencia y después del término del período total de prevención de la interferencia** (Pitelli, 1985).

También es interesante que se considere el concepto de ocupación temporal del agroecosistema, de modo que éste sea ocupado con plantas cultivadas durante el mayor tiempo posible, evitando que las malezas se desarrollen y aumenten sus potenciales de infestación. En este aspecto, la rotación con cultivos de invierno es fundamental para evitar el ciclo de las malezas en el período de entrecosecha y, también proporcionar un cambio de condiciones, no permitiendo que se formen grandes infestaciones de algunas pocas especies. Antes de 1945, las principales medidas de manejo de las malezas eran los cultivos y la rotación de cultivos. El sistema más eficiente consistía en la rotación de cereales, leguminosas y praderas. En estas condiciones, las malezas tenían grandes dificultades para incrementar sus poblaciones.

Después de esta época, con las introducciones de las fuentes sintéticas de nitrógeno y de los productos de acción herbicida, la rotación se fue abandonando paulatinamente. A pesar de las modernas técnicas de control, las comunidades infestantes se fueron tornando más diversificadas y densas.

REDUCCIÓN DEL DISTURBIO DEL SUELO

La reducción del disturbio del suelo que resulta de la adopción de la siembra directa, por sí solo, proporciona una disminución temporal de las poblaciones de malezas en los agroecosistemas. Varios son los factores que contribuyen en este comportamiento.

1. Gran parte del banco de los diásporos del suelo será mantenido en una profundidad del suelo suficiente para que no exista una germinación y emergencia de los "seedlings".
2. Los diásporos producidos después de la implantación de la siembra directa estarán ubicados en una capa superficial del suelo, quedando más susceptibles a la acción de los predadores de gran tamaño, como pájaros y roedores. Este aspecto es especialmente importante en el caso de algunas especies cuyos diásporos necesitan un cierto período de almacenamiento para alcanzar su madurez fisiológica o romper ciertas modalidades de dormancia.
3. La mayor concentración de diásporos en la superficie del suelo facilita la homogeneidad de emergencia de "seedlings" de malezas, facilitando la eficacia de las medidas de control, especialmente la acción de los herbicidas.

CUBIERTA MUERTA

Los efectos de la cubierta muerta sobre las malezas deben ser analizados bajo tres aspectos: físico, químico y biológico.

- Efecto físico

El efecto físico de la cubierta muerta es bastante importante en la regulación de la germinación y en la

tasa de sobrevivencia de los "seedlings" de algunas especies. En términos de efectos sobre el proceso germinativo, se puede citar la reducción de la germinación de semillas fotoblásticas positivas y de semillas que necesitan gran amplitud térmica para iniciar el proceso. Es ampliamente conocido que la cubierta muerta reduce las oscilaciones diarias de la variación térmica e hídrica en la región superficial del suelo.

El efecto físico de la cubierta muerta también reduce las oportunidades de sobrevivencia de los "seedlings" de malezas con pequeñas cantidades de reservas en los diásporos. Muchas veces, las reservas no son suficientes para garantizar la sobrevivencia del "seedling" en el espacio recorrido dentro de la cubierta muerta hasta tener acceso a la luz e iniciar el proceso fotosintético.

- Efecto biológico

La presencia de cubierta muerta crea condiciones para la instalación de una densa y diversificada microbiocenosis en la capa superficial del suelo. En la composición de esta microbiocenosis hay una gran cantidad de organismos que pueden utilizar semillas y "seedlings" de malezas como fuentes de energía y materia. Muchos organismos fitogénicos pueden utilizar la cubierta muerta para completar el ciclo de desarrollo y esporular. De manera general, los microorganismos ejercen importantes funciones en el deterioro y pérdida de la viabilidad de los diversos tipos de propágulos en el suelo. El hongo *Drechslera campanulata*, que en su estado sexual se denomina *Pyranophora semeniperda*, tiene una amplia gama de hospederos y es capaz de reducir la viabilidad y germinabilidad de los diásporos de varias gramíneas (Medd, Nikendrow, Jones, 1984).

Además de esto, se debe considerar que la cubierta muerta crea un ambiente seguro para algunos predadores de semillas y "seedlings" como los roedores, insectos y otros pequeños animales.

- Efecto químico

Hay una relación alelopática entre la cubierta muerta y las malezas presentes en el banco de semillas del

suelo. Después de la muerte de la planta o de sus órganos, los aleloquímicos son inicialmente liberados por la lixiviación de los residuos. La pérdida de la integridad de la membrana celular por la descomposición del residuo, permite la liberación directa de una variedad de compuestos, que pueden ejercer su acción de manera aditiva o sinérgica a la de los lixiviados. Además de esto, los microorganismos presentes en el suelo pueden inducir la producción de compuestos tóxicos por degradación enzimática de los conjugados o polímeros presentes en los tejidos. Un ejemplo de este proceso es la acción de microorganismos en glicósidos cianogénicos presentes en *Sorghum halepense* con una producción de dos toxinas: HCN y benzaldeídos (Putman, 1985).

Una actividad alelopática de la cubierta muerta depende directamente de la calidad y cantidad del material vegetal depositado en la superficie, del tipo de suelo, de la población microbiana, de las condiciones climáticas y de la composición específica de las comunidades de malezas.

Algunos ácidos, con actividad alelopática, fueron identificados en suelos sobre cubierta muerta, como el vanílico, p-cumárico, p-hidrobenczoico, siríntrico, protocateico y ferúlico (Guenzi & McCalla, 1968). Bajo la cubierta muerta de cebada se encontraron los ácidos benzoico, fenilacético, fenilpropiónico y 4-fenilbutírico (Tousson, 1968). En residuos de maíz fueron identificados: p-hidroxibenzilaldeído, floroglucionol, resolcinol, y los ácidos butírico, fenilacético, benzoico, siríntrico, p-cumárico, transcinámico y cafeico (Chou & Lin, 1976). Los ácidos acéticos, propiónico y butírico son considerados los más expresivos agentes aleloquímicos provenientes de la cubierta muerta de trigo (Tang & Waiss, 1978).

El modo de acción de los aleloquímicos en la receptora todavía no está totalmente aclarado, debido a las dificultades de separación de los efectos secundarios de las causas primarias. Generalmente, influyen en más de un proceso del vegetal, con velocidades distintas, lo que provoca efectos colaterales, difíciles de ser separados de los principales (Einhellig, 1986).

Existen numerosas evidencias de que los aleloquímicos pueden alterar la absorción de iones por las plantas. Sin embargo, este fenómeno se encuentra asociado al colapso de otras funciones, como la respiración, y la permeabilidad de las membranas celulares. Los aleloquímicos pueden actuar como reguladores del crecimiento vegetal, como inhibidores de la fotosíntesis, agentes que perturban la regularidad de la respiración y de la permeabilidad de las membranas, inhibidores de la síntesis proteica y de la actividad enzimática (Einhellig, 1986).

Varios estudios han sido conducidos, con el objeto de determinar el manejo de la cubierta muerta en el control de malezas. En Brasil, fue demostrada la eficacia de la cubierta muerta proporcionada por varias especies de cultivos de invierno, habiendo sido detectada, inclusive, una relación de selectividad en la interacción cubierta muerta-malezas (Durigan & Almeida, 1993).

LITERATURA CITADA

- BAKER, D.N. 1965. Characteristics and modes origin of weeds. In: Baker, D.N. & Stebbins, B.L. The genetics of colonizing species. New York, Academia Press. p. 1-42.
- CHOU, C.H. & LIN, H.J. 1976. Autointoxications mechanism of *Oryza sativa*. I. Phytotoxic effects of decomposing rice residues in soil. J. Chem. Ecol. 2(3): 353-367.
- DAJOZ, R. 1983. Ecologia Geral. Petrópolis, Editora Vozes. 475p.
- DURIGAN, J.C. & ALMEIDA, F.L.S. 1993. Noções da alelopatia. Jaboticabal, Editora da FUNEP. Boletim Técnico, 28p.
- EINHELLIG, F.A. 1986. Mechanisms and modes of action of allelochemicals. In: Putman, A.R. & Tang, C.S. The Science of Allelopathy. New York, John Willey & Sons. p. 171-188.
- FERNANDEZ, O. 1979. Las malezas y su evolución. Ciencia y Investigation 35: 49-59.
- GRIME, J.P. 1979. Plant strategies and vegetation process. New York, John Wiley & Sons. 209p.
- GUENZI, M.D. & McCALLA, T.M. 1968. The phytotoxic substances extrates from soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 30: 214-216.
- MEDD, R.W.; NIKENDROW, A. & JONES, K. 1984. Possible use of soil-born pathogen for weed control. In: Int. Symp. Biol. Control of weeds, 6°, Vancouver. Proceedings, p. 19-25.
- PITELLI, R.A. 1990. Ecologia de plantas invasoras em pastagens. In: Simpósio sobre Ecosistema de Pastagens, 1°, Jaboticabal. Anais, p. 69-86.
- , 1985. Interferência das plantas daninhas em culturas agrícolas. Informe Agropecuário 11(129): 16-27.
- PUTMAN, A.R. 1985. Weed allelopathy. In: Duke, S.O. Weed Physiology. Boca Raton, CRC Press, p. 131-155.
- TANG, C.S. & WAISS, A.C. 1978. Short-chain fatty acids as growth inhibitors in decomposing wheat straw. J. Chem. Ecol. 4(2): 225-232.
- TOUSSON, T.A. 1968. Nature of phytotoxic substances during plant reidue decomposition in soil. Phytopatol. 58: 41-45.

La situación actual de la siembra directa en Bolivia sus avances y limitaciones

por José Cortés Gumucio *

INTRODUCCIÓN

Con el propósito de informar sobre el proceso de desarrollo que tiene la tecnología de **siembra directa**, en relación a la siembra convencional en las diferentes regiones de Bolivia, se ha efectuado el presente reporte que está compuesto de tres partes:

1. Una descripción resumida del marco agroecológico y social de las condiciones de producción agrícola en Bolivia.
2. Una descripción de las características de la **siembra directa** en el altiplano, en los valles interandinos y en las regiones tropicales del país.
3. La presentación de los trabajos realizados por: (1) el Ing. Juan Carlos Aroni sobre el cultivo de la quinua, con maquinaria especialmente preparada para la siembra directa, como sistema de siembra que practican los pequeños agricultores en el altiplano boliviano, y (2) el trabajo del Ing. Eloy Blanco sobre la adaptación de nuevas variedades de maíz para las condiciones de siembra directa que realizan los agricultores de los valles mesotérmicos de la región del Chaco Húmedo boliviano.

Al comenzar esta exposición, deseo hacer llegar el saludo cordial de la Dirección Ejecutiva y Técnica del IBTA a los organizadores de este importante evento, y personalmente deseo agradecer a los organizadores del PROCISUR, al Dr. Amélio Dall'Agnol, al Ing. Héctor Causarano y a las autoridades de la República del

Paraguay que aportaron su esfuerzo y dedicación por la realización del mismo.

EL MARCO AGROLÓGICO

En el territorio boliviano se distinguen tres grandes áreas ecológicas que se diferencian por su altura sobre el nivel del mar, por la precipitación pluvial y sus temperaturas promedio y desde el punto de vista social por la tenencia de la tierra, por las características del agricultor y la orientación de la producción agropecuaria. Estas áreas son:

- Area del Altiplano

Con un promedio de altura sobre el nivel del mar que fluctúa de los 4.000 a los 3.500 metros y una precipitación pluvial que varía de los 600 a 200 mm por año. En esta región, se ha concentrado el 35 por ciento de la población rural y tiene fuertes tradiciones de producción de la Cultura Andina y del Collasuyo incaico. Actualmente, su producción se desarrolla, principalmente, con cultivos propios del lugar, como la quinua, la cañahua y la papa.

En estas condiciones los agricultores han empleado herramientas muy antiguas como la "chaquitajlla" y la "liucana" para efectuar siembra directa en hoyos que perforan cada metro y aprovechan las mínimas condiciones de humedad para el cultivo principalmente de la quinua (*Chenopodium quinua* Wild). Esta chenopodiacea es importante para la alimentación del poblador andino, especialmente por el alto contenido y la calidad de la proteína (14 a 19%).

- Area de los Valles Andinos

Esta región se encuentra a alturas que varían entre los 3.500 a los 1.300 m.s.n.m., con precipitaciones que

* Coordinador de Recursos Naturales y Agricultura Sostenible del IBTA, La Paz, Bolivia.

fluctúan de los 600 a los 200 mm de lluvias por año. El cultivo de especies agrícolas es muy grande y variable, principalmente por la calidad de los suelos y la biodiversidad propias de estas regiones. Los agricultores en su gran mayoría son pequeños y medianos productores y representan un 40 por ciento de la población rural. En esta región se han realizado estudios sobre las características de la producción agropecuaria regional y sus sistemas de producción en relación a la siembra directa.

- **Area de las llanuras tropicales**

Su altura sobre el nivel del mar fluctúa entre los 1.500 y 200 m.s.n.m., y la precipitación pluvial se encuentra entre los 2.000 y 4.000 mm. La orientación de la agricultura en las llanuras tropicales es extensiva y comercial, cuenta con tecnología más avanzada y la siembra directa que realizan en la región, reúne las condiciones del concepto técnico de la misma con "cobertura vegetal" que permite una agricultura sostenible. En esta región la agricultura es en su mayor parte de carácter empresarial y está destinada a la agroindustria y la exportación.

PRIORIDAD NACIONAL

Tanto el Gobierno como las diferentes entidades del sector agropecuario han manifestado que las prioridades nacionales en dicho sector se encuentran en: a) la lucha contra la desertificación y la degradación del suelo, y b) la seguridad alimentaria.

En este marco, las principales entidades de generación y transferencia de tecnología del país se encuentran realizando sus actividades.

El Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT) trabaja en las **áreas tropicales** del país, principalmente en el extenso departamento de Santa Cruz de la Sierra, con la agricultura de mayor desarrollo empresarial en los programas de maíz, trigo, ganadería y forrajes, arroz, soja y manejo de suelos.

El Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA), trabaja en las **áreas del altiplano, valles andinos y subtropicales**, en los programas de: maíz,

papa, quinua, haba, hortalizas, frutales, ganadería y forrajes y sistemas de producción. Estos programas cuentan con el apoyo de la Unidad de Estudios Socioeconómicos, Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola del IBTA. En este sentido la investigación agropecuaria, está abocada a encontrar soluciones de sostenibilidad a los problemas de pérdida del suelo agrícola y de la cobertura vegetal.

LA SIEMBRA DIRECTA EN BOLIVIA

En el marco agroecológico descrito, la agricultura de **siembra directa** es diferente en las tres regiones señaladas:

- a) En el **Altiplano**, las condiciones de suelos arenosos han permitido una agricultura de **siembra directa**, con mínima remoción de suelo en los cultivos andinos (quinua, papa, cañahua). Los suelos son fríos con escasa descomposición de la materia orgánica. El principal problema en la zona, ha sido la introducción del arado de discos, creando condiciones de alta erosión (calculada en más de 50 t de pérdida de suelo agrícola por ha). Esta situación debe ser revertida, para lo cual se está trabajando en volver a los sistemas de **siembra directa**, esta vez con la utilización de maquinaria agrícola diseñada para el efecto, como la "Satiri" y la "Colliri". Los trabajos de introducción de esta maquinaria son presentados por el Ing. Juan Carlos Aroni, en un estudio que toma en cuenta la preparación de suelos con el uso de herramientas nativas, arado de discos y arado de cincel.
- b) En la región de los **Valles Interandinos**, un buen porcentaje de la población sigue el proceso de rotación que empieza con el cultivo de la papa, como principal cultivo de escarda, que recibe abonamiento de carácter orgánico (guano de ovinos y camélidos, sa'cha huano y de gallinaza) e inorgánico. Después de la papa, señalan que siguen con la **siembra directa** de trigo y/o cebada, reportando una escasa incidencia de plagas y de enfermedades. Esta **siembra directa**, sin embargo, no cuenta con la cobertura vegetal necesaria, por lo cual su concepción técnica es incompleta para

representar un avance más significativo en una agricultura de carácter sostenible, que evite la erosión y que incremente los niveles de producción. Los diferentes programas del IBTA, han fijado programas de investigación para dar solución a estos graves problemas de la producción agrícola.

De la misma manera, el programa de introducción de variedades con mejores perspectivas para la **siembra directa** que se realiza en las zonas de Chaco Húmedo, será presentada por el Ing. Eloy Blanco.

- c) En la región de los **Llanos Tropicales**, los técnicos del CIAT, se encuentran realizando el trabajo de

Monitoreo y Seguimiento en los trabajos de **siembra directa** que son ejecutados por los agricultores innovadores en la zona, estableciendo las características (Estudio de la dinámica de los nutrientes y los procesos de erosión) y las necesidades de los mismos.

Se ha estimado que mediante la metodología de **siembra directa**, actualmente se cultivan unas 9.000 ha de soja y maíz (en verano) y trigo, sorgo y girasol (en invierno), con grandes perspectivas de ser incrementadas en el futuro, siguiendo las modalidades de una agricultura más sustentable en estas fértiles tierras del oriente boliviano

Análisis comparativo de cinco sistemas de labranza en suelos erosionados del altiplano sur de Bolivia

por Juan Carlos Aroni * y Jaime Cossio *

RESUMEN

En el estudio se observó la dinámica del agua en el suelo y el efecto de las modalidades de laboreo en la erosión.

En la región de clima árido a semiárido del altiplano sur, el agua es el principal factor limitante de la producción agrícola. Los procesos que regulan el almacenamiento y la transferencia de agua al sistema suelo-planta-atmósfera son numerosos. Cualquier modificación por acción humana o causas naturales ocasionan desequilibrios que repercuten en la producción del cultivo extensivo de la quinua.

Los suelos del altiplano sur, se caracterizan por tener baja estabilidad de agregados y reducida fertilidad, por lo que el uso excesivo de la maquinaria agrícola ocasiona su desestabilización, con el consecuente desequilibrio ecológico. En la gestión 92-93 se estimó que las pérdidas de suelo fueron aproximadamente de 50 t/ha.

Este estudio está orientado a definir el mejor sistema de labranza, tal que minimice la erosión de la capa arable del suelo permitiendo así un mejor almacenamiento y conservación del agua de lluvia.

Considerando como variable de respuesta el rendimiento, los resultados preliminares permiten observar diferencias sustanciales entre los sistemas de labranzas. Cuando transcurre el tercer año de investigación las conclusiones son válidas para

incorporar nuevas alternativas en el sistema de labranza, caso particular del arado de cincel o el **qhullirri** versión local.

Estos resultados permiten afianzar los criterios para el uso de la barbechadora denominado **qhulliri** y el arado de cinceles, los cuales realizan un trabajo adecuado a la forma, con una mínima remoción del suelo.

INTRODUCCIÓN

Durante la década del 70 y parte del 80, se observó una expansión de la frontera agrícola, con la incorporación del tractor a la tradicional zona productora de quinua en el altiplano sur. Con sólo efectuar el barbecho mecanizado, hubo aumentos significativos en el rendimiento de hasta 800 kg/ha. Sin embargo, esta ventaja inicial se convirtió en un perjuicio para el suelo, ya que, paulatinamente, los rendimientos fueron declinando, debido a la pérdida de fertilidad de estos suelos livianos de escaso contenido de materia orgánica, agravados por una acelerada erosión de todos los suelos que fueron expuestos al roturado con arado de disco.

En la actualidad el problema de erosión de los suelos del altiplano sur, tiende a ser un proceso irreversible, si no se buscan alternativas nuevas que permitan aminorar o disminuir el deterioro de los mismos.

REVISIÓN DE LITERATURA

La labranza es una de las prácticas que pueden ocasionar consecuencias negativas. La FAO (1978)

* Ingenieros Agrónomos

señala que cualquier método de aradura con implementos de labranza inadecuados, tienden a favorecer la destrucción de los agregados de los suelos y favorecen la erosión eólica.

Por esta razón las alternativas tecnológicas deben ser tomadas en su conjunto y no considerar sólo prácticas aisladas. Estas prácticas deben complementarse con rotación de cultivos, curvas de nivel, cultivos de cobertura, cultivo en franja, labranza sin inversión de la capa arable, labranza mínima o reducida, cortinas rompevientos y otros.

Según Sarh (1982), la erosión eólica es un proceso degradativo del suelo ocasionado por el viento; es característica, aunque no exclusiva, de las zonas áridas y semiáridas y planicies donde las precipitaciones son bajas y variables con altas frecuencias de sequías, cambios bruscos de temperatura y velocidades variables del viento. Estas son condiciones suficientes para que el viento inicie el movimiento de las partículas del suelo.

OBJETIVO GENERAL

- Buscar sistemas de labranza apropiados para las zonas erosionables del sur de Bolivia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluación y cuantificación de la pérdida de suelo de la capa arable por efecto de modalidades de roturación.
- Determinar la variación de la humedad del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

- Localización

El presente estudio se llevó a cabo en el altiplano sur Irpani. Las características climáticas de estas zonas son las siguientes: temperatura mínima de -11°C ; temperatura máxima de 18°C y una temperatura

media de 6°C ; con presencia de heladas de 180 a 230 días; un rango de precipitación de 150 a 200 mm/año. La zona presenta vientos suaves a fuertes (2 a 70 km/hora). El suelo es de textura arenosa, franco arenosa, con un pH de 7,5 a 8,5.

- Diseño experimental

El estudio ha sido establecido bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones; el tamaño de la unidad experimental de 40m. x 10m.; cada repetición separada una de otra por 20m. de distancia en sentido perpendicular a la dirección del viento, con el propósito de anular el efecto de arrastre por el viento entre los bloques.

- Variables experimentales

1. Barbecho manual en hoyo. (Taquiza)
2. Barbecho con arado de disco.
3. Barbecho con arado de disco y nivelado.
4. Barbecho con arado de flejes a 25 cm de profundidad.
5. Barbecho con arado de flejes a 35 cm de profundidad.

Variable de respuesta: suelo

La cuantificación de las pérdidas de suelo se hizo por el método de varillas de erosión (SARCH), para determinar la humedad del suelo se utilizó el método gravimétrico.

RESULTADOS

Realizando un análisis global sobre el comportamiento del ensayo, podemos indicar los siguientes aspectos:

El tratamiento barbecho manual, de menor incidencia con la erosión, es un sistema que permite una mejor conservación de suelos, sin embargo, su rendimiento promedio es el más bajo.

Los tratamientos arado de cincel 25 y 35 cm. tuvieron el inconveniente de la presencia de malezas.

Las experiencias de campo no enseñan que es necesario el arado de disco en la primera roturación, para incorporar residuos o nivelar el suelo, pero a partir de la segunda roturación debe utilizarse el arado de cincel. Esta perspectiva se ratifica en el estudio realizado en tres años agrícolas.

Los resultados obtenidos en la campaña agrícola 1993-1994 de modalidades de laboreo se presentan en el Cuadro 1.

La variedad Toledo es una variedad tardía de grano grande, color rojo. Su cultivo está ampliamente difundido en el altiplano sur, ya que es una variedad comerciable.

Para conocer el comportamiento respecto al rendimiento se efectuó el análisis estadístico correspondiente. (Cuadro 2)

Observando los resultados podemos indicar que los tratamientos producen efectos distintos y la diferencia entre las medias de los tratamientos es altamente significativa. Sin embargo, para conocer cuales medias son iguales o son diferentes, se efectuó la prueba de significancia de Duncan:

Trat.	1	5	3	4	2
x kg	367	883	961	988	1.082
		—————			
		—————			
			—————		

Las medias de los tratamientos 2, 3, 4 y 5 son estadísticamente equivalentes, es decir que no existe diferencia en los rendimientos cuando la preparación de suelos se realiza ya sea con arado de disco o arado de cincel. El tratamiento uno de barbecho manual es diferente en cuanto al comportamiento de todos los demás tratamientos.

Cuadro 1. Promedios de caracteres agronómicos de la variedad Toledo usada en el estudio.

Tratamiento	Días Emergencia	Días Floración	Días Madurez Fisiol.	Altura de pl. cm.	Long. panoja cm.	Diam. panoja cm.	Rend. kg/ha
B. Manual	8	85	178	63	22	2,4	367
A. Disco	8	85	178	95	33	4,0	1.082
A. Disco+Niv.	8	85	178	86	28	2,9	961
A. Cincel 25	8	85	178	91	30	3,0	988
A. Cincel 35	8	85	178	78	27	2,9	883

Cuadro 2. Análisis de varianza para rendimiento

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.
Repeticiones	2	354986.5	177493.3 **
Tratamientos	4	957861.1	239465.3 **
Error	8	30412.1	3801.5
Total	14	1343259.7	-

C.V. = 7,20%

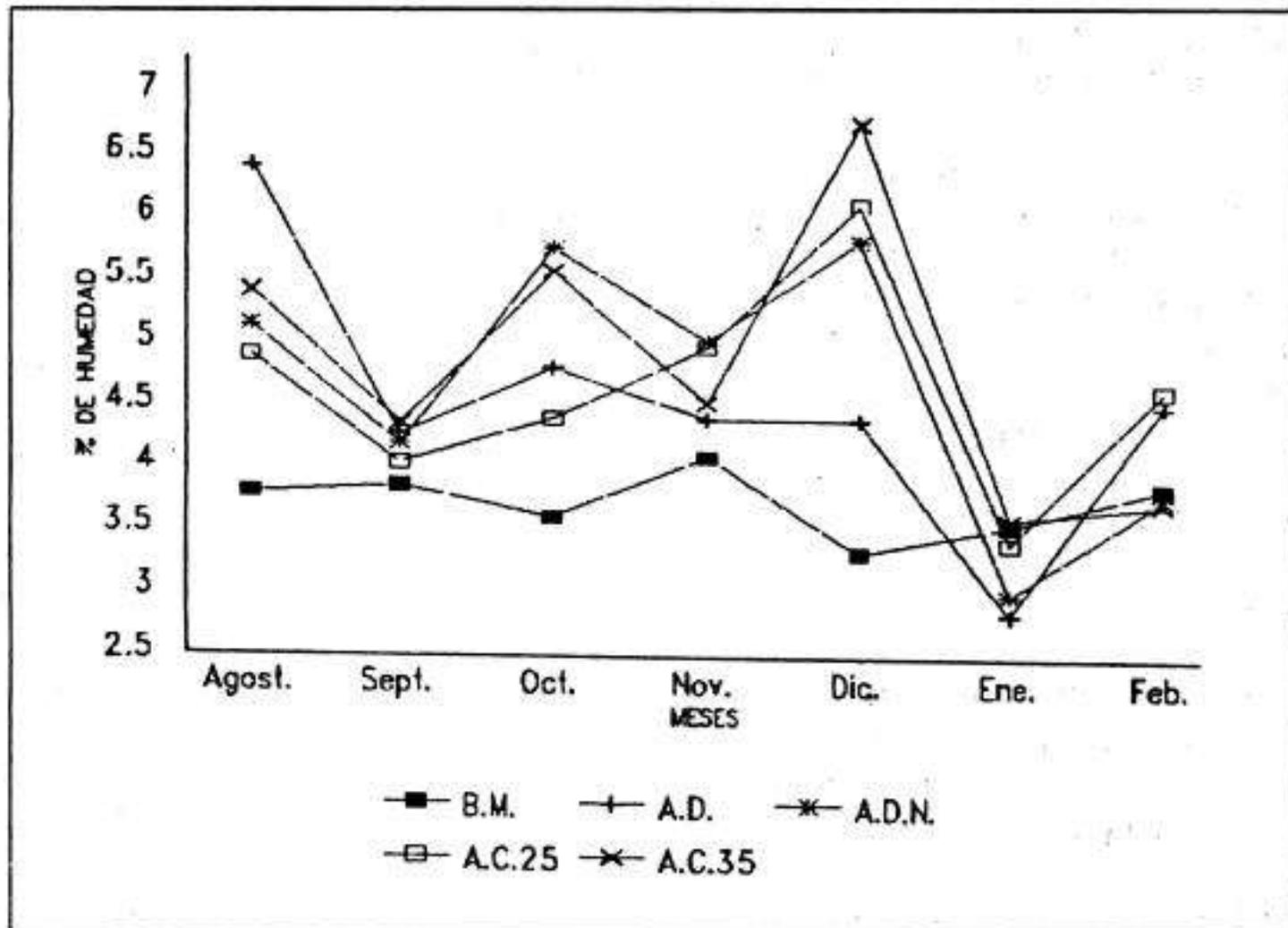


Figura 1. Fluctuación de humedad a 30 cm de profundidad Salinas de G.M.

En la Figura 1 se muestran las fluctuaciones de la humedad de un suelo franco arenoso, a una profundidad de 30 cm. El porcentaje de humedad en el tratamiento barbecho manual se mantiene estable durante todo el ciclo vegetativo del cultivo variando de 3,28 por ciento a 4,04 por ciento de humedad. Este fenómeno se debe a la mínima remoción del suelo (apertura de hoyos), que en estas condiciones dificultan la infiltración del agua y pérdida por evaporación mínima.

Los tratamientos con arado de disco y arado de disco nivelado, permiten la remoción y volteo del suelo. En estas circunstancias la capacidad de almacenamiento de humedad es alta 6,36 por ciento y 5,09 por ciento, respectivamente, (agosto). Sin embargo, la evaporación es elevada en el tratamiento arado de disco y moderada en el tratamiento arado de disco más nivelado.

En los tratamientos con arado de cincel de 25 y 35 cm. de profundidad, cuya función es remover el subsuelo, se observa un mayor porcentaje de humedad

6,75 por ciento (diciembre). Esto se debe al incremento de la porosidad del suelo y a la profundidad de la arada, que permiten mayor infiltración del agua de lluvia. Cuando las plantas están en la plenitud de su desarrollo, hay un descenso global de todos los tratamientos por efecto de la evapotranspiración (enero).

En la Figura 2 se observa que cualquiera sea el sistema de labranza de por sí ya existe pérdida de suelo. Por otra parte en el tiempo, hay una pérdida ascendente en todos los tratamientos. Sin embargo, el sistema de mayor pérdida resulta ser el del arado de disco, cuya pérdida está alrededor de 16,8 t/ha/año de suelo. La menor pérdida se produce con el barbecho manual con 7 t/ha/año.

Desde el punto de vista de la práctica de una agricultura sostenible para el agricultor, combinada a la conservación de suelos, se puede decir que el sistema de preparación con arado de cincel a una profundidad de 35 cm resulta ser la más apropiada.

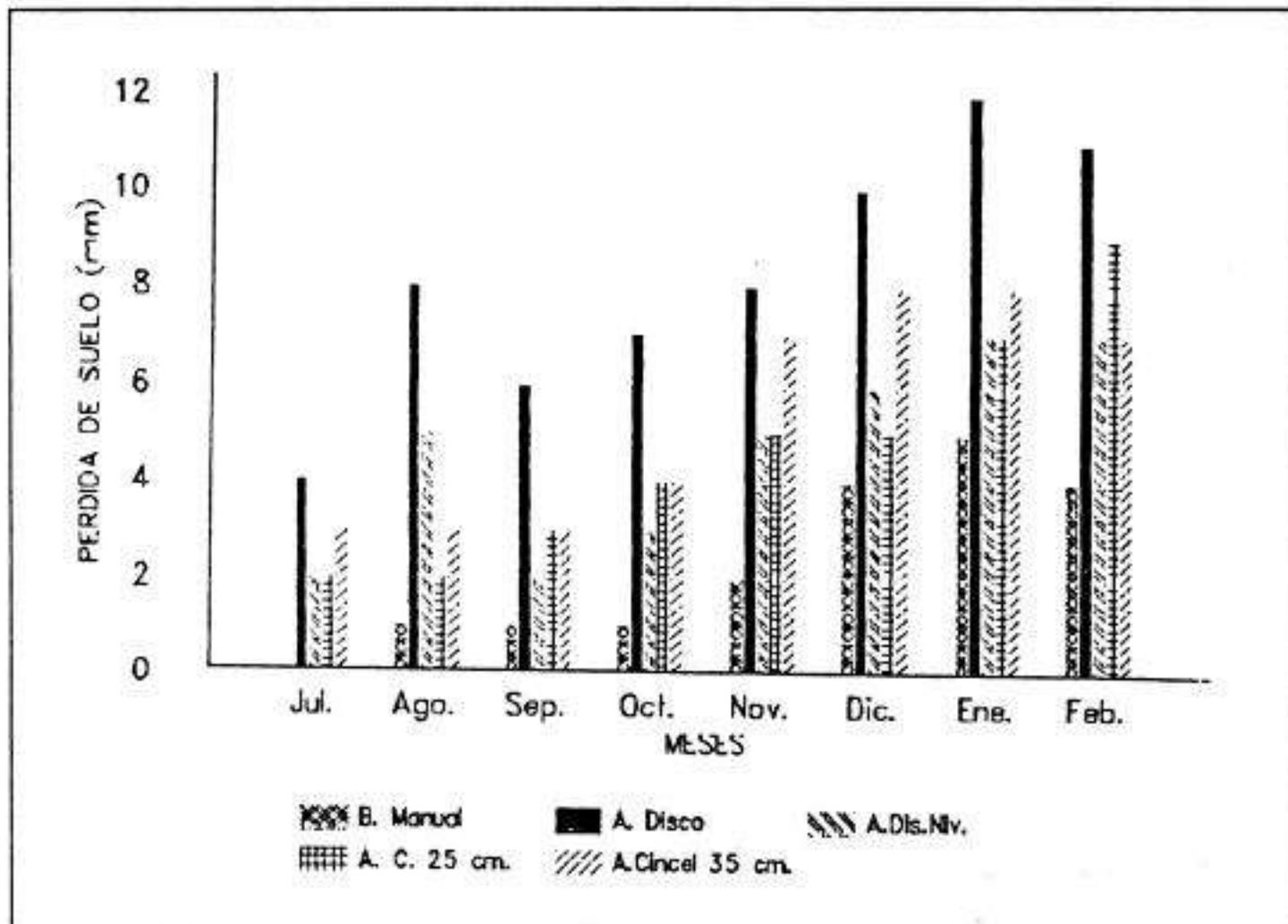


Figura 2. Pérdida de suelo en mm. por efecto de modalidades de laboreo.

CONCLUSIONES

- No existen diferencias estadísticamente en los rendimientos con sistemas de labranza de arado de disco y cincel; en consecuencia se puede implementar el laboreo con arado de cincel, con posibilidades similares de cosecha a la obtenida con arado de disco.
- En los rendimientos de los tratamientos con arado de disco, arado disco+nivelado, arado cincel 25 cm y arado cincel 35 cm existen diferencias altamente significativas con respecto al tratamiento con barbecho manual.
- En los tratamientos con arado de cincel se observó mejor almacenamiento y conservación de humedad durante el ciclo vegetativo.
- El tratamiento arado de disco presentó un incremento en el porcentaje de humedad acumulado, pero con una evaporación alta, debido a la remoción de suelo.

- El tratamiento arado de disco ocasiona la mayor pérdida de suelo por efecto de la erosión (16,8 t/ha/ciclo).

RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los resultados alcanzados por este estudio en suelos franco arenosos susceptibles a erosión, como es en el caso presente, se recomienda utilizar arado de cincel en vez de arados de vertedera o de disco.
- Para que sea eficaz la labranza se la debe efectuar perpendicular a la dirección de los vientos dominantes.

LITERATURA CITADA

- FAO. 1978. La erosión del suelo por el agua; algunas medidas para combatirlas en la tierra de cultivo. Cuadernos de Fomento N° 81, FAO, Roma 105 p.
- DIRECCION GENERAL DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA-SARH. 1982. Manual de conservación de suelo y agua. 2da. Ed. CP. México DF. p 157-165.

Validación de tecnología agrícola del cultivo de maíz para agricultores de subsistencia en la región Subandina de Chuquisaca, Bolivia

por Eloy J. Blanco P. *

INTRODUCCIÓN

Las regiones de transición de la cordillera oriental de los Andes hacia las zonas bajas tropicales y subtropicales del país, son áreas de gran potencial agrícola, por sus condiciones agroclimáticas y sobre todo por la regularidad del régimen de lluvias, asegurando la producción agrícola, así como la diversidad de cultivos que se producen como: cítricos, bananos, piñas, café, tubérculos, hortalizas, cereales y la tan mentada coca.

El agricultor de subsistencia de las zonas subtropicales y tropicales de Bolivia es el que emplea con más frecuencia la siembra directa, labor que realiza después de habilitar nuevas tierras para cultivo mediante el **Chaqueado** del bosque, que consiste en el rozado de la vegetación arbustiva, tumbado de los árboles y la quema de la empalizada, para posteriormente iniciar la siembra, siendo todas estas labores completamente manuales y rústicas.

Los agricultores grandes (empresarios) desarrollan sus actividades agrícolas y pecuarias en los alrededores de la parte sur de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, donde emplean tecnología agrícola avanzada (maquinarias e insumos), preferentemente las producciones de sus cultivos están orientadas a las agroindustrias establecidas en la región como son: la caña de azúcar, algodón y la soja. En estos últimos años en la región se está haciendo muy popular entre los productores la rotación soja (verano) trigo (invierno).

La región Subandina de Chuquisaca que comprende las provincias Hernando Siles, Luis Calvo y parte de Tomina, es la región de mayor producción maicera del departamento con 34.960 ha. con una producción de 68.870 t. y una productividad de 1.973 t./ha, seguida de ají *Capsicum pendulum wild* con 2.240 ha. cultivadas y maní *Arachis hipogea L.* con 1.983 ha. cultivadas. Según el censo agropecuario de 1984, la región está representada por propiedades menores de 3 a 20 ha. que representan el 85,7 por ciento de las propiedades agrícolas en la región.

En esta región (sudeste), el minifundio es más acentuado, siendo la mayoría agricultores de subsistencia, tradicionalistas. Su sistema productivo está basado en cultivos como: ají, maíz, maní y cumanda con muy poca adopción de tecnologías de cultivo. La mayor parte de estos agricultores emplean procedimientos rudimentarios que originan bajos rendimientos por el desconocimiento parcial o total del uso de fertilizantes y pesticidas para el control de malezas e insectos plagas. (Figura 1)

Técnicos del Programa Maíz del IBTA, desarrollan tecnologías agrícolas para beneficio de los agricultores de la región, siendo una primera fase de la adopción de estas tecnologías, la validación de las mismas recomendadas en campos de agricultores. El propósito de este estudio es evaluar el comportamiento de las variedades mejoradas y la tecnología tradicional.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se efectuó en el período agrícola de 1993/94 en dos localidades de la región Subandina de Chuquisaca: Chuya Yacu (Prov. Luis Calvo) y la Esmeralda (Prov. Hernando Siles), área de influencia

* Investigador del Programa Maíz del IBTA, Sucre, Bolivia.

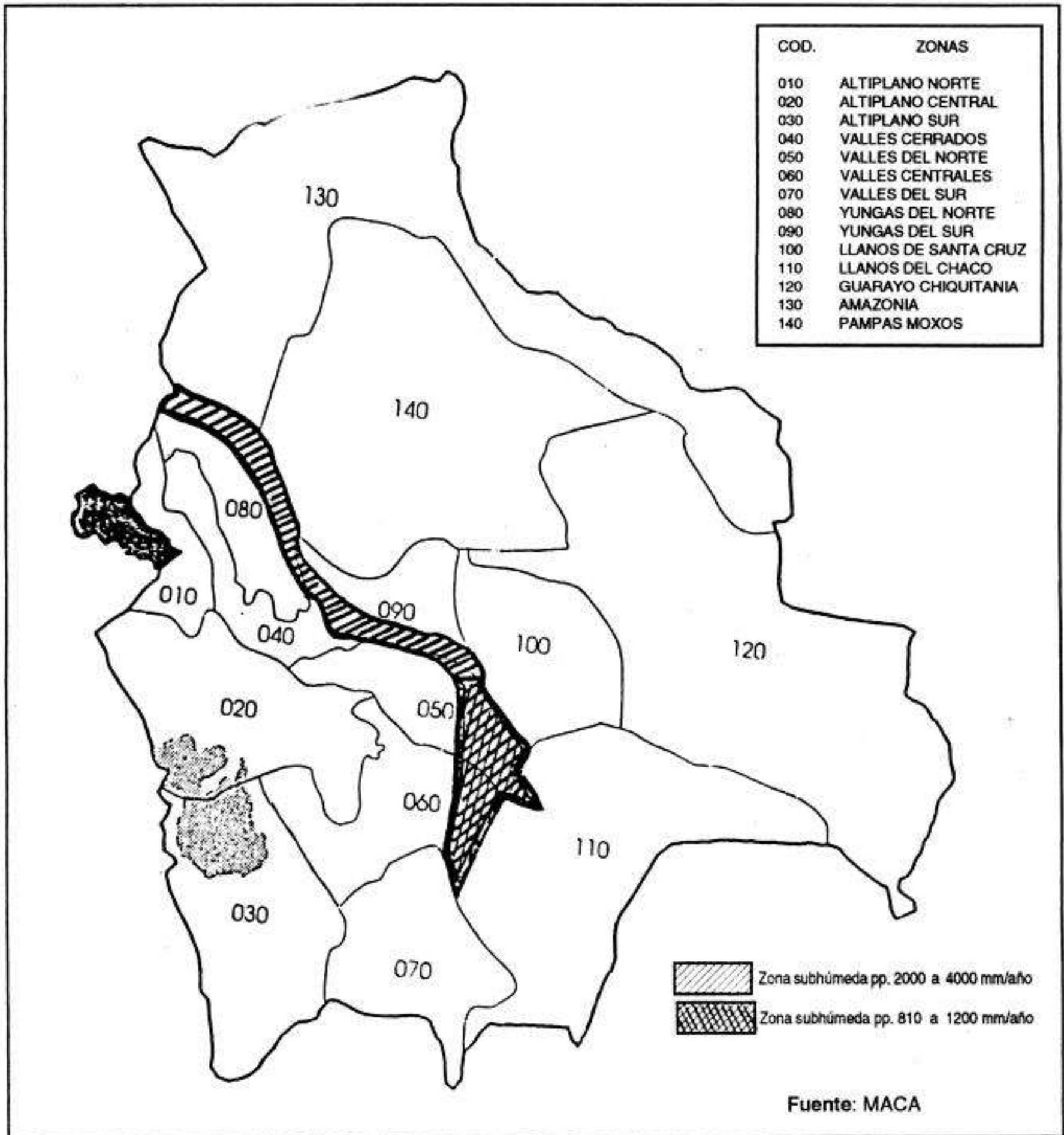


Figura 1. Zonas de producción agropecuaria.

de la Estación Experimental de Iboperenda localizada a 19°52'10" de L.S. y 63°46'01" de L.W. con una altitud de 1.117 m.s.n.m. siendo el promedio de precipitación pluvial de 815 mm/año y una temperatura anual de 19°C.

La siembra de las parcelas de validación se efectuaron en una superficie de 2.000 m² en ambas localidades, en Chuya Yacu se sembró el 22 de octubre 1993 y en la Esmeralda el 25 de noviembre de 1993. Utilizándose dos variedades de maíz, con aptitudes chocleras (maíz fresco en estado de masa): 1) Variedad mejorada, Aychasara 101 de granos blancos de alta calidad proteínica obtenida por Fitomejoradores del Centro Fitoecogenético de Pairumani - Cochabamba y 2) Variedad local, Choclera de Timboy Pampa, de granos amarillos.

La tecnología mínima de cultivo que recomienda el Programa es la siguiente:

- Variedad mejorada.
- Densidad controlada de plantas (50.000 pls/ha), surcos de 0,80 m x 0.50 m. entre plantas, dos plantas por sitio.
- Fertilización química fraccionada, con una dosis de 40-40-0 kg/ha de N-P-K. (100 kg de fertilizante comercial (18-46-0) Fosfato diamónico en la siembra y 50 kg de Urea, 46 por ciento de N al momento del aporque.
- Control de malezas de hoja ancha y angosta con herbicidas. Aplicación preemergente; mezcla de Atrazina 1,5 kg + Alaclor 1,5 l/ha.
- Control de plagas en especial el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) con insecticidas órgano fosforados. (Stermin - Metasystox - Curacron)

Comparando con la tecnología tradicional que contempla:

- Variedad local
- Densidad de siembra (20.000 pls/ha) distancia de siembra entre surcos y entre plantas a 1 m. con dos plantas por golpe.
- Sin fertilización química y/o orgánica.

- Control manual de malezas.
- Ningún control de plagas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las dos variedades en estudio: Aychasara 101 de granos blancos harinosos; y Choclero de Timboy Pampa de granos amarillos dentados, son variedades de porte alto 2,80 m. de altura de planta y 1,60 m. la altura a la mazorca; además son de ciclo de crecimiento intermedio, florecen a los 70-75 días. Se pueden cosechar en estado de choclo a los 100 a 110 días después de la siembra. La variedad local tiene muy buena cobertura de mazorca (bracteas) con respecto al Aychasara 101; ambas variedades son de muy buena palatabilidad en estado de choclo. La ventaja del Aychasara 101 es que permanece por más tiempo en estado de masa (choclo) por ser de granos harinosos; además que, en estado de grano seco, puede ser transformado en harina y tener otros usos culinarios (tostado, sopas), mientras que con el material local no se puede realizar por ser de textura semivítrea; efectúan el pelado del maíz (con ceniza y cal) para su consumo en mote.

Con la tecnología recomendada, se tuvo un excelente control de malezas de hoja ancha; caruro *Amaranthus* spp. y chiliquiwua *Bidens pilosa*; así como las de hoja angosta: grama *Cynodon dactylon* y el coquito *Cyperus rotundus*.

Además, sólo se efectuó una labor cultural de aporque con seis jornaleros, mientras que con la tecnología tradicional se efectuaron dos labores culturales: carpida y aporque, empleando en ambas labores 14 jornaleros. Es importante la reducción de una de las labores culturales como lo es la carpida que consiste básicamente en el control manual de malezas, porque en la región hay escasez de jornaleros.

Sólo en la localidad de Chuya Yacu se tuvo que emplear insecticida (Metasystox dosis 30 ml/20 l de agua) para controlar el daño del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*; en la otra localidad no se observaron daños de consideración del gusano cogollero. En ambas localidades no se detectaron

sintomatologías de patógenos fungosos a nivel foliar, sin embargo en el momento de la cosecha, se observaron pudriciones de mazorcas ocasionadas por *Fusarium* sp. en un 10 por ciento en la variedad Aychasara 101, mientras que en la variedad local no se presentaron pudriciones a nivel de las mazorcas.

En el Cuadro 1 se presentan los rendimientos de grano de las dos variedades en estudio en las dos localidades, bajo dos tecnologías de producción. Se observa que en las dos variedades de maíz: 1) la mejorada Aychasara 101 con 5.597.75 kg/ha y 2) la local choclero de Timboy Pampa con 5.491.91 kg/ha, cultivadas bajo tecnología recomendada, no hay grandes diferencias en cuanto al rendimiento del grano. Sin embargo, hay una diferencia importante con el rendimiento alcanzado con la variedad local bajo la tecnología del agricultor con 3.562,79 kg/ha que se debe sobre todo a que emplean una densidad baja de siembra (20.000 pls/ha).

CONCLUSIONES

- Existen diferencias importantes sobre todo en el rendimiento de grano entre las dos tecnologías de producción; la tecnología recomendada emplea

una densidad de siembra de 50.000 pls/ha mientras que la tecnología del agricultor es de 20.000 pls/ha.

- Con la tecnología recomendada y el empleo de herbicidas para el control de malezas, hay una disminución importante en el empleo de jornaleros en las labores culturales. Asimismo les facilita la aporcada, este aspecto es importante en regiones donde escasea la mano de obra y a la vez puede permitir cultivar más de las 3 ha de maíz que normalmente realizan por período agrícola.

LITERATURA CONSULTADA

- CORDECH. 1993. Informe Anual del Centro de Fomento a la Agricultura Subtropical CEFAS. Iboverenda.
- IBTA. 1993. Plan Operativo Técnico. Programa Maíz Duro y Semiduro. Tarija - Bolivia p. 167-173.
- IBTA. 1994. Sondeo Rural Participativo de las provincias Luis Calvo y Hernando Siles del Departamento de Chuquisaca 29 p.
- INE. 1993. Estadísticas Agrícolas. Período 1988 - 1992, La Paz, Bolivia, 36 p.
- LORENZI, H. 1986. Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantío directo e convencional 2 ed. Nova Odessa S.P., Brazil. 220 p.

Cuadro 1. Rendimiento de grano en kg/ha de las parcelas de validación de las localidades de Chuya Yacu y La Esmeralda bajo dos tecnologías de producción.

Localidad \ Variedad	Tecnología recomendada		Tecnología del agricultor
	Aychasara 101 (kg/ha)	Choclero de Timboy Pampa (kg/ha)	Choclero de Timboy Pampa (kg/ha)
Chuya Yacu	6.152,61	5.800,44	3.562,79
La Esmeralda	5.042,89	5.183,37	-----
Promedio	5.597,75	5.491,91	3.562,79

Labranza conservacionista en la región Centro-sur y Sur de Chile. Inventario, diagnóstico y propuestas técnicas

por Juan Luis Rouanet M.*

INTRODUCCIÓN

El área Centro-sur y Sur de Chile, comprendida entre los 35° y 45° latitud sur, con aproximadamente 2.000.000 de hectáreas, representa un porcentaje importante de la tierra dedicada a la producción agrícola y pecuaria, contribuyendo significativamente a la producción total de alimentos del país. Abarca las regiones VIII, IX y X en las que se distinguen grandes entidades fisiográficas que, en combinación con las características de suelo y clima, definen las Áreas Agroecológicas de Precordillera, Valle Central, Secano Interior y Secano Costero. Cada una de ellas presenta un manejo tecnológico agropecuario particular atendiendo a las características y potencialidades de sus recursos suelo y clima.

Los principales sistemas de producción incluyen una combinación de cultivos anuales y praderas, estas últimas, de variada composición botánica atendiendo al tipo de suelo y clima. Las praderas se incluyen en la rotación por un período de tres a cinco años, modelo que varía según las condiciones de mercado, socioeconómicas y culturales del agricultor. Destaca entre los cultivos anuales el trigo, (incluido en todo sistema de producción), avena, triticale, cebada, raps, y recientemente lupino, todos con mayor frecuencia en los sistemas de Precordillera. También se incluyen algunas leguminosas de grano como arveja, lenteja, fréjol y garbanzo, preferentemente en el Secano Interior. En estos modelos de producción de cultivos anuales

predomina la inversión del suelo lo que, junto a la alta concentración de lluvias durante los meses de mayo y junio, período en el cual el suelo se encuentra desprovisto de cubierta protectora, ha deteriorado visiblemente este recurso, causándole un alto grado de fragilidad en su uso.

La sustentabilidad de los actuales sistemas de producción se encuentra severamente amenazada, ya que, además, por condiciones de demanda y mercado, aquéllos, tienden a ser cada vez más intensivos y en consecuencia más extractivos. En estas condiciones los fenómenos de erosión, y recientemente de acidificación de los suelos, se ven acrecentados especialmente en aquéllos derivados de cenizas volcánicas recientes o Andisoles, ubicados en el Área Agroecológica de Precordillera, para estas regiones.

En estas regiones de Chile, la práctica de no invertir el suelo, generalmente para la siembra de cultivos anuales, no data de más de diez años. No obstante, ha alcanzado una gran aceptación por parte del agricultor empresarial, dado el hecho que según sus experiencias no se altera negativamente la producción por unidad de superficie, implica un menor uso de maquinarias y permite una mayor flexibilidad en la época de siembra. En el período señalado la superficie bajo uso labranza cero y labranza reducida del suelo se incrementó a una tasa de 4.000 ha por temporada agrícola, totalizando a la fecha entre 5.000 a 10.000 ha en la VIII Región, 60.000 ha en la IX Región, y otras 10.000 ha en la X región. En estas regiones la mayor superficie bajo el uso de la técnica de Cero Labranza, sin inversión de suelo se concentra en la Precordillera, área agroecológica que puede estar llamada a ser la más importante en la producción frente a futuros y cercanos

* Ingeniero Agrónomo, PhD, EE Carillanca/INIA, Temuco, Chile.

cambios de escenarios en la demanda de alimentos, productos de las políticas de economías globales de los países del Cono Sur.

TECNOLOGÍA PARA SIEMBRAS CON CERO LABRANZA

Las Estaciones Experimentales Carillanca (IX Región) y Quilamapu (VIII Región) han realizado, desde el año 1986, actividades de investigación para conocer y evaluar los efectos de la práctica de no invertir el suelo en la productividad de los cultivos anuales e impacto en el ambiente físico de producción.

En base a sus resultados se cuantificó y señaló sobre la cero labranza (práctica de manejo del suelo sin inversión y con eliminación de residuos sobre el suelo) lo siguiente:

1. Se puede aplicar sin limitaciones en todas las especies anteriormente nombradas sin deterioro de su productividad.
2. El rendimiento varía por efecto año al igual que en la labranza tradicional (con inversión).
3. La respuesta física en rendimiento y producción de biomasa de las especies a la aplicación de N y P es similar en ambos sistemas de labranza (con y sin inversión) (Figura 1, Cuadros 1 y 2),

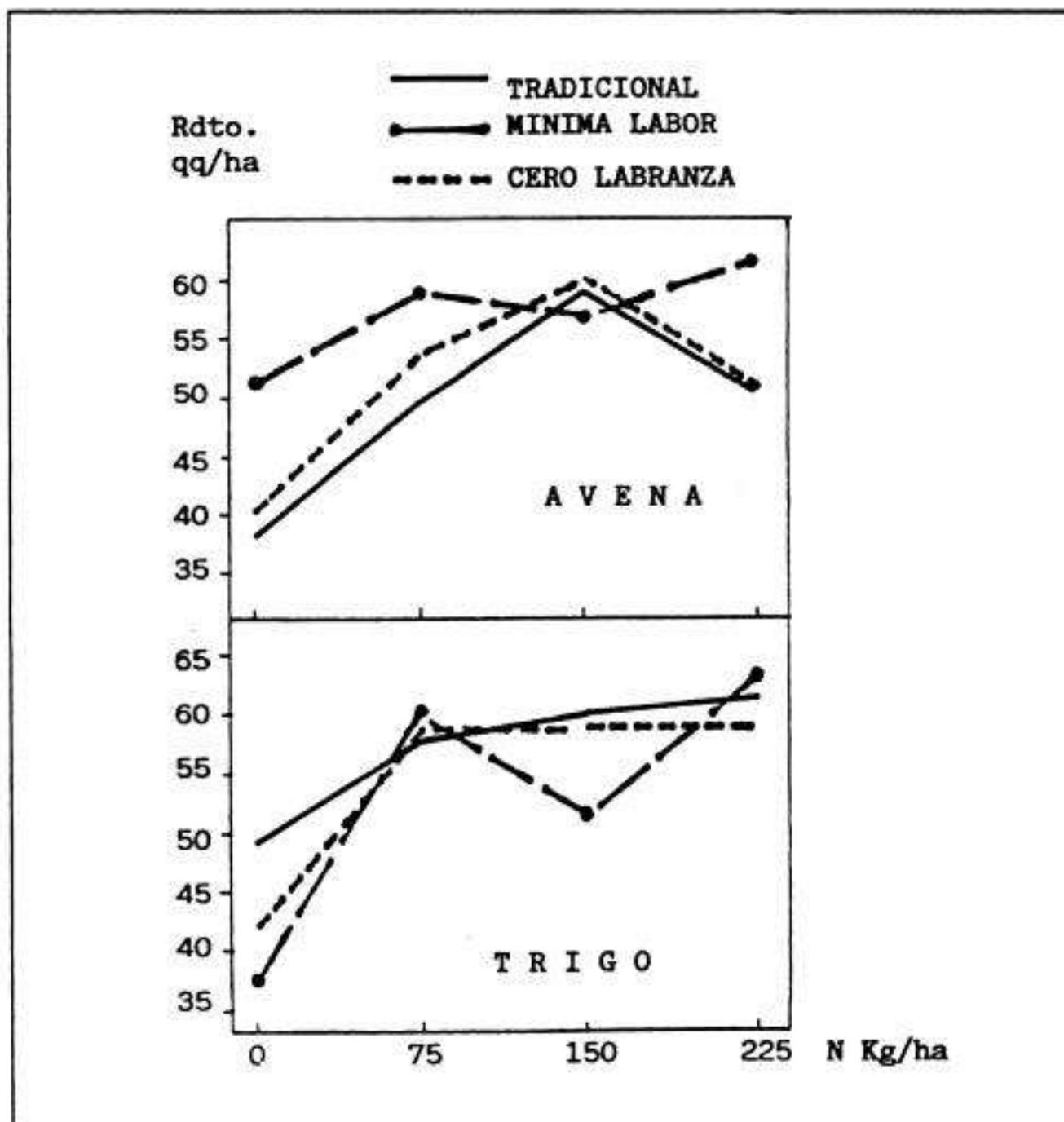


Figura 1. Respuesta en rendimiento (qq/ha) para trigo y avena en tres sistemas de labranza del suelo y dosis de N (kg/ha). Collipulli (Andisol).

Cuadro 1. Rendimiento de trigo (qq/ha), e índice de cosecha (%), trigo variedad Laurel, bajo tres sistemas de labranza y dosis N (kg/ha). Collipulli (Andisol).

Nitrógeno kg/ha	Tradicional	Mínima Labranza	Cero Labranza
Rendimiento (qq/ha)			
Testigo	56,49	34,00	44,63
75	55,18	58,00	56,99
150	59,56	51,68	57,87
225	61,75	61,06	57,37
Índice de cosecha (%)			
Testigo	0,45	0,36	0,42
75	0,41	0,42	0,40
150	0,43	0,42	0,42
225	0,44	0,42	0,42

Cuadro 2. Rendimiento Avena, variedades Nehuén y América (qq/ha) bajo tres sistemas de labranza y dosis N (kg/ha). Collipulli (Andisol).

	Tradicional	Mínima Labranza	Cero Labranza
Avena Nehuén			
N 0	38,06	53,56	40,56
N 75	49,62	56,81	53,56
N 150	58,74	54,62	59,43
N 225	50,12	62,25	51,81
Avena América			
N 0	37,25	52,85	51,55
N 75	49,23	56,34	53,21
N 150	58,03	54,41	59,09
N 225	49,37	61,77	51,55

4. La eficiencia fisiológica de producción de grano (kg de grano producido por kg de N absorbido por la planta) en cero labranza, experimenta un aumento en relación a la labranza convencional y mínima (Cuadros 3 y 4).
5. Los costos de producción son similares en ambos tipos de labranza ya que el ahorro por labores de preparación de suelos en los sistemas tradicionales con inversión y mínima labranza es reemplazado por el mayor uso de herbicidas en cero labranza.

Cuadro 3. Absorción de nitrógeno por la planta (kg/ha), eficiencia de recuperación y fisiológica de N, trigo variedad Laurel bajo dos sistemas de labranza y dosis N (kg/ha). Collipulli (Andisol).

	Dosis N (kg/ha)			
	0	75	150	225
Abs. N planta				
Tradicional	131,2	130,2	177,7	197,4
Cero L.	114,8	145,6	162,3	173,6
Ef. Recuperación (%)				
Tradicional	-	*	31,0	29,4
Cero L.	-	41,4	31,6	26,1
Ef. Fisiológica (%)				
Tradicional	-	*	2,6	7,9
Cero L.	-	40,3	28,3	22,0

* Insignificantes

Cuadro 4. Absorción de nitrógeno por la planta (kg/ha), eficiencia de recuperación y fisiológica de N, de avena Nehuén, bajo dos sistemas de labranza y dosis N (kg/ha). Collipulli (Andisol).

	Dosis N (kg/ha)			
	0	75	150	225
Abs. N planta				
Tradicional	81,1	145,7	181,6	197,6
Cero L.	90,4	152,2	150,5	190,5
Ef. Recuperación (%)				
Tradicional	-	46	37	41
Cero L.	-	42	40	44
Ef. Fisiológica (%)				
Tradicional	-	17	20	10

- 6. Se midió una menor pérdida de suelo con el uso de cero labranza en situación de ambientes de alta erodabilidad de este recurso (Suelos graníticos, VIII Región, Del Pozo *et.al*, 1993) (Figura 2).
- 7. Se logra un aumento de materia orgánica en el estrato superficial de los suelos en situación de

ambientes de alta erodabilidad de este recurso y un aumento en la concentración de P y K en los estratos superficiales del suelo (Cuadros 5 y 6).

- 8. Es posible reducir el uso del tractor y el consumo de combustible con respecto al sistema de labranza con inversión.

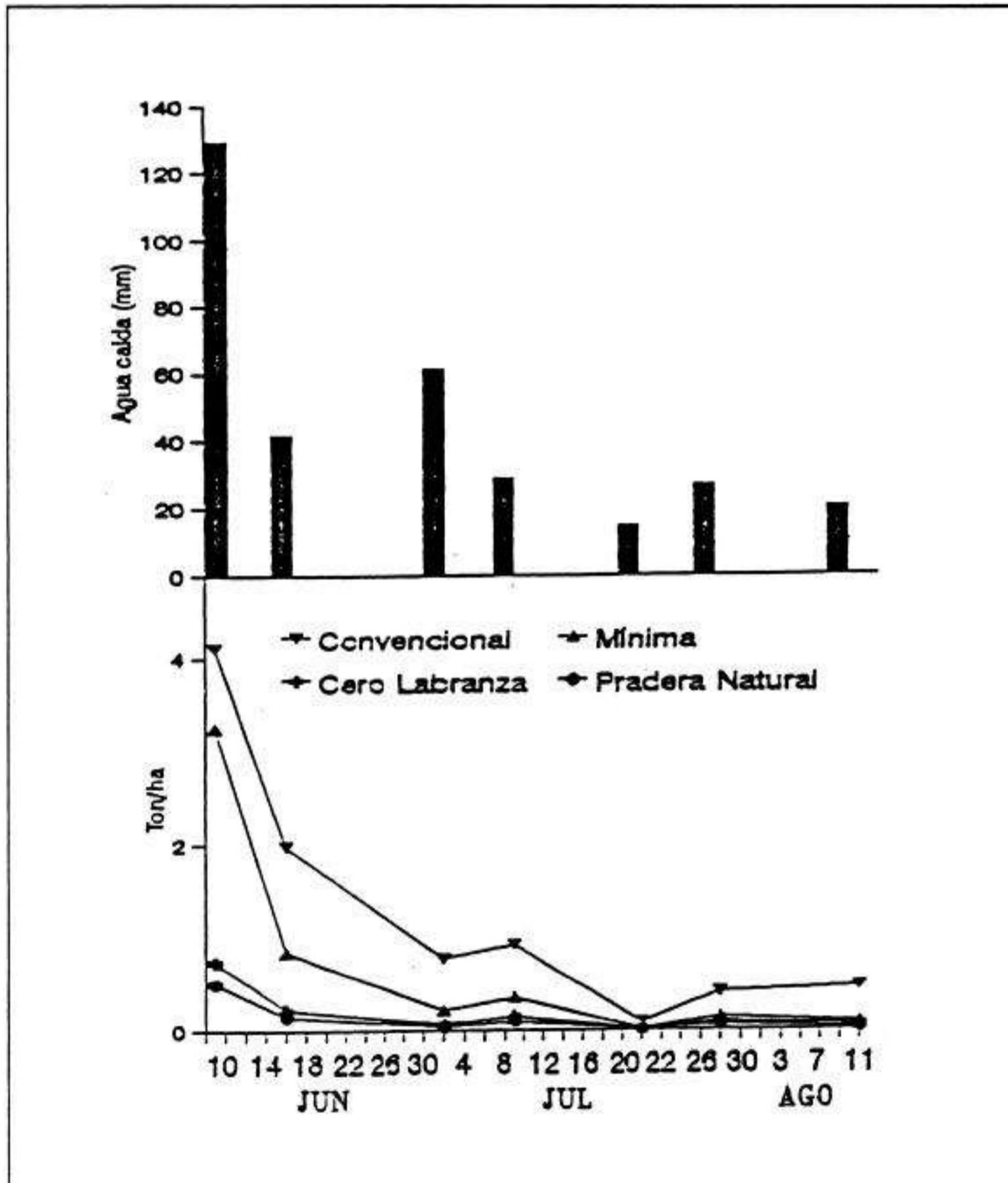


Figura 2. Pérdidas de suelo para diferentes sistemas de manejos de suelos y agua caída durante el período. Cauquenes 1993.

Cuadro 5. Contenido de N-P-K en suelo, de post-cosecha, trigo variedad Laurel. 4ª temporada bajo cero labranza, con dosis N aplicado (kg/ha) Collipulli (Andisol).

	Nitrógeno (ppm)				Fósforo (ppm)				K (mg/100 suelo)			
	N0	N75	N150	N225	N0	N75	N150	N225	N0	N75	N150	N225
Tradicional												
0 - 5	30,7	24,6	21,6	23,2	23,6	20,0	26,7	25,1	0,20	0,18	0,14	0,16
5 - 15	9,3	13,0	22,0	23,4	22,1	17,0	20,7	14,1	0,21	0,17	0,18	0,25
15 - 30	12,2	14,2	15,9	10,6	5,8	6,1	12,3	9,4	0,16	0,12	0,14	0,13
30 - 45	11,4	12,8	16,9	33,8	5,3	5,6	6,8	7,4	0,08	0,08	0,08	0,10
Mínima labranza												
0 - 5	20,3	19,3	30,5	22,4	20,7	20,7	23,6	22,9	0,15	0,19	0,34	0,32
5 - 15	18,5	17,5	17,1	21,2	11,8	16,0	21,4	17,9	0,10	0,13	0,16	0,26
15 - 30	13,4	13,4	12,2	16,7	6,6	9,5	14,7	8,2	0,06	0,10	0,14	0,15
30 - 45	12,6	10,6	28,1	27,3	9,2	7,4	6,7	7,6	0,06	0,07	0,06	0,11
Cero labranza												
0 - 5	18,3	17,9	20,3	19,1	26,8	27,6	23,7	20,7	0,33	0,32	0,29	0,21
5 - 15	12,6	15,5	14,4	15,7	13,8	18,0	12,9	12,6	0,18	0,17	0,13	0,14
15 - 30	10,6	18,5	15,1	12,6	7,6	12,0	7,8	9,5	0,10	0,10	0,12	0,14
30 - 45	12,2	13,0	11,2	16,3	7,8	6,8	6,5	19,0	0,10	0,07	0,10	0,40

Cuadro 6. Contenido de N-P-K en suelo, de post cosecha, avena variedad Nehuén. 4ª temporada bajo cero labranza, con dosis N aplicado (kg/ha) Collipulli (Andisol).

	Nitrógeno (ppm)				Fósforo (ppm)				K (mg/100 suelo)			
	N0	N75	N150	N225	N0	N75	N150	N225	N0	N75	N150	N225
Tradicional												
0 - 5	20,3	18,7	30,1	47,4	20,3	27,1	28,2	24,0	0,19	0,17	0,12	0,15
5 - 15	23,3	27,3	21,4	12,9	16,6	14,1	14,6	0,17	0,24	0,16	0,12	-
15 - 30	30,1	11,4	24,0	64,5	7,6	10,1	11,2	7,4	0,10	0,07	0,07	0,09
30 - 45	21,6	23,4	42,3	41,3	7,1	5,3	8,4	6,1	0,12	0,09	0,05	0,07
Minima labranza												
0 - 5	-	16,3	22,4	23,6	25,9	27,6	31,9	36,3	0,22	1,17	0,42	0,32
5 - 15	16,9	15,9	15,9	24,2	13,5	15,4	17,0	14,8	0,14	0,10	0,22	0,26
15 - 30	13,0	11,2	17,1	13,8	10,1	7,1	14,9	9,5	0,11	0,11	0,18	0,15
30 - 45	9,2	13,8	25,8	34,6	25,5	7,1	5,8	5,4	0,07	0,08	0,09	0,11
Cero labranza												
0 - 5	32,1	17,9	46,8	28,1	8,9	25,2	30,2	20,9	0,10	0,22	0,24	0,26
5 - 15	11,0	22,2	34,6	24,2	10,6	12,6	19,3	17,6	0,12	0,13	0,17	0,20
15 - 30	12,0	14,2	52,3	15,5	7,6	5,3	10,3	9,5	0,12	0,08	0,17	0,18
30 - 45	13,4	25,4	34,2	15,9	7,1	6,8	5,8	21,4	0,10	0,08	0,12	0,11

DIAGNÓSTICO DE LA TECNOLOGÍA EN LABRANZA CONSERVACIONISTA

El conocimiento generado por la investigación de ambas Estaciones Experimentales y el hecho de que a partir de 1990 se observó un incremento notorio en el mercado de una gran diversidad de maquinaria especializada de siembra sobre suelo sin inversión, determinó un uso creciente de esta maquinaria, lo que incentivó a agricultores y profesionales del agro a:

- a) Uso de residuos sobre el suelo.
- b) Un uso intensivo del suelo en variada condición topográfica.
- c) Aumentar el uso de N-fertilizante.
- d) Uso de fuentes de N y P amoniacales en conjunto con la no inversión del suelo.
- e) Uso indiscriminado de mezclas de herbicidas dado una disminución en su costo.
- f) Aumento de las dosis de semillas en todas las especies.
- g) Siembra de cultivos de invierno con un suelo saturado de agua en todo su perfil, dada la época de mayor concentración de las precipitaciones.
- h) Prescindir de rotaciones o elección del precultivo adecuado desde el punto de vista de sanidad del suelo y aprovechamiento de la residualidad de los nutrientes aplicados como fertilizantes.

Se observa entonces que, además de las siembras "tradicionales" practicadas sobre suelo con inversión y uso del fuego para la eliminación del residuo (rastreo), existen otras tres situaciones generales de siembras. Cada una de estas cuatro modalidades de siembra pudieran estar induciendo a una dinámica biológica, físico-química, hídrica y nutricional diferente, lo que pudiera estar definiendo, a su vez, un uso de normas de fertilización específicas en cada caso. En grado creciente de propiedades conservacionistas del suelo, se cuenta con:

1. "Mínima labranza" con un grado de alteración superficial o vertical del suelo (vibro-cultivador o arado cincel respectivamente), y con eliminación de residuos.

2. "Cero labranza" referida a la no inversión del suelo (con arado y/o rastra) y uso del fuego para la eliminación del residuo.
3. "Siembra directa" esto es, siembra sobre un suelo sin inversión y con manejo del residuo sobre el suelo.

Este conjunto de prácticas y tecnologías disponibles, que son utilizadas hoy en siembras sin inversión de suelos en las regiones aludidas, pudieran estar explicando los siguientes fenómenos en los sistemas de producción:

1. Cambio en la dinámica poblacional y relaciones de competencia de las especies de malezas entre los modelos de siembra, provocando en caso de cero labranza la dominancia de la *Vulpia bromoides*, la que en algunos casos afectó negativamente la productividad y rentabilidad del sistema de producción.
2. En el caso de uso de residuos, un posible cambio en las condiciones microclimáticas sobre el suelo, puede estar derivando en cambios de la población de *Derocera reticulatum* o vulgarmente babosa, provocando un incremento en los costos por la necesidad de resiembra y disminución de la productividad general. No se sabe si estos efectos son locales o pueden tener una mayor cobertura.
3. Aumento paulatino de la densidad aparente del suelo en su perfil, lo que conduce a profesionales y agricultores en algunos ambientes, a invertir el suelo entre el cuarto al séptimo año después de iniciado el sistema sin inversión o retornando a "mínima labranza", interrumpiendo el ciclo de cero labranza o siembra directa.

PROPUESTAS DE LA INVESTIGACIÓN EN CERO LABRANZA

Puesto que la técnica de labranza sin inversión es constantemente innovada por la capacidad empresarial de los agricultores y basado en la importancia de potenciar el conocimiento emanado en conjunto por la investigación y la gestión de los productores agrícolas,

INIA justifica el estudio básico que norme este conjunto de prácticas mediante la cuantificación de los efectos de los sistemas alternativos de labranza del suelo (con y sin manejo de cubierta vegetal) en las propiedades físico-químicas, microbiológicas del suelo y en la dinámica del agua y nutrientes en suelos de tal manera de:

- Definir las normas sobre como y cuando realizar labranza sin inversión con o sin manejo de residuos, de acuerdo al tipo de suelos y régimen climático.
- Ajustar la recomendación de tecnología del uso de fertilizantes (fuentes, parcialización y dosis). Ajuste y manejo de enmiendas en rotaciones cultivos anuales-praderas, sistemas actualmente con limitaciones a su productividad debido a la intensificación del proceso de acidificación (Cuadros 7, 8 y 9).
- Ajustar las normas de manejo de cultivo, como época de siembra, dosis de semilla, elección de precultivo (atendiendo al efecto alelopático del

Cuadro 7. Perfil químico (bases de cambio) en suelo acidificado sin inversión de suelo. Previo siembra, inicio cuarta temporada bajo cero labranza (mayo). (Victoria, Transicional).

Profundidad	Ca	Mg	Na	K	Suma	Al KCl	CICE	Sat. Al %
	←----- meq/100 gr ----->							
0 - 5	0,80	0,46	0,09	0,43	1,78	1,39	3,17	43,8
5 -15	0,16	0,04	0,05	0,13	0,38	2,00	2,38	84,0
15 -30	1,18	0,16	0,08	0,08	1,50	0,47	1,97	23,9
30 -45	3,77	0,76	0,11	0,07	4,71	0,12	4,83	2,5

Cuadro 8. Perfil químico (bases de cambio) suelo acidificado, después de inversión, (después de cuatro temporadas bajo cero labranza), y 60 días posterior aplicación CaCO₃, previo siembra. Victoria (Transicional).

Profundidad cm	Ca	Mg	Na	K	Suma	Al KCl	CICE	Sat. Al %
	←----- meq/100 gr suelo ----->							
0 Cal								
0 - 5	0,48	0,17	0,04	0,26	0,95	2,19	3,14	69,7
5 -15	0,42	0,09	0,06	0,17	0,74	2,17	2,91	74,6
15 -30	0,75	0,16	0,04	0,22	1,17	1,50	2,67	56,2
30 -45	0,90	0,14	0,06	0,14	1,24	1,51	2,75	54,9
2 toneladas Cal								
0 - 5	4,33	0,26	0,03	0,22	4,54	*	4,84	*
5 -15	3,29	0,14	0,05	0,17	3,65	0,18	3,83	4,7
15 -30	2,85	0,22	0,07	0,15	3,29	0,47	3,76	12,5
30 -45	1,23	0,24	0,09	0,11	1,67	1,36	3,05	44,9
4 toneladas Cal								
0 - 5	6,54	0,39	0,08	0,24	7,25	*	7,25	*
5 -15	1,79	0,17	0,04	0,17	2,17	0,75	2,92	25,7
15 -30	1,77	0,21	0,06	0,14	2,18	0,74	2,92	25,3
30 -45	1,07	0,20	0,09	0,11	1,47	1,15	2,62	43,9

* Al (KCl) menor 0,005 meq/100; % Sat. Al menor que 0,05%

Cuadro 9. Perfil químico (bases de cambio) suelo acidificado, sin inversión, (después de cuatro temporadas bajo cero labranza), y 60 días posterior aplicación CaCO_3 , previo siembra. Victoria (Transicional).

Profundidad cm	Ca	Mg	Na	K	Suma	Al KCl	CICE	Sat. Al %
	← meq/100 gr suelo →							
0 Cal								
0 - 5	0,49	0,29	0,06	0,24	1,08	2,14	2,22	96,4
5 - 15	0,23	0,10	0,08	0,13	0,54	2,17	2,79	77,7
15 - 30	0,40	0,12	0,09	0,16	0,77	1,59	2,36	67,4
30 - 45	0,36	0,07	0,08	0,09	0,60	1,48	2,08	71,2
2 toneladas Cal								
0 - 5	2,37	0,26	0,07	0,19	2,88	1,13	4,01	28,2
5 - 15	0,68	0,16	0,07	0,13	1,04	2,22	3,26	68,1
15 - 30	1,36	0,20	0,05	0,13	1,76	1,33	3,09	43,0
30 - 45	0,67	0,12	0,04	0,08	0,92	1,62	2,54	63,8
4 toneladas Cal								
0 - 5	7,43	0,67	0,04	0,20	8,34	*	8,34	*
5 - 15	5,73	0,37	0,07	0,13	6,30	*	6,30	*
15 - 30	3,15	0,38	0,05	0,16	3,74	0,75	4,49	16,7
30 - 45	1,14	0,23	0,01	0,10	1,47	1,54	3,08	50,0

* Al (KCl) menor 0,005 meq/100; % Sat. Al menor que 0,05%.

residuo del precultivo) en presencia de residuo sobre el suelo.

- d. Ajuste del control preventivo de plagas y enfermedades, frente al ambiente suelo-planta modificado por el uso de la no inversión y uso de residuos.
- e. Justificar o rechazar desde el punto de vista económico el uso de técnicas de cero labranza o en general sin inversión.
- f. Proposición de planes de conservación y recuperación del suelo sin disminuir superficies sembradas, sujeto a evaluación de los costos directos y factibilidad técnica de uso de siembra directa o cero labranza.

La investigación propuesta debe tener el carácter de permanente, financiada principalmente por asociaciones de agricultores. De esta manera, se espera que el conocimiento emanado de los centros de investigación esté constantemente ajustando las decisiones de gestión agrícola.

LITERATURA CITADA

DEL POZO, A.J.; RIQUELLME, D.I.; JELDES y ALIAGA, C.. 1993. Pérdidas de suelo por erosión hídrica en tres sistemas de labranza en el secano interior de la zona mediterránea de Chile. Estación Experimental Quilamapu. INIA. Proyecto FAO Regional.

Situación actual y perspectivas de la siembra directa en el Paraguay

por Héctor Causarano *

La siembra directa, labranza cero o siembra en el rastrojo, ha demostrado ser un método de cultivo protector y recuperador de la calidad de los suelos. En Paraguay, la superficie cultivada con esta forma de agricultura está en proceso de continuo aumento.

El presente documento analiza la importancia de fomentar la extensión de la siembra directa, las características de las explotaciones actuales, los principales problemas y las perspectivas de su desarrollo futuro.

LA NECESIDAD DE HACER SIEMBRA DIRECTA

La degradación de los suelos agrícolas del país, debido principalmente al uso de implementos que exponen el suelo a la acción destructiva de las intensas y frecuentes lluvias es, sin duda, la principal razón para que una finca se incorpore al sistema de siembra directa.

Todo agricultor nota que los rendimientos de sus cultivos disminuyen conforme aumentan los años de uso de sus suelos, y que esta situación no se revierte con el simple uso de fertilizante (Ver Figura 1).

La situación observada en la Figura 1 supone que la degradación del suelo no ocurre solamente en el aspecto químico (bajo nivel de nutrientes), sino que también ocurren daños en el aspecto físico (disminución de la porosidad, baja retención de agua, tendencia al encostramiento superficial y compactación, etc.), y en el aspecto biológico (efectos negativos en la población de lombrices, insectos y microorganismos benéficos del suelo).

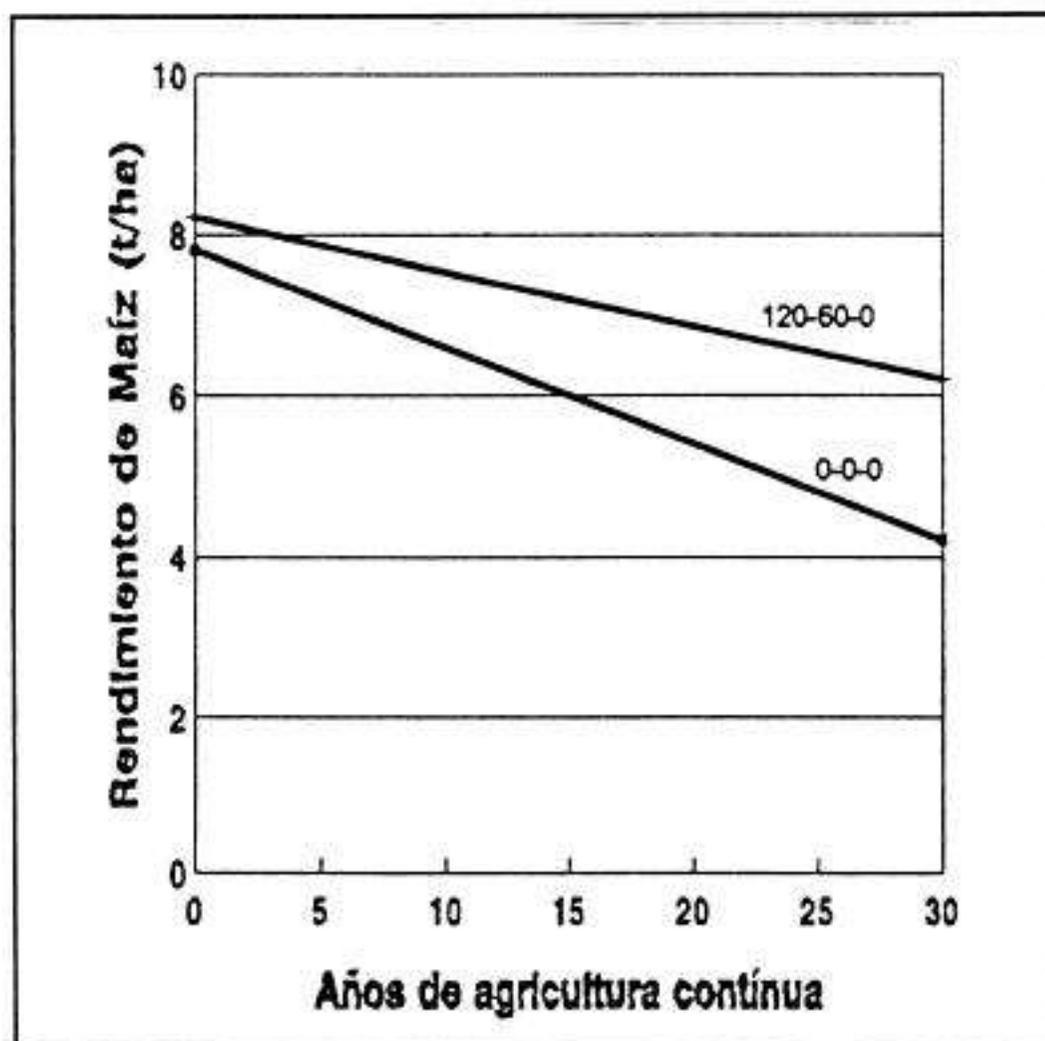


Figura 1.
Efecto de la historia de cultivo en el rendimiento de maíz a dos niveles de fertilización (Senigaglia *et al*, 1984)

* Ing. Agr. MSc. Especialista en Suelos. Dirección de Investigación Agrícola Ministerio de Agricultura y Ganadería, Asunción, Paraguay.

SUPERFICIE CULTIVADA CON SIEMBRA DIRECTA

Según una encuesta realizada por el INCADE (1993), en la campaña agrícola 1992/93, a nivel nacional fueron cubiertas alrededor de 72.000 hectáreas con siembra directa. En esta superficie, solamente el 29 por ciento de los agricultores realizan la siembra directa en forma continua. La encuesta también estimó que el 80 por ciento de la siembra directa se realiza en fincas con más de 125 ha y aún no existe siembra directa tractorizada en fincas menores de 25 ha. Otro dato aportado por la encuesta señala que el 75 por ciento de la siembra directa que se realiza actualmente, fue iniciada en los últimos tres años, y solamente un tres por ciento se inició hace siete años o más.

TIPOS DE AGRICULTORES QUE REALIZAN SIEMBRA DIRECTA EN EL PARAGUAY

Existen básicamente dos tipos de agricultores. El pequeño agricultor (que aquí definimos como agricultor con poco capital), generalmente con implementos agrícolas a tracción animal y, el mediano o gran agricultor que posee mayor capital y cuenta con implementos tirados por tractor.

El primer grupo se encuentra principalmente en el norte del departamento de San Pedro y en la zona de Edelira (Itapúa norte). Estos agricultores están agrupados en una *"Asociación de Pequeños Productores de Siembra Directa"*. Una de las prácticas que se encuentra en adopción es la rotación maíz/mucuna-algodón. En este sistema, la mucuna se siembra entre las hileras del maíz luego de 2 ó 3 meses de sembrado el maíz. Posteriormente, se cosecha el maíz y el siguiente verano se siembra algodón directamente sobre los rastrojos de mucuna. De esta forma, la mucuna protege efectivamente el suelo contra la erosión, controla malezas y libera nutrientes al suelo (Derpsch y Forentín, 1992).

Otra práctica que está siendo adoptada por pequeños productores es la rotación acevén-poroto en asociación con plantas de yerba mate. Además de las ventajas de protección y mejoramiento de las propiedades del suelo, con este sistema se consigue cosecha de poroto para consumo familiar y semilla de acevén para la venta, en un sitio que de otra forma

permanecería sin producción en los primeros años de la yerba mate (Meza y Moriya, 1993). En este sistema, se siembra acevén en invierno entre las hileras de yerba mate, posteriormente se cosecha el acevén y se siembra poroto en el mes de octubre; en febrero una vez cosechado el poroto, se produce un resiembra natural del poroto que no alcanza a dar buena producción pero permite cobertura del suelo y control de malezas; en el siguiente invierno, el acevén germina en forma natural.

Numerosos equipos a tracción animal, tales como sembradoras abonadoras, rolo cuchillo y pulverizadores están siendo desarrollados para la pequeña propiedad.

El segundo grupo de agricultores - los que poseen tractor y mayor capital- está formado, principalmente, por colonos extranjeros: brasileros, japoneses y menonitas. Son los que se dedican principalmente al cultivo de la soja, maíz, trigo y girasol. Estos agricultores están agrupados en varias asociaciones, y el año pasado consiguieron fundar la Federación Paraguaya de Agricultores de Siembra Directa.

En el departamento de San Pedro se encuentran las colonias menonitas de Volendam, Friesland, Río Verde y Nueva Durango. Las parcelas más antiguas en Colonia Volendam tienen alrededor de ocho años. Sin embargo, están logrando rendimientos bajos y tienen necesidad de un mejor manejo de la fertilización, el uso de herbicidas y los abonos verdes.

En el departamento de Caaguazú se encuentran las colonias menonitas de Sommerfeld, Bergthal y Nueva Esperanza, donde actualmente se cultivan alrededor de 6.800 hectáreas en siembra directa. Estos agricultores han sido muy entusiastas con la siembra directa, de una ínfima superficie en el año 1992, pasaron a aproximadamente el 90 por ciento de la superficie de Sommerfeld y el 20 por ciento de la superficie de las otras dos colonias cubiertas con siembra directa en 1994. Estos agricultores necesitarán apoyo técnico para no desanimarse con los obstáculos que puedan presentarse en los primeros años de iniciada la siembra directa, ya que en suelos degradados como estos, generalmente lleva tres años para comenzar a notarse alguna recuperación y siete años para que se establezca el sistema (Sá, 1993). También

en el departamento de Caaguazú, distrito de Raúl A. Oviedo, colonos brasileros están haciendo siembra directa en aproximadamente 2.000 hectáreas, el 40 por ciento de la superficie que disponen (Agr. Ciani, comunicación personal).

En el departamento de Alto Paraná se encuentra la Colonia Yguazú, formada por inmigrantes japoneses. Estos agricultores poseen prácticamente el 100 por ciento de la superficie (unas 12.000 hectáreas) cubiertas con siembra directa; las parcelas más antiguas tienen 10 años de siembra directa continua. Son probablemente los mejores en la práctica de la siembra directa en Paraguay, obteniendo rendimientos promedios de 2.500 kg/ha en trigo y 3.500 kg/ha en soja.

Bordeando el río Paraná, departamentos de Canindeyú y Alto Paraná, se encuentran numerosos colonos brasileños que también están iniciándose en la siembra directa con diversos grados de éxito.

En el departamento de Itapúa se encuentran las Colonias Unidas, Pirapó, Fuji y La Paz, que están produciendo alrededor de 26.000 hectáreas en siembra directa. En esta cifra no se incluyen algunos agricultores asociados a Colonias Unidas que hacen siembra directa de soja, pero luego aran el suelo para el trigo.

También varias empresas agrícolas como Golondrina (Caaguazú), Agropeco y Agro Ñacunday (Alto Paraná), se encuentran practicando siembra directa con buenos resultados.

En el Chaco Paraguayo, no se practica a nivel comercial, pero la Estación Experimental Chaco Central del Ministerio de Agricultura está realizando trabajos de adaptación. Las perspectivas son alentadoras ya que en el Chaco Boliviano, en condiciones similares (800 mm de precipitación anual), un agricultor está produciendo alrededor de 2.500 hectáreas de soja, sorgo y otros cultivos con siembra directa (Derpsch, comunicación personal).

VENTAJAS ENCONTRADAS EN LA PRÁCTICA DE SIEMBRA DIRECTA

Muchos agricultores comienzan con la siembra directa por ventajas económicas. Principalmente por

el ahorro de tiempo al prescindir de las labores de preparación de suelo lo que representa sembrar mayor superficie en el momento más oportuno. Además, existe un ahorro de capital en el mediano plazo, ya que si bien el costo inicial de la sembradora es alto, se deja de amortizar por implementos de preparación del suelo y se requiere de tractores de menor potencia de los que utilizaba anteriormente. Por otro lado, se prolonga la vida útil del tractor al utilizarlo menos horas/año de lo que se utilizaba cuando hacia siembra convencional.

Resultados de una encuesta realizada en la campaña agrícola 1991/92 (Aoyama, 1993), muestra que los agricultores también están notando mejoras en el rendimiento de soja al pasar de siembra convencional a siembra directa, pero que la diferencia no es tan marcada en el caso de trigo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Encuesta a productores de trigo y soja. Respuesta a la pregunta de cómo observan el desarrollo de sus cultivos en siembra directa comparado con siembra convencional (Aoyama, 1993).

Cultivo	Respuesta	% encuestados
Soja	Bueno	63,3
	Igual	35,8
	Peor	1,9
Trigo	Bueno	20,8
	Igual	60,4
	Peor	11,3
	No cultivan	7,5

Trabajos de investigación conducidos por la Dirección de Investigación Agrícola del Ministerio de Agricultura y Ganadería confirman las ventajas mencionadas por los agricultores.

Los datos de las Figura 2 y 3 provienen de un ensayo de cuatro años comparando siembra directa con labranza convencional (arada y rastreada), y rotaciones de cultivos, realizado en Capitán Meza, Itapúa.

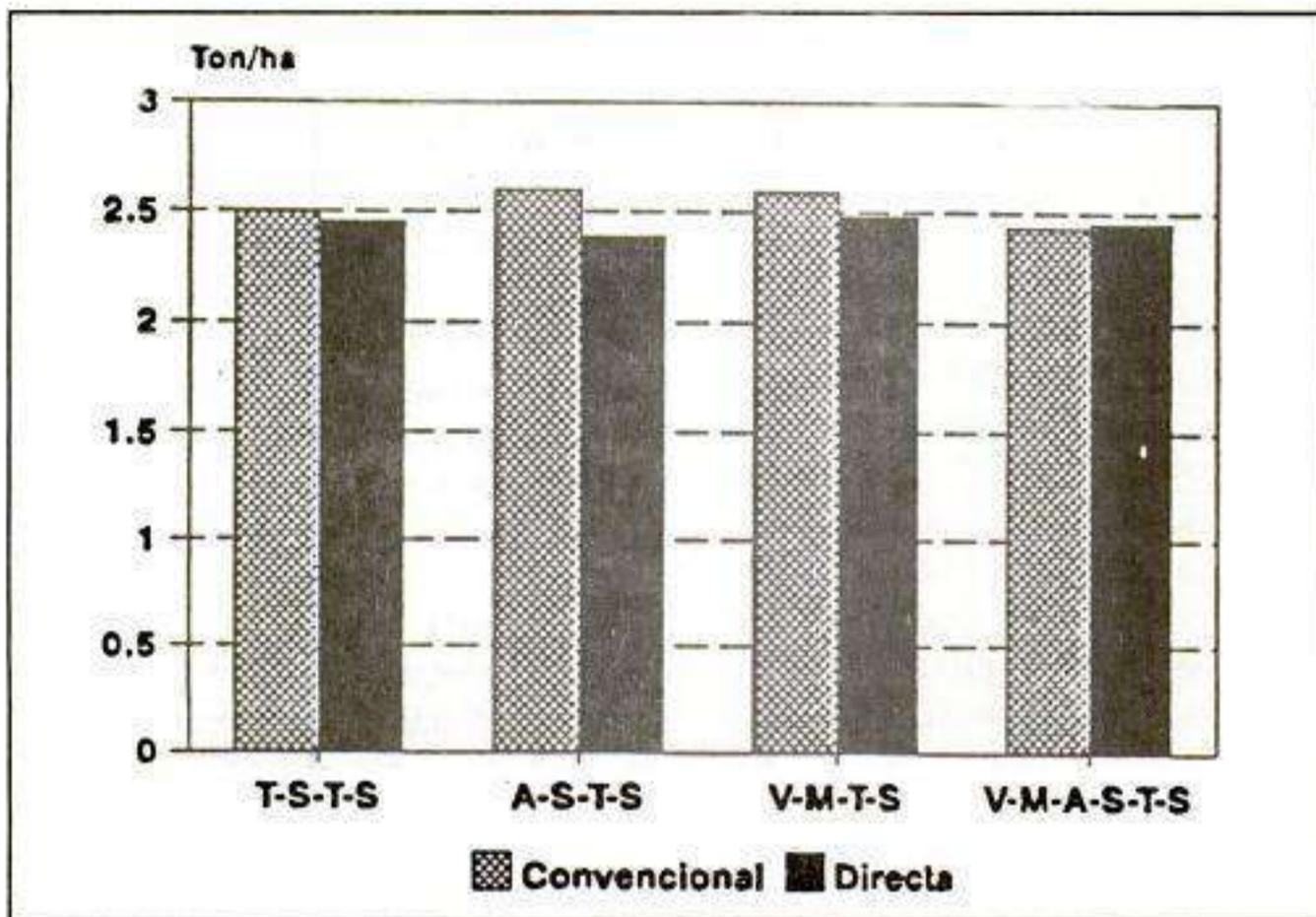


Figura 2. Comparación de rendimientos de trigo en diferentes sistemas de preparación de suelo (siembra directa y labranza convencional) y diferentes rotaciones (T=Trigo, S=Soja, A=Avena negra, V=Vicia, M=Maíz). Datos de CRIA 1993.

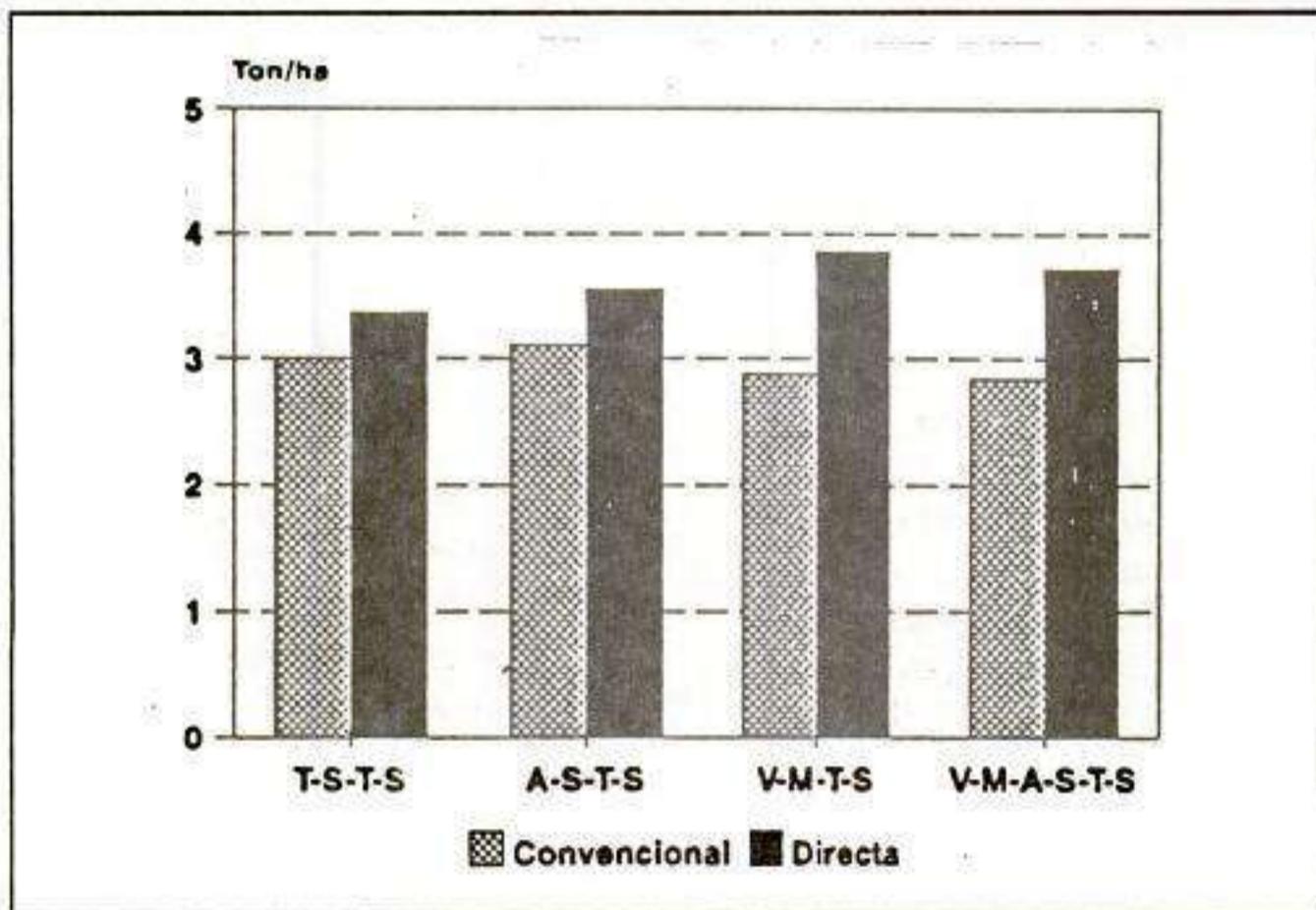


Figura 3. Comparación de rendimientos de soja en diferentes sistemas de preparación de suelo (siembra directa y labranza convencional) y diferentes rotaciones (T=Trigo, S=Soja, A=Avena negra, V=Vicia, M=Maíz). Datos de CRIA 1993.

Al cabo de cuatro años se observó que prácticamente no existían diferencias en el rendimiento del trigo, comparando siembra directa con convencional, pero sí en el caso de soja. Esta diferencia se tradujo en mejores beneficios netos para el sistema de siembra directa (Figura 4).

Mejoras en la calidad química del suelo fueron igualmente notorias, principalmente en el incremento de los niveles de materia orgánica, fósforo, potasio, calcio y magnesio (Figura 5).

Además fue observado que los agregados de suelo bajo siembra directa fueron más estables que los agregados de labranza convencional (Figura 6). Esto es particularmente importante en Paraguay debido a la intensidad de las lluvias y el consiguiente riesgo de erosión.

PRINCIPALES PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN LA ACTUALIDAD

El alto costo inicial para la compra de la sembradora es uno de los principales obstáculos que encuentran los agricultores para iniciar la siembra directa en su finca. Por lo tanto, es necesario disponer de créditos blandos para la adquisición de estas máquinas.

Algunos agricultores se encuentran con problemas porque inician la siembra directa en suelos muy erosionados, compactados, o con pH y fertilidad muy bajos. En este tipo de circunstancias deben realizarse correcciones del suelo en primer lugar.

La nueva práctica requiere de conocimientos nuevos, y el agricultor debe capacitarse para triunfar en los primeros años. La capacitación debe incluir uso

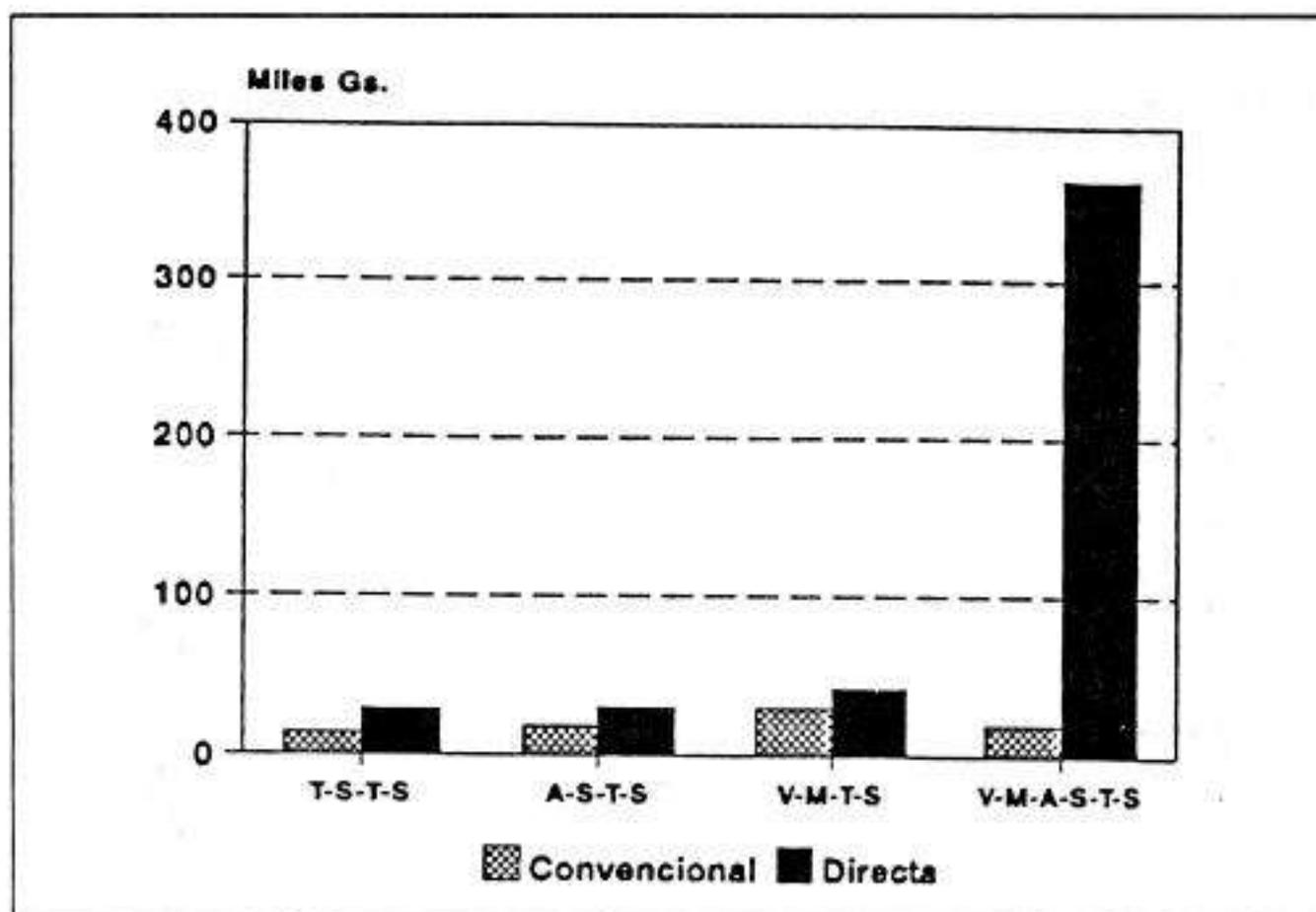


Figura 4. Comparación de beneficios netos en diferentes sistemas de preparación de suelo (siembra directa y labranza convencional) y diferentes rotaciones (T=Trigo, S=Soja, A=Avena negra, V=Vicia, M=Maíz). Datos de CRIA 1993.

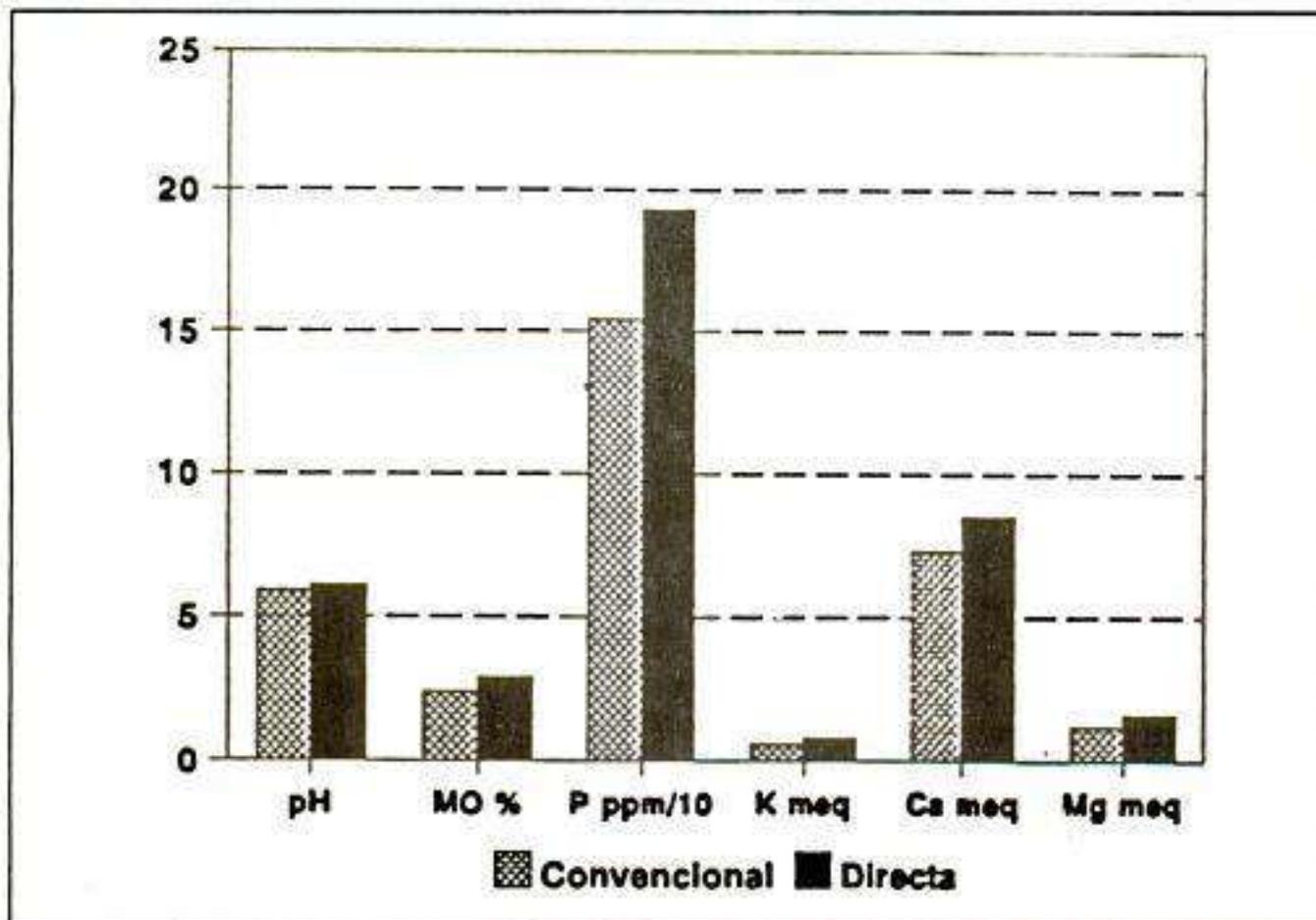


Figura 5. Comparación de parámetros de fertilidad en diferentes sistemas de preparación de suelo (siembra directa y labranza convencional) y diferentes rotaciones (T=Trigo, S=Soja, A=Avena negra, V=Vicia, M=Maíz). Datos de CRIA 1993.

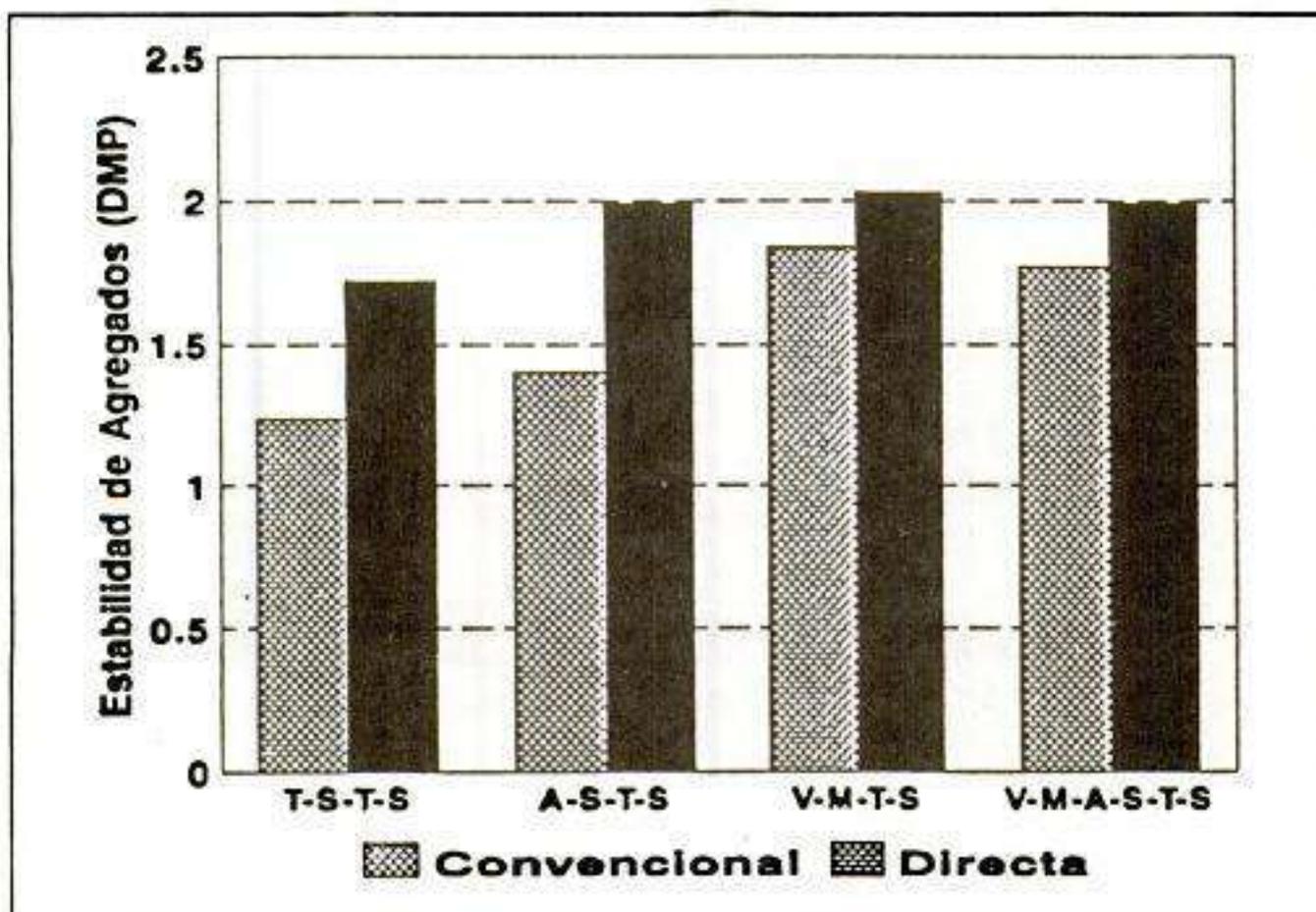


Figura 6. Comparación de la estabilidad de agregados en diferentes sistemas de preparación de suelo (siembra directa y labranza convencional) y diferentes rotaciones (T=Trigo, S=Soja, A=Avena negra, V=Vicia, M=Maíz). Datos de CRIA 1993.

de rotaciones adecuadas, manejo de la fertilidad y control de las malezas, plagas y enfermedades que aparezcan.

El control de malezas es probablemente el punto más delicado en los primeros años. Los herbicidas modernos y un plan adecuado de rotación de cultivos controlan eficientemente las malezas que aparecen. Sin embargo, se requiere que el agricultor esté bien entrenado, no solamente para la elección de herbicidas adecuados, sino también en las técnicas de aplicación (momento óptimo, pulverizador calibrado, picos adecuados, etc.).

La experiencia de los agricultores de la Colonia Yguazú demuestra que al cabo de pocos años se consigue una disminución considerable en la población de malezas, lo cual abarata los costos. La consigna de estos agricultores es: "no dejar que las malezas semillen".

Otro problema a ser resuelto es el derivado de la siembra directa alternada. Algunos agricultores cultivan soja en siembra directa pero luego hacen trigo en siembra convencional. Con este sistema se presentan varios problemas: 1) El terreno permanece descubierto y con riesgo de erosión desde la preparación del suelo hasta que el trigo cubra la superficie; 2) no se alcanza buena cantidad de paja para el cultivo de la soja, lo que nuevamente expone el suelo a la erosión; y, 3) algunos agricultores que poseen cosechadoras sin picador de paja, encuentran dificultad de sembrar sobre la paja de trigo y por lo tanto la queman para luego sembrar la soja sin arar. Este último caso es doblemente grave ya que conduce a una rápida disminución del contenido de materia orgánica en el suelo y deja el suelo, de todas maneras, expuesto a la erosión. Todo esto puede evitarse agregando un picador y distribuidor de paja a las máquinas cosechadoras.

PERSPECTIVAS DE LA SIEMBRA DIRECTA EN EL PARAGUAY

Superados los problemas mencionados anteriormente, las perspectivas de difusión de este

sistema de agricultura son muy alentadoras. Toda la superficie que actualmente se destina a agricultura de secano puede pasar a un sistema de siembra directa. Para lograr esto, se requiere de un buen programa de transferencia de la nueva tecnología. La estrategia que está adoptando el Proyecto de Desarrollo y Difusión de Sistemas de Aprovechamiento del Suelo Orientados a su Conservación (Convenio MAG/GTZ) es difundir la tecnología generada en nuestro medio, y la que puede ser directamente transferible desde otras regiones con clima y suelos similares. Además, se están validando en nuestras condiciones aquellas prácticas que no son directamente transferibles.

Las Cooperativas de producción agrícola, las asociaciones de productores, las compañías agroquímicas y otras empresas como la Cámara Paraguaya de Exportadores de Cereales y Oleaginosas (CAPECO) están igualmente contribuyendo para la difusión de la siembra directa en el Paraguay.

La adopción generalizada necesitará de algún tiempo. Progresará en la medida que el agricultor vaya capacitándose y sustituya paulatinamente sus implementos de labranza convencional por implementos de siembra directa.

La siembra directa es la práctica agrícola del futuro, es el sistema de producción que permitirá que las generaciones posteriores gocen de igual o mejores beneficios que nuestra generación conservando los recursos naturales.

LITERATURA CITADA

- AOYAMA, C. 1993. Siembra directa en la actualidad en el Paraguay. Trabajo presentado en el Curso sobre Siembra Directa, CRIA.
- DERPSCH, R. Y FLORENTIN, M.A. 1992. La Mucuna y otras plantas de abono verde para pequeñas propiedades. Publicación Miscelánea N° 22. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Asunción.
- INCADE. 1993. Estudio de identificación y caracterización de la población meta. Proyecto de Desarrollo y Difusión de Sistemas de Aprovechamiento del Suelo Orientados a su Conservación. Asunción.

MEZA, M. Y MORIYA, K. 1993. Desarrollo de trabajos con cobertura vegetal del suelo con pequeños productores asociados en comités del distrito de Edelira con miras a la siembra directa. San Lorenzo, Paraguay.

SENIGAGLIESI, C.; GARCIA, R. y GALETTO, M.L. 1984. Evaluación de la respuesta del maíz a la fertilización nitrogenada y fosfatada en el área centro norte de Buenos Aires y sur de Santa Fe. Acta del Tercer Congreso Nacional de Maíz, AIANBA, Pergamino, Argentina.

Experiencia de un pequeño productor, asociado en comité, en el manejo de la yerba mate con cobertura del suelo

por Miguel Angel Ken Moriya *

INTRODUCCIÓN

En los asentamientos de pequeños productores, la habilitación de las tierras se realiza en forma manual y las actividades de producción agrícola se inician con el mínimo laboreo de los suelos. Esta situación se explica por la escasez de recursos para la compra de maquinarias e implementos por los nuevos asentados en el momento de ocupar las nuevas áreas. Las necesidades y la situación obliga a realizar en forma inmediata la siembra directa (o con mínimo laboreo) de cultivos de subsistencia como maíz, mandioca, poroto, maní, batata, entre otros. La siembra de estos cultivos es realizada, posterior a la quema, en los claros libres existentes entre troncos caídos y tocones. Las semillas son depositadas en los hoyos abiertos con el *ybira acuá*¹ o las azadas. En los años sucesivos, la producción se basa en el sistema básico de manejo de limpieza manual y quema de tocones y raíces, direccionados a obtener un terreno sin obstáculos y limpio para la introducción del arado y la producción de rubros de renta como el algodón. La preparación del terreno consiste en el corte de las malezas con machetes, el amontonamiento de restos de troncos, ramas gruesas y raíces sobre los tocones para realizar una quema parcial o generalizada del terreno. Más adelante se abren surcos u hoyos con azadas para depositar las semillas. Algunos productores, sin embargo, no utilizan la quema. Posterior a la limpieza manual, realizan la siembra sobre la cobertura vegetal muerta.

Las áreas en donde se ha introducido el arado, después del sistema de limpieza y quema o la habilitación a través de la presentación mecanizada de servicios de terceros, se han caracterizado por la disminución drástica de los rendimientos de los cultivos en corto tiempo. En dichas áreas se observa un proceso acelerado de degradación de los suelos por la erosión hídrica, un alto grado de enmalezamiento y una reducción acelerada de los niveles de materia orgánica y nutrientes en el suelo. Esta situación se observa en gran parte de los asentamientos de los pequeños y grandes productores de la Región Oriental del Paraguay, independiente de los tipos de suelos, aunque el proceso de degradación y la disminución de los rendimientos son más acentuados en los suelos de origen sedimentario. La parte sureste de la Región Oriental del Paraguay, en especial el Departamento de Itapúa, tuvo diferentes corrientes de inmigrantes que colonizaron las tierras para la producción agrícola. Las colonias más antiguas de la década del 20 como las de origen germano-brasilera actualmente están establecidas y organizadas a través de cooperativas. Colonizaciones más recientes de finales de la década del 70 con inmigrantes originarios de otras regiones minifundiarías del país, iniciaron la ocupación de nuevas áreas a través de Proyectos de Desarrollo impulsados por el gobierno. Desde entonces, los rubros anuales como el algodón, soja, maíz y girasol fueron los más cultivados. Entre los cultivos perennes fueron plantados principalmente la yerba mate y el tung. Actualmente dos aspectos sobresalen:

- 1) Disminución de los rendimientos de los cultivos por la degradación de los suelos.
- 2) Alto grado de enmalezamiento de las chacras.

* *Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Técnico Especialista en Conservación de Suelos de la Dirección de Extensión Agraria. San Lorenzo - Paraguay.*

¹ *Palo puntiagudo*

Los bajos rendimientos y la disminución de la rentabilidad hicieron que los pequeños productores organizados, a través de la observación, la curiosidad y la experimentación en su propia finca, realicen trabajos con el apoyo de la asistencia técnica con resultados satisfactorios en el control de la erosión, disminución del grado de enmalezamiento y aumento de la producción.

LOCALIZACIÓN

La finca del productor está ubicada, en la Colonia Caaguay Poty-Paso Itá, distrito de Edelira, departamento de Itapúa-Paraguay. La colonia se localiza entre los meridianos 55° 15' 36" y 55° 23' 24" longitud Oeste y entre los paralelos 26° 36' 20" y 26° 43' 24" latitud Sur. Dista 93 km de la ciudad de Encarnación y 470 km de la capital, Asunción. La extensión del camino de acceso a la propiedad, desde una ruta principal asfaltada, es de 3 km. La región se caracteriza por una precipitación media de 1.750 mm anuales. La temperatura media es de 20,7 °C con valores extremos de 39,2 °C en el verano y -4,5 °C en invierno. Las escarchas en invierno son esporádicas y generalmente en forma consecutiva, durante 3 a 4 días.

LOS SUELOS

Los suelos de la colonia son de origen basáltico, predominando los LATOSSOLOS ROJOS arcillosos. La cota promedio es de 270 m.s.n.m., las pendientes mayores a cinco por ciento y sin interrupciones son generalizadas y en muchos casos superan un km de longitud. Los suelos son fácilmente disgregables y susceptibles a la erosión hídrica, el drenaje se presenta con dificultad por poseer un horizonte compactado y con las lluvias de alta intensidad, que caracterizan a la zona, el escurrimiento superficial de las aguas se vuelve abundante y perjudicial.

LAS MALEZAS

El grado de enmalezamiento de las parcelas de los productores de la colonia exige un enorme esfuerzo físico para la eliminación de las hierbas, sea en forma manual o con implementos a tracción animal, pues el control químico es inaccesible por los gastos directos que implica su aplicación.

Las malezas predominantes en las parcelas con producción de yerba mate, maíz, soja y mandioca son: capiuná (*Bidens pilosa*), lecherita (*Euphorbia heterophylla*), ysypo-í (*Ipomoea amistolochiaefolia* (H.B.K.) Don), caáruru (*Amaranthus viridis*) cerraaja (*Sonchus oleraceus*), mbuy (*Erigeron bonariensis*), diente de león (*Taraxacum officinale* W.), typycha jhú (*Sida spinosa*) y kapii pororó (*Digitaria insularis*) entre otros.

PREPARACIÓN DE SUELOS

Los sistemas más generalizados en la zona son:

a) Tracción animal

Los implementos más utilizados para la preparación del suelo son el arado tatú y la rastra de disco a tracción por una yunta de bueyes. La disponibilidad de estos implementos entre los productores alcanza el 20 por ciento.

a₁ - Carpida + quema + doble arada + rastreada.

Este sistema consta de las siguientes características:

- La carpida manual de las malezas es con machete a una altura media de 25 cm de suelo.
- La quema de las malezas cortadas es realizada una vez secas para facilitar la arada.
- La primera arada alcanza una profundidad de 10 a 12 cm.
- La segunda arada se realiza después de observarse la mayor cantidad de semillas de malezas germinadas.
- La rastreada con rastra de discos (8 discos) se realiza con el fin de eliminar las últimas malezas sobrevivientes.

a₂ - Doble arada + doble rastreada

Este sistema tiene por objetivo principal disminuir y

mantener al mínimo el grado de enmalezamiento del terreno durante el invierno.

b) Mecanizado

En este sistema se utilizan los tractores disponibles en la región, con una potencia media de 70 HP y sus respectivos implementos.

b₁ - Rastra pesada + rastra liviana

Esta práctica es común entre productores con parcelas mayores a 20 ha y productores con áreas menores, que compran servicios de terceros por no poseer implementos a tracción animal. El número de pasada de la rastra pesada y la liviana varía en función al grado de enmalezamiento y tamaño de los terrones. La profundidad de las operaciones alcanza 8 a 12 cm.

b₂ -Doble arada + rastreada

En este caso el período de tiempo entre la primera y segunda arada es aproximadamente de dos meses. La segunda se realiza cuando, a criterio del productor, existe la mayor cantidad de semillas de malezas germinadas. La rastreada liviana se realiza antes de la siembra.

CARACTERÍSTICAS DE LAS FINCAS Y DE LOS AGRICULTORES

Las fincas de los agricultores que han realizado trabajos con cobertura de suelos poseen en promedio 11 ha de superficie. Los productores en la colonia están organizados en cuatro "Comités de Agricultores", cada uno de los cuales cuenta aproximadamente con 12 socios cuyas edades, en promedio es de 47 años. La actividad con cobertura de suelos se inició con 27 agricultores.

LA ASISTENCIA TÉCNICA

La asistencia técnica para la organización la reciben de la Dirección de Extensión Agraria (DEA), organismo dependiente del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

La Agencia de Extensión Agraria local cuenta con dos técnicos, el Agr. Magín Meza y la Ing. Agr. Elba López de Meza, con el apoyo del Agr. Lázaro Bogado, del distrito de Alto Verá. Las actividades prioritarias de los técnicos son la cobertura vegetal de los suelos para el control de las malezas y la erosión y, el control biológico de las plagas en los cultivos. Para la obtención de insumos se cuenta con el apoyo del Crédito Agrícola de Habilitación y la Cooperativa Colonias Unidas.

LAS ACTIVIDADES PREVIAS

El proyecto de cobertura vegetal de los suelos se inició en el año 1989 con la introducción, para la observación del comportamiento vegetativo, de las diversas especies de abonos verdes. Se instalaron parcelas demostrativas en tres fincas de productores con suelos erosionados. Se cultivaron ocho especies de abonos verdes de cobertura de invierno: vicia común (*Vicia sativa*), avena negra (*Avena strigosa* Schieb), avena blanca (*Avena sativa*), lupino azul (*Lupinus angustifolius*), lupino blanco (*Lupinus albus*), acevén (*Lolium multiflorum* Lam.), vicia peluda (*Vicia villosa* Schieb), arveja silvestre (*Pisum sativum*) y una especie de verano: mucuna ceniza (*Mucuna puriens*).

De la introducción realizada fueron observados los siguientes comportamientos: la avena negra, la avena blanca, el acevén, la vicia peluda y la mucuna ceniza tuvieron aceptación por parte de los productores porque fueron utilizados en la alimentación animal y además disminuyeron la cantidad de malezas en las parcelas.

MANEJO DEL YERBAL

El propietario de la finca, con cobertura vegetal en sus yerbales, es el señor Teófilo Mendoza. La propiedad tiene una superficie de 9 ha, de las cuales 1,25 ha está con yerba mate (*Ilex paraguariensis*) implantada en el año 1989. La fuerte presión de las malezas obligaba al productor carpir 5 a 6 veces al año. Las precipitaciones producían fuertes erosiones en la parcela cuya pendiente es mayor que el 8 por ciento. Esta situación significaba un alto costo para el productor. A partir de junio de 1990, por iniciativa del productor y apoyado

por la Agencia de Extensión Agraria local, el Señor Mendoza desarrolló un sistema de cobertura de los suelos en los yerbales recién implantados, utilizando el acevén (*Lolium multiflorum* Lam) en invierno y el poroto (*Vigna unguiculata*) en el verano, con miras a disminuir el número de carpidas y reducir la erosión. La siembra inicial del acevén fue al voleo, seguida de una carpida, utilizando 5 kg de semillas en un área de 1.000 m². En el momento de la siembra las malezas estaban con un promedio de 30 a 40 cm de altura.

La germinación y el macollaje del acevén fueron normales; se presentaron algunas áreas con malezas que fueron arrancadas en forma manual. Al secarse el acevén, en el mes de octubre, fueron cosechadas 120 kg de semillas. En el mes de noviembre fueron sembradas dos hileras de poroto (1 m entre hileras y 0,70 m entre plantas) entre las hileras de las plantas de yerba mate. El poroto se desarrolló normalmente pero sin cubrir totalmente el suelo y requirió una carpida selectiva. La producción de poroto cosechada fue utilizada para el consumo familiar. En el mes de febrero de 1991 ocurrió la resiembra natural del poroto. Con esto se logró una mejor cobertura e inclusive las guías treparon las plantas de yerba mate que fueron retiradas en forma manual. A pesar del buen desarrollo del follaje del poroto la producción fue baja. Con los primeros fríos del mes de abril se inició la caída de las hojas del poroto. El acevén germinó (regeneración natural) en los primeros días de mayo, y cubrió casi 100 por ciento de la superficie del suelo. En el mes de

junio fue sembrado acevén en toda el área con producción de yerba mate (1,25 ha). Durante el mes de julio fue realizada una carpida, localizada alrededor de las plantas de yerba mate, para favorecer el brote de las partes bajas de las plantas. En el mes de octubre, por la demanda de semillas de acevén, fue realizada la cosecha y trilla manual obteniéndose una producción total de 1.100 kg de semillas. Posterior a la cosecha, en la segunda quincena de noviembre, fue sembrado nuevamente poroto con la misma densidad del año anterior. Para el mes de diciembre fue cubierto el suelo sin necesidad de arrancar maleza alguna. El poroto se resembró naturalmente a través de las semillas caídas durante la cosecha. Una vez cosechado el poroto, la presencia del acevén fue normal durante el invierno y la cosecha de sus semillas alcanzó 900 kg. A partir del siguiente período de producción se aumentó la densidad de la siembra del poroto a 3 hileras de 0,8 m entre hileras y 0,70 m entre plantas lo que permitió una mejor cobertura de los suelos. Sin embargo exigió hasta tres controles de las guías del poroto que treparon las plantas de la yerba mate. La resiembra natural del poroto fue normal como en años anteriores y la producción fue de 650 kg de semillas. A partir de mayo de 1993 la germinación del acevén fue normal y la cosecha obtenida fue de 1.440 kg de semillas de acevén. La producción de hojas de yerba mate fue en constante aumento presentando características de desarrollo (tamaño de ramas de corte y color de hojas) de calidad superior en comparación a cultivos con suelos descubiertos. (Cuadro 1)

Cuadro 1. Producción total de la parcela en los cuatro años de trabajo.

Año	Yerba mate kg	Poroto Kg	Acevén kg	Superficie m ²
1990	-	*	120	1.000
1991	520	70	1.100	12.500
1992	2.020	500	900	12.500
1993	3.560	650	1.440	12.500
Totales	6.100	1.220	3.560	-

* Sin datos.

Fuente: Meza, 1993.

CONCLUSIONES

Las experiencias de productores pueden ofrecer tecnologías de manejo con énfasis en la cobertura de suelo para el control de la erosión.

El cultivo del acevén en yerbales permite obtener tres cosechas/año de una misma área sin arar el suelo: yerba mate, poroto y acevén.

El acevén es un buen controlador de malezas anuales y sólo es necesario realizar carpidas de

mantenimiento alrededor de la planta de yerba mate para el rebrote de la parte baja.

LITERATURA CONSULTADA

FAO-PNUD. 1981. Clasificación y Uso Apropiado de la Tierra en el Area del Proyecto de Desarrollo Rural de Itapúa; Informe preparado para el Gobierno del Paraguay basado en la labor de Hemán Contreras, Manfredi. Asunción, Paraguay. 85p.

MAG-SEAG. 1991. Estudio de Situación del distrito de Edelira s.p. (no publicado).

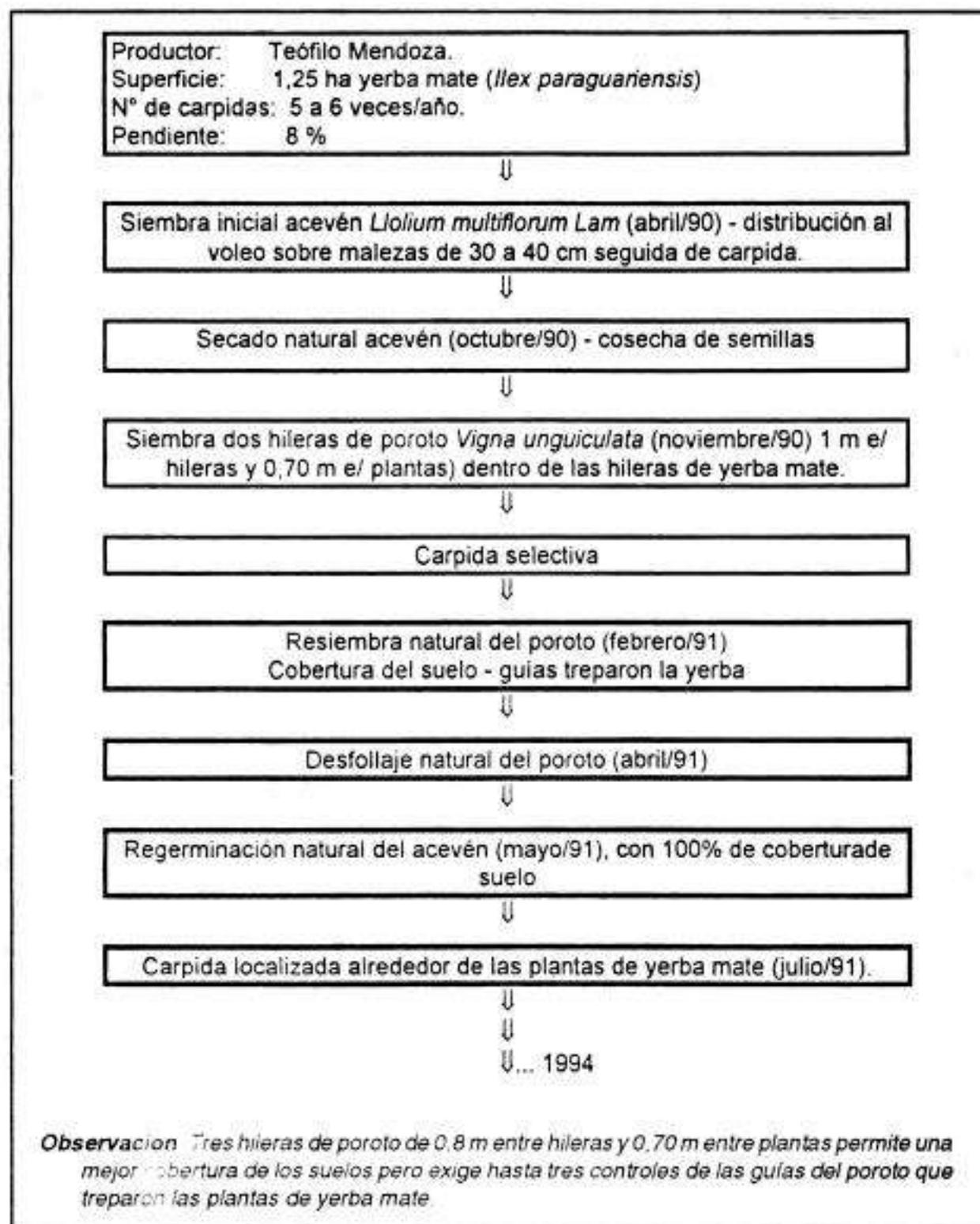


Figura 1. Sistema de manejo del yerbal con cobertura del suelo.

Restricciones tecnológicas para la siembra directa en Uruguay

por Daniel L. Martino *

INTRODUCCIÓN

La siembra directa no es una práctica de uso extendido en el Uruguay de hoy, aunque se verifica un gran interés por el tema, y es predecible que en poco tiempo pase a ser una técnica ampliamente utilizada.

Más del 80 por ciento del área productiva del país está dedicada a explotaciones ganaderas extensivas sobre campo natural. La siembra directa de especies forrajeras ofrece perspectivas de sustanciales mejoras de estos sistemas de baja productividad, aunque su concreción depende de la superación de problemas estructurales. Mayor posibilidad de suceso en el corto plazo tiene la adopción de sistemas de siembra directa en las zonas litoral oeste y sur del país.

La producción agropecuaria en el litoral oeste uruguayo se basa en rotaciones cultivo-pastura. Las pasturas de gramíneas y leguminosas son usualmente sembradas en forma asociada al último cultivo para grano de la secuencia, y debido a problemas de persistencia del componente leguminoso, no duran más de tres o cuatro años. La fertilidad residual de las pasturas es aprovechada por cultivos para grano o forrajeros sembrados a continuación de las mismas. En la zona sur el esquema es similar, aunque con más énfasis en los cultivos forrajeros para producción lechera.

SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA AGRÍCOLA-GANADERO DEL LITORAL OESTE URUGUAYO

El concepto de sostenibilidad agrícola incluye tres requisitos 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.

El sistema basado en rotaciones cultivo/pastura, si bien cumple con muchos de esos requisitos, no ha solucionado algunos problemas que afectan a la sostenibilidad.

En primer término, no ha sido efectivo en prevenir la erosión. Hoy prácticamente la totalidad de los suelos de la región está afectada por algún grado de erosión (Petraglia *et al.* 1982) y a pesar de la rotación con pasturas, por cada tonelada de granos producida se pierden de dos a tres toneladas de suelo.

A simple vista, no parece haber mayores problemas ambientales relacionados con la agricultura. El uso de agroquímicos es excepcionalmente escaso, lo cual reduce las probabilidades de contaminación de alimentos y aguas subterráneas. Cabe agregar que la erosión de los suelos, además de afectar la preservación de un recurso natural, es también un agente, tal vez el principal de origen agrícola, causante de contaminación ambiental.

La productividad media de los cultivos en la región es muy baja en relación a la que es potencialmente alcanzable usando técnicas mejoradas. Esto constituye sin dudas, uno de los mayores obstáculos para la sostenibilidad. De hecho, durante las últimas décadas se ha verificado un proceso muy marcado de reducción en el número de agricultores, principalmente como

* *Ingeniero Agrónomo, INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay*

consecuencia de la baja productividad. Los productores que desaparecieron tenían sistemas de producción no sostenibles.

LA SIEMBRA DIRECTA COMO MEJORADORA DE LA SOSTENIBILIDAD

Según los elementos considerados más arriba, la sostenibilidad de los sistemas de producción predominantes en el litoral oeste uruguayo estaría amenazada, principalmente por la erosión de los suelos -con su doble consecuencia de agotamiento de un recurso natural y contaminación del ambiente- y la baja productividad por unidad de superficie.

La solución a estos problemas pasa por el desarrollo de nuevas técnicas de producción que aumenten los rendimientos de los cultivos en forma sostenida y sean capaces de preservar, y aún mejorar, la calidad de los suelos. Sistemas basados en técnicas de siembra directa pueden reunir dichas condiciones. Los efectos de la siembra directa sobre los componentes de la sostenibilidad serían:

- Recursos naturales

La agricultura sin laboreo mejora la conservación de suelos y agua con respecto a los sistemas convencionales y es indudablemente un sistema superior en este sentido. La dependencia de la agricultura en los combustibles fósiles es reducida con cero laboreo, aunque no en gran medida. El ahorro de petróleo logrado con la eliminación del laboreo es parcialmente compensado por el mayor uso de fertilizantes nitrogenados en que generalmente se incurre cuando se realiza siembra directa. Cabe aclarar que los fertilizantes nitrogenados son el principal consumidor de petróleo en la agricultura.

- Ambiente

El mayor beneficio para el ambiente que traería aparejado el desarrollo de sistemas de siembra directa sería el de la reducción en la erosión de los suelos.

Otra contribución del cero laboreo a la higiene ambiental sería la de favorecer una transferencia neta

de carbono desde la atmósfera hacia el suelo, como consecuencia de la acumulación de materia orgánica (Havlin *et al*, 1990).

Las ventajas ecológicas de la siembra directa tienen como contrapartida algunos efectos perjudiciales para el ambiente. Con cero laboreo se incrementa el potencial para la contaminación de aguas subterráneas con nitratos debido a la mayor capacidad de infiltración de los suelos (McMahon y Thomas, 1976) y para la emisión de óxido nitroso por denitrificación, en razón de la alta disponibilidad de C y frecuentes condiciones de anaerobiosis (Aulakh *et al*, 1984; Colbourn, 1985).

El elevado uso de agroquímicos, principalmente herbicidas, sería la principal desventaja del cero laboreo, en lo que a aspectos ambientales respecta. Sin embargo, es necesario puntualizar que el herbicida más utilizado en siembra directa, el glifosato, reúne una serie de características que lo hacen muy inocuo para el ambiente.

- Productividad

El mayor aporte de la siembra directa a la productividad sería no tanto a través del rendimiento de cultivos individuales, sino de beneficios a todo el sistema de producción:

- a) Extensas áreas que hoy son marginales para la agricultura debido a su elevado riesgo de erosión o por tener suelos muy superficiales podrían convertirse de pasturas naturales de baja productividad a pasturas mejoradas o sistemas agrícolas.
- b) El tráfico de maquinarias es posible en un mayor rango de contenidos de humedad del suelo que en agricultura convencional; por consiguiente, la siembra directa brindaría mejores oportunidades de realizar operaciones de campo (siembras, cosechas, control de malezas, etc.) cerca de sus momentos óptimos.
- c) Por las mismas razones se podrían pastorear praderas y verdeos en condiciones de alta pluviosidad, sin causar compactación del suelo ni

afectar la productividad y persistencia de los mismos.

- d) La posibilidad de sembrar y cosechar en fecha, sumado a la conservación de humedad en el suelo permitiría una intensificación de la producción a través de un mayor número de cultivos por año.
- e) La rotación de cultivos anuales con pasturas, como una medida para recuperar la fertilidad, no sería una necesidad como en el presente, ya que la degradación de los suelos ocasionada por el laboreo dejaría de existir como problema; sería posible desarrollar sistemas de agricultura de granos permanente.
- f) La siembra directa sería una técnica económicamente viable para balancear la composición de especies de una pastura permanente, dominada por gramíneas o leguminosas.
- g) La proporción del área potencialmente productiva que hoy es dejada sin cultivar con fines de conservación de suelos (desagües y fajas empastadas, que pueden constituir hasta 10 por ciento del área total) se vería reducida con la adopción de la siembra directa.
- h) La productividad del factor trabajo se incrementaría notablemente, ya que la necesidad de mano de obra es menor que en sistemas convencionales.
- i) La productividad del capital se incrementaría por una menor magnitud de inversiones fijas.

TECNOLOGÍA 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. Las investigaciones realizadas hasta el presente permitieron identificar problemas de esta técnica, así como algunas soluciones para los mismos. 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.

- Limitaciones Físicas de los Suelos

En Uruguay, el tráfico de maquinaria y el pastoreo en condiciones húmedas serían causantes del exceso de compactación en sistemas basados en siembra directa.

Las investigaciones conducidas actualmente por el INIA enfocan el problema de exceso de compactación a través de:

- a) Subsulado periódico del suelo con "Paraplow", herramienta desarrollada en Inglaterra, que trabaja a 40-45 cm de profundidad sin invertir el suelo, y que ha sido exitosa en promover el desarrollo de raíces bajo cero laboreo (Higgs and Hodgson, 1988) y en mejorar el drenaje interno del suelo.
- b) Laboreo biológico (Dexter, 1991): las raíces de ciertas especies poseen la habilidad de penetrar el suelo con alta resistencia mecánica. Luego que estas raíces mueren y se descomponen, los canales creados por ellas en el suelo permanecen intactos, sirviendo como vías para el crecimiento de raíces de cultivos subsiguientes. Si bien varias especies fueron reportadas como adecuadas para este propósito, los mecanismos responsables por esta habilidad son desconocidos. La estabilidad de los canales creados radicaría por un lado, en el hecho de que son predominantemente verticales, y por lo tanto, no serían sellados por procesos de compactación; y por otra parte, en que la compactación localizada causada por el crecimiento radial de las raíces confiere cohesión a las paredes del canal, haciendo más difícil su destrucción.
- c) Explorando la variabilidad genética en caracteres morfológicos y fisiológicos que determinan tolerancia a las restricciones físicas del suelo. Estas características podrían ser identificadas, y los genotipos que las portan serían más adaptables a condiciones de cero laboreo. Esta información podría, eventualmente, ser usada para definir criterios de selección en programas de mejoramiento. La producción de sistemas radicales superficiales (Cannell y Jackson, 1981), y la presencia de aerénquima, ya sea congénito, o

desarrollado en respuesta a un "stress" (Thomson *et al.*, 1990), aparecen como los caracteres más relevantes con relación a la deficiencia de oxígeno, mientras que la capacidad de las raíces seminales y adventicias jóvenes de incrementar su diámetro sería un factor muy importante para superar elevadas resistencias mecánicas del suelo (Abdalla *et al.*, 1969, Dexter, 1987).

El uso de "Paraplow" previo a la siembra directa de un cultivo demostró ser muy efectivo en Uruguay. Los incrementos de rendimiento debidos al uso de este implemento fueron, en promedio de varios experimentos, de 96, 50, 16 y 7 por ciento para maíz, girasol, cebada y trigo, respectivamente (Martino y Stobbe, datos no publicados). Dichas respuestas en rendimiento fueron asociadas con efectos del "Paraplow" sobre la reducción de la resistencia mecánica del suelo, y mejoras en la aireación de las raíces, implantación de los cultivos y control de malezas (Martino, 1994).

Aparte del exceso de compactación, también hay otros problemas físicos de suelo que pueden perjudicar a los cultivos sin laboreo: a) la desuniformidad de la superficie del suelo causada por animales y máquinas afecta la emergencia y sobrevivencia de los cultivos; y b) la temperatura diurna del suelo, que en cero laboreo tiende a ser menor que en suelo desnudo, provocaría retrasos en la emergencia de los cultivos y disminución en la disponibilidad de algunos nutrientes. Investigación en calidad de semilla, vigor de plántulas, mejoramiento genético y rotación de cultivos son necesarias para buscar soluciones a estos problemas.

- Fertilidad de suelo

En condiciones de cero laboreo, la mineralización de la materia orgánica del suelo es reducida (Soper y Grenier, 1990), y la inmovilización de nitrógeno en la biomasa microbiana es incrementada (Rice y Smith, 1984). Es por ello que la disponibilidad de N, y también la de P, para los cultivos es generalmente menor que en situaciones de laboreo convencional, particularmente durante los primeros años luego de iniciar un programa de siembra directa (Dowdell *et al.*, 1983). Las dosis de fertilizantes nitrogenados

requeridas en cultivos sin laboreo son generalmente mayores que en cultivos tradicionales (Aulakh *et al.*, 1984a, Blevins *et al.*, 1983, Meisinger *et al.*, 1985). Sin embargo, la disponibilidad de N bajo siembra directa permanente aumenta en el tiempo debido al incremento en el contenido de materia orgánica y en la actividad microbiana, y, después de un cierto número de años, llega a ser superior a la registrada en suelos labreados (Campbell *et al.*, 1993, Follett y Schimel 1989, Tracy *et al.*, 1990).

Diversas razones permiten especular que para las condiciones de suelo, clima y sistemas de producción del Uruguay, la denitrificación (reducción bacteriana de nitratos a formas gaseosas de N) sería un proceso cuantitativamente muy importante: a) La principal fuente de energía para las bacterias denitrificantes son compuestos de C fácilmente descomponibles, cuya abundancia sería muy alta en sistemas sin laboreo; b) La anaerobiosis es una condición indispensable para la ocurrencia de denitrificación ya que el oxígeno compite exitosamente con óxidos de nitrógeno como aceptor de electrones. Bajo siembra directa serían más frecuentes las situaciones de excesos de humedad. Pérdidas de hasta 2 kg N/ha/día fueron registradas en suelos inundados en otros países (Bijay-Singh *et al.*, 1989, Sexstone *et al.*, 1985); c) La intensidad de denitrificación depende de la disponibilidad de nitratos. Los suelos del litoral poseen un elevado potencial de producción de nitratos debido a la inclusión de leguminosas en las rotaciones de cultivos. Los ciclos secuenciales de humedecimiento y secado de los suelos favorecerían la incidencia de denitrificación: los nitratos producidos durante los períodos secos serían consumidos durante los breves pero frecuentes períodos de exceso de agua; d) Las temperaturas de suelo durante el otoño e invierno en Uruguay (5-15 °C) están dentro del rango de acción de los denitrificantes, aunque las temperaturas óptimas serían mayores.

Se requieren estudios a nivel nacional que cuantifiquen los diferentes procesos del ciclo del nitrógeno, y determinen experimentalmente la magnitud de las pérdidas y los factores que las afectan, a efectos de definir estrategias de manejo que apunten a disminuir la incidencia de éstas.

El aumento de la eficiencia de uso de N por los cultivos en siembra directa aparece como una prioridad de la investigación. Esto podría alcanzarse a través de: fraccionamientos de la fertilización nitrogenada, inclusive considerando más de dos aplicaciones a un cultivo; el uso de fertilizantes de liberación controlada; el uso de cultivos de leguminosas como abonos verdes; y por localización del fertilizante (Rao y Dao, 1992).

- Control de malezas

En Uruguay, la gramilla (*Cynodon dactylon* L. Pers.) aparece como la maleza más problemática en campos manejados con cero laboreo. Esta maleza se encuentra normalmente en pasturas de más de tres años, y es generalmente controlada por el laboreo durante la fase agrícola de las rotaciones.

Comenzar un programa de siembra directa en un suelo con alta infestación de gramilla no sería una práctica aconsejable. Esta afirmación está en oposición con la necesidad de una adecuada estructura del suelo para iniciar tal programa, que normalmente se encuentra en nivel óptimo en pasturas de más de tres años de duración. La investigación local deberá concentrarse en encontrar prácticas que hagan factible la transición de pasturas viejas infestadas con gramilla hacia cultivos anuales sin laboreo. Dichas prácticas podrían incluir: a) rotaciones de cultivos que permitan el uso estratégico de graminicidas en cultivos de verano de hoja ancha; b) uso de "Paraplow" en condiciones de alta temperatura y baja humedad en combinación con sombreado intenso de un cultivo sembrado inmediatamente después del subsolado; y c) el uso de glifosato previo a la cosecha de trigo o cebada en combinación con desparramado de la paja y competencia del cultivo sembrado a continuación.

Otra problemática del control de malezas en siembra directa es el uso del glifosato. Si bien su precio ha ido disminuyendo marcadamente durante los últimos años, sería deseable mejorar su eficiencia y reducir al mínimo posible las dosis a usar, especialmente cuando se trata de malezas como la gramilla, que requiere de 4 a 6 l.p.c./ha para su control. Los elementos a considerar incluyen: a) el uso de bajos volúmenes de agua (Buhler y Burnside, 1983); b) el uso de sulfato de amonio

(Donald, 1988; Ivany, 1988) y otros aditivos; c) su aplicación con aguas de relativamente baja dureza; d) regulación del pH de la solución; e) condiciones ambientales durante la aplicación; y f) estado morfo-fisiológico de la maleza.

- Enfermedades y plagas

Los residuos vegetales que permanecen sobre la superficie del suelo constituyen una fuente de inóculo para ciertas enfermedades, como las manchas foliares de los cereales. Puede esperarse que en condiciones de cero laboreo, el potencial para la ocurrencia de estas enfermedades sea elevado. El uso de fungicidas, el manejo de los residuos de cosecha, la resistencia genética y las rotaciones de cultivos son diversas formas de atacar el problema que requieren ser estudiadas.

Hay evidencias de una mayor incidencia de golpe blanco o fusariosis de la espiga de trigo (causada por *Fusarium graminearum*) bajo cero laboreo. Martino (1994) encontró una correlación positiva entre la cantidad de materia seca aérea de gramilla desarrollándose bajo un cultivo de trigo y el porcentaje de espigas afectadas por la enfermedad. La explicación de este hecho podría radicar en que la gramilla es hospedero del hongo y por lo tanto, la presión de inóculo podría haber sido mayor en los sitios con mayor desarrollo de esta maleza. Sin embargo, no está claro que se trate de una relación causa-efecto, y este efecto amerita estudios más detallados.

Fusarium sp. y otros hongos pueden causar reducción en la emergencia de los cultivos. Martino y Stobbe (datos sin publicar) determinaron que un cultivo de cebada alcanzó poblaciones de 281 y 212 plantas/m² sembrado a continuación de girasol y maíz, respectivamente. Los datos para trigo fueron, respectivamente, 173 y 142 plantas/m². En ambos casos la diferencia fue significativa con un 95 por ciento de confianza. Aún cuando esto no fue confirmado experimentalmente, se puede especular que la reducción en el número de plantas causada por el rastreo de maíz se habría asociado con una mayor incidencia de enfermedades causadas por hongos del suelo. El estudio de estas enfermedades y su control

debería ser una de las más altas prioridades de la investigación nacional en siembra directa.

- Manejo de los rastrojos

La experiencia de algunos productores que comenzaron a sembrar cultivos sin laboreo es que, para sembrar girasol o soja luego de trigo o cebada, si no se quema la paja los cultivos pueden sufrir emergencias defectuosas y problemas de desarrollo. Las razones de ello son desconocidas al presente, aunque se especuló que podría ser causado por deficiencias de nitrógeno, fallas en la colocación de la semilla en el suelo, efectos microclimáticos, incidencia de enfermedades y problemas alelopáticos.

Si bien los residuos de cosecha son un recurso valioso que no debería desperdiciarse, mientras no se aprenda a superar los problemas que ocasiona, la quema es un procedimiento válido para ser usado ocasionalmente. En la decisión de quemar un rastrojo también debería ponderarse los efectos perjudiciales de la quema: pérdida de agua, promoción de la germinación de malezas, y contaminación del ambiente.

Aparte de la quema, hay numerosas formas de manejar los rastrojos que pueden afectar la dinámica del agua y temperatura del suelo, la incidencia de enfermedades y malezas, la disponibilidad de nutrientes, y la liberación de sustancias alelopáticas, que deben ser estudiadas: tipo de rastrojo (especie), altura de cosecha, retirado parcial del rastrojo, forma de esparcimiento de la paja, fertilización con nitrógeno, aplicación de fungicidas y herbicidas.

- Maquinaria de siembra

El objetivo de toda siembra es el logro de una germinación rápida y uniforme del número deseado de plantas por unidad de superficie, que a su vez queden ubicadas en forma equidistante dentro de la hilera de siembra. Las experiencias de siembra directa en el país muestran que, en la gran mayoría de los casos, las emergencias son lentas y heterogéneas, y las poblaciones de plantas alcanzadas están muy por debajo de las deseables, aún en casos en que las

cantidades de semillas usadas son extremadamente altas.

El tipo de sembradora afecta la colocación de la semilla y las propiedades del suelo en la zona de la semilla. Existe una amplia gama de diseños de máquinas sembradoras (Baker y Mai, 1982; Tessier *et al*, 1991; Ward *et al*, 1991), que interaccionan con el tipo de suelo y factores climáticos, produciendo diversos grados y formas de alteración del suelo alrededor de la semilla. Los tipos de cuchillas cortadoras, abresurcos y ruedas compactadoras son todos importantes en la determinación de la profundidad de siembra, la distribución de la semilla, el grado de contacto semilla-suelo, la compresión del suelo alrededor de la semilla y la forma del surco de siembra, entre otros factores (Choudhary y Baker, 1981, Ward *et al*, 1991).

Las sembradoras de triple disco son el diseño más común de los disponibles actualmente en el mercado uruguayo. Este tipo de sembradora posee diversas limitaciones: compactación de paredes laterales del surco; pobre contacto semilla-suelo en algunas situaciones; en rastrojos densos, los discos más que cortar, tienden a empujar los residuos vegetales dentro del surco; en suelos pesados y húmedos los surcos de siembra tienden a permanecer abiertos.

A pesar de todas estas desventajas, la experiencia de los productores está demostrando que es posible sembrar exitosamente cultivos con estas máquinas. El uso de ruedas compactadoras metálicas que trabajan con un pequeño ángulo de inclinación con respecto a la vertical contribuyó a superar algunos de los problemas mencionados arriba. Por otra parte, también es posible constatar numerosos fracasos atribuibles al tipo de máquina sembradora. La escala de la agricultura uruguayo no justifica, al menos al presente, el desarrollo de un programa de investigación en ingeniería de sembradoras. Un enfoque razonable de la investigación en una primera instancia, sería el de evaluar en nuestras condiciones la operación de diversos diseños existentes en otros países.

- Sistemas de producción

Es posible concebir la siembra de cultivos en forma directa como una práctica aplicada ocasionalmente en

el marco de un sistema de producción. Tal podría ser el caso de cultivos de verano de segunda, que en la actualidad se realizan con laboreo reducido. Sin embargo, de esta forma se estarían desaprovechando muchos de los beneficios de largo plazo que puede ofrecer un sistema en el que el suelo no se invierta nunca.

Cuando se deja de laborear un suelo, comienza un período de transición en el que ocurren cambios positivos en el suelo: acumulación de materia orgánica, generación de estructura, incremento de la actividad biológica y reducción del banco de semillas de malezas. Esta transición será tanto más larga, cuanto peores sean las condiciones de partida. Mientras estos procesos tienen lugar, los efectos depresivos de la ausencia de laboreo deben ser compensados con uso de herbicidas, mayores dosis de fertilizantes y semillas, subsolados, etc. Los costos generados por estas prácticas cobran sentido si se consideran como una inversión para acceder a un sistema superior. La alternancia de laboreos puede interrumpir o prolongar excesivamente dicho proceso de mejora en las propiedades del suelo.

COMENTARIOS FINALES

Si bien la siembra directa ofrece indiscutibles ventajas del punto de vista de la conservación de los recursos naturales y la sostenibilidad de la agricultura, su viabilización y adopción pasan por el logro de ventajas económicas de corto plazo. Esto es más necesario aún, si se considera que en Uruguay no existe legislación ni ventajas impositivas que fuercen o estimulen la adopción de sistemas de conservación de estos recursos. La investigación nacional deberá producir el conocimiento necesario para hacer posible la transformación de los sistemas actuales teniendo en cuenta esa restricción.

El conocimiento acumulado hasta el presente permite concluir que la siembra directa es técnicamente posible en Uruguay. Las etapas siguientes serán la de resolver algunos problemas técnicos ya identificados y la de difundir masivamente el sistema.

LITERATURA CITADA

- ABDALLA, A.M.; HERRIARATCHI, D.R.P.; y REECE A.R. 1969. The mechanics of root growth in granular media. *J. Agron. Eng. Res.* 14:236-248.
- AULAKH, M.S.; RENNIE, D.A.; y 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.
- ; RENNIE, D.A. y PAUL, E.A. 1984a. The influence of plant residues on denitrification rates in conventional and zero tilled soils. *Soil Sci.Soc.Am.J.* 48:790-794.
- BAKER, C.J. y MAI, T.V. 1982. Physical effects of direct drilling equipment on undisturbed soils. V. Groove compaction and seedling root development. *New Zeal. J. Agric. Res.* 25:51-60.
- BIJAY-SINGH; RYDEN, J.C. y WHITEHEAD, D.C. 1989. Denitrification potential and actual rates of denitrification in soils under long-term grassland and arable cropping. *Soil Biol.Biochem.* 21:897-901.
- BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; SMITH, M.S.; FRYE, W.W. y CORNELIUS, P.L. 1983. Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled com. *Soil Till. Res.* 3:135- 146.
- BUHLER, D.D. y BURNSIDE, O.C. 1983. Effect of spray components on glyphosate toxicity to annual grasses. *Weed Sci.* 31:124-130.
- CAMPBELL, C.A.; ZENTNER, R.P.; SELLES, F.; MCCONKEY, B.G. y DYCK, F.B. 1993. Nitrogen management for spring wheat grown annually on zero-tillage: yields and nitrogen use efficiency. *Agron. J.* 85:107-114.
- CANNELL, R.Q. y JACKSON, M.B. 1981. Alleviating aeration stresses. In: *Modifying the root environment to reduce crop stress.* ASAE Monograph No.4. pp.139-192.
- CHOUHARY, M.A. y BAKER, C.J. 1981. Physical effects of direct drilling equipment on undisturbed soils. II. seed groove formation by a "triple disc" coultter and seedling performance. *New Zeal. J. Agric. Res.* 24:183-187.
- 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.
- , 1987. Compression of soil around roots. *Pl. Soil* 97:401-406.

- DONALD, W.W. 1988. Established foxtail barley (*Hordeum jubatum*) control with glyphosate. *Weed Technol.* 2:364-368.
- DOWDELL, J.W.; CREES, R.y 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.
- FOLLETT, R.F.y SCHIMEL, D.S. 1989. Effect of tillage practices on microbial biomass dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:1214-1219.
- HAVLIN, J.L.; KISSEL, D.E.; MADDUX, L.D.; CLAASSEN, M.M.y LONG, J.H. 1990. Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54:448-452.
- HIPPS, N.A.y HODGSON, D.R. 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.
- IVANY, J.A. 1988. Control of quackgrass with glyphosate and additives. *Can. J. Pl. Sci.* 68:1095-1101.
- MCCMAHON, M.A.y 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. 1994. Avances experimentales en siembra directa. In: INIA La Estanzuela, Jornada de Cultivos de Invierno 1994, pp.11-27.
- MEISINGER, J.J.; BANDEL, V.A.; STANFORD, G.y LEGG, J.O. 1985. Nitrogen utilization of corn under minimal tillage and moldboard plow tillage. I. Four year results using labelled nitrogen fertilizer on an Atlantic Coastal Plain Soil. *Agron.J.* 77:602-611.
- PETRAGLIA, C.; PUENTES, R.; CAYSSIALS, R.; BARRIOS, J.y LUCAS, J.P. 1982. Avances en conservación de suelos en el Uruguay. MAP, IICA, Montevideo, 67p.
- RAO, S.C.y DAO, T.H. 1992. Fertilizer placement and tillage effect on nitrogen assimilation by wheat. *Agron. J.* 84:1028- 1032.
- RICE, C.W.y SMITH, M.S. 1984. Short term immobilization of fertilizer N at the surface of no-till and plowed soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:295-297.
- SEXSTONE, A.J.; PARKIN, T.B.y TIEDJE, J.M. 1985. Temporal response of soil denitrification rates to rainfall and irrigation. *Soil Sci.Soc.Am.J.* 49:99-103.
- SOPER, R.J.y GRENIER, M.R. 1990. Nitrogen studies with wheat under zero and conventional tillage. In: 33rd Annual Manitoba Society of Soil Science Meeting. pp.66-79. Winnipeg, Manitoba.
- TESSIER, S.; HYDE, G.M.; PAPENDICK, R.I.y SAXTON, K.E. 1991. No-till seeders effects on seed zone properties and wheat emergence. *Trans. ASAE* 34:733-739.
- THOMSON, C.J.; ARMSTRONG, W.; WATERS, I.y GREENWAY, H. 1990. Aerenchyma formation and associated oxygen movement in seminal and nodal roots of wheat. *Pl. Cell Environ.* 13:395-403.
- TRACY, P.W.; WESTFALL, D.G.; ELLIOTT, E.T.; PETERSON, G.A.y 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.y THOMAS, E.C. 1991. Component interactions in zero-till planters for heavy clay soils of southern Queensland. *Soil Till. Res.* 20:19-32.

Avaliação do risco ambiental decorrente do uso de pesticidas

por Luiz Lonardoní Foloni *

HISTÓRICO

Os fatores ambientais tem sido considerados, desde longo tempo, no planejamento do uso da terra, a evolução dos conhecimentos científicos e a integração destes, na forma multidisciplinares, veio permitir a análise das conseqüências, principalmente de grandes obras civis, no contexto do ambiente assim a Avaliação do Impacto Ambiental (A.I.A.) em sua forma moderna é uma criação do final dos anos 60. Em principio a avaliação do impacto é um processo de análise sistemática, cuja somatória de resultados, são analisados, pelas autoridades, antes de se tomar a ação que pode gerar aquele impacto. Segundo o exemplo anterior, antes da construção de uma hidroelétrica, é realizado um estudo da avaliação do impacto ambiental. Nesse estudo são considerados os fatores econômicos, sociais e políticos da obra em questão, antes da decisão de se autorizar a construção daquela usina.

Na literatura são encontradas diferentes definições para A.I.A., dentre essas citamos a de Clark, 1980.

"A.I.A. é o exame sistemático das conseqüências de projetos, políticas e planos, com o principal objetivo de fornecer a quem decide a soma de implicações de ações alternativas, antes que a decisão se faça."

A Avaliação de Impacto Ambiental (A.I.A.) teve origem nos Estados Unidos da América em 1969 através do "NATIONAL ENVIRONMENTAL POLICY ACT (NEPA)", entrando em operação em janeiro de

1979; ao final dos anos 70, mais de 10.000 avaliações já haviam sido realizadas naquele país. Nessa mesma década, vários outros países iniciaram seu processo, como a França (1976), Alemanha Ocidental (1971), Irlanda (1976). Do final da década datam também a adoção por outros países do A.I.A. no sistema de planejamento: Argentina, Brasil, Bangladesh, Fiji, Índia, Indonésia, Coréia, Malásia, México, Filipinas, Kênia, Tailândia. (Guimarães, 1992).

A A.I.A. abrange quatro análises bastante definidas: uma avaliação econômica, uma social, uma sobre a saúde pública e uma ecológica ou ambiental propriamente dita; a junção dessas quatro avaliações dão a soma de implicações que posteriormente serão avaliadas pelos elementos de decisão.

Para projetos industriais (construções de barragens hidroelétricas, formação de polos petroquímicos, instalações de fábricas, outros) a A.I.A. já está bem estabelecida, para se avaliar o impacto pelo uso de produtos fitossanitários na agricultura, ainda não existe uma forma concreta e perfeitamente definidas. Tal falta, provavelmente encontra resposta na variedade das formas de aplicação, épocas de uso, tipos de formulação e de princípios ativos, quantidade e número de aplicações, variedade de culturas e diferentes condições edafoclimáticas.

Em excelente trabalho elaborado por Santos (1984) onde define conceitos de ecologia e ecossistemas, compilamos as definições da Ecossistemas em Agroecossistemas.

ECOSSISTEMAS E AGROECOSSISTEMAS

Podem ser definidos como unidades funcionais da biosfera, normalmente e autosustentáveis e quase

* Engenheiro Agrônomo, Prof. Colaborador do Depto. de água e solo, Curso de Pósgraduação em Eng. agrícola FEAGRI, UNICAMP, Brasil.

sempre sujeitos a perturbações. Qualquer área com uma delimitação definida através da qual o "input" e o "output" de energia e matéria podem ser medidos, contendo três componentes principais (produtores, consumidores e decompositores) e mecanismos de auto-regulação, podem ser caracterizados como ecossistema (Miller, 1975). Um ecossistema terrestre pode ser dividido basicamente em três compartimentos com respeito à biomassa viva: o compartimento dos produtores primários, o compartimento dos consumidores (que inclui todos os herbívoros e carnívoros) e o compartimento dos decompositores.

Agroecossistemas: são sistemas mais complexos do que qualquer ecossistema terrestre. Além do ciclo de material e fluxo de energia, comum aos ecossistemas terrestres, existem muitos processos manipulados pelo homem. A maioria deles modificando "inputs" e "outputs" e também afetando a taxa de relacionamento interno dos sistemas.

Segundo Santos (1984) o manejo necessário para a manutenção de um agroecossistema pode ser comparado com o manejo necessário para tentar manter uma área em seus estádios iniciais de sucessão ecológica. O principal interesse, na manutenção de agroecossistemas, tem sido maximizar a produção agrícola, utilizando-se da manipulação genética de plantas, associada a uma alta mecanização do trabalho. Portanto, a maximização da produção tem sido conseguida através da diminuição da diversidade dos produtores primários criando sistemas altamente especializados. Esses sistemas atraem consumidores e parasitos igualmente especializados na alocação de recursos que estão concentrados em altas densidades e de forma homogênea. Este estado altamente especializado só é mantido pela tecnologia que direciona esses sistemas, cujo controle de qualidade depende muito diretamente da energia de combustíveis fósseis e seus derivados como fertilizantes e produtos fitossanitários (Haynes *et al.*, 1980).

No Brasil avaliação do risco ou do impacto ambiental para os produtos fitossanitários, foi estudada e tentada em enquadrá-la, pela antiga SEMA (Secretaria do Meio Ambiente), mas só foi oficialmente formalizada

pela lei 7.802, sancionada em julho de 1979, conhecida como lei dos Agrotóxicos.

A tomada de consciência da sociedade moderna, agora mais preocupada com questões relacionadas ao perigo que o propriamente ao uso de produtos químicos podem trazer ao homem e ao ambiente em que vive, questionamentos importantes que devem ser respondidos pelas autoridades regulamentadoras.

Neste particular há que se explorar a complexa relação entre a ciência e as ações regulamentadoras (política) em um campo sujeito a muitos debates - avaliação do risco à saúde pública e ao meio ambiente resultante do uso dos agroquímicos.

Tais aspectos pretendemos de uma forma sutilizada abordar nesta apresentação

- **Legislação brasileira**

O Brasil foi um dos primeiros países a incorporar uma lei regulamentando a fiscalização e o uso de defensivos agrícolas na lavoura através do decreto Lei no. 24.114 de 12 de abril de 1934. Embora esta lei tenha sofrido críticas por muito tempo, ela foi sempre atualizada por portarias. As últimas portarias, anteriores a nova lei, foram a portaria SDSV no. 06, de 08.02.85; que aprovava normas sobre registro e renovação de registro de produtos fitossanitários; Portaria MA/MS/ no. 220 de 14.03.1979 que padronizava a rotulagem; Portaria DISAD no. 5 de 06.05.80 que estabelecia critérios e frases padronizadas para os relatórios técnicos e rótulos dos defensivos; Portaria 169 que torna obrigatória a inscrição de firmas importadoras, fabricantes e manipuladores de defensivos, junto aos órgãos e Federação. Portaria SDSV no. 01 de 23.01.87 que estabelece medidas para controle e fiscalização sobre o comércio de defensivos e posteriormente a Portaria MA 329, de 02.09.85 que proibiu todo o território nacional a comercialização, o uso e a distribuição dos produtos organoclorados. (Segundo Guimarães, 1992).

A necessidade de se avaliar o risco decorrente do uso dos agroquímicos tem sido uma preocupação

constante nos últimos anos, por parte do Ministério da Saúde (avaliação toxicológica) e do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA (avaliação ambiental). Os estudos dos técnicos dessas agências regulamentadoras levou à existência das diretrizes e normas baixadas através de publicações feitas do Diário oficial da União, que em suma são:

- Lei 7.802 (11.07.89) Decreto 98.916 (11.01.90).
- MARA Portaria 28 (14.03.90) Portaria 06 (13.06.90).
- IBAMA Portaria 349 (14.03.90).
- M. SAÚDE Resolução no. 1 (09.12.91).
 - Portaria no.3 (16/01/92) e portaria 14.

Importância dos produtos fitossanitários

- A principal fonte de alimentos para o mundo constituem-se nas plantas cultivadas:

Estas plantas ou culturas são:

Suscetíveis a cerca de 100.000 doenças;

30.000 espécies de plantas daninhas; entre os quais 1.800 causam sérias perdas econômicas;

- 3.000 espécies de nematóides, sobressaindo 100 que causam severos danos;
- São afetadas por 800.000 espécies de insetos/pragas, das quais 10.000 são consideradas devastadoras ao redor do mundo.

- Os herbicidas

Breve análise de sua importância:

- Os últimos 40 anos podem ser considerados como o período de trocas dinâmicas na área de controle de plantas daninhas.
- O controle químico das plantas daninhas teve seu começo com a introdução no mercado do 2.4D.

- Em 1944 se anunciava que alguns dos hormônios químicos eram prejudiciais as plantas xx 2 4D continha uma grande parte destes compostos
- As características fundamentais que determinaram a aceitação dos herbicidas na agricultura são:
 - efetividade em pequenas quantidades (portanto, baixo custo de aplicação);
 - sua alta seletividade, para ser usado na presença da cultura;
 - sua ação sistemática e capacidade de translação na planta matando órgãos subterrâneos.
 - os herbicidas em geral matar organismos vegetais uma particularidade em comum.

Os defensivos agrícolas utilizados de forma racional, cuidadosa e planejada, dentro de um programa de controle integrado, constitui-se no comportamento indispensável no controle de pragas, quando estas imprimem danos e perdas econômicas às culturas. Via de regra, representam a única alternativa para controlarem estas pestes e ser utilizadas nas emergências.

- Avaliação de impacto ambiental

Nos países desenvolvidos e mais especificamente nos EUA, Canadá, Grã-Bretanha e Espanha, o processo de incorporação dos problemas ambientais, nos diferentes níveis de planejamento vem se dando há quase 20 anos, com resultado de um crescente questionamento da opinião pública, em relação aos grandes projetos e ações governamentais. (Perazza et al., S/D).

Como consequência, foram sendo institucionalizados instrumentos para análise mais abrangente e integrada de projetos, como é o caso da Avaliação de Impacto Ambiental.

No Brasil, assim como na maioria dos países sub-desenvolvidos, o problema ambiental é muito mais de

caráter sócio-econômico do que tecnológico. Dentro dessa realidade são prioritários os problemas sanitários, as deficiências dos assentamentos humanos, a falta de habitação e escola, a subnutrição e a destruição dos recursos naturais, decorrentes de um processo de desenvolvimento econômico decorrentes de um processo de desenvolvimento econômico predatório, no qual as necessidades básicas do homem não foram objeto de preocupação, resultando uma baixa qualidade de vida da população. (Perazza *et. al.* S/D).

Conforme foi explanado no item anterior a avaliação de impacto ambiental envolve quatro grandes áreas: a econômica, a social, a toxicológica ou sobre a saúde pública e a relativa ao meio ambiente propriamente dita.

A seguir passaremos a discutir cada um desses grandes itens, para depois fazer a junção de todas, na tentativa de uma análise globalizada.

Economia

Dentro das análises efetuadas, um dos parâmetros a ser considerado são os aspectos econômicos. Dentro desse item abordaremos o uso e importância econômica dos defensivos agrícolas em geral, e dos herbicidas em particular.

A atividade agrícola busca em última forma, produção de alimentos, de qualidade, em quantidade e preferencialmente a baixo custo, porém dentro de parâmetros rentáveis. Esta produção, tende a acompanhar a evolução da população, e, conseqüentemente faz-se necessário a incorporação de novas áreas (quando disponíveis) ou o aumento da produtividade nas áreas tradicionais.

No Brasil um país de dimensões continentais, existem ainda muitas áreas disponíveis, não exploradas, entretanto, vale considerar que a expansão de produção via aumento de área é limitada e finita.

Segundo Simas (1988) o potencial de solos aráveis e aptos para a produção de grãos no Brasil é da ordem de 110,2 milhões de hectares.

Dos 23.5 milhões de hectares disponíveis na Região Sul estão praticamente todos em uso, a Região Sudeste possui 20 milhões de hectares aptos, com mais de um terço de área a ocupar, a Região Norte tem somente 3,3 milhões de hectares aptos, devido principalmente a problemas tecnológicos, de transportes, ambientais e de baixa densidade populacional. A Região Nordeste conta com 7 milhões de hectares disponíveis e o Centro-Oeste, constitui-se na maior região de expansão agrícola do país, contando com 64,7 milhões de hectares disponíveis com menos de um quarto em uso agrícola (Simas, 1988). (Figura 1)

Nestas últimas décadas o Brasil começou a mudar o modelo econômico, deixando o setor primário e evoluindo para o secundário e terciário. Uma análise das exportações mostra que deixamos de ser um país essencialmente agrícola, conquanto os produtos de origem primária ainda detêm uma parcela significativa nas nossas divisas.

A agricultura brasileira evoluiu muito lentamente desde o nosso descobrimento até o início deste século. Basta lembrar que nossas instituições de ensino superior praticamente começaram a funcionar no raiar do século vinte.

A população brasileira também cresce e a nossa agricultura tende a acompanhar a uma demanda de alimentos.

A evolução da agricultura brasileira dá-se muito mais pela conquista de novas fronteiras agrícolas, pela incorporação de novas áreas, do que pelo incremento da produtividade. A baixa produtividade é função de uma série: climático, manejo e uso adequado do solo, sementes melhoradas, calagem, adubação (química e orgânica), técnicas agrícolas adequadas, armazenamento e política agrícola.

Independente destes fatores, um é incontestável: a presença de pragas, doenças e ervas daninhas. Segundo a FAO (órgão das Organizações da Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura) o mundo como um todo perde em média 35 por cento de sua produção agrícola; sendo 9 por cento devido as plantas daninhas.

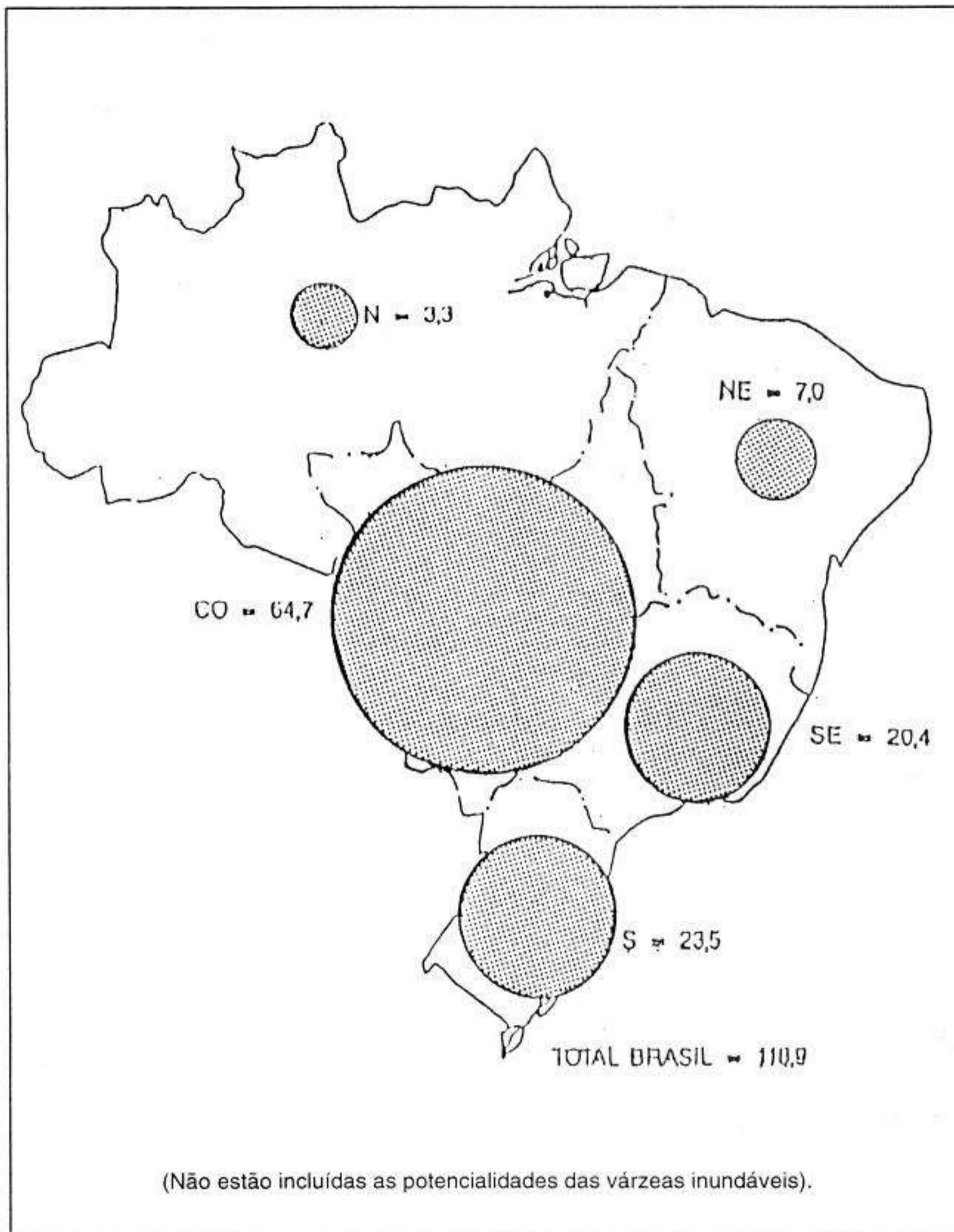


Figura 1. Potencial de solos aráveis e aptos para a produção de grãos (Em milhões de ha).
Fonte: Simas, 1988.

Estas perdas, muito provavelmente estejam ligados a quebra do ecossistema natural, porém, ninguém quer se privar a falta de alimentos. Tal fato, em função dos modelos de desenvolvimento escolhidos, obriga a prática de monoculturas em extensas regiões, provocando ainda maior desequilíbrio.

Até praticamente a metade deste século a agricultura brasileira era a principal fonte de divisas do país. Portanto, o modelo brasileiro era essencialmente voltado para o setor primário e, a agricultura a grande atividade.

Objetivando diminuir as perdas, principalmente aquelas advinhas da concorrência das plantas daninhas, o agricultor lançava mão da enxada, hoje personificada na figura do "bóia-fria", o uso do fogo, a utilização de implementos de cultivo de tração animal, cultivadores mecânicos tracionados por trator e mais recentemente pelo uso de herbicidas.

Qualquer dessas práticas, objetiva o controle da concorrência entre luz, água e nutrientes provocada pelas plantas daninhas, que traz uma diminuição na produtividade. Essa diminuição na produção, significa menos lucro, tanto nas áreas agrícolas, como de pastagens ou de florestas homogêneas.

O aumento da população, a manutenção e melhoria da qualidade de vida exigem constantemente uma maior produção.

Dentro da visão econômica, segundo dados do IVA (1991) as vendas de produtos fitossanitários por regra no mundo estão assim distribuídas: Europa Ocidental-11 por cento, América do Norte-26 por cento, Australásia-15 por cento, América Latina-11 por cento, Japão 9 por cento, Europa Oriental-4 por cento, e África-4 por cento. Ainda, segundo dados da Agrow (1992) o volume mundial de vendas em percentagem está assim distribuído: herbicidas 44 por cento, inseticidas 29 por cento, fungicidas 21 por cento e outros 6 por cento, sobre o mercado mundial de defensivos, mostra um valor total da ordem de US\$ 26,8 bilhões de dólares que o Brasil ocupa o 5º lugar no mercado mundial.

A avaliação do mercado brasileiro de produtos fitossanitários, mostra um mercado praticamente estabilizado na faixa de um bilhão de dólares ano, nos últimos cinco anos. As vendas no Brasil em 1991 foi da ordem de 972 milhões de dólares.

Os dados disponíveis mostram que o uso mais intensivo de herbicidas tem sido na cultura de soja, cultura essa praticada por agricultores mais evoluídos, e de forma mais técnica, além de ser plantada em áreas com menor disponibilidade de mão de obra, como é o caso típico da região dos cerrados.

Após a soja vem a cana-de-açúcar, seguida pela cultura de arroz. A seguir, em menor valor, mas num mesmo patamar, o milho, as pastagens e o café. Ainda em função da migração da população rural é previsível que outras culturas comecem substituir a mão de obra humana pelos herbicidas em curto prazo, tanto pois esta falta como resultados econômicos obtidos.

Social

Do ponto de vista agrícola nosso enfoque para a avaliação social será feita em relação e evolução da população e a produção de alimentos.

Os dados estatísticos disponíveis mostram que a população do planeta, dispendem cerca de 400 séculos, desde o surgimento do homem até 1850 D.C., para atingir o primeiro bilhão de habitantes.

O livro Limites do Crescimento (Meadows et al, 1978) explica que antes da revolução industrial, a fertilidade e a mortalidade eram, comparativamente, altas e irregulares. A taxa de natalidade em geral superava, apenas levemente, a taxa de mortalidade, e a população crescia numa taxa geométrica, taxa baixa e irregular. Em 1650, a média de duração da vida da maioria das população no mundo era apenas de cerca de 30 anos. Desde então, a humanidade desenvolveu muitas técnicas que afetaram profundamente o sistema de crescimento da população, especialmente as taxas de mortalidade. Um dos grandes avanços na revolução industrial e até hoje, estão localizados no campo da medicina. Tais avanços, tem como fim a longevidade do ser humano.

Assim a partir de 1850, a população gastou cerca de 80 anos para chegar ao 2º bilhão, 45 anos para chegar ao 4º e provavelmente levará só 35 anos para atingir 6 bilhões de habitantes. Na prática isto significa provar um Brasil a cada três anos, ou uma Espanha a cada ano ou um Chile a cada três meses.

Por outro lado, a industrialização brasileira, do ponto de vista populacional, fez-se graças a migração da população rural para as cidades.

O território brasileiro subdivide-se em cinco grandes regiões, que sejam: Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte. Sendo que 30 por cento de população brasileira se concentra em áreas metropolitanas; 26 por cento concentram-se nas grandes cidades; 21 por cento nas pequenas cidades e vilas e os restantes 23 por cento vivem no campo.

É interessante observar, conforme Simas (1988), como evoluiu a dinâmica dessas populações no período de 1960 a 1986. O padrão se modificou de forma peculiar: a população total praticamente dobrou evoluindo de 70 milhões em 1960 para 136 milhões em 1986. Entretanto, o que mais chama a atenção é que a população urbana praticamente triplicou, ao passo que a população rural diminuiu. Enquanto que a população rural somava mais de 70 por cento no anos 50, passou para 55 por cento na década de 60, caindo para 23 por cento em 1986. Paralelamente, observa-se que a taxa anual de crescimento da população total vem diminuindo constantemente, caindo de 2,9 em 1960 para 2,2 em 1980. A urbana, entretanto, pouco diminuiu, mantendo-se praticamente estável durante o mesmo período. Em contraste, observa-se que, no período em questão, a taxa de crescimento vem caindo de 0,6 em 1960 para -3,3 em 1980.

Esse padrão de crescimento demográfico tem sérias complicações de ordem social, política e econômica e, não menos importantes, no abastecimento nacional, na medida em que anteriormente o habitante rural se auto-abastecia podendo, eventualmente, produzir algum excedente comercial. Hoje, além de não se abastecer, transformou-se em consumidor em potencial, agravando o problema de abastecimento de forma geométrica.

Consequentemente, tem-se que com um crescimento populacional total de dois por cento a.a., o Brasil precisa ampliar sua produção de alimentos em 4,5 a 5 por cento a.a. ou mais, se quiser manter a sua posição de exportador de grãos.

Conquanto houvesse essa migração do campo para a cidade, ocasionando um desfalque da mão-de-obra para as atividades agrícolas e concomitantemente um avanço nas fronteiras agrícolas, e com a incorporação de milhares de hectares/ano, a produção brasileira de grãos continuou evoluindo. (Figura 2)

Aspectos toxicológicos

É de competência do Governo Federal aprovar, registrar ou banir a comercialização e o uso de defensivos agrícolas no Brasil.

O registro pode ser dado pelo MARA ou IBAMA, depende da finalidade a que se destina, mas ambos são analisados e avaliados toxicologicamente pelo Ministério da Saúde.

A avaliação toxicológica é a análise dos dados toxicológicos de uma substância ou composto químico com o objetivo de colocá-la em classes toxicológicas e fornecer informações a respeito da forma correta do seu emprego, bem como as medidas preventivas e curativas para os casos de uso indevido e consequente intoxicação.

Assim, os dados sobre a toxicidade de um produto fitossanitário, utilizados em última instância para avaliar possíveis efeitos sobre o homem, normalmente incluem:

- Dados de toxicidade aguda.
- Dados de toxicidade subcrônica.
- Estudos de toxicidade crônica.
- Estudos especiais, tais como: metabolismos e excreção, teratogenicidade, reprodução, mutagenicidade, efeito neurotóxico retardado e outros estudos apropriados.

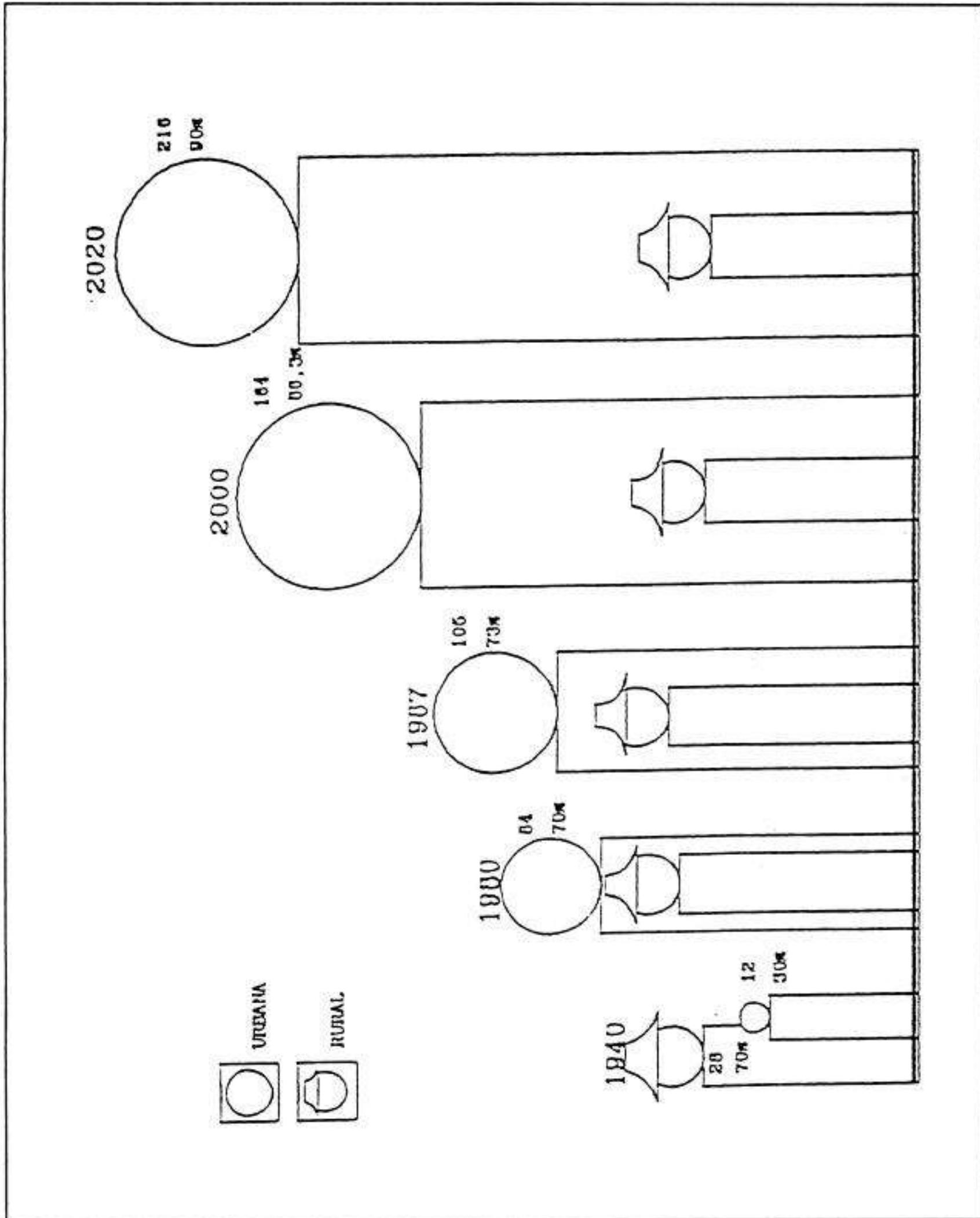


Figura 2. A urbanização brasileira. A corrida em direção às cidades. (Em milhões de habitantes).
 Fonte: IBGE (1986), adaptado da VEJA.

- Dados de resíduos dos produtos sobre as culturas e subprodutos.

Assim, os dados toxicológicos são informações sobre as características tóxicas de uma substância ou composto químico, obtidas através de experimentação em animais de laboratório ou pelo registro de casos de uso indevido e consequente intoxicação para seres humanos.

A toxicidade deve ser vista como uma característica inerente ao produto químico que se manifesta somente sob determinadas condições. Devido à grande variação nas respostas dos sistemas biológicos, esses efeitos raras vezes são uniformes e usualmente não há uma linha divisória em termos de dose entre a presença e ausência de efeitos tóxicos.

- **Classificação Toxicológica:** É a identificação do risco oferecido pelo uso de uma substância ou composto químico.

A classificação toxicológica como entendido pela Organização Mundial da Saúde e Regulamentação Brasileira e que define a faixa colorida de colocação obrigatória nos rótulos e bulas, baseia-se nos dados agudos apresentados. Os parâmetros para a colocação de um produto em uma determinada classe toxicológica estão presentes nas Normas e Diretrizes do Ministério da Saúde. Tais informações baseadas na toxicidade aguda da formulação, resulta em quatro classes, quer sejam:

1. Extremamente tóxicos (faixa vermelha).
2. Altamente tóxicos (faixa amarela).
3. Medianamente tóxicos (faixa azul).
4. Pouco tóxicos (faixa verde).

Estudos sub-crônicos

Envolvem a exposição diária dos animais teste ao produto, através da sua administração na dieta, ou pela via dérmica, ou inalatória, por períodos que variam de 21 dias a 1 ano.

Estudos toxicológicos crônicos

Testes crônicos: são testes que convencionalmente tem a duração de 12 a 30 meses, utilizando ratos, camundongos e cães que são administrados via ingestão durante esse período com doses do produto-teste, menores que aquelas utilizadas nos estudos subcrônicos. Normalmente são utilizadas três doses além do controle.

Os estudos toxicológicos crônicos são: informações a respeito da toxicidade cumulativa de uma substância ou composto químico.

Há necessidade de se conhecer os efeitos dos produtos fitossanitários sobre os nervos, o potencial de causar cancer, a teratogenicidade, mutagenicidade e reprodução.

Ao final do experimento, todos os animais são sacrificados e autopsiados e são feitos exames em mais de 40 órgãos e/ou tecidos.

Nos estudos subcrônicos e crônicos, sempre existe uma dose que provoca o aparecimento de algum efeito tóxico.

Da mesma forma, há sempre uma dose que não provoca nenhum efeito diferente daquele que aparece no grupo control. Este é o nível sem efeito toxicológico observável, comumente conhecido como NOEL.

NOEL é definido como o nível de uma substância administrada a um grupo de animais experimentais no qual os efeitos observados nos níveis superiores estão ausentes e nenhuma outra diferença significativa entre os animais expostos e os animais do grupo controle é observada.

Este dado é necessário para a determinação da Ingestão Diária Aceitável (I.D.A.) definida como: ingestão diária aceitável é a quantidade máxima de resíduos que, se ingerida diariamente durante toda a vida parece não oferecer risco apreciável à saúde, à luz dos conhecimentos atuais.

Estes resultados visam:

- Avaliar a necessidade para estudos iniciais de carcinogenicidade.

- Avaliar o potencial mutagênico de um produto.
- Providenciar dados suplementares para estudos oncogênicos.
- Avaliar possíveis efeitos tóxicos sobre órgãos sexuais (questões de esterelidade).
- Analisar o desenvolvimento dos fetos e crescimento.
- Estabelecer graus aceitáveis de exposição.
- Determinar se uma substância é ou não transformada no organismo (transformação química de compostos estranhos a um organismo pelas diferentes enzimas presentes), quais são as vias de excreção (principalmente através da urina, fezes e bile) e qual o tempo médio da permanência da substância no organismo.

Em alguns casos, há necessidade da realização de testes farmacocinéticos, que estudam o movimento da substância dentro do organismo, isto é, absorção, distribuição através do sangue, metabolismo e excreção.

Estudos de resíduos

Dessa forma, resíduos de pesticidas é definida como, a quantidade de pesticida e/ou seus derivados remanescentes no alimento, decorrente do emprego do pesticida, e expresso em partes (em peso) do pesticida e/ou seus derivados por um milhão de partes (em peso) do alimento (ppm).

O estudo é feito observando-se a boa prática agrícola, amostras são retiradas em períodos determinados e em quantidades determinadas. Os resultados obtidos são posteriormente analisados visando a determinação do limite máximo de resíduo (LMR) e o intervalo de segurança ou período de carência, que é o intervalo entre a última aplicação e a colheita ou consumo.

Tolerância ou LMR

A quantidade máxima de resíduo de pesticida tolerada no alimento, como decorrência de sua

aplicação adequada, numa fase específica desde a sua produção até o consumo, expressa em partes (em peso) do pesticida e/ou seus derivados por um milhão de partes (em peso) do alimento (ppm).

Intervalo de segurança ou pedido de carência

O intervalo de tempo entre a última aplicação do pesticida e a colheita ou comercialização do vegetal, abate ou ordenha do animal, conforme o caso, a fim de que os resíduos estejam de acordo com as tolerâncias.

Critérios ambientais

Até o momento da aplicação de um produto fitossanitário, o mesmo está devidamente protegido em sua embalagem original, e portanto bastante seguro.

A partir do momento em que se inicia a pulverização, estamos liberando este produto que em princípio irá atingir um determinado alvo e posteriormente chegará ao solo. A partir daí pode ser levado para outros compartimentos. Nos interessa então conhecer por quanto tempo ele irá permanecer nesses compartimentos até a sua total degradação.

Para avaliar esse comportamento devemos conhecer as propriedades/concentrações do produto necessárias para avaliar o transporte, o destino e a ação no meio ambiente.

Existem inúmeras publicações indicando "listas desejáveis" de características para avaliar estes parâmetros contudo, para estarmos coerentes com a Portaria 349 do IBAMA, vamos nos posicionar nas quatro subdivisões dessa Portaria, como se segue:

Características físico-químicas

Identificam o produto químico. Caracterizam-no do ponto de vista físico-químico. Algumas dessas propriedades são também utilizadas para se avaliar outros aspectos do uso do produto.

São necessárias informações sobre:

- **Espectro de absorção ultravioleta visível.**
- **Ponto de fusão/faixa de fusão.**

- **Ponto de ebulição/faixa de ebulição.**
- **Curva de pressão de vapor.**
- **Solubilidade em água.**
- **Coeficiente de partição N-Octanol/água.**
- **Capacidade de formação de complexos na água.**
- **Densidade de líquidos e sólidos.**
- **Distribuição de partículas por tamanho.**
- **Constante de dissociação na água.**
- **Hidrólise como função do pH.**
- **Estabilidade térmica e ao ar.**
- **Tensão superficial de soluções aquosas.**
- **Lipossolubilidade.**
- **Viscosidade de líquidos.**

Processos de degradação e transporte

Através de vários testes, procura-se determinar o destino do produto fitossanitário utilizado. É complexa a análise a ser feita, uma vez que as propriedades são interrelacionadas, não podendo pura e simplesmente serem analisadas sozinhas.

- Biodegradação

É a transformação de um composto químico pela ação de organismos vivos. É um dos principais processos que determinam o destino final de um composto em ambientes aquáticos e terrestres. Os microorganismos tem um papel importante na biodegradação, devido à sua abundância, diversidade e espécies, versatilidade catabólica, alta atividade metabólica e habilidade para adaptar-se a uma grande variedade de condições ambientais. Além disso, a degradação microbiótica é única em contraste com os processos não biológicos como hidrólise e fotodegradação.

Deve se considerar que temos dos ambientes distintos quando se considerar os grandes compartimentos o aquático e o terrestre.

Ambiente aquático. O ambiente aquático, tanto de água doce como salgada, representa o principal ecossistema sobre a terra. Apesar da grande variação das condições encontradas nesses "habitats", os microorganismos são encontrados em quase todo os ambientes aquáticos.

Os microorganismos, incluindo bactérias, fungos e algas, constituem a principal proporção da biomassa total nesses ambientes. A população microbiana de um sistema aquático pode mostrar uma íntima relação com a população terrestre vizinha devido a constante adição de solo, arrastamento lateral provocado por chuvas e matéria orgânica.

A maioria das bactérias são nutricionalmente heterotróficas, embora bactérias fototróficas e chemolitotróficas também estejam presentes. Desde que as bactérias heterotróficas requeiram carbono orgânico para crescimento, elas são de importancia primária na biodegradação de compostos orgânicos.

Ambiente terrestre. O ambiente terrestre é um sistema heterogêneo composto primariamente de partículas sólidas envolvidas pelo ar e finos filmes de água. É caracterizado por gradiente de todos os tipos, altos conteúdos de material orgânico e é sujeito a consideráveis flutuações na temperatura e umidade.

Os solos são compostos de proporções variáveis de material orgânico e inorgânico e são o resultado de muitos processos complexos, incluindo a desintegração e intemperização de rochas e decomposição de plantas e animais. As quantidades desses componentes variam de solo para solo, mas pode-se dizer que em média a matéria mineral representa aproximadamente 50 por cento do volume do solo, a fração orgânica menos que 10 por cento, enquanto que o ar e água ocupam a parte restante do solo em um sistema complexo de poros e canais.

A composição da fração mineral tem efeito sobre as propriedades químicas e biológicas do solo devido a sua influência sobre a disponibilidade de nutrientes, aeração e retenção de água.

Os principais microorganismos responsáveis pela degradação de compostos orgânicos em ambiente

terrestre são as bactérias, fungos e actinomicetos. Devido à sua alta atividade metabólica, as bactérias respondem por uma significativa porcentagem no metabolismo total no solo e são responsáveis por transformações em compostos contendo carbono, nitrogênio, fósforo, enxofre e ferro.

- Degradação através de reações químicas

Reunindo-se as medidas de degradação, sejam elas provenientes da biodegradação ou de reações químicas, obtém-se a **meia-vida** do produto que é o tempo necessário para que haja o desaparecimento da metade da concentração do composto original. Esse dado é importante na avaliação da persistência de um produto no meio-ambiente.

Adsorção/dessorção: é a propensão de um produto químico ligar-se aos colóides do solo. Vários tipos de interações intermoleculares podem estar envolvidos nesse fenômeno.

Mobilidade: a mobilidade depende de vários fatores como a solubilidade em água do produto e sua capacidade de adsorção aos colóides do solo.

Cromatografia em camada delgada é uma forma de verificar a mobilidade de um produto em amostras de solo, em condições de laboratório.

Toxicidade a organismos aquáticos e terrestres

A portaria 349 do IBAMA identifica estudos que devem ser realizados com cada produto químico, relativamente a sua ação sobre o meio-ambiente.

1. Toxicidade sobre microorganismos.
2. Toxicidade para microscrustáceos, algas, peixes, daphnias, organismos aquáticos inferiores.

Os corpos de água podem ser contaminados com agroquímicos através de arrastamento (run-off) pela água de chuva, através de água do subsolo ou através de pulverizações inadequadas. Os organismos aquáticos podem

ser expostos diretamente através das guelras (peixes), sorção através da pele (peixes, moluscos, nematódeos) e/ou através da ingestão de particulados suspensos, sedimentos e biomassa contaminada (organismos bentônicos, artrópodos, mariscos).

Deve-se portanto, avaliar a toxicidade dos agroquímicos nos diferentes níveis tróficos do ecossistema aquático como organismos bentônicos (**Chironomus, anfipodas, apligoguetas**), esvaurinos (ostras, camarões), algas, daphnias, peixes (águas quentes e frias).

As algas, como produtores primários, formam a base da cadeia alimentar aquática.

O estudo de toxicidade em daphnias é relevante devido a sua importância trófica como consumidores primários, sua sensibilidade a produtos químicos tóxicos e sua relação com outros invertebrados aquáticos.

Os peixes formam praticamente a parte final da cadeia alimentar aquática. Várias espécies podem ser utilizadas na realização dos testes que podem ser agudos, crônicos e de bioconcentração.

3. Teste em outros organismos-abelhas, minhocas, insetos benéficos.

Abelhas: as abelhas são os únicos polinizadores de muitas plantas e portanto de considerável importância. A contaminação das abelhas pode ocorrer por contato direto com as gotas de pulverização, por contato com resíduos nas folhas ou através da água contaminada com produtos.

Testes tópicos e de determinação da DL_{50} são os mais comuns para se avaliar a toxicidade de produtos às abelhas. Os critérios para se avaliar os efeitos do produto teste incluem mortalidade.

Minhocas: importantes na degradação da matéria orgânica e na aeração do solo, as minhocas são de considerável importância, tanto do ponto de vista ambiental como agroquímico.

Organismos benéficos: parasitas e predadores podem ser importantes e benéficos para regulamentar populações de pragas. A ressurgência de pragas e aparecimento de pragas secundárias podem ser resultados da ação danosa de agroquímicos sobre populações de organismos benéficos.

Organismos terrestres: podem ser expostos através da inalação de compostos orgânicos voláteis, partículas do solo contaminadas, parte aérea das plantas contendo resíduos de produtos, água e outros organismos. A via de exposição dominante será a cadeia alimentar e será mais ou menos comparável com as vias de exposição humana.

Os dados de toxicidade em mamíferos gerados para a avaliação da segurança para o homem, que será objeto de estudo posterior, constituem a informação básica. Esses dados revelam a sensibilidade relativa entre as vias de exposição (oral, dérmica e inalatória) e os tipos de efeitos tóxicos a serem esperados sobre mamíferos silvestres.

Em se tratando de aves, testes de toxicidade aguda devem ser realizados para se determinar a DL_{50} . Dependendo do valor encontrado, se considerável exposição a pássaros é provável por ocorrer e se houver indicação de ação cumulativa em estudos com mamíferos, um estudo para determinar a DL_{50} com duração de cinco dias deve ser efetuado. Em determinados casos, especialmente quando exposição a longo prazo poderá ocorrer, outros estudos como o de reprodução poderão ser requeridos.

Toxicidade para animais de laboratório

A toxicologia clássica utiliza-se de modelos já bem desenvolvidos e conhecidos mundialmente para, através de estudos com animais de laboratório, extrapolar possíveis efeitos dos agroquímicos para o homem.

Uma quarta subdivisão da Portaria 329 do IBAMA praticamente solicita os mesmos dados toxicológicos

requeridos pelo Ministério da Saúde. A diferença é que enquanto o Ministério da Saúde analisa do ponto de vista humano o IBAMA analisa o ponto de vista da ação da substância em relação a mamíferos silvestres e outros animais.

Os testes requeridos estão em detalhes na área de toxicologia.

INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

- Ambientais

Para o tomador de decisões, após ter em mãos os dados apresentados para um herbicida, inicia-se a tarefa mais difícil, extremamente complexa, que é interpretar os resultados dos testes de modo a poder tomar a decisão mais correta, fundamentado em dados científicos.

Em relação aos dados ambientais, a análise isolada pura e simple de uma característica físico-química não leva a lugar nenhum. É necessário analisá-la conjuntamente com outros parâmetros para se ter uma idéia mais global do efeito causado por aquele produto nas condições de uso, em um determinado ecossistema.

No caso do Brasil a análise e a avaliação em parte fica prejudicada tendo em vista a não divulgação dos parâmetros utilizados pelo IBAMA. No Manual de Testes para avaliação de ecotoxicidade de agentes químicos apenas alguns estudos tem definido estes parâmetros.

A.E.P.A. (Agencia de Proteção Ambiental), que regulamenta o uso de agroquímicos nos Estados Unidos, se fundamenta nos seguintes indicadores para avaliar o potencial de lixiviação de um produto.

Relacionando-se os dados apresentados e confrontado-os com o Quadro 1 pode-se analisar com propriedade a probabilidade de lixiviação da substância.

Quadro 1. Indicadores para avaliar o potencial de lixiviação de um produto (A.E.P.A., Estados Unidos).

Valor limite		
coeficiente de adsorção	kd = 5 K = 300	maior, melhor
solubilidade em água	30 ppm	menor, melhor
meia-vida (hidrólise)	> 6 meses	menor, melhor
constante dissociação	neutro	neutro, melhor
meia-vida (geral)	3 semanas	menor, melhor

Vê-se portanto, que várias propriedades são utilizadas para analisar-se uma certa ação de um produto químico em um ecossistema.

Cada país tem que ter seus próprios indicadores, que podem ser moldados em modelos já existentes em outros países, ou determinados pela comunidade científica própria.

O IBAMA Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis tem alguns indicadores para vários dados que são solicitados, objetivando a avaliação ambiental de um agroquímico.

Assim, para se avaliar o **potencial** da Bioacumulação, são utilizados dados de:

- Toxicidade.
- Coeficiente de partição N-octanol/água.
- Dados de bioconcentração.

Em relação ao **transporte**, são analisados:

- Solubilidade em água.
- Adsorção/dessorção.
- Mobilidade.

A persistência de um produto no meio-ambiente é avaliada levando-se em consideração:

- Biodegradação.
- Fotólise.
- Hidrólise.
- Redox.

Sendo a classificação baseada no valor da meia-vida:

Meia-vida (dias)	Persistência
>180	alta
> 90 e <180	média
> 30 e <90	reduzida
<30	não-persistente

Toxicidade: são analisados os resultados dos testes nos diversos compartimentos:

- Aquático.
- Aéreo.
- Terrestre: estudo em ratos, camundongos e cães.

Avaliação ambiental

Pensando-se em um ecossistema particular e isolado em equilíbrio, os quatro principais componentes envolvidos na perturbação desse equilíbrio são:

Entrada: deve haver uma fonte de perturbação, como por exemplo a aplicação de herbicida para o controle de plantas daninhas.

Processos Cinéticos: o destino final do produto químico adicionado é representado por reações cinéticas específicas como biodegradação, hidrólise, fotodegradação.

Processos de Transporte: dentro do ecossistema no qual também se inclui o homem, há vários processos naturais que governam o movimento do produto através das várias interfaces. Esses processos são governados pelas características físicas e químicas do produto, que são utilizadas para estimar os coeficientes de troca entre os diversos compartimentos. Da mesma forma, os dados toxicológicos gerados em animais de laboratórios e transferidos através da utilização de vários fatores de segurança, para homem dão as necessárias informações para se avaliar o potencial

de perigo que o produto representa para a saúde humana. A ação sobre a cadeia alimentar é determinada pela análise dos resultados realizados com testes de laboratório em organismos específicos.

Saída: para completar o balanço de massa, deve-se verificar as formas reduzidas a que o produto é transformado ao deixar o ecossistema.

Segundo Perazza *et alii* (S/D), o impacto tem sua origem num processo de desenvolvimento econômico que provoca uma determinada forma de apropriação do meio ambiente. Dentro do processo de desenvolvimento econômico brasileiro, podem ser destacadas três grandes vertentes de apropriação do meio ambiente, que interdependem e se interligam, -a industrialização, a construção civil e a agropecuária-, as quais, quando da sua implantação, provocam alterações no meio.

Para tais alterações, pode-se verificar e afirmar a existência e a persistência, mas não estabelecer conseqüências absolutas e universais. As alterações acarretadas por uma dada atividade dependem da especificidade do meio biogeofísico, sócio-econômico, político e institucional do ambiente e, portanto, os impactos ocorrerão em relação a essas mesmas especificidades.

Evidencia-se portanto que é fundamental a caracterização do meio ambiente na área de influência do projeto, especialmente dos fatores que deverão sofrer impactos consideráveis em função da natureza do projeto e da área objeto da análise.

Verificada a importância da Avaliação de Impacto Ambiental de uma ação de projeto; conhecido esse projeto quanto às suas fases de implantação e operação de atividades; caracterizado o meio ambiente onde esse projeto irá desenvolver-se, nos seus aspectos biogeofísicos, sócio-econômicos, institucionais e legais, tem-se elementos suficientes e necessários para informar a comunidade e, com ela, numa ação conjunta, estabelecer as prioridades que irão nortear o trabalho técnico, isto é, o processo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), levando em conta os usos existentes e desejáveis dos recursos, para satisfação

das necessidades dessa comunidade. Assim sendo, a avaliação de um mesmo projeto, em áreas diferentes, poderá apresentar grandes diferenças no seu enfoque, porque o meio é diverso e assim reage diferenciadamente em relação a uma ação. (Perazza, *et alii* S/D).

POTENCIAL DE RISCO

- Avaliação de risco-benefícios

A análise do impacto ambiental no uso de agrotóxico ou produto fitossanitário, como vimos é extremamente complexa. Nos países mais desenvolvidos soma-se a esta análise, o conceito ou a avaliação de risco-benefício; ou ainda o balanço entre o risco e benefício.

O balanço entre o risco e benefício pode variar significativamente sob diferentes condições sócio-econômicas.

Para se decidir se um risco é aceitável, é de fundamental importância considerar os benefícios advindos do uso do produto fitossanitário, e não somente os aspectos tóxico-ambientais.

Desse modo no processo de registro, cada país deve decidir quais aspectos no seu ambiente podem ser afetados pelo uso proposto de um determinado produto fitossanitário.

Deve também decidir que valores deve dar a esses aspectos e pesá-los à luz de suas necessidades sob suas próprias circunstâncias agrícolas e sócio-econômicas. (FAO, 1981).

Riscos ecológicos de um composto devem ser comparados com os riscos provenientes de outros produtos fitossanitários ou métodos culturais alternativos (Ellis & Barnes, 1989).

Como exemplo num balanço de risco-benefício poderia ser citado que o excessivo cultivo da terra pelos processos mecânicos convencionais (aração e gradagem) somadas a não utilização de meios de conservação dos solos (curvas de nível) tem aumentado as perdas por erosão do solo bem como da própria água.

Em muitos casos, também como exemplo o uso de herbicidas - na substituição destes equipamentos - nos sistemas de cultivo por plantio direto e cultivos mínimo, o não revolvimento da camada superficial, reduz significativamente a erosão. A que se considerar ainda que arações repetidas e freqüentes reduzem significativamente o número de organismos benéficos como por exemplo as minhocas. Portanto, o uso de herbicidas não tóxicos a minhocas pode aumentar a população desses organismos. Portanto, retornando a condições extremamente favoráveis a vida no solo, conquanto tenha se usado para isto produtos químicos.

Há ainda uma falsa percepção dos riscos inerentes a estes produtos, pois, muitas vezes, a falta de conhecimento cria preocupações infundadas sobre esses riscos levando pessoas a acreditar que os produtos fitossanitários são usados discriminadamente sem que tenham sido testados.

Em recente levantamento publicado pelo Ministério da Saúde (Fundação Osvaldo Cruz - SINDOX, 1991), sobre as causas de envenenamentos registrados no Brasil, percebe-se que os produtos químicos com o uso fitossanitários, tabulado com pesticidas, representa apenas 14 por cento dos casos bem abaixo dos animais com 36 por cento e dos medicamentos com 24 por cento.

Na verdade conhece-se mais resultados de testes com produtos fitossanitários do que com qualquer outro grupo de produtos químicos no mundo.

Pelo fato de que os produtos químicos são úteis e muito contribuem para a saúde, padrão de vida e progressos econômicos, é crucial que os aspectos negativos dos mesmos, como a toxicidade, contaminação do meio ambiente, sejam rigidamente controlados para que estes efeitos adversos não ocorram. (Smith, 1991).

Como perspectiva futura, deve-se vislumbrar que o controle químico está sofrendo uma grande transformação no sentido de se usar novas moléculas de alta seletividade (sem ou muito pouco prejuízo a organismos benéficos) e elevada eficiência em

dosagens bastante baixas, portanto, em princípio com menor risco.

Poderíamos concluir afirmando que com a evolução das ciências agrônômicas, os ganhos da biotecnologia e da engenharia genética, a utilização dos conceitos de manejo utilizado, mais a tendência de se partir para o conceito de uma agricultura sustentada a "tendência futura é a de reduzir cada vez mais a dependência exagerada do uso de produtos fitossanitários".

Mas enquanto estes novos tempos não chegar, ainda dependeremos desses produtos para a produção maciça de alimentos.

CONCLUSÕES

Especificamente, em relação a impacto ambiental dos produtos fitossanitários, não se tem dados em relação a plantio convencional e A.S. Direta. Porém, a própria natureza nos mostra que herbicidas altamente eficientes no controle de gramíneas (glifosato) e em dicotiledôneas (2,4-D) na operação de pre-plantio, propiciam uma excelente implantação das culturas tradicionais como: arroz, milho, trigo e soja, logo após a aplicação de manejo. Mais, no sistema de plantio direto, pode ser observado o aumento da biodiversidade de espécies, marcado principalmente pelo retorno da minhoca (*lumbricis*) - símbolo do P.D. em várias regiões bem como aqui no Paraguay. Assim, conquanto tenha-se usado produtos químicos em maior quantidade que no sistema convencional, os resultados mostram que o impacto é menor que o preparo mecânico e com o tempo pode-se deixar de usar estes herbicidas - como citado por outros palestrantes - e, por exemplo, a substituição destes produtos, pelas máquinas tipo rolo faca. O inverno não é com certeza, pois não se pode deixar de arar e preparar o solo no convencional. Assim, como mostramos no início, a atividade agrícola, a própria operação de preparo após a retirada da vegetação, sem dúvida é maior que o próprio uso de defensivos. Pois, a própria natureza, no ecossistema, mostra que uma camada de cobertura morta na superfície, é importante para manter a vida biológica no solo. A presença desta cobertura traz inúmeras vantagens como, maior capacidade de

retenção de água, e menor amplitude termica apenas para citar duas. Assim, embora com o maior uso dos defensivos, teoricamente de maior impacto, propiciamos condições para esta maior biodiversidade, e muito menor risco de erodibilidade. Se compararmos os riscos e benefícios, com certeza teremos como benefício um maior equilíbrio, uma manutenção mais harmônica do sistema. Dentro de uma visão macro, estaremos, com certeza nos aproximando mais de um ecossistema natural.

LITERATURA CITADA

- AGROW WORLD AGROCHEMICALS MARKET. 1992. nº 163 julho .
- AGROW. 1992. nº 164, julho.
- AGROW. 1992. nº 165, agosto.
- ANDEF(Associação Nacional de Defesa Vegetal). 1991. Dados estatísticos de comercialização dos Produtos. Não publicado.
- BOURLAU, N.E. 1985. Toxic Terror, Ed. Welan, E.M. Jamensopn Books. Inc.. 348 p.
- DEKKER, J. 1986. Agricultural University, Wageningen. The Netherlands.
- ELLIS, F.B. and BARNES, B.T. 1989. ARC Letcombe laboratory Annual Report 1976 and Schwerdtle, F.Z. et alii - Pflschutz 76: 635-641 (19..) citado na FAO Guideline on Environmental criteria for Registration Pesticides (final draft) - September.
- FAO. 1981. Second Expert Consultation on Environmental Criteria for Registration of Pesticides. Rome, 4 a 8 de maio.
- GUIMARAES, G.L. 1992. Toxicologia e Legislação específica ABEAS. Módulo 6.3. Critérios Ambientais e Toxicológicos para registro de Defensivos Agrícolas. Brasília DF, 42p.
- HAYNES, D.L.; TUMMALA, R.L.; ELLIS, T.L. 1980. Ecosystem management for pest control. Bioscience, 30.
- IBAMA. Portaria 349. D.O.V. 15/03/90.
- I.B.G.E. 1986. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Anuário Estatístico do Brasil V. 47. 1-628.
- MEADOWS, D.H.; MEADOWS, D.L.; RANDRES, J.; BEHRENS, W.W.. 1978. Limites do crescimento. Ed. Perspectiva 2o. ec. São Paulo, SP. 200p.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. S.N.D.A. - S.D.S.V. - DIPROF. Normas para Registro de Defensivos Agrícolas - Coord. D.M. Galvão. Brasília, junho, 77p.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. 1991. Fundação Osvaldo Cruz. SINTOX. Dados de envenenamento no Brasil. Rio de Janeiro.
- O.E.C.D. 1980. Guidelines for Testing Chemicals. 800 p.
- PERAZZA, M.C.; BIRRAQUE, M.J.; LINK, V.R.; QUEIROZ, M.H.L. Estudo Analítico de Metodologias de avaliação de impacto ambiental. Ministério da Agricultura EMBRAPA/CNPDA. In: Curso de Metodologia de Avaliação de Impacto Ambiental S/D. 12p.
- RAND, G.M.. 1989. An Environmental Risk Assessment of Pesticide. In: The Risk Assessment of Environmental hazards. Ed. D.J. Paustenbach. John Wiley & Sons. N. York.
- SANTOS, P.F. 1984. O meio ambiente e os defensivos agrícolas: Avaliação de impacto. In: Anais do I Seminário sobre o uso adequado de defensivos Agrícolas no Distrito Federal EMATER - S.A.P.G.D.F. - ANDEF 1984, 65p.
- SECRETARIA ESPECIAL DO MEIO AMBIENTE (SEMA)(STL). 1988. Coordenadoria de Toxicologia Ambiental. Manual de Testes para avaliação da Ecotoxicidade de Agentes Químicos. Brasília 1 de maio, 351p.
- SIMAS, J.R. 1988. Irrigação no Brasil. Programa Nacional de irrigação. PRONI-1 Lav. Arrozeira. Porto Alegre, n.41, v.378, março-abril. 24 p.
- SMITH, E. 1991. Chemical risks to human health and the environment identification and quantification. World Health Organization (WHO). Geneve Swtzerland. September .
- VETORRAZZI, G. 1979. Internacional Regulatory Aspects for Restiade Chemicals. Vol. 1. Toxicity Profiles. C.R.C. PRESS.

Novos conhecimentos sobre manejo de pragas em lavouras sob sistema plantio direto

por Dirceu N. Gassen *

INTRODUÇÃO

O paradigma para o desenvolvimento sustentado dos agroecossistemas preconiza aumentar a produção agrícola considerando a capacidade de assimilação da natureza e a recuperação dos recursos naturais. De acordo com estes princípios, o sistema plantio direto (SPD) na palha é a prática mais indicada para a conservação do solo e para a recuperação da fauna dos agroecossistemas. Neste contexto, os inimigos naturais encontram condições favoráveis para a sobrevivência e o manejo de pragas pode ser praticado em sua plenitude.

O sistema tradicional de preparo convencional de solo (PC), através de aração e de gradagens, incluindo a queima de palha, determinam a redução da fauna a níveis mínimos, favorecendo a ocorrência de pragas de ciclo biológico curto disseminadas pelo vôo. O SPD, com abundância de palha na superfície do solo, beneficia o retorno da fauna diversificada. Muitas espécies nativas, voltam a estabelecer-se em lavouras sob SPD, algumas causando danos às plantas, outras decompondo resíduos vegetais ou predando insetos (Quadro 1). Em função da diversidade da fauna no SPD, as estratégias de controle e de manejo de pragas são diferentes das adotadas nas lavouras sob PC. O SPD na palha permite o retorno da fauna nativa diversificada sendo necessário evoluir nas decisões de manejo para tirar maior proveito dos fatores de controle natural das espécies praga.

Neste trabalho serão apresentados alguns aspectos sobre a dinâmica populacional, os danos e o manejo das principais pragas associados ao SPD nas culturas do milho, da soja e do trigo, em regiões de clima subtropical, úmido, com chuvas distribuídas durante o ano (Figura 1).

FASES DA AGRICULTURA NA HISTÓRIA RECENTE

O manejo de palha e de solo, adotados em agricultura na América do Sul, foi introduzido pelos colonizadores europeus. Em seus países de origem a queima de palha era uma prática necessária por causa do inverno frio, que dificultava a decomposição da palha. O uso de arado de aiveca, o preparo esmerado do solo e a exposição da terra ao sol foram, também, necessários para o aquecimento da terra com o objetivo acelerar a germinação de plantas. Na maior parte da América do Sul, não há necessidade de expor a terra ao sol para aquecer o solo e a palha se decompõem rapidamente, sendo insuficiente para manter a cobertura do solo durante o ano.

Até meados deste século o sistema de produção agrícola baseou-se na subsistência da população rural e na comercialização da produção excedente. As lavouras ocupavam pequenas áreas em ecossistemas com flora e fauna diversificadas e em equilíbrio. As populações de espécies, potencialmente pragas, foram mantidas sob controle natural. No início da década de 70 desenvolveu-se a fase denominada revolução verde. As atividades de pesquisa, de extensão e de crédito rural, foram concentradas na expressão máxima do potencial genético de produção de monoculturas extensivas. O uso intenso de defensivos e fertilizantes foi considerado sinônimo de tecnologia moderna. Nesta

* Engenheiro Agrônomo, M.Sc., EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo, RS, Brasil.

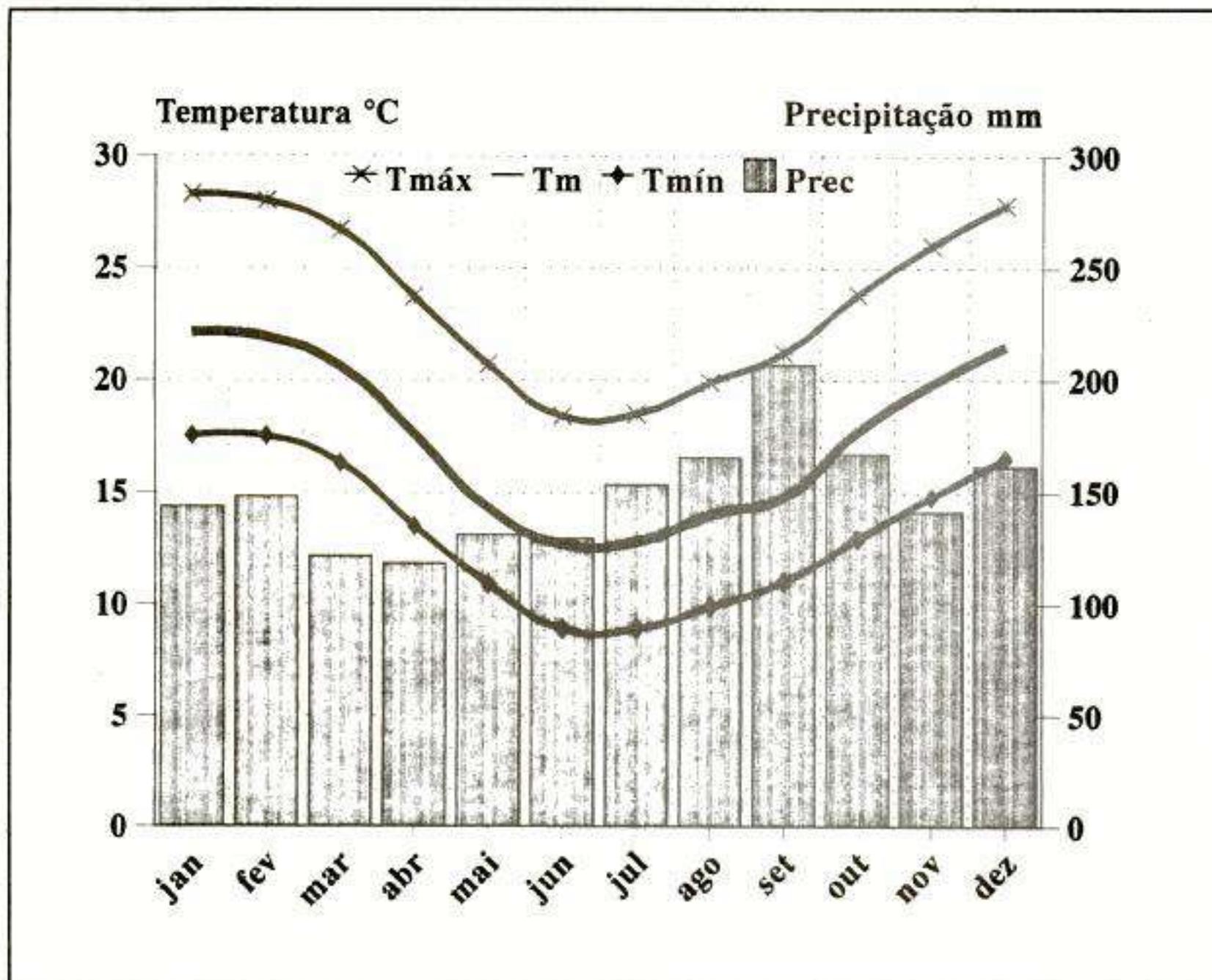


Figura 1. Temperaturas (°C) médias (Tm), mínimas (Tmín), máximas (Tmáx) mensais e precipitação (mm) média mensal em Passo Fundo, RS, 1961-90 (Brasil, 1992).

fase, desenvolveu-se a cultura da soja (Figura 2) em que foram usados, intensamente, inseticidas persistentes, para o controle de pragas. A queima de palha e o preparo esmerado de solo, foram preconizados para a ação eficaz de herbicidas. Estas práticas resultaram num desastre para os agroecossistemas. Solo fértil foi perdido pela erosão, atingindo a fauna dos rios. Provocaram desequilíbrios, beneficiando populações cada vez maiores de insetos-praga da parte aérea de plantas. Os problemas fitossanitários pareciam tornar-se cada vez mais complexos.

Durante a fase da revolução verde desenvolveram-se os programas de manejo integrado de pragas, com o uso racional de inseticidas, e o SPD como alternativa para o controle da erosão. Estas práticas foram amplamente difundidas durante a década de 80 e trouxeram benefícios imediatos para os agroecossistemas. A palha na superfície do solo, o controle biológico de pragas e o manejo de inseticidas foram a base para a ressurgência de vida nos agroecossistemas.

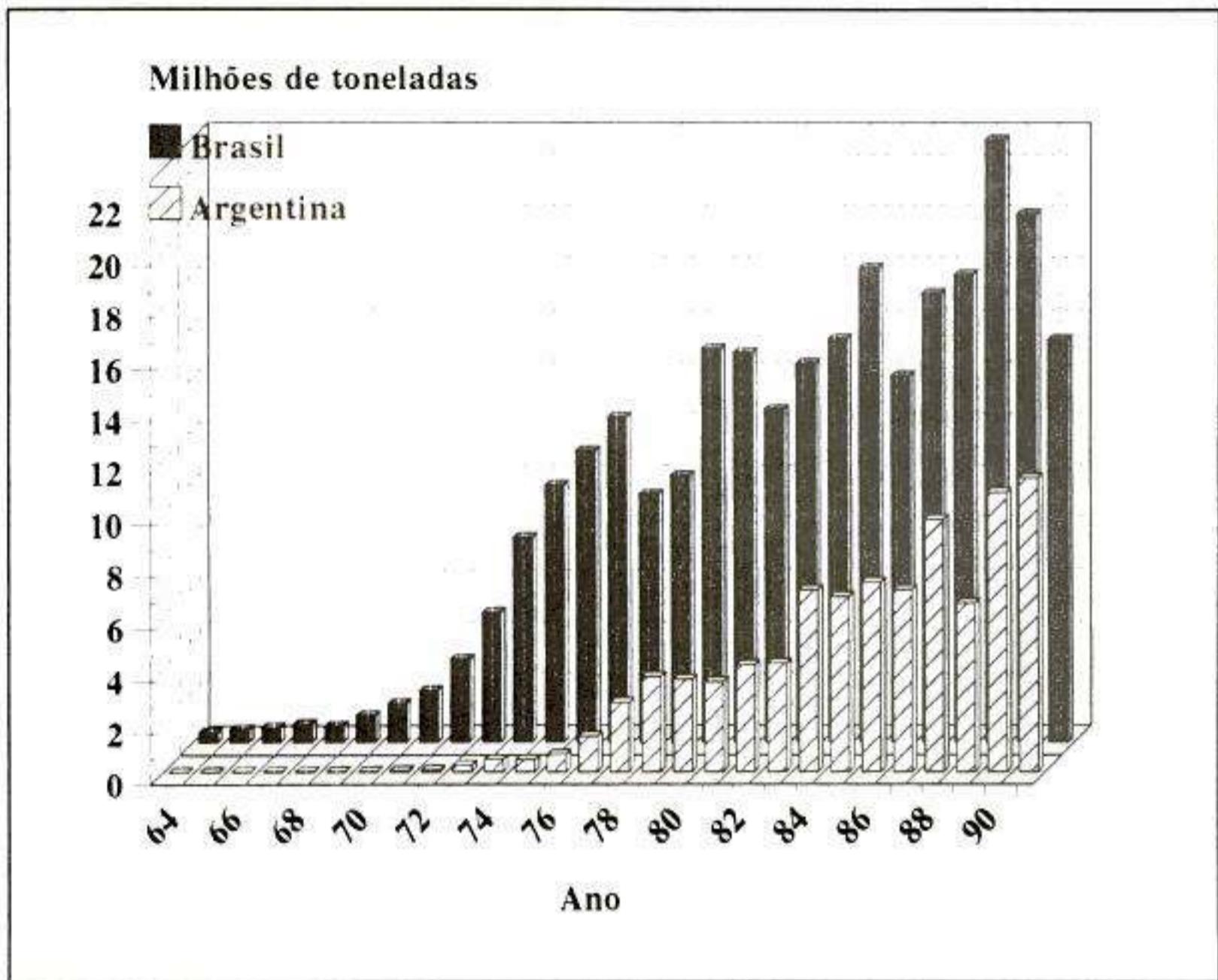


Figura 2. Produção de soja na Argentina e no Brasil no período entre 1960 e 1990 (várias fontes).

Durante a década de 80, o modelo preconizado para a agricultura passou por um processo de reavaliação. Iniciando pelas campanhas de redução de uso de insumos e terminando com a consolidação das teorias de sustentabilidade, onde os recursos naturais são valorizados ao mesmo nível da produtividade. Com isso, busca-se um balanço positivo entre o consumo e a produção de energia na lavoura, recuperando a qualidade biológica do ecossistema. O SPD enquadra-se nesses princípios conservando o solo e beneficiando o aumento da diversidade da fauna e o equilíbrio natural de populações.

A EVOLUÇÃO DO PREPARO DE SOLO NA AMÉRICA DO SUL

Animais são considerados praga quando atingem níveis populacionais capazes de causar danos econômicos, ou competir com o homem na produção de alimentos, compensando a adoção de métodos de controle.

Nas lavouras sob PC a fauna é muito reduzida em função da exposição da terra à radiação solar, a temperatura elevada do solo e a falta de alimento em períodos críticos. A temperatura da superfície do solo,

nos dias quentes de verão ultrapassa 45°C em solo desnudo (Figura 3), sendo letal para insetos. No SPD a palha protege contra a radiação solar e a temperatura elevada da superfície do solo é equivalente à do ar, permitindo o retorno de organismos vivos aos agroecossistemas.

O SPD permite o restabelecimento de populações nativas nas lavouras (Figura 4), algumas vezes, causando apreensão aos agricultores. Os benefícios da fauna diversificada podem ser maiores do que a ameaça de danos. No contexto da sustentabilidade, a conservação do solo é a prioridade maior e o manejo de insetos deve ser desenvolvido dentro do sistema de produção. O aumento das populações de inimigos

naturais, no SPD (Quadro 1), permite o controle biológico efetivo de pragas e a redução do uso de inseticidas.

Em geral, pode-se observar maior número de espécies de ciclo biológico longo no SPD (Quadro 1). No sistema convencional, o preparo de solo e a queima de palha, cortam o ciclo biológico das espécies associadas aos agroecossistemas, permitindo o desenvolvimento, apenas, de populações que imigram e colonizam rapidamente, a parte aérea da cultura em desenvolvimento.

Baseado no habitat e nos hábitos alimentares as espécies-praga podem ser agrupadas em insetos de solo e em insetos da parte aérea de plantas.

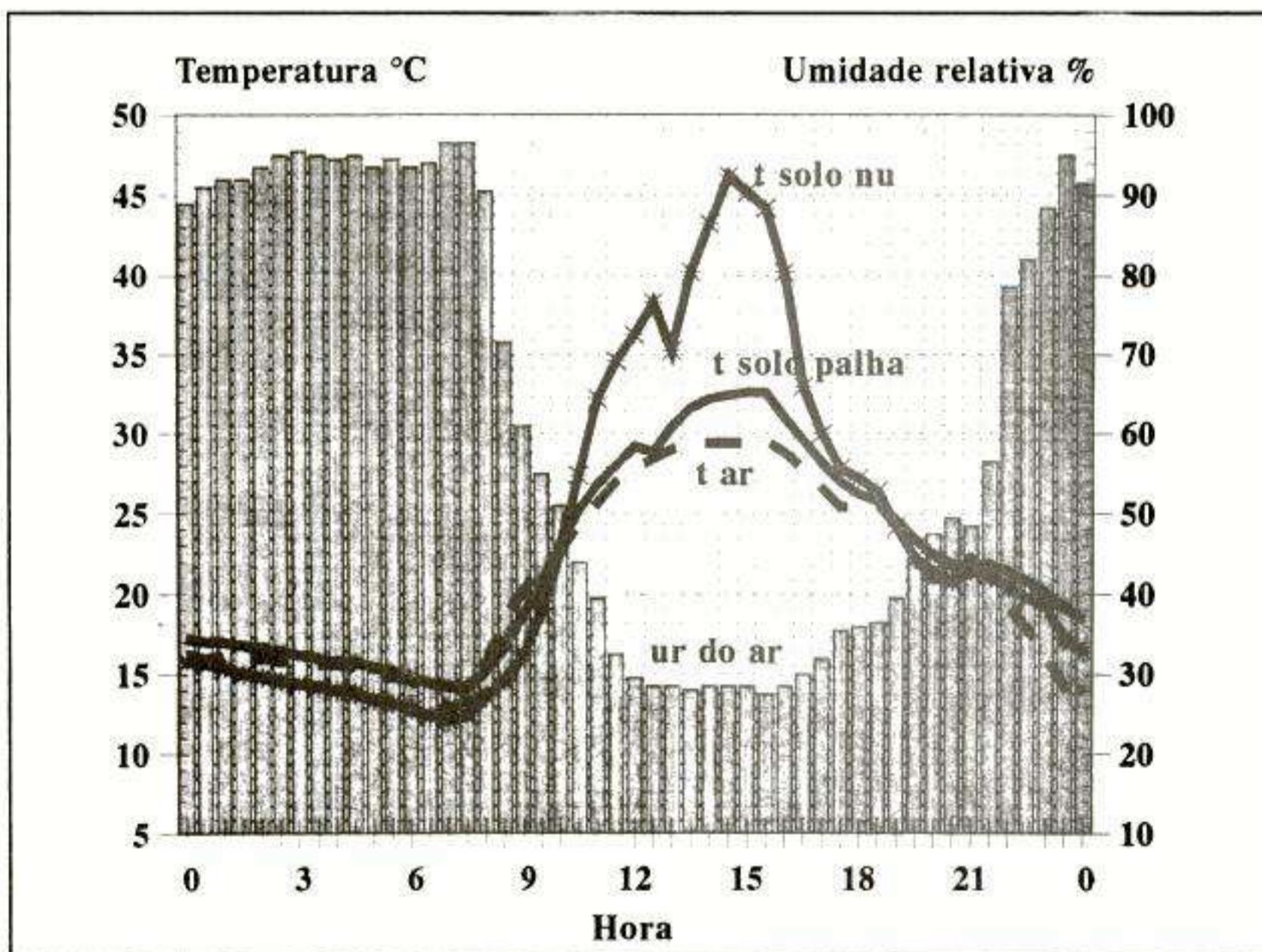


Figura 3. Temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) do ar e de solo com e sem palha na superfície e umidade relativa do ar durante o dia (Gassen, 1993b).

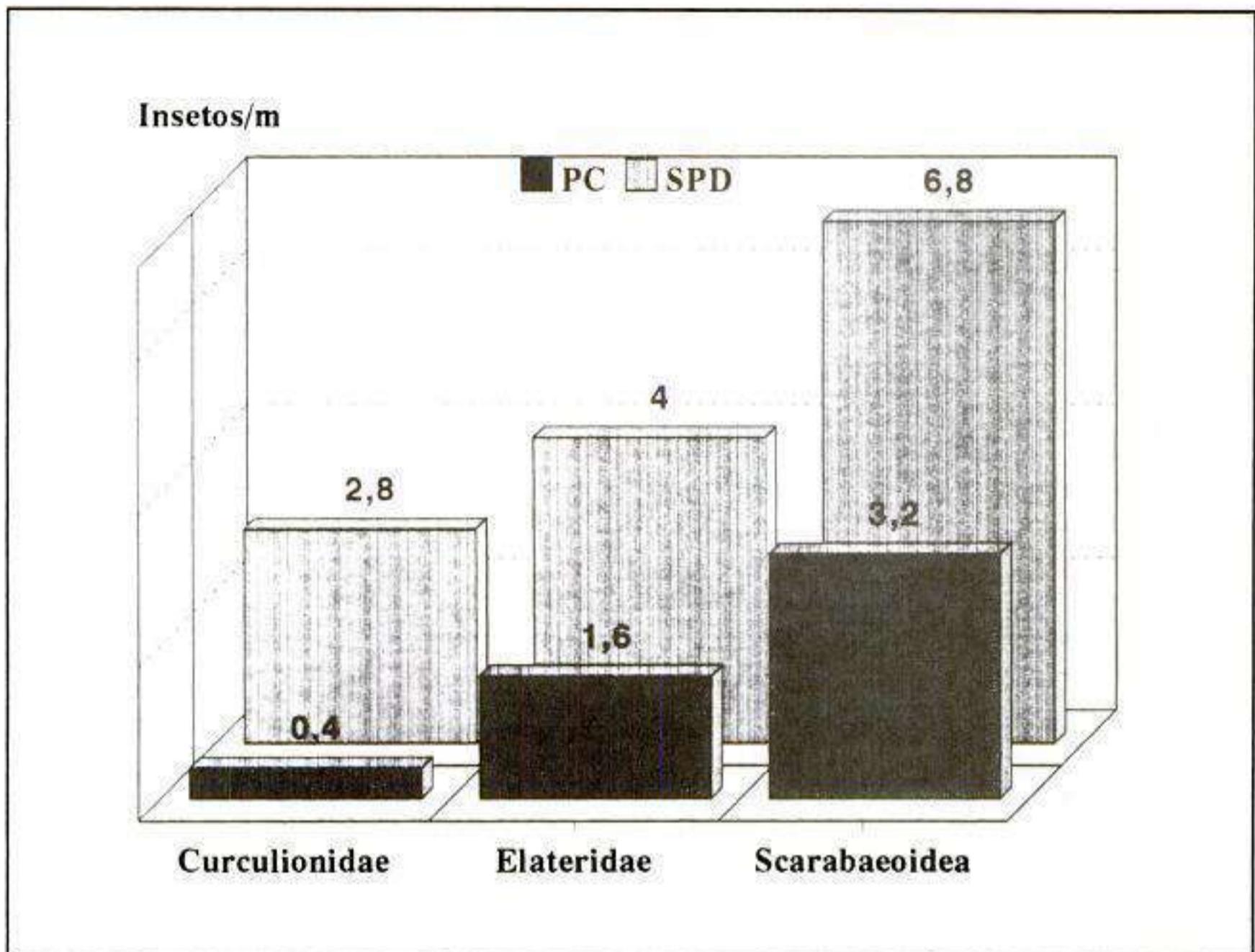


Figura 4. Populações (n°/m^2) de três famílias de insetos de solo em trigo sob sistema plantio direto (SPD) ou sob preparo convencional (PC) de solo (Gassen, 1993b).

INSETOS DE SOLO

As pragas-de-solo são animais, geralmente insetos, que habitam a litosfera, na fase em que se alimentam de plantas competindo com o homem na produção econômica de bens. As características gerais de biologia e de danos dos principais insetos de solo, podem ser encontradas em Gallo *et al.* (1988) e em Gassen (1984, 1989, 1993a, 1993b).

O SPD favorece as populações de insetos de solo incluindo os seus inimigos naturais. Algumas espécies fitófagas podem atingir o nível de praga, especialmente, nas culturas com baixa população de plantas (milho e girassol).

Os insetos de solo podem ser agrupados em subterrâneos e em insetos de superfície do solo de acordo com as características biológicas e o habitat em que vivem (Gassen, 1992a).

- Subterrâneos

Os insetos subterrâneos habitam o horizonte A e raramente vêm à superfície solo. Apresentam um conjunto de hábitos e de características comuns como a movimentação lenta, a visão restrita, a sensibilidade química e física muito desenvolvida, a fotofobia, o corpo despigmentado, defesa através de toxinas, tolerância a níveis elevados de dióxido de carbono,

Quadro 1. Populações de insetos em lavouras sob sistema plantio direto (SPD) ou no preparo convencional de solo (PC) e inimigos naturais (IN) no SPD (adaptado de Carvalho, 1981; Bianco, 1985; Gassen, 1992b, 1993).

Praga	SPD	PC	IN
<i>Acrolophus</i> sp. (Lep., Acrolophidae)	+	-	?
<i>Agrotis ipsilon</i> (Lep., Noctuidae)	+	-	+
<i>Anticarsia gemmatalis</i> (Lep., Noctuidae)	?	?	+
<i>Anurogryllus muticus</i> (Ort., Gryllidae)	+	-	+
<i>Astylus variegatus</i> (Col., Dasytidae)	+	-	+
Cigarrinhas (Hom., Cercopidae)	+	-	+
Cupins (Iso., Termitidae)	+	-	+
<i>Cyclocephala flavipennis</i> (Col., Melolonthidae)	+	-	+
<i>Delia platura</i> (Dip., Anthomyiidae)	-	+	+
<i>Diabrotica speciosa</i> (Col., Chrysomelidae)	-	+	+
<i>Diloboderus abderus</i> (Col., Melolonthidae)	+	-	+
Diplópodes (Miriapoda)	+	-	+
<i>Elasmopalpus lignosellus</i> (Lep., Pyralidae)	-	+	+
Lesmas (Gastropoda, Pulmonata)	+	-	+
<i>Listronotus bonariensis</i> (Col., Curculionidae)	+	-	+
<i>Pantomorus</i> spp. (Col., Curculionidae)	+	-	?
Percevejos (Hem., Pentatomidae)	+	-	+
<i>Phytalus sanctipauli</i> (Col., Melolonthidae)	-	+	?
<i>Pseudaletia sequax</i> (Lep., Noctuidae)	+	-	+
Pulgões, trigo (Hom., Aphididae)	-	+	+
<i>Spodoptera frugiperda</i> (Lep., Noctuidae)	-	+	+
<i>Sternechus subsignatus</i> (Col., Curculionidae)	+	-	+

+ maior, - menor, ? sem informação

corpo coberto por estrutura cuticular hidrofóbica formando um plastro de proteção que permite a respiração e a osmose durante períodos de chuvas. São pouco afetados pelos eventos climáticos da atmosfera e pelo manejo da superfície do solo.

Entre os insetos de solo subterrâneos de maior importância no SPD encontram-se os corós, as larvas-alfinete e outras espécies de ocorrência esporádica (Gassen, 1989, 1993a, 1993b).

Coró ou bicho-bolo (Col., Melolonthidae)

Os melolontídeos conhecidos como corós ou bicho-bolo, apresentam hábitos alimentares diversificados, consumindo plantas, resíduos vegetais, excrementos de animais e até de outros insetos.

O coró-do-trigo, *Phytalus sanctipauli*, e o coró-da-soja, *Phyllophaga cuyabana*, ocorrem independente

da presença de palha ou do sistema de preparo de solo (Gassen, 1984; Santos, 1992) e não constroem galerias. Causam danos no período entre fevereiro e agosto para a primeira espécie e entre janeiro e abril para a segunda. Os adultos são besouros marrom-claros com 2 cm de comprimento, que ocorrem em revoadas nos meses de outubro e novembro. As larvas deslocam-se sob a superfície do solo em direção a fileira de plantas, das quais consomem a parte subterrânea. As larvas do coró-do-trigo apresentam duas fileiras paralelas de espinhos no raster (face ventral da extremidade do abdômen) características para a espécie.

Danos severos ocorrem em lavouras sob PC, e com menor intensidade nas lavouras sob SPD. As larvas movimentam-se no solo a distâncias curtas até encontrar sementes ou raízes, consumindo-as ou alimentando-se de exudatos de raízes.

Observações de campo e de experimentos evidenciam que estes insetos alimentam-se de plantas cultivadas e daninhas indistintamente.

A aração e o preparo de solo com arado e grade não garante o controle das larvas. Estudos de lavoura indicam a mortalidade de até 30 por cento das larvas, apenas na faixa compactada pela roda do trator. A proteção de plântulas e o controle das larvas pode ser obtido através de inseticidas no tratamento de sementes.

O coró, *Cyclocephala flavipennis*, ocorre em áreas sob SPD ou com abundância de palha na superfície do solo. Alimenta-se de palha, sem causar danos às plantas cultivadas (Gassen, 1989).

O coró-da-pastagem, *Diloboderus abderus*, ocorre em pastagens, em lavouras sob SPD e em ambientes com palha na superfície do solo nos meses de verão.

Para a oviposição, as fêmeas necessitam de palha para a elaboração do "ninho". Os resíduos vegetais de

leguminosas ou crucíferas semeadas no inverno, decompõem-se até janeiro, quando a fêmea necessita de palha (feno) adequada, na superfície do solo para a oviposição e, em consequência, nestas áreas não ocorrem larvas a nível de praga no inverno seguinte (Gassen & Schneider, 1992).

A larva do inseto causa danos no período entre junho e início de setembro (Figura 5). Este espécie apresenta características desejáveis para a agricultura, destacando o transporte e a mineralização de nutrientes no perfil do solo e a abertura de galerias que facilitam a infiltração da água de chuvas. Vários inimigos naturais atacam este coró, determinando o controle natural da praga (Gassen, 1992b). No caso de lavouras com a presença de larvas a nível de praga, a proteção de plantas pode ser obtido com inseticidas no tratamento de sementes (Alvarado, 1981; Silva, 1992; Gassen, 1993).

A ameaça de danos deste inseto levou alguns agricultores a desistir ou desestimular-se com o SPD.

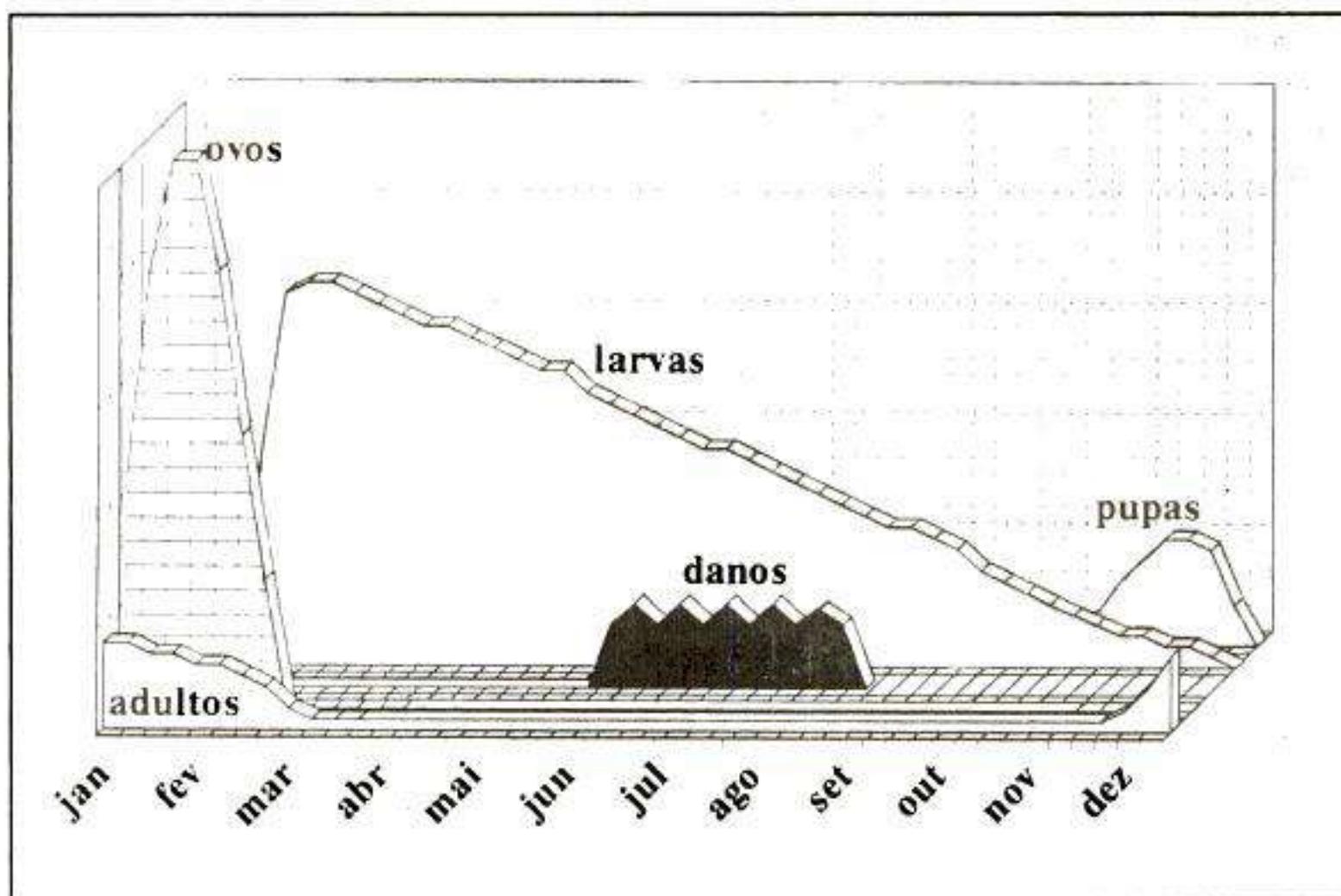


Figura 5. Ciclo biológico e dano de larvas de *Diloboderus abderus* em lavouras sob sistema plantio direto no sul do Brasil (Gassen, 1989)

Hoje, com a evolução dos conhecimentos sabe-se que o inseto pode ser controlado e até pode ser desejável na lavoura.

**Larva-alfinete, vaquinha ou patriota,
Diabrotica speciosa (Col., Chrysomelidae)**

A larva-alfinete é a principal praga de milho, de sorgo e de milheto, ocorrendo também em cereais de inverno. As larvas ocorrem independente do manejo de solo, com danos mais severos em lavouras de milho sob PC, provavelmente, pela ausência de inimigos naturais. Os adultos alimentam-se de feijão, de girassol e de leguminosas, migram com facilidade, e preferem fazer a postura em gramíneas onde as larvas causam danos. Os plantios do cedo ou do tarde (fora de época) tendem a ter maior intensidade de danos da larva-alfinete. O tratamento de sementes evidencia-se como ineficiente no controle da praga. A proteção de plantas de milho, pode ser obtido com inseticidas granulados, aplicados no sulco de semeadura.

Outros subterrâneos

Várias espécies de ocorrência esporádica, encontram-se associadas ao SPD. A lagarta-preta, *Acrolophus* sp. (Lep., Acrolophidae), cava galerias profundas revestidas de teia (Gassen, 1989). Alimenta-se da parte subterrânea de plantas cultivadas. Maiores estudos são necessários para definir hábitos alimentares e danos deste inseto.

As larvas do gorgulho-do-solo, *Pantomorus* spp. (Col., Curculionidae), causam danos em culturas de inverno e de verão. A ocorrência do inseto a nível de praga está relacionada ao tipo de cultura ou de planta daninha existente na área durante os meses de verão ou de primavera, quando os adultos fazem a postura (Gassen, 1989).

As larvas-aramé, *Conoderus* spp. (Col., Elateridae), causam danos esporádicos em lavouras. Têm sido observadas, também, como predadoras de outros insetos (Gassen, 1986). A ocorrência de várias espécies desta família determina a necessidade de

maiores estudos sobre a biologia e os hábitos alimentares para definir a sua importância econômica.

- De superfície

Os insetos de superfície do solo habitam o horizonte O (orgânico), vivem sob resíduos vegetais, são pigmentados, movimentam-se com agilidade, penetram no solo através de aberturas naturais. A ocorrência destes insetos é influenciada pela cobertura vegetal e pelo manejo de palha. As pragas de superfície de solo, alimentam-se de sementes e de plantas, atacando o colo ou a coroa e algumas vezes a parte aérea.

**Broca-do-colo, *Elasmopalpus lignosellus*
(Lep., Pyralidae)**

A broca-do-colo, é um dos insetos com maior número de estudos relacionados ao efeito do SPD sobre a sua ocorrência e seus danos. Os diversos autores concluem que as populações e os danos são sempre menores em lavouras sob SPD (Figura 6), enquanto, sob PC, a broca pode tornar-se uma praga importante em períodos de seca (Carvalho & Silva, 1981; Bianco, 1985).

Broca-da-coroa do trigo, *Listronotus bonariensis* (Col., Curculionidae)

A broca-da-coroa do trigo, faz a postura em azevém, em centeio, em trigo e outras gramíneas, onde a larva desenvolve-se na região da coroa e no caule das plantas, junto a superfície do solo. O milho semeado sobre azevém ou sobre centeio infestados com larvas da broca, pode sofrer danos severos. As larvas migram das plantas dessecadas para as plântulas de milho, broqueando o ponto de crescimento e causando a sua morte. Não é necessário controlar os adultos, pois, as larvas jovens, nascidas de posturas feitas em milho, não conseguem desenvolver-se. Apenas as larvas maiores, que se desenvolveram em azevém e outras plantas, ao migrarem em busca de alimento, causam danos (Gassen, 1989). Neste caso, recomenda-se dessecar o azevém, três semanas antes da semeadura, permitindo à larva completar a fase antes da germinação do milho.

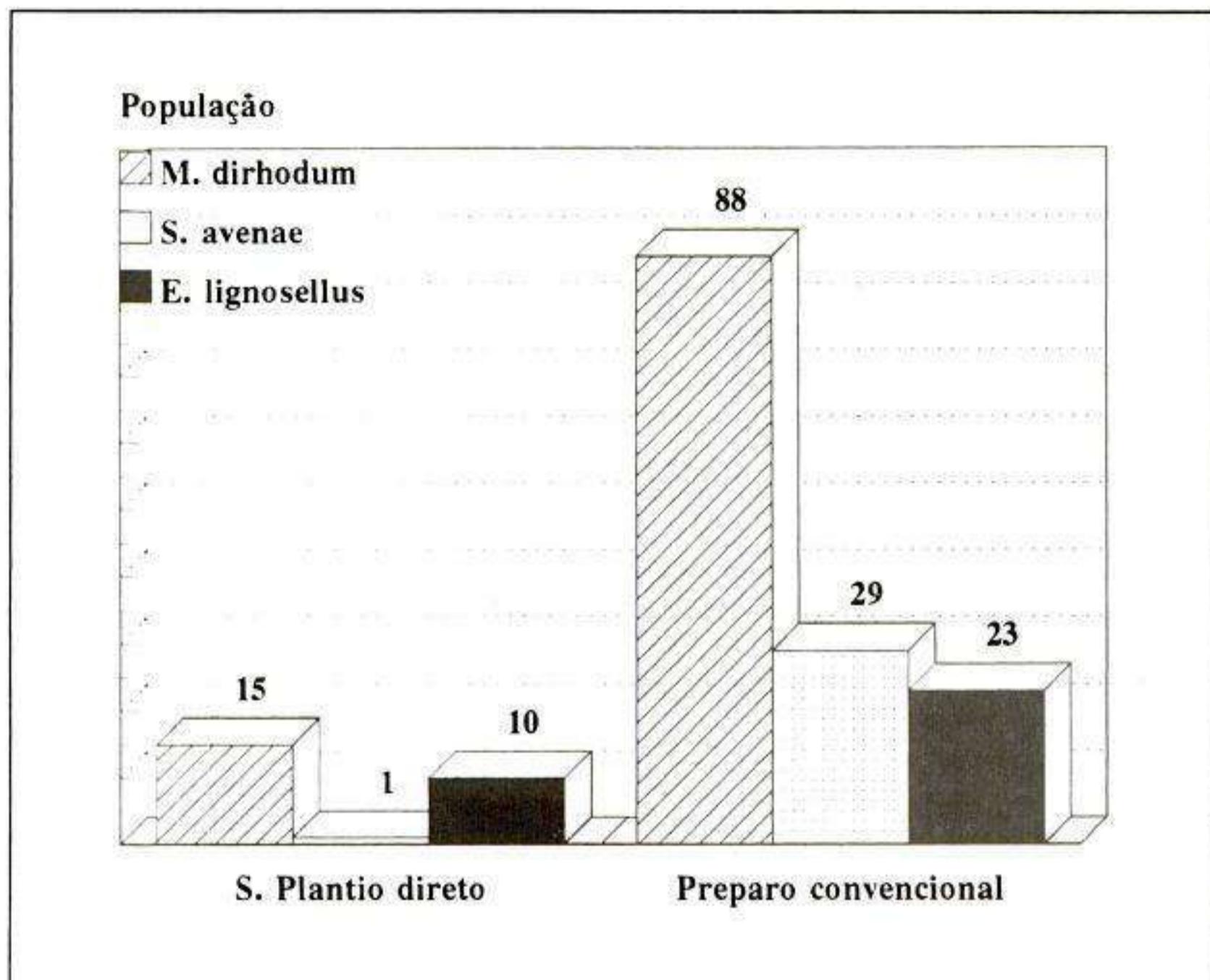


Figura 6. População de *Elasmopalpus lignosellus*, *Metopolophium dirhodum* e *Sitobion avenae* em trigo sob sistema plantio direto (SPD) ou sob preparo convencional (PC) de solo (adaptado de Carvalho, 1981 e de Bianco, 1985)

Mosca-da-semente, *Delia platura* (Dip., Anthomyiidae)

A mosca-da-semente ou broca-da-plântula, causa danos maiores em lavouras sob preparo convencional. O inseto ataca as plantas sob estresse, em condições de excesso de chuvas, de baixo vigor de sementes ou de semeadura profunda. O atraso na germinação, desencadeia um processo de fermentação produzindo odores que atraem a mosca adulta para a postura, determinando a ocorrência de larvas com danos severos.

Nas lavouras sob SPD, a mosca não atinge o nível de praga, por causa da melhor germinação e da presença de inimigos naturais, beneficiados pela palha na superfície do solo.

Larva angorá, *Astylus variegatus* (Col., Dasytidae)

A larva angorá, ou lanudo, é encontrado em lavouras sob SPD e alimenta-se de sementes de plantas daninhas e cultivadas. Em geral, os danos são de importância menor e o tratamento de sementes com

inseticidas é uma alternativa de proteção de plantas. Problemas maiores ocorrem nas culturas de baixa população de plantas como o milho e o girassol.

Lagarta-rosca, *Agrotis ipsilon* (Lep., Noctuidae)

A lagarta-rosca muitas vezes é confundida com a lagarta-do-trigo ou com a lagarta-militar quando essas se encontram sob torrões e sob restos culturais. Ela causa danos em plantas cultivadas quando semeadas na presença das larvas. A dessecação antecipada de plantas daninhas, como a língua-de-vaca e o caruru, permite que a larva complete a fase, sem causar danos nas culturas semeadas sobre estas áreas.

INSETOS DA PARTE AÉREA

Os insetos fitófagos, da parte aérea de plantas são mais fáceis de serem identificados e possuem maior número de estudos sobre a biologia, os danos e o controle. A amostragem, a determinação de danos e o controle de insetos da parte aérea pode ser considerada mais fácil do que o de insetos de solo. Entretanto, o efeito de sistemas de preparo e de manejo de solo sobre as populações de pragas da parte aérea, em regiões de clima subtropical, ainda são pouco conhecidos. Os adultos, geralmente, migram com facilidade e infestam as lavouras em desenvolvimento, sofrendo menor ação direta do sistema de manejo de solo. O SPD favorece o aumento de populações de inimigos naturais (parasitóides, predadores e patógenos) (Quadro 1), controlando as populações de pragas e reduzindo a necessidade de medidas de controle.

- Pulgões (Hom., Aphididae)

Resultados de pesquisa (Figura 6) evidenciam populações menores de pulgões de cereais em áreas com palha na superfície do solo (Carvalho & Silva, 1981; Bianco, 1985). O reflexo da palha parece inibir os pulgões de pousar na lavoura.

A palha na superfície do solo mantém o ambiente favorável aos predadores e parasitóides que contribuem no controle natural de pulgões imigrantes.

Algumas espécies de parasitóides de pulgões entram em diapausa durante o verão na forma de múmia. Por estas razões o desenvolvimento de populações de pulgões em lavouras sob o SPD é menor. O uso de inseticidas seletivos, quando necessário, é uma forma de manter os agentes de controle biológico natural de pulgões na lavoura.

- Lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatilis*, lagarta-do-trigo, *Pseudaletia sequax* e lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Lep., Noctuidae)

As lagartas da soja, do trigo e do cartucho de milho são atacadas por predadores, parasitóides e patógenos que sobrevivem em áreas onde a palha é mantida na superfície do solo.

A mariposa da lagarta-da-soja migra longas distâncias e faz a postura isolada nas folhas das plantas. Não existe evidência do efeito do SPD sobre a preferência ou a intensidade de oviposição desta mariposa. Entretanto, os fungos causadores de doença sobrevivem sob a palha no SPD e desaparecem em solo arado sob PC (Sosa-Gómez et al., 1993). Predadores e parasitóides de ovos e de lagartas também sobrevivem onde há palha na superfície do solo. Assim, a possibilidade de controle biológico da lagarta-da-soja é maior no SPD.

A lagarta-do-trigo e a lagarta-do-cartucho do milho ou militar, tendem a desenvolver populações menores nas lavouras sob SPD, por causa da ação de inimigos naturais (Gassen, 1986). Para tirar maior proveito do controle biológico natural, deve-se optar por inseticidas, quando necessário, seletivos para inimigos naturais. Os inseticidas de amplo espectro de ação matam os predadores e os parasitóides permitindo a ressurgência de pragas. No SPD a lagarta-do-trigo e a militar, causam danos nas fases de germinação e de desenvolvimento inicial de milho semeado na primavera, sobre aveia ou gramíneas roladas ou desseçadas. Nesta fase, as lagartas passam a consumir as plântulas da cultura recém instalada. Durante períodos de seca e sobre culturas de baixa população de plantas como o milho, as lagartas causam danos mais

severos. É importante identificar corretamente a espécie de lagarta predominante na lavoura, pois, alguns inseticidas reconhecidos como eficientes para a lagarta-da-soja e a do cartucho, não controlam a lagarta-do-trigo (Gassen, 1984).

O uso de inseticidas de amplo espectro de ação, misturados ao herbicida dessecante, para controle preventivo de lagartas, deve ser evitado. Este método de controle poderá causar desequilíbrios maiores e facilitar a ressurgência e o aparecimento de pragas secundárias na cultura seguinte, devido à morte de inimigos naturais. O efeito desta prática pode ser comparado ao da queima de palha sobre inimigos naturais de pragas. Recomenda-se determinar a população de lagartas na lavoura, antecipar a dessecação permitindo ao inseto completar a fase de larva. Controlar a praga nas manchas com maior população, optando sempre por inseticidas seletivos. O tratamento de sementes com inseticidas pode proteger as plantas de milho até duas semanas após a semeadura.

- **Percevejos**, *Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii* e *Dichelops furcatus* (Hem., Pentatomidae)

Os percevejos multiplicam-se sobre leguminosas de inverno e de primavera e podem atacar plântulas de milho no SPD. Os insetos sugam a base da plântula injetando saliva tóxica que deformam as folhas, as raízes e a planta. Dois percevejos adultos por planta de milho com quatro folhas, causam deformações severas e até a morte destas. Sugere-se determinar a população de percevejos e a sua distribuição na área de leguminosas que antecedem a semeadura do milho. Se houver mais de dois percevejos/m², sugere-se controlar a praga.

Os principais agentes de controle biológico do percevejo-verde da soja são predadores de ovos (Moreira & Becker, 1986). O uso de inseticidas de amplo espectro de ação no controle da broca das axilas ou de lagartas na fase de desenvolvimento vegetativo da soja, pode causar a morte de predadores. Mais tarde, na fase reprodutiva da soja, quando aparecem os percevejos (Figura 9), a ausência de predadores, permite o aumento da população

causando danos severos, especialmente, em cultivares tardias. O uso de inseticidas seletivos (*Baculovirus* ou *Bacillus*) no controle de lagartas permite a sobrevivência de predadores e o controle biológico natural de percevejos. A sobrevivência e a multiplicação destes predadores são beneficiadas no SPD na palha, onde existem condições favoráveis à vida.

Cigarrinhas, *Deois* spp. (Hom., Cercopidae)

As cigarrinhas ocorrem em pastagens nativas e em gramíneas cultivadas. Em milho, causam danos na fase de plântula, chegando a matar as plantas. Os danos ocorrem em lavouras de milho semeado sobre gramíneas infestadas ou nas bordas de lavouras com pastagens infestadas. As cigarrinhas multiplica-se em aveia, onde podem ser observadas ninfas protegidas por espuma, na fase da dessecação para semeadura de milho. Recomenda-se examinar as lavouras durante a dessecação e as áreas de pastagens nas bordas para decidir sobre a necessidade de controle antes da semeadura ou da emergência das plantas.

- **Tamanduá-da-soja, *Sternechus subsignatus* (Col., Curculionidae)**

O tamanduá-da-soja, ocorre a muitos anos associado à soja e ao feijão. Em meados da década de 1980 tornou-se praga em lavouras sob SPD ou sob cultivo mínimo. O adulto causa danos na fase de plântula de soja ou de feijão. As larvas desenvolvem-se no caule das plantas durante o verão, e entram em diapausa, no solo, no período entre março e outubro (Figura 7). A ausência de preparo de solo, no inverno, facilita a sobrevivência das larvas em diapausa e permite o aumento da população do inseto (Gassen, 1987).

Após a ocorrência dos primeiros surtos da praga houve a recomendação precipitada de aração e de gradagem como alternativa de controle do tamanduá-da-soja. Formou-se a opinião de que o SPD seria a causa da ocorrência da praga. Após conhecer melhor a biologia e os hábitos de migração e de alimentação do inseto chegou-se a uma recomendação de manejo da praga. A rotação de culturas com milho, sorgo ou

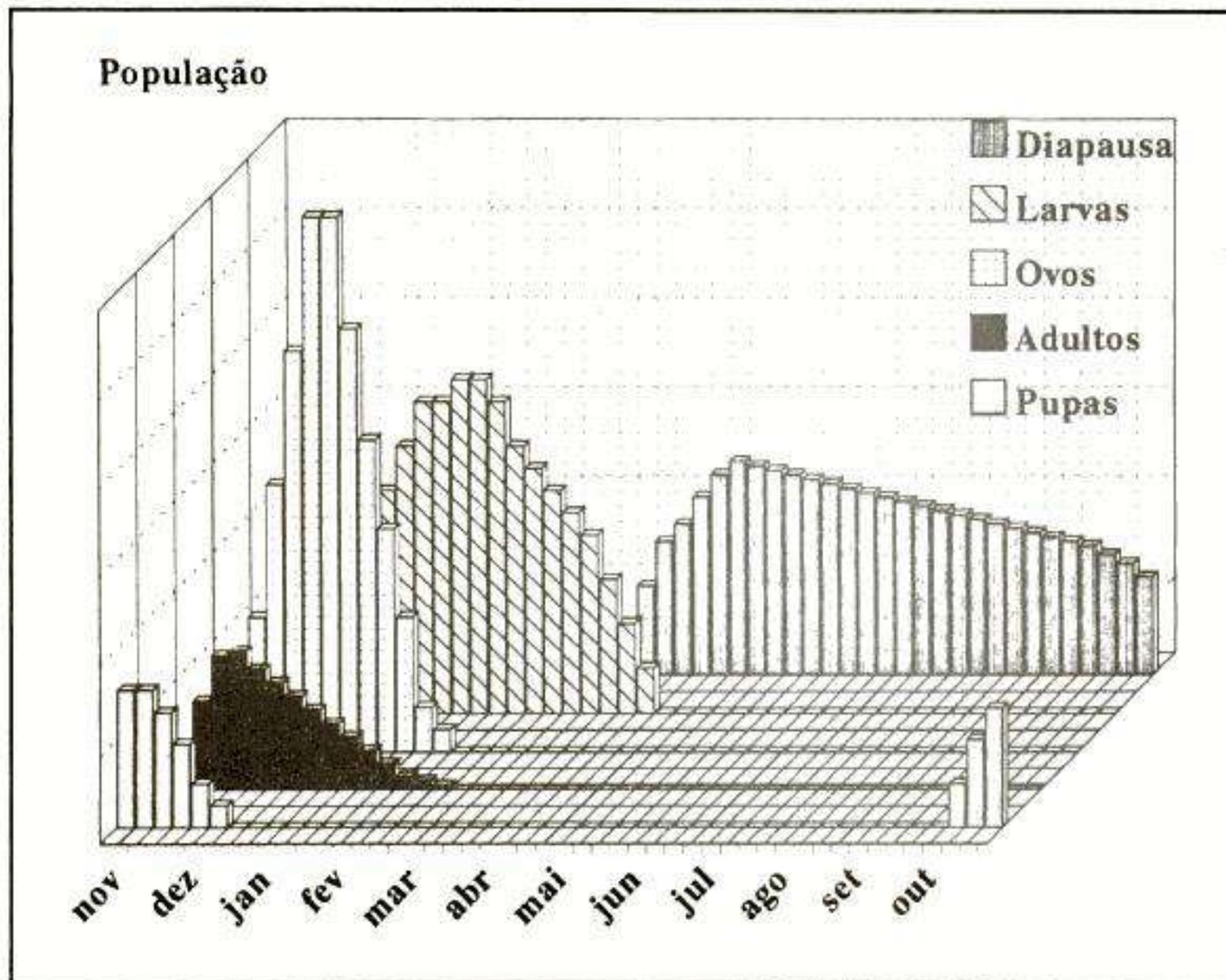


Figura 7. Período de ocorrência do tamanduá-da-soja, *Sternuchus subsignatus*, no sul do Brasil (Gassen, 1987)

girassol, sobre as quais a fêmea não faz postura, resolve o problema da praga na lavoura (Gassen, 1987). O inseto adulto emerge do solo a partir da última semana de novembro até o final de dezembro (Figura 7), havendo necessidade de consumo de leguminosas para o desenvolvimento dos músculos de vôo. Para impedir a disseminação do inseto para outras áreas, ao adotar-se a rotação de culturas. Recomenda-se a rotação de culturas (Gassen, 1987), a semeadura de soja ou feijão, nas bordas da lavoura, para atrair os adultos e controle com inseticidas nestas faixas (Lorini et al., 1991).

DECOMPOSITORES

Apalha na superfície do solo cria ambiente favorável à vida no agroecossistema, permitindo o de-

envolvimento de populações de insetos, de minhocas e de outros decompositores de resíduos orgânicos. Estes decompositores são hospedeiros ou presas de inimigos naturais de pragas de plantas. Este ambiente é favorável à sobrevivência de predadores, parasitóides e patógenos e ao controle natural de populações de insetos praga.

Os decompositores de resíduos orgânicos podem contribuir no transporte e na mineralização de resíduos vegetais no perfil do solo. As galerias facilitam a infiltração de água e de raízes melhorando a estrutura do solo. Os corós, também conhecidos como pão-de-galinha e bicho-bolo destacam-se como agentes de decompositores e incorporadores de resíduos orgânicos no solo.

O coró-da-pastagem, *D. abderus*, uma praga nos meses de inverno, é considerado benéfico por agricultores que conhecem os hábitos alimentares e as alternativas de controle do inseto. As larvas do 1º e 2º estádios alimentam-se de palha transportada para dentro das galerias pela fêmea adulta. As larvas de 3º estádio consomem sementes, raízes, folhas e caules de gramíneas armazenando os excrementos em câmaras no fundo de galerias, a profundidades de 10 a 40 cm, no perfil do solo (Figura 8). As galerias de 1,8 cm de diâmetro e até 40 cm de profundidade são importantes canais para a infiltração de água de chuvas.

Em lavouras sob SPD, ocorrem os corós do gênero *Bothynus*, que atingem 5 cm de comprimento e movimentam-se rastejando com o dorso do corpo sobre a superfície do solo. Nos meses de maio a julho transportam e armazenam palha (feno) dentro de galerias, consumindo-a e deixando os excrementos em câmaras situadas entre 30 e 60 cm de profundidade. Os níveis de fósforo e de potássio encontrados na câmara larval são equivalentes aos da camada superficial do solo e várias vezes superiores à fertilidade observada na camada onde se encontram as câmaras (Quadro 2). Estes corós, não se alimentam

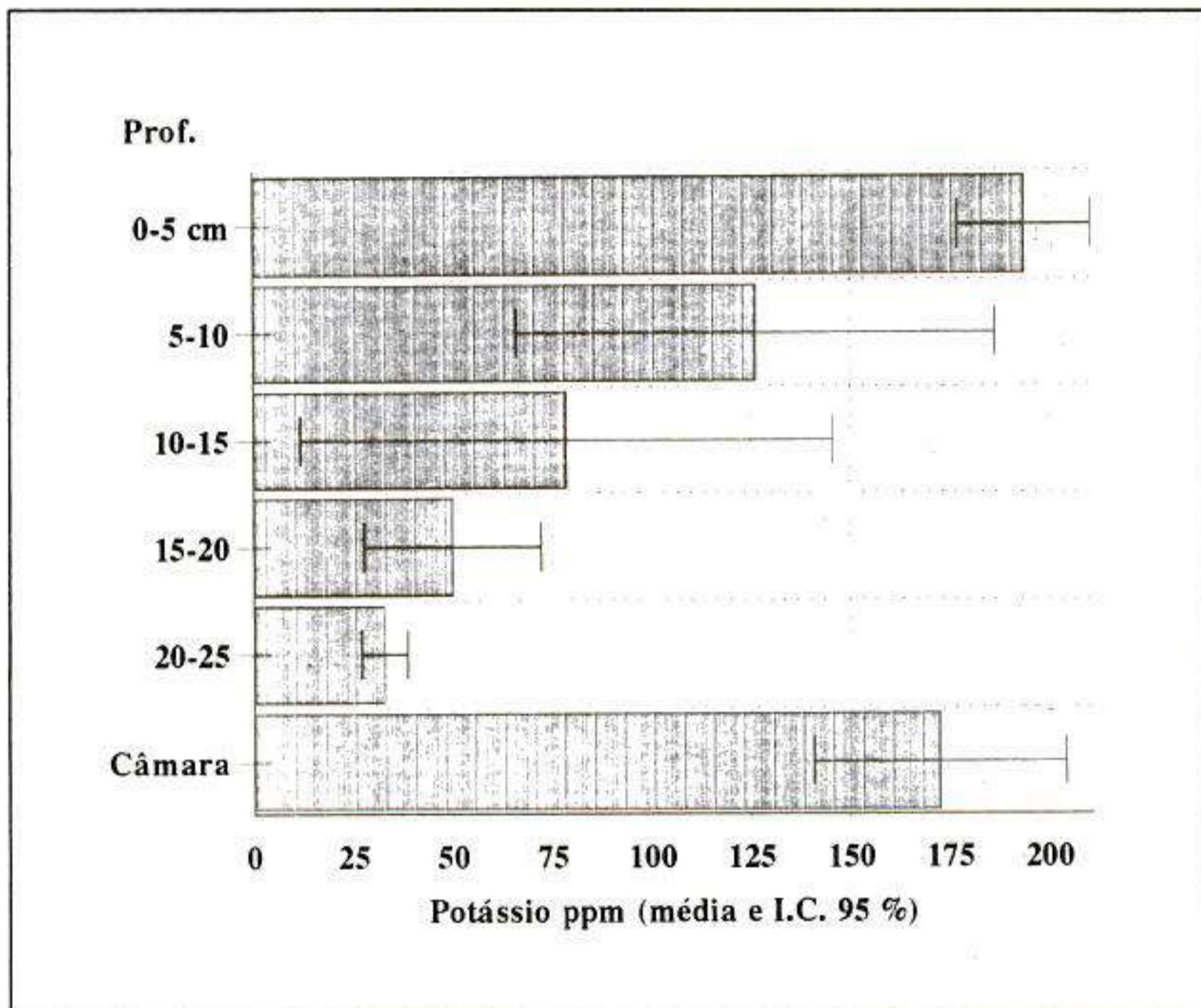


Figura 8. Teores de potássio, (média e I.C. 95 %), em camadas no perfil do solo (prof. cm) e na câmara larval de *Diloboderus abderus*, em lavoura seis anos sob sistema plantio direto (Gassen & Kochhann, 1993).

Quadro 2. Teores de nutrientes em camadas no perfil do solo e na câmara larval de *Bothynus* sp., em lavoura sob sistema plantio direto (Gassen, 1993a)

Camada cm	pH	P ppm	K ppm	MO %	Al*	Ca*	Mg*
0-5	5,1	8,9	>200	5,8	0,18	5,7	2,2
5-10	5,2	8,5	164	3,8	0,17	5,5	2,0
10-15	4,9	1,4	162	3,3	0,49	2,2	1,2
15-20	4,8	1,2	104	2,7	0,51	1,2	0,7
20-25	4,8	0,7	84	2,4	0,48	1,0	0,7
25-30	4,8	0,5	66	2,2	0,43	1,0	0,6
Câmara	5,3	7,6	>200	>9,4	0,17	9,3	3,7

* me/dl.

de plantas e são altamente desejáveis na reciclagem de nutrientes nos agroecossistemas.

PARASITÓIDES E PREDADORES DE PRAGAS

Os parasitóides e predadores coevoluíram com os hospedeiros ou com as presas (pragas) no ambiente natural. O preparo de solo, a queima de palha, as monoculturas extensivas e os inseticidas, alteraram as relações de dependência entre estes organismos beneficiando as pragas das plantas cultivadas. O SPD é uma prática de manejo de solo que beneficia o retorno de insetos úteis ao equilíbrio da fauna do agroecossistema.

Vários estudos evidenciam a maior diversidade e a maior abundância de inimigos naturais de pragas, em lavouras sob SPD (Quadro 1). Por isso, há necessidade de se incluir maior número de variáveis na adoção de estratégias de manejo de pragas. As consequências de métodos de controle podem se refletir por períodos longos. Se forem favoráveis aos inimigos naturais, as pragas tendem a ocorrer em populações menores. Se for adotado o controle preventivo de pragas com inseticidas de amplo espectro de ação, perde-se o benefício do controle biológico natural, facilitando a ressurgência de pragas.

MANEJO SUSTENTADO DE PRAGAS

A ocorrência e os danos de pragas podem variar em diferentes regiões. Estes efeitos são localizados e particulares para cada lavoura, de acordo com as espécies-praga e os seus inimigos naturais, com a sucessão de culturas e com o manejo adotado na propriedade rural e seus arredores.

Nas lavouras sob SPD, os problemas com pragas tendem a concentrar-se nas fases de germinação e de desenvolvimento inicial das plantas. Alguns insetos migram das plantas daninhas ou da cultura anterior, para as plântulas da cultura recém implantada. Este problema acentua-se em períodos de seca e sobre as culturas de baixa população de plantas como o milho e o girassol.

O manejo de plantas cultivadas, através do preparo de solo, da rotação e da diversificação de culturas, da época de semeadura, do manejo de plantas daninhas, da adubação verde e do manejo das margens das lavouras pode afetar a incidência e a população de pragas e, principalmente, de seus inimigos naturais.

A identificação correta das espécies, o conhecimento do ciclo biológico, dos seus hábitos alimentares e dos fatores de mortalidade natural (dinâmica

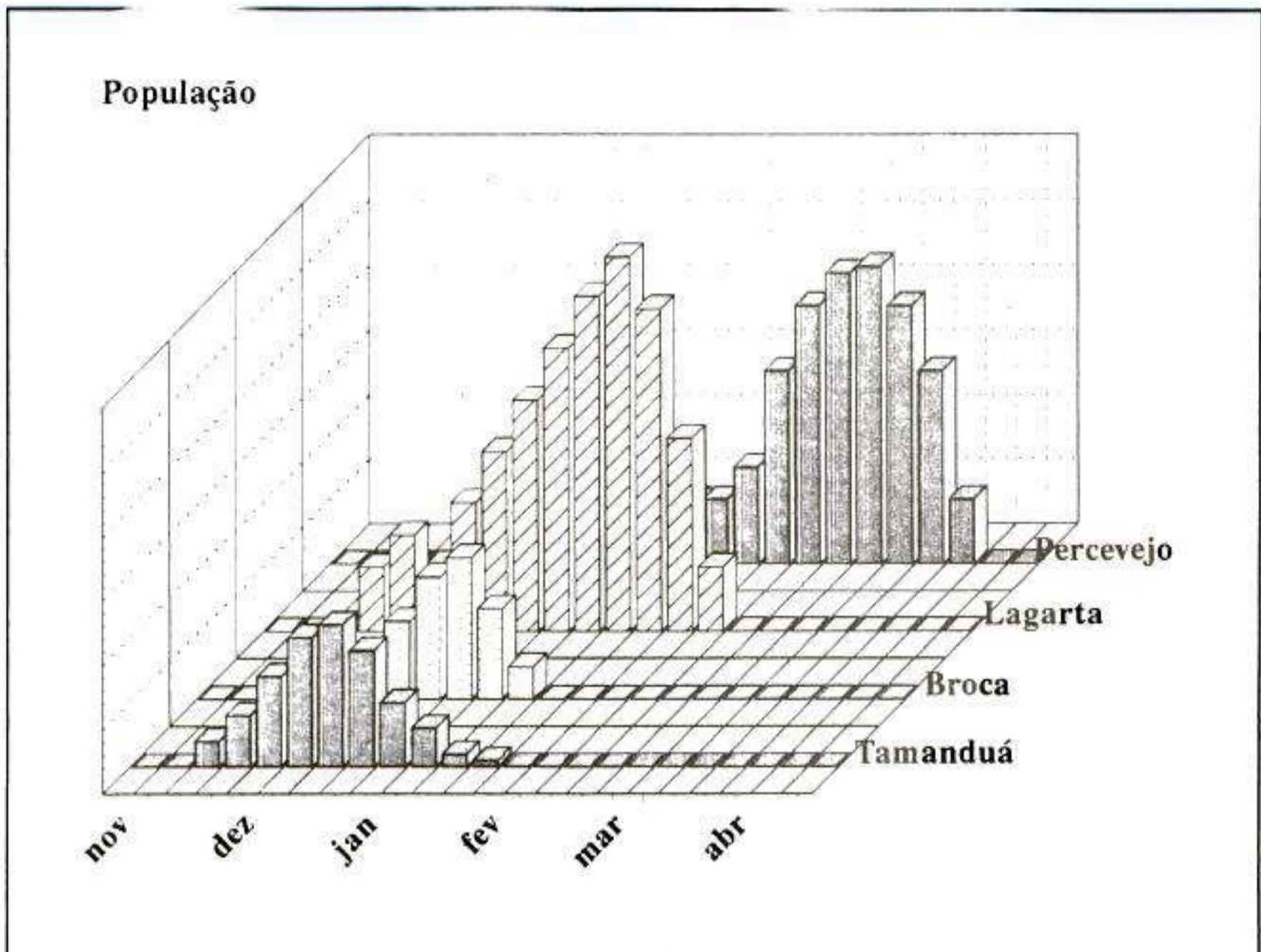


Figura 9. Época de ocorrência das principais pragas em soja e possíveis consequências na explosão de pragas em função do uso de inseticidas de amplo espectro de ação (Gassen, D.N.)

populacional), constituem-se na base para o desenvolvimento do manejo de pragas visando uma agricultura econômica e ecologicamente sustentável. A manutenção de palha na superfície do solo tem se evidenciado como o principal fator de manutenção de inimigos naturais de pragas nas lavouras, sendo uma prática altamente desejável.

O efeito de inseticidas de alta toxicidade pode ser comparado ao do efeito da queima de palha sobre a morte de inimigos naturais, assumindo maior importância quando ocorre em grandes áreas na mesma região. Os inseticidas de amplo espectro de ação matam as pragas e, também, os predadores e os

parasitóides permitindo a ressurgência de pragas. Os insetos-praga adultos, geralmente, migram e multiplicam-se rapidamente. Na cultura da soja, o uso destes inseticidas para controle de pragas no início do desenvolvimento vegetativo pode provocar a explosão das populações de pragas subsequentes, com a necessidade de repetir o controle várias vezes (Figura 9).

A escolha de inseticidas, em lavouras sob SPD, deve seguir os critérios de seletividade a organismos úteis e de menor efeito possível sobre o ambiente. Ao adotar-se o SPD deve-se aproveitar o controle biológico para tirar maior proveito deste sistema sobre a produção agrícola.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O solo é o ambiente do agroecossistema, onde ocorrem os eventos de maior importância biológica. A cobertura do solo com palha é uma prática favorável à vida no agroecossistema e ao controle natural de pragas. A sobrevivência de inimigos naturais de pragas parece estar intimamente relacionada à disponibilidade de palha na superfície e ao manejo do horizonte orgânico do solo.

As estratégias de controle de pragas em lavouras sob sistema plantio direto são diferentes das adotadas nas lavouras sob preparo convencional. No SPD ocorrem mudanças na fauna e na flora, as relações de dependência entre insetos úteis e pragas é dinâmica e é necessário evoluir nas decisões de manejo para tirar maior proveito do controle natural. Assim, a escolha de inseticidas de ação específica, seletivos para predadores e parasitóides e as recomendações de níveis de dano econômico e de manejo de pragas devem ser seguidas. O entusiasmo de ecologistas passa a ser realidade em lavouras no SPD.

O manejo sustentado do agroecossistema preconiza o aumento de produção e a melhoria na qualidade do ambiente. Isto é possível e passa pela decisão pessoal de educação para entender o agroecossistema e de responsabilidades éticas e morais.

LITERATURA CITADA

- ALVARADO, L. 1979. Comparación poblacional de "gusanos blancos" (larvas de Coleópteros Scarabaeidae) en tres situaciones de manejo. INTA-Generalidades, v.16, p.1-5.
- , 1983. Daños de insectos de suelo en semillas de plantas cultivadas. INTA-Informe técnico 180. 7p.
- ; IZQUIERDO, J.A.; ENECOIZ, M.A. 1981. Eficacia del tratamiento de semillas de maíz con carbofuran sobre larvas de *Diloboderus abderus* (Sturm). Actas del Congreso nacional de maíz v.2, p.168-177.
- ALZUGARAY, M.D.R. 1986. Influence of cover cropping and no-tillage practices on the soil arthropod community of corn agroecosystems. North Carolina State University, USA. 69p. M.Sc. Thesis.
- BIANCO, R. 1985. Ocorrência de pragas no plantio direto x convencional. In: FANCELLI, A.L. Atualização em plantio direto. Campinas: Fundação Cargill. p.183-193
- BRASIL. 1992. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. Normais climatológicas (1961-1990) 84p.
- CARVALHO, A.O.R.; SILVA, S.M.T. 1981. Ocorrência e controle de pragas: Cultura do trigo. In: IAPAR. Plantio direto no Paraná. Londrina: IAPAR. p.145-150.
- COSTA, R.G. 1958. Alguns insetos e outros pequenos animais que danificam plantas cultivadas no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS. 296p.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA-NETO, S. CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C.; BERTI-FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D. 1988. Manual de entomologia agrícola. São Paulo: Ceres. 649p.
- GASSEN, D.N. 1993. Bioecologia de insetos de solo no sistema de plantio direto. In: Simpósio Internacional sobre Plantio Direto em Sistemas Sustentáveis, 1993, Ponta Grossa, PR. Anais. Ponta Grossa: Fundação ABC. p.137-151.
- , 1992. Classificação de pragas de solo de acordo com o habitat e com os hábitos alimentares. In: Reunião sobre Pragas Subterrâneas de los Países do Cone Sul, 2., 1992, Sete Lagoas, MG. Anais. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS. p.179.
- , 1993. Corós associados ao sistema plantio direto. In: EMBRAPA-CNPT. FUNDACEP FECOTRIGO. Fundação ABC. Plantio direto no Brasil. Passo Fundo: Aldeia Norte. p.141-149.
- , 1986. *Diabrotica speciosa* como praga de milho. Porto Alegre: EMATER-RS/EMBRAPA-CNPT. 2p.
- , 1993. *Diloboderus abderus* (Coleoptera: Melolonthidae) in no-tillage farming in southern Brazil. In: MORÓN, M.A. ed. Diversidad y manejo de plagas subterráneas. Xalapa: Sociedad Mexicana de Entomología e Instituto de Ecología. p.129-141.
- , 1984. Insetos associados à cultura do trigo no Brasil. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT. 39p. (EMBRAPA-CNPT. Circular Técnica, 3).
- , 1992. Insetos associados ao sistema plantio direto. In: Congreso Interamericano de Siembra Directa, 1./ Jornadas Binacionales de Cero Labranza, 2., 1992, Vila Giardino, Córdoba. Trabajos presentados. Vila Giardino, Córdoba: AAPRESID. p.253-276.

- GASSEN, D.N.. 1993. Insetos de solo associados ao sistema plantio direto. In: Congreso Nacional de Siembra Directa, 2., Huerta Grande, Cordoba: AAPRESID. p.46-69.
- , 1989. Insetos subterrâneos prejudiciais às culturas no sul do Brasil. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT. 49p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 13).
- , 1993. O manejo de pragas no sistema plantio direto. In: EMBRAPA-CNPT. FUNDACEP FECOTRIGO. Fundação ABC. Plantio direto no Brasil. Passo Fundo: Aldeia Norte. p.129-139.
- , 1986. Parasitos, patógenos e predadores de insetos associados à cultura do trigo. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT. 86p. (EMBRAPA-CNPT. Circular Técnica, 1).
- , 1994. Pragas associadas à cultura do milho. Passo Fundo: Aldeia Norte. 91p.
- , 1987. *Sternuchus subsignatus*, como praga da soja. Porto Alegre: EMATER-RS/EMBRAPA-CNPT. 2p.
- ; BRANCO, J.P.; SANTOS, D.C. 1984. Observações sobre controle de *Phytalus sanctipauli* (Col., Melolonthidae), coró do trigo. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo, 13., 1984. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT. p.120-127. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 7).
- ; JACKSON, T. 1992. Some aspects of scarabaeid pests and their pathogens in Southern Brazil. In: JACKSON, T.A.; GLARE, T.R. ed. Use of pathogens in scarab management. Andover, Hampshire: Intercept. p.281-285.
- ; KOCHHANN, R.A. 1992. Importância de larvas de *Diloboderus abderus* no transporte de nutrientes na camada arável do solo. In: Reunião sobre pragas subterrâneas dos Países do Cone Sul, 2., 1992, Sete Lagoas. Anais. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS. p.167.
- ; SCHNEIDER, S. 1992. Características morfológicas e hábitos reprodutivos de *Diloboderus abderus*. In: Reunião sobre pragas subterrâneas dos Países do Cone Sul, 2., 1992, Sete Lagoas. Anais. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS. p.169.
- LORINI, I.; SALVADORI, J.R.; GASSEN, D.N. 1991. Danos de *Sternuchus subsignatus* (Boheman, 1836) (Col., Curculionidae) na cultura da soja, em 1990-91. In: Reunião Sul-Brasileira de insetos de solo, 3., 1991. Chapecó: EMPASC. p.22.
- MOREIRA, G.R.P.; BECKER, M. 1986. Mortalidade de *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (Heteroptera: Pentatomidae) no estágio de ovo na cultura da soja. I - Todas as causas de mortalidade. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, v.15, p.271-290.
- MOREY, C.S.; ALZUGARAY, R. 1982. Biología y comportamiento de *Diloboderus abderus* (Sturm) (Coleoptera: Scarabaeidae). Montevideo: Dirección de Sanidad Vegetal. 44p.
- SÁ, J.C.M. 1993. Manejo da fertilidade do solo no plantio direto. Castro: Fundação ABC. 96p.
- SALVADORI, J.R. 1991. Relação entre insetos-pragas e manejo do solo. In: Manual de manejo conservacionista do solo para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT. p.43-49.
- SANTOS, B. 1992. Bioecología de *Phyllophaga cuyabana* (Moser, 1918) (Coleoptera: Scarabaeidae), praga do sistema radicular da soja [*Glycine max* (L.) Merrill, 1917]. Piracicaba, ESALQ. 111p. (Tese de Mestrado)
- SILVA, A.G.; GONÇALVES, C.R.; GALVÃO, D.M.; GONÇALVES, A.J.Z.; GOMES, J.; SILVA, M.N.; SIMONI, L. 1968. Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil; seus parasitos e predadores. Rio de Janeiro: Laboratório de Patologia Vegetal, v.2, n.2. 265p.
- SILVA, M.T.B. 1992. Manejo de insetos no plantio direto em Cruz Alta, Rio Grande do Sul. In: Congreso Interamericano de Siembra Directa, 1./Jornadas Binacionales de Cero Labranza, 2., 1992, Vila Giardino, Cordoba. Trabajos presentados. Vila Giardino, Cordoba: AAPRESID. p.80-98.
- ; GRÜTZMACHER, A.D.; RUDELL, J.; COSTA, E.C.; LINK, D. 1993. Influência do manejo de solo sobre insetos subterrâneos. In: Congresso Brasileiro de Entomología, 14., 1993, Piracicaba, SP. Resumo. Piracicaba: SEB. p.655.
- SOSA-GÓMEZ, D.R.; MOSCARDI, F.; SOLDÓRIO, I.L. 1993. Flutuação estacional do inóculo de fungos entomopatogênicos em solos do Paraná sob condições de semeadura direta e convencional. In: Resultados de pesquisa de soja, 1989-90. Londrina: EMBRAPA-CNPSO. p.33-37.
- TORRES, C.; ALVARADO, L.; SENIGAGLIESI, C.; ROSSI, R.; TEJO, H. 1976. Oviposición de *Diloboderus abderus* Sturm en relación a la roturación del suelo. IDIA 124-125.

Manejo de doenças em plantio direto

por Erlei Melo Reis *

INTRODUÇÃO

De acordo com o conceito moderno de agricultura toda a atividade agrícola ou pecuária em uma propriedade deve ser sustentável.

No conceito de sustentabilidade deve considerar-se os seguintes fatores:

- a) **Produtividade.** Isto é, cada cultura explorada pelo agricultor deve ter sua produtividade maximizada. Alguns exemplos podem ajudar a entender melhor o significado deste fator. Numa lavoura sustentável o trigo e a cevada, no inverno, deverão apresentar rendimentos de 3 a 4 toneladas por ha; no verão, a soja de 2,5 a 3 t/ha e o milho superior a 6 t/ha.
- b) **Lucratividade.** Os altos rendimentos deverão ser acompanhados sempre por custo de produção tal que permita a obtenção de lucro máximo. Por isso, a prática agrícola deverá ter o menor custo de produção possível.
- c) **Melhoria do ambiente.** Os principais componentes ambientais incluem o solo e a água. Os altos rendimentos e os altos lucros deverão ser obtidos sem destruir ou agredir a natureza. Em geral, numa propriedade agrícola o solo é o componente da natureza mais agredido pela agricultura predatória seguido da água. Dentro do conceito de sustentabilidade o primeiro fator negativo da produtividade, da lucratividade e o maior agressor do ambiente é a erosão do solo. Conseqüentemente,

a sustentabilidade somente será alcançada pelo controle total da erosão.

Por isso, hoje não se tem mais dúvida de que o plantio direto é a prática agrícola mais eficiente no controle da erosão e a que apresenta o menor custo de produção comparado ao plantio convencional.

O plantio convencional apresenta maior custo de produção, exige maior número de equipamentos, maior desgaste de máquinas, maior consumo de combustível, maior número de operários e de horas de trabalho, maior necessidade de adubos devido a erosão e levou a prática da monocultura o que determinou o aumento de doenças. Por tudo isso o plantio convencional representa uma agricultura não sustentável.

Por outro lado, o plantio direto apresenta menor custo de produção sendo por isso o único sistema sustentável. Porém, este sistema só é viável, ou seja, sustentável, com rotação de culturas.

Deste modo só pode ser sustentável a lavoura na qual o sistema de plantio direto for praticado pelo agricultor. Deve ser enfatizado que aqueles agricultores que resistirem a mudança em relação a sustentabilidade, provavelmente, deverão mudar de atividade. Não poderão manter-se por muitos anos numa atividade agrícola predatória altamente destruidora do ambiente e de baixa lucratividade. Deverão escolher outra atividade que não seja a agricultura.

Pode-se concluir que, uma propriedade agrícola sustentável caracteriza-se por apresentar plantio direto, rotação de culturas e o controle integrado de doenças.

Como muitos patógenos de plantas sobrevivem as expensas dos restos culturais, suas populações são

* Engenheiro Agrônomo, PhD, Faculdade de Agronomia, Universidade de Passo Fundo, RS, Brasil.

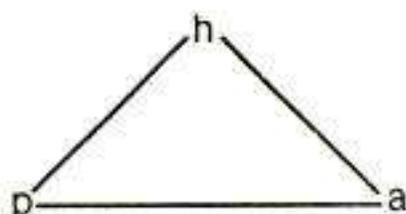
profundamente afetadas pelo sistema plantio direto (Cook et al. 1978, Shaner 1981 e Reis et al. 1992).

O objetivo deste capítulo é divulgar os conhecimentos relativos da interação entre doenças de cereais de inverno e plantio direto.

CONCEITOS BÁSICOS

Fatores determinantes de doenças de plantas

Os três fatores determinantes de doenças bióticas de plantas é a combinação dos três fatores: hospedeiro (h), o patógeno (p) e o ambiente (a).



A combinação no tempo e no espaço, destes três elementos, determina a ocorrência ou não de uma doença, bem como a sua intensidade e danos econômicos na produção (Galli & Carvalho, 1978).

O hospedeiro (h) (planta cultivada de aveia, de centeio, de cevada, de trigo e de triticale) é a principal fonte nutricional dos patógenos (p). Por isso, os parasitas são, nutricionalmente, dependentes do hospedeiro e suas populações são função da disponibilidade alimentar e do ambiente que age como um catalizador dos processos biológicos.

Os patógenos são representados pelo agente causal de doenças, podendo ser fungos, bactérias, nematóides e vírus.

O ambiente (a) é representado, principalmente, pela temperatura, umidade relativa e pela duração do molhamento da superfície das plantas.

SOBREVIVÊNCIA DE PATÓGENOS

Para que se possa entender os princípios envolvidos entre sistema plantio direto e o desenvolvimento de

doenças é necessário rever-se alguns aspectos da sobrevivência dos agentes causais das doenças

Sobreviver é manter a viabilidade sob condições adversas. A principal ameaça à viabilidade dos fitopatógenos, é a inanição após a fase parasitária. Isso porque, nesta fase, a competição pelo substrato (resto culturais) atinge seu clímax. Somente os patógenos mais aptos irão sobreviver nessa condição de competição e de estresse nutricional (Reis, 1987).

Ao contrário do que muitos pensam, a temperatura de inverno não é fator ambiental detrimental à sobrevivência, no Sul do Brasil, como, por exemplo, ocorre em regiões de clima temperado frio da Argentina e do Chile, na América do Sul. Na realidade, o período de sobrevivência dos patógenos de cereais de inverno é durante o verão-outono, após a colheita.

É tão grande a dependência dos fitopatógenos pela planta cultivada que na natureza eles procuram não separar do hospedeiro. É considerado neste caso como substrato, a planta viva cultivada, a planta viva voluntária, o reste cultural e a semente. Por isso, a presença dos restos culturais na lavoura significa a presença dos patógenos (Quadro 1) e sua ausência, conseqüentemente, indica a inexistência dos parasitas.

Quadro 1. Multiplicação e período de sobrevivência de *Bipolaris sorokiniana* e de *Drechslera tritici-repentis* em resíduos culturais de trigo deixados na superfície do solo.

Data das avaliações	Conídios/g de resíduo	
	<i>B. sorokiniana</i>	<i>D. tritici-repentis</i>
1. 24-11-89 (Colheita de trigo)	890	4.166
2. 21-11-89	1.969	34
4. 23-02-90	1.000	152
5. 27-03-90	882	556
6. 27-04-90	229	458
7. 27-05-90	159	32
8. 26-06-90	302	302
(Semeadura de trigo)		
9. 24-07-90	183	30
10. 24-08-90	575	192
11. 24-09-90	154	308
12. 24-10-90	0	0

Fonte: Reis 1990.

Assim, pode-se visualizar que o plantio direto cria condições ideais à sobrevivência dos fitopatógenos. Deve-se acrescentar também que as populações destes aumentam ou diminuem em função da disponibilidade alimentar e do ambiente, sobretudo da temperatura e da umidade relativa do ar.

- **Classificação dos patógenos segundo seus requerimentos nutricionais e implicações na sobrevivência**

Biotróficos

São os agentes causais das ferrugens (*Puccinia*) e dos oídios (*Erysiphe*). Estes parasitas são obrigados a extrair seus nutrientes unicamente de tecidos vivos. A morte dos tecidos parasitados determina, também, a morte deles. Por isso, não apresentam fase saprofítica, não são encontrados em restos culturais e, portanto, o plantio direto não tem efeito direto sobre eles. No, entanto, sobrevivem em plantas voluntárias (extemporâneas, guachas) e as populações destas plantas, no verão são mais freqüentes e maiores sob plantio direto. Por conseguinte poderá haver aumento na ocorrência e nos danos das ferrugens na cultura seguinte.

Necrotróficos

São os fitopatógenos capazes de explorar, nutricionalmente, os restos culturais mortos dos hospedeiros. Apresentam, em contraste aos biotróficos, a fase saprofítica. Infectam os hospedeiros vivos (fase parasitária) e após a senescência e a colheita prosseguem a extração nutricional, pela colonização saprofítica. Apresentam duas fases nutricionais distintas: parasitismo na planta viva e saprofitismo na planta morta. Enquadram-se aqui os agentes causais de manchas foliares (*Bipolaris*, *Drechslera*, *Septoria* e *Xanthomonas*), de podridões radiculares (*B. sorokiniana* e *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*), da giberela (*Gibberella*) e da bruzone (*Pyricularia*).

Os necrotróficos sobrevivem mais seguramente sob plantio direto do que sob preparo convencional. Isto porque os resíduos deixados na superfície

requerem mais tempo para serem biologicamente decompostos, ou mineralizados e com menor competição microbiana do que se incorporados ao solos. Os necrotróficos mantêm sua viabilidade até a fase final de decomposição dos restos culturais (Quadro 1).

Os necrotróficos, de cereais de inverno, não apresentam estruturas de resistência como esclerócios, oosporos e clamidosporos, o que lhes garantiria a sobrevivência, por muitos anos, independentemente dos restos culturais e livres no solo (Wiese, 1977).

EVENTOS BIOLÓGICOS NOS RESTOS CULTURAIS

Nos restos culturais dos cereais de inverno continua a extração de nutrientes, pelos patógenos, iniciada na planta viva. Como resultado deste processo ocorre a reprodução ou multiplicação dos necrotróficos.

- **Esporulação ou produção de inóculo**

Sobre os restos culturais são facilmente visualizadas as frutificações dos patógenos: conidióforos e conídios de *Bipolaris* e de *Drechslera*, picnídios de *Septoria* e peritécios de *Pyrenophora* e de *Gibberella*. A produção de inóculo nestes tecidos é um processo cíclico, contínuo, catalizado pela temperatura e pela umidade relativa do ar. A multiplicação dos patógenos em tais tecidos prossegue até a decomposição completa que dura, aproximadamente, 12 a 17 meses. É por isso que a presença dos restos culturais indica, também, a existência dos parasitas necrotróficos numa lavoura (Quadro 1).

- **Liberação do inóculo**

Uma vez produzido o inóculo, este é removido dos conidióforos pelo vento e liberado dos picnídios e dos peritécios pela água.

- **Transporte e disseminação**

O vento é o agente de transporte tanto dos conídios de *Bipolaris* e de *Drechslera*, como dos ascosporos

de *Gibberella* e de *Pyrenophora*. Por outro lado, o vento também transporta os conídios de *Septoria* contidos nas gotículas de água de chuva. Nos dois casos o transporte é feito a distância relativamente curta.

A esporulação, a liberação e o transporte do inóculo são fenômenos diários e cíclicos. O interessante é que estes eventos iniciam na ausência do hospedeiro vivo após a colheita e prosseguem até que o inóculo encontre novamente a planta cultivada, 6 a 7 meses após a colheita. Isto, se for repetida uma cultura hospedeira na mesma lavoura na mesma lavoura. Quando coincidir o transporte e deposição com a presença de plântulas de trigo emergidas entre o resto cultural infectado, ocorrerá a infecção e o reestabelecimento do parasitismo, situação preferencial do patógeno.

- Inoculação

É a trajetória do inóculo desde a superfície do resto cultural até a folha dos cereais de inverno emergido entre os resíduos. Cabe salientar o fato de que decorreram apenas 6 a 7 meses após a colheita e que a decomposição completa e paralisação da produção de inóculo somente ocorrerá aos 12 ou 17 meses após.

O sistema plantio direto facilita a inoculação, devido a localização da fonte de inóculo junto ao tecido suscetível. Sob este sistema, o posicionamento é ideal para a produção, liberação e inoculação, além de ser mais abundante e, portanto, ter mais chance de reinfestar os tecidos do hospedeiro. O mal-do-pé do trigo é mais severo sob plantio direto devido ao posicionamento do inóculo no solo, em relação às linhas de plantas do novo plantio. (Quadro 2)

Contrariamente, se os restos culturais forem enterrados em sua totalidade, a esporulação será reduzida na ausência de luz e a liberação no ar impossibilitada, não havendo, portanto, a inoculação e infecção posterior.

Assim, fica claramente visualizada a interação entre manejo de solo ou de restos culturais, com o

desenvolvimento de doenças de plantas. Sob monocultura e plantio direto as fases do ciclo biológico, de sobrevivência e de multiplicação do patógeno, são favorecidas e por isso a intensidade de doença é máxima.

A intensidade de uma doença é função da densidade de inóculo (DI), que por sua vez está diretamente relacionada com a quantidade de palha mantida na superfície do solo. Sendo a DI máxima sob plantio direto, deduz-se que a máxima intensidade da doença ocorre sob este sistema e sob monocultura (Quadros 2, 3 e 4). No Quadro 4 mostra-se a relação entre a quantidade de restos culturais de trigo e a disponibilidade de inóculo de *B. sorokiniana* e de *D. tritici-repentis*. O Quadro 3 mostra as relações destes fatores, com a intensidade de manchas foliares.

Como viabilizar o sistema plantio direto de cereais de inverno? Através da eliminação dos seus restos culturais. A rotação de culturas, com espécies não suscetíveis, elimina os inconvenientes do plantio direto em relação ao aumento de doenças, por possibilitar a decomposição biológica dos restos culturais.

No Quadro 2 observa-se o efeito do plantio direto e da calagem no aumento do mal-do-pé do trigo, causado por *G. graminis* var. *tritici*. Pelos princípios anteriormente descritos, esta doença é agravada pela monocultura.

O efeito do plantio direto em aumentar a severidade de mancha amarela da folha do trigo, causada por *Drechslera tritici-repentis*, está claramente demonstrado no Quadro 3. Observa-se que sob plantio direto e monocultura, a severidade alcançou o valor de 7 por cento, no estágio de alongamento e que nos demais sistemas de manejo atingiu valores, estatisticamente, inferiores. Porém, sob rotação de culturas e plantio direto, a severidade foi de apenas 0,6 por cento. Nesta tabela comprova-se que a monocultura e plantio direto aumentam a severidade da doença e que, por outro lado, a rotação de culturas com aveia ou ervilhaca é a solução para tal problema.

É importante analisar-se o significado destes dados. No experimento que gerou os dados do Quadro 3, as

Quadro 2. Efeitos da calagem e de sistemas de manejo de solo na incidência do mal-do-pé do trigo (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*).

Sistemas de manejo de solo	Incidência (%)		Média
	Sem calcário	Com calcário	
Plantio direto	10,2	36,0	23,1 a
Preparo convencional	7,6	6,4	7,0 b
Média	8,9 B	21,2 A	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula no horizontal não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5 por cento de probabilidade. Calcário aplicado três anos antes da avaliação.

Fonte: Reis 1990 (modificado)

Quadro 3. Efeito de rotação de culturas e de manejo de solo na severidade de manchas foliares do trigo¹, cultivar BR 23, no estágio de alongamento 1991.

Sistemas de rotação de culturas	Sistemas de manejo de solo				Média
	PD	CM	AD	AA	
1. Monocultura	7,0 aA	3,1 aB	0,8 aC	1,0 aC	3,0 a
2. Rotação 1 inverno sem trigo	0,6 bA	0,4 bA	0,6 aA	0,3 aA	0,5 b
3. Rotação 2 invernos sem trigo	0,8 bA	0,4 bA	0,6 aA	0,6 aA	0,6 b
Média	2,8 A	1,3 B	0,7 B	0,6 B	-

C.V. = 30,79%

¹ Drechslera tritici-repentis (65%), Bipolaris sorokiniana (5%) e Septoria nodorum (16%).

PD = Plantio direto; CM = Cultivo mínimo; AD = Preparo convencional com arado de discos; AA = Preparo convencional com arado de aivecas. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5 por cento de probabilidade.

Fonte: Reis et al. 1992.

Quadro 4. Efeito de métodos de manejo de solo na quantidade de resíduos culturais de trigo remanescentes na superfície e sua relação com a densidade de inóculo.

	Plantio direto	Cultivo mínimo	Arado de discos	Arado de aivecas
1. Resíduo cultural (g/m ²)	271	170	36	11
(%)	100	63	13	6
2. Conídios de <i>B. sorokiniana</i> (n ^o /m ²)	1,59 x 10 ⁶	9,99x10 ⁵	2,11x10 ⁵	7,27x10 ⁴
3. Pseudotécio de <i>Drechslera tritici-repentis</i> (n ^o /m ²)	11.653	7.310	1.548	516

Fonte: Reis et al. 1992 (modificado).

parcelas distavam apenas 3,0 m uma das outras e foi significativo o efeito das práticas de manejo na severidade. Pode-se concluir que sob plantio direto, com rotação de culturas, é baixa a intensidade de doenças, não justificando, em muitos casos, o controle químico. Lembra-se que o limiar de dano econômico para o controle de manchas foliares com fungicidas, é de 5 por cento de severidade.

DOENÇAS E PATÓGENOS DE CEREAIS DE INVERNO FAVORECIDOS PELO PLANTIO DIRETO E PELA MONOCULTURA

- Aveia

Helminthosporiose - *Drechslera avenae*

- Cevada

Mancha em rede - *Drechslera teres*

Helminthosporiose - *Bipolaris sorokiniana*

Escaldadura - *Rhynchosporium secalis*

Mal-do-pé - *Gaeumannomyces graminis var. tritici*

Septoriose - *Septoria* sp.

- Trigo e triticale

Helminthosporiose - *Bipolaris sorokiniana*

Mancha amarela da folha - *Drechslera tritici-repentis*

Mancha da folha e da gluma - *Septoria nodorum*

Mancha salpicada - *S. tritici*

Mal-do-pé - *G. graminis var. tritici*

CONCLUSÕES

A intensidade de doenças de cereais de inverno, causadas por parasitas necrotróficos, é maior sob monocultura e sob plantio direto.

A presença de restos culturais infectados indica a presença de patógenos daquela cultura na área cultivada.

A rotação de culturas, no inverno, com espécies não suscetíveis aos patógenos de cereais de inverno, elimina os inconvenientes do sistema plantio direto.

LITERATURA CITADA

- COOK, R.J.; BOOSALIS, M.G.; DOUPNIK, B. 1978. Influence of crop residues on plant disease. In: Oschwald, W.R., ed. Crop residue management systems. Madison: ASA. p. 147-163.
- GALLI, F.; CARVALHO, P.C.T. 1978. Ciclo das relações patógeno-hospedeiro. In: GALLI, F.; TOKESHI, H.; CARVALHO, P. de C.T. de; BALMER, E.; KIMATI, H.; CARDOSO, C.O.N.; SALGADO, C.L.; KRUGNER, T.L.; CARDOSO, E.J.N.; BERGAMIN FILHO, A. ed. Manual de fitopatologia. 2 ed. São Paulo: Agronômica Ceres. v. 1, cap. 9, p. 176-198.
- REIS, E.M. 1987. Sobrevivência de fitopatógenos. In: Encontro paulista de plantio direto, 1., 1987. Piracicaba. Plantio direto. Piracicaba: FEALQ/ESALQ/USP. p. 73-89.
- , 1990. Control of disease of small grains by rotation and management of crop residues, in Southern Brazil. In: International workshop on conservation tillage systems, 1990, Passo Fundo. Conservation tillage for subtropical areas. s.l.: CIDA/EMBRAPA-CNPT. p. 140-146.
- ; SANTOS, H.P.; LHAMBY, J.C.B.; BLUM, M. 1992. Effect of soil management and crop rotation on the control of leaf blotches of wheat in southern Brazil. In: Congresso interamericano de siembra directa, 1., 1992, Villa Giardino. Trabajos presentados. Villa Giardino. Asociación Argentina Productores en Siembra Directa/Sociedad de Conservación de Suelos/Clube Amigos da Terra/Fundação ABC/Asociación Uruguaya Pro Siembra Directa. p. 217-236.
- SHANER, G. 1981. Effect of environment of fungal leaf blights of small grains. Ann. Rev. Phytopathol, v. 19, p. 273-296.
- WIESE, M.V. 1977. Compendium of wheat diseases. St. Paul: The American Phytopathological Society. 106p.

Rotación de cultivos en el sistema de siembra directa *

por Rolf Derpsch **

INTRODUCCIÓN

La gran vulnerabilidad del sistema ecológico en regiones tropicales implica daños irreversibles cuando es manejado irracionalmente, los cuales se hacen sentir, especialmente, cuando el suelo es utilizado intensiva y continuamente. En la transición de sistemas naturales hacia agroecosistemas, o sea de la vegetación nativa hacia la agricultura intensiva, se hace necesaria la utilización racional de todos los métodos de estabilización ecológica entre los cuales se cuenta también la rotación de cultivos.

La rotación de cultivos no tiene como objetivo sólo un cambio de especies, sino escoger cultivos respetando sus necesidades y características diferentes, así como su influencia diferenciada sobre el suelo, crecimiento de malezas, desarrollo de enfermedades y plagas, en una secuencia apropiada y práctica, que promueva efectos residuales benéficos.

La siembra continua del mismo cultivo en el mismo lugar durante muchos años, solamente es posible en el caso de cultivos especiales y usando tecnologías adecuadas, como es el caso del arroz irrigado, que viene siendo cultivado como único cultivo, en algunos casos durante siglos, en regiones altamente pobladas de Asia. En general, el monocultivo tiene como consecuencia la disminución de la productividad por área o la producción, siendo en general los siguientes

factores los responsables por esa situación (Franke, 1962; Agerberg, 1967; Kaempf, 1969; Decker, 1969; Glimeroth & Kübler, 1974; Kolbe & Stumpe, 1969; Fischer, 1971; Vetter & Schöneich, 1969) (citados por Franke, 1980):

- Aumento de enfermedades y plagas específicas.
- Aumento de malezas específicas.
- Disminución de la disponibilidad de nutrientes debido a cambios en la actividad biológica y degradación física del suelo.
- Disminución del desarrollo del sistema radicular.
- Acumulación de sustancias tóxicas específicas o inhibitoras de crecimiento.

El monocultivo aliado a una preparación inadecuada del suelo que lo deja descubierto por semanas o meses con la consecuente erosión, está entre las principales causas de la degradación del suelo y la baja productividad de los cultivos.

En siembra directa la realización de rotaciones de cultivos es vital para la implementación del sistema, puesto que enfermedades y plagas pueden sobrevivir en los rastrojos que quedan sobre la superficie del suelo, e infectar las especies cultivadas en monocultivo. Cuando en siembra convencional una arada profunda hace desaparecer los restos de cultivo eliminando enfermedades por inanición, esto no es posible ni recomendable en el sistema de siembra directa.

Mientras en Europa y especialmente en Alemania existe una gran cantidad de informaciones sobre rotaciones de cultivos, pocos trabajos se realizaron en los países de clima tropical y subtropical con rotaciones de cultivos que se extiendan por más de dos años. En lo posible este trabajo pretende resumir algo de la

* Proyecto "Desarrollo y Difusión de Sistemas de Aprovechamiento del Suelo Orientados a su Conservación", MAG-GTZ, Cooperación Técnica de la República Federal de Alemania, Asunción, Paraguay.

** Ingeniero Agrónomo, MSc, Asesor Proyecto MAG-GTZ.

experiencia internacional sobre rotaciones de cultivos. Sin embargo, más adelante se procurará sobre todo hacer referencia a los resultados de investigaciones realizadas en el estado de Paraná y en el sur de Brasil, donde en los últimos años se realizaron muchos trabajos con rotaciones en siembra directa y convencional, y donde existen informaciones más consistentes y homogéneas. La experiencia del Brasil tendrá elementos útiles para el desarrollo y la difusión de rotaciones de cultivos en la Argentina y en el Paraguay, principalmente en regiones donde se practica el doble cultivo.

DEFINICIÓN

Rotación de cultivos es la alternancia regular y ordenada en el cultivo de diferentes especies vegetales en secuencia temporal en una determinada área (Geisler, 1980).

Monocultivo al contrario, es la siembra repetida año tras año de una misma especie de cultivo en el mismo lugar. Todos los años el mismo o los mismos cultivos persisten o son sembrados (plantados) en el mismo campo.

En regiones tropicales y subtropicales algunas de las así llamadas rotaciones de cultivos están más cerca de la definición de monocultivo, a pesar del hecho de que dos cultivos son sembrados en una misma área todos los años, como es el caso del doble cultivo trigo-soja.

Debido a las condiciones de mercado y a la combinación ideal de una leguminosa con una gramínea, la secuencia trigo-soja se difundió ampliamente en Argentina, Brasil y Paraguay. Mientras que el área de trigo en estos países llega aproximadamente a nueve millones de ha, se estima que 5,8 millones de ha son sembradas en la secuencia trigo-soja (M.M. Kohli, comunicación personal, 1990).

Para un mejor entendimiento de la secuencia trigo-soja es necesario resaltar que la soja es sembrada, generalmente, en la estación más calurosa (octubre a enero) y el trigo en la estación más fría (abril a julio) efectuándose el doble cultivo.

FUNDAMENTOS CIENTÍFICOS DE LA ROTACIÓN DE CULTIVOS

Los **principios tradicionales** en los cuales se basa su planificación son los siguientes: (Arnon, 1972).

1. Cultivos alternados de especies de plantas con habilidad diferenciada para absorber nutrientes del suelo, o que tengan sistema radicular alcanzando profundidades diferentes.
2. Cultivo alternado de especies de plantas susceptibles a ciertas enfermedades y plagas, con aquéllas que son resistentes.
3. Secuencia planificada de especies que llevan en consideración todo efecto negativo o positivo de un cultivo sobre el siguiente. Estos efectos pueden tener su origen en sustancias tóxicas, en el suministro de nutrientes, en el incremento de materia orgánica, en el sistema radicular, estructura del suelo, microorganismos o humedad residual del suelo.
4. Alternar el uso de cultivos que tienden a agotar el suelo con cultivos que contribuyen para mejorar la fertilidad del suelo.
5. Cultivo alternado de especies con diferentes necesidades extremas de mano de obra, máquinas e implementos, agua, etc., en épocas diferentes.

Según Koennecke, 1967; Kaempff, 1973; y Franke, 1976 **la función y los objetivos de las rotaciones de cultivos** pueden ser resumidos en los siguientes puntos.

1. Utilizar al máximo el potencial productivo de la tierra manteniendo y mejorando la fertilidad del suelo.
2. Aprovechar plenamente el período vegetativo de los cultivos, garantizando la utilización de las mejores épocas de siembra y plantío.
3. Evitar la multiplicación en masa de malezas, así como de plagas y enfermedades de difícil (o sin) control y disminuir drásticamente la densidad de los patógenos.

4. Contribuir para la estabilidad de las cosechas.
5. Garantizar basado en el ordenamiento de las operaciones de campo, la plena eficiencia de medidas de intensificación para la obtención de mayores rendimientos de los cultivos.
6. Corresponder a las necesidades político-administrativas y de mano de obra de la propiedad.

Otros objetivos de la rotación de cultivos son:

- Asegurar una distribución más uniforme de trabajo durante todo el año.
- Ampliar los períodos de utilización de máquinas e implementos (siembra, cuidados y cosecha), disminuyendo las necesidades de inversión y capital.
- Control de la erosión.
- Conservar la humedad del suelo.
- Disminuir la aplicación de insumos (abonos y pesticidas).
- Mejorar la utilización de los factores de producción en la agricultura.

Una secuencia indiscriminada de cultivos no puede satisfacer los objetivos descritos y lleva, tarde o temprano, a depresiones de rendimiento, si no son tomadas medidas adicionales, que generalmente implican costos elevados y disminución de la rentabilidad.

ROTACIÓN DE CULTIVOS Y POTENCIAL PRODUCTIVO

La Figura 1 muestra la forma en que la rotación de cultivos influye para que el máximo potencial productivo del suelo pueda ser aprovechado, mejorando las producciones con menor inversión de insumos. Dicha Figura se elaboró con datos obtenidos de un experimento de rotación que viene siendo realizado en Rothamsted, Inglaterra, desde 1852. En el sistema con rotación se consiguió, sin la aplicación de nitrógeno

en trigo, el mismo rendimiento que en monocultivo con 140 kg. de N por ha. Esto muestra, que la fertilización mineral no puede detener la paulatina caída del rendimiento de cultivos en monocultivo.

Investigaciones realizadas en Paraná, Brasil, (Muzilli, 1981) muestran que ya en el 4^o año de experimento, la soja mostraba un rendimiento de 330 kg/ha superior en la rotación soja-trigo/maíz (2.520 kg/ha), en comparación con la secuencia soja-trigo (2.180 kg/ha) (dos cultivos en un año). Esto muestra la posibilidad de aumentar la producción de soja sin costo adicional, sencillamente por medio de la inclusión del maíz en la rotación (Figura 2).

De la misma forma, el cultivo de maíz responde con aumentos de rendimiento cuando se hace rotación con soja. Derpsch (1988) verificó que el efecto residual de la soja (en la rotación soja-lupino/maíz) promovió, en término medio, un aumento de rendimiento de 470 kg/ha de maíz comparado con la secuencia maíz-lupino/maíz. (Figura 3). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Gallo *et al.* (1981), que comprobaron que cada año de cultivo de soja antecediendo al maíz, promueve aumentos de producción de este último del orden de 464 kg/ha de granos. Igualmente, Muzilli *et al.* (1983) obtuvieron mayores rendimientos de maíz en rotación con soja. La Figura 3 muestra, también, que en la rotación soja-lupino/maíz se obtuvo sin nitrógeno un rendimiento muy similar al obtenido en el monocultivo maíz-descanso/maíz con 90 kg. de N por ha.

La adición de 90 kg/ha de N en forma de sulfato de amonio en la rotación soja/lupino/maíz produjo un aumento de rendimiento de 970 kg/ha. Sin embargo, este aumento alcanzó, apenas, para cubrir los costos adicionales. Los resultados obtenidos sugieren, que después de lupino y cuando se producen por lo menos 3 t/ha de materia seca con el abono verde, se puede dispensar totalmente de la fertilización nitrogenada.

Al incluirse al maíz en la secuencia tradicional de cultivo (trigo/soja) se pueden usar las mismas máquinas que el agricultor ya dispone. Sólo para el maíz será necesaria una plataforma de cosecha específica en la

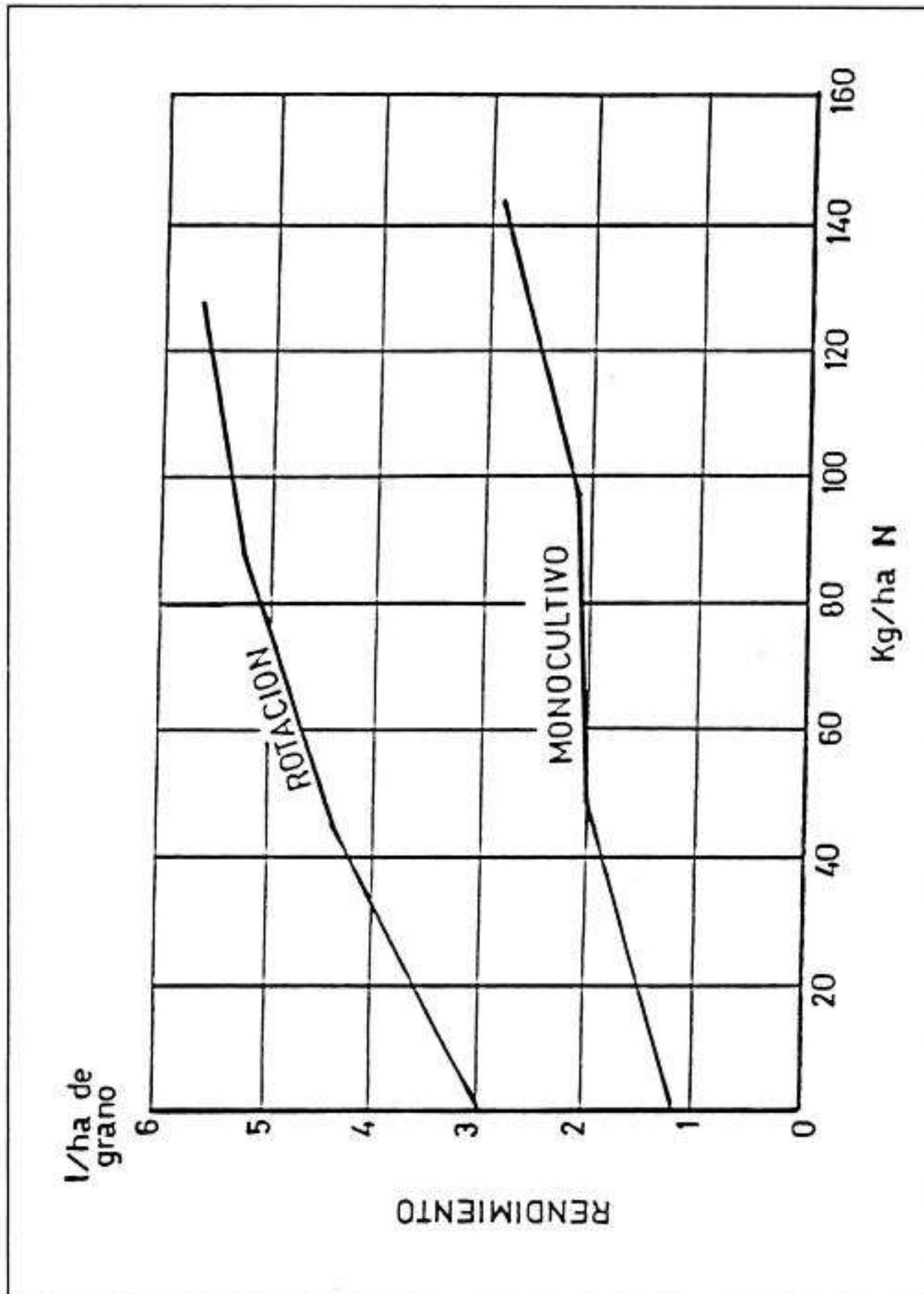


Figura 1. Influencias de niveles crecientes de N sobre el rendimiento de trigo cultivado en monocultivo y en rotación de cultivos. Rothamsted, Foster-Field y Broadbalk-Field (Vetter 1967) citado por Boguslawski 1981 (Experimento realizado desde 1852).

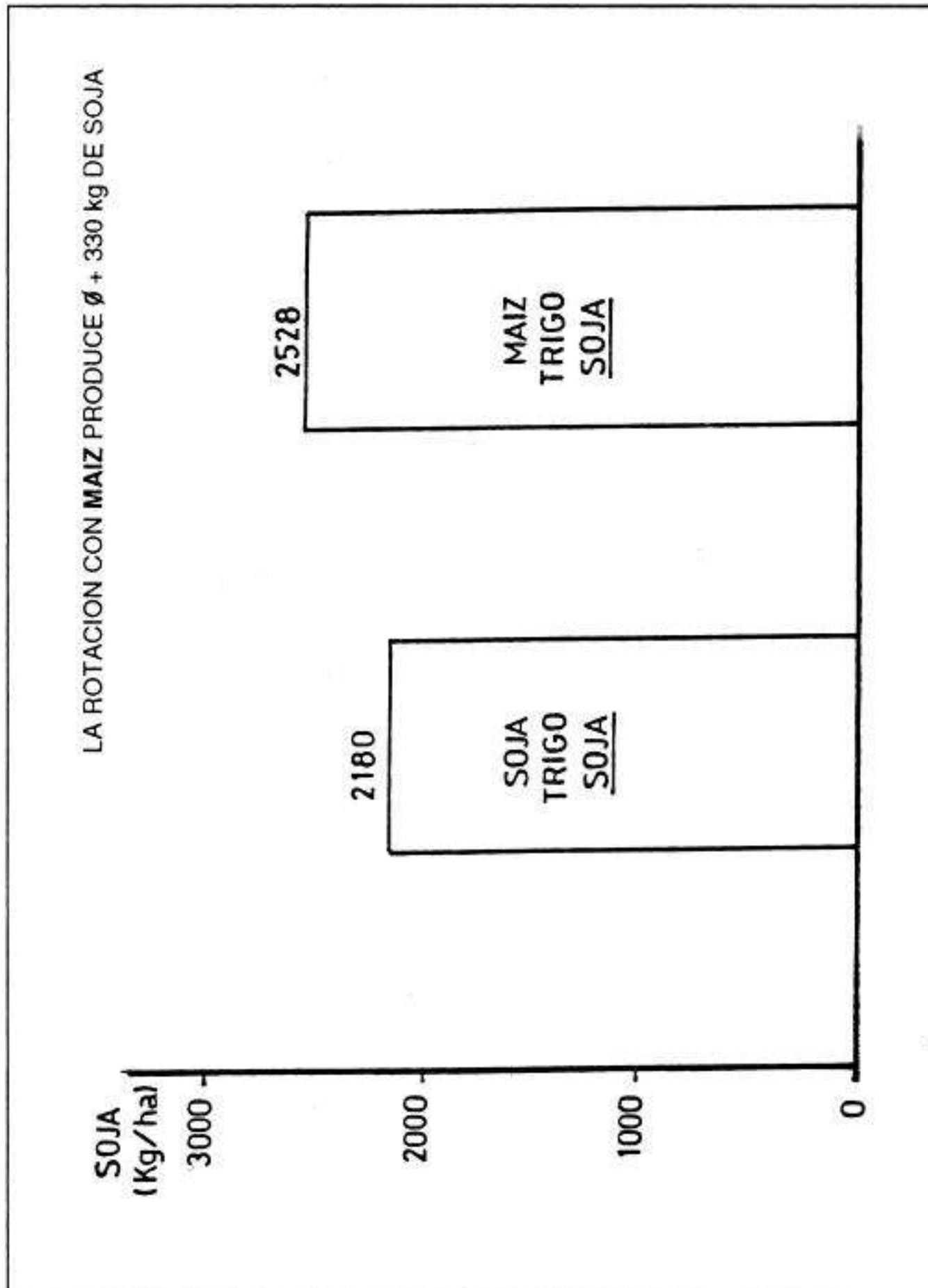


Figura 2. Efecto de la rotación de cultivos sobre el rendimiento de soja. (Muzilli, 1981).

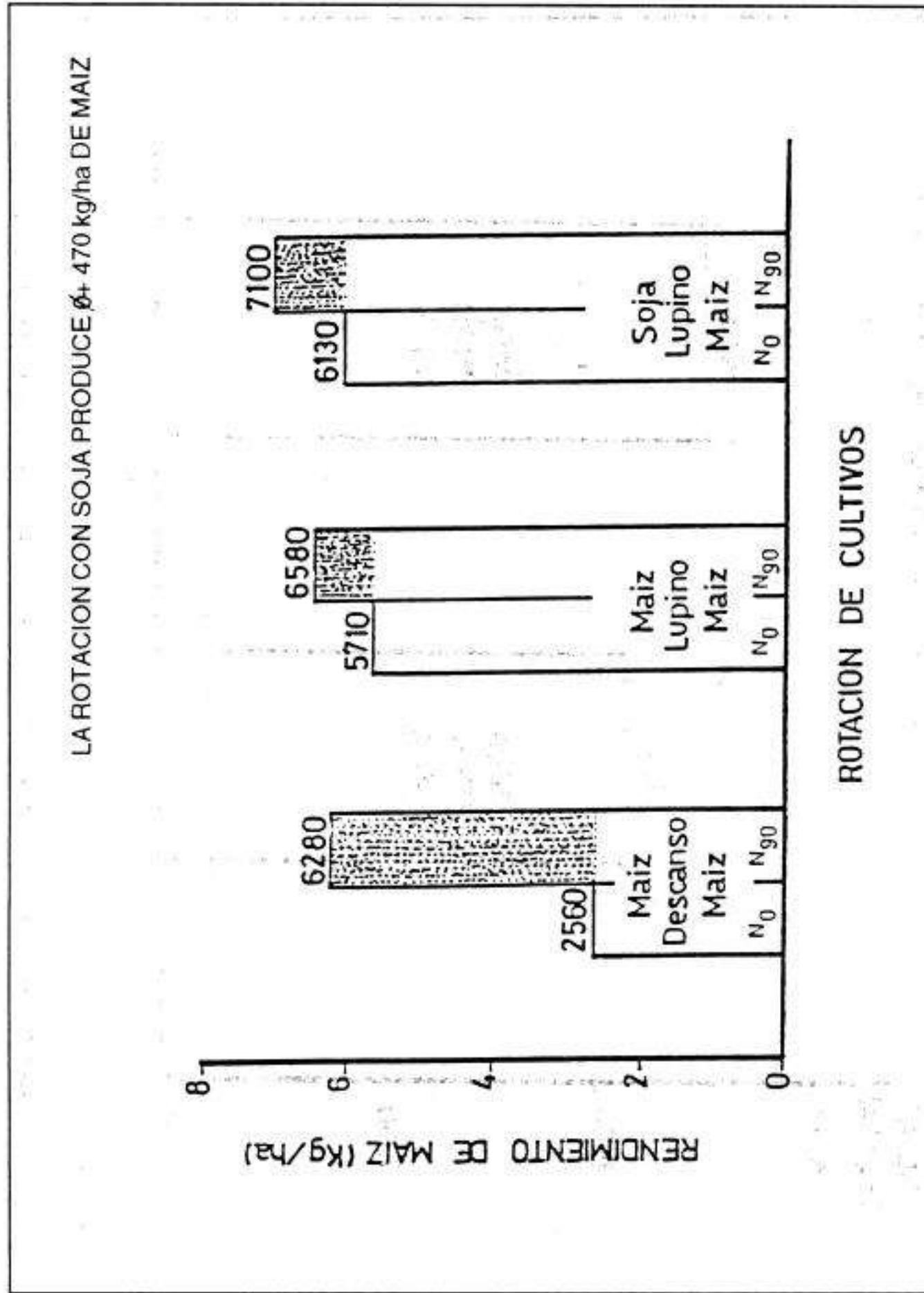


Figura 3. Rendimiento de maíz en tres rotaciones de cultivos y dos niveles de fertilización nitrogenada. (Derpsch et al. 1991).

cosechadora automotriz. Frecuentemente, los agricultores son contrarios al cambio del monocultivo de la soja para la rotación soja/maíz, debido a los gastos adicionales que resultan por la necesidad de comprar una plataforma para la cosecha del maíz. Sin embargo, estos gastos adicionales son rápidamente amortizados. Con los aumentos de rendimiento constatados, de 470 kg/ha de maíz y de 330 kg/ha para soja, se obtiene una ganancia adicional líquida de US\$ 5.460 ya en el primer año de implantación de esta rotación en una propiedad de 100 ha de área, donde han sido cultivadas 50 ha de cada uno de estos cultivos (calculado al precio promedio de maíz de US\$ 97/t y de soja de US\$ 192/t) (Sorenson y Montoya, 1984).

PICOS DE TRABAJO EN ROTACIÓN DE CULTIVOS Y EN MONOCULTIVO

Una razón importante por la cual los agricultores adoptan la rotación de cultivo, es que de esta forma se obtiene un mejor aprovechamiento de la maquinaria y mano de obra disponible.

El monocultivo del trigo significa que toda el área cultivada de una propiedad agrícola debe ser sembrada con este cultivo en un espacio de tiempo muy corto. Cuando se usa la rotación de cultivos y se siembra trigo y abonos verdes, hay mayor flexibilidad en la fecha de siembra y cosecha, permitiendo una mejor distribución de la mano de obra disponible.

Basado en la época recomendada de siembra para el maíz en el norte del estado de Paraná, el monocultivo de maíz resulta en un pico extremo de mano de obra entre el 15 de setiembre y el 31 de octubre. Por otro lado, el monocultivo de la soja resulta en un pico extremo de mano de obra durante la época recomendada para la siembra de este cultivo (15 de octubre a 30 de noviembre). Si en vez de practicar el monocultivo de estos cultivos, 50 por ciento del área es sembrada con maíz y 50 por ciento con soja en rotación, entonces la época de siembra puede ser extendida por un mes (Figura 4). Esto puede resultar en una mejor calidad de la operación de siembra,

utilizándose condiciones óptimas de humedad del suelo, y en una reducción de la necesidad de maquinaria (sembradora, tractor) y mano de obra. Lo mismo es válido para operaciones durante el período de crecimiento de los cultivos y la cosecha, como también para el siguiente cultivo de trigo. (Derpsch, 1986).

PLANIFICACIÓN DE ROTACIONES DE CULTIVOS

El crecimiento y rendimiento de los cultivos es grandemente influenciado por las especies de plantas cultivadas anteriormente, o sea, por el lugar que determinado cultivo tiene dentro de un sistema de producción o de una determinada rotación de cultivos. Para montar un esquema de cultivos en rotación, es necesario tener conocimiento, previamente, de la influencia que determinada especie ejerce sobre el desarrollo y el rendimiento del cultivo que le sigue.

Sin el conocimiento sobre las influencias positivas o negativas que una especie ejerce sobre la cultura que le sigue, toda tentativa de montar un esquema de rotación no es más que un modelo teórico.

Las rotaciones de cultivos no representan composiciones inventadas en salas de oficina, sino son el resultado de experiencias adquiridas durante siglos (Koennecke, 1967).

Para poder planificar mejor la secuencia de cultivos dentro de una rotación, es necesario saber hasta que punto las diferentes especies son autocompatibles, o sea, cuánto tiempo una especie puede ser sembrada después de esa misma especie. De acuerdo con el grado de autocompatibilidad, Koennecke (1967) dividió los cultivos más importantes en cuatro grupos (Cuadro 1). Una clasificación de este tipo naturalmente es relativa. Hasta que punto una especie no soporta una secuencia con ella misma o con otra planta, depende también de las condiciones especiales de determinada localidad. Por eso la autocompatibilidad debe ser investigada para las condiciones especiales de cada región agroecológica.

Cuadro 1. Autocompatibilidad de las especies cultivadas.

GRADO DE COMPATIBILIDAD				
Autocompatibles	Diversos grados de compatibilidad	Poca compatibilidad	No compatibles	Años de descanso para volver al mismo lugar las no compatibles
Centeno	Papa	Cebada*	Trébol rojo	6
Maíz	Cebada**	Trigo	Alfalfa	5
Soja	Lupino		Beterraga az.	5
Sorgo	Seradella		Avena	5
Tabaco			Arveja	5
			Colza/Canola	3

* Cebada de invierno; **Cebada de primavera (Resumido según Koennecke, 1967).

Entre las secuencias no compatibles se cuentan: trigo después de cebada de invierno; avena después de cebada de primavera y viceversa; beterraga azucarera después de colza y viceversa; trébol rojo después de serradela y viceversa; trébol rojo después de alfalfa y viceversa.

Obs.: El girasol también se cuenta entre las especies no autocompatibles.

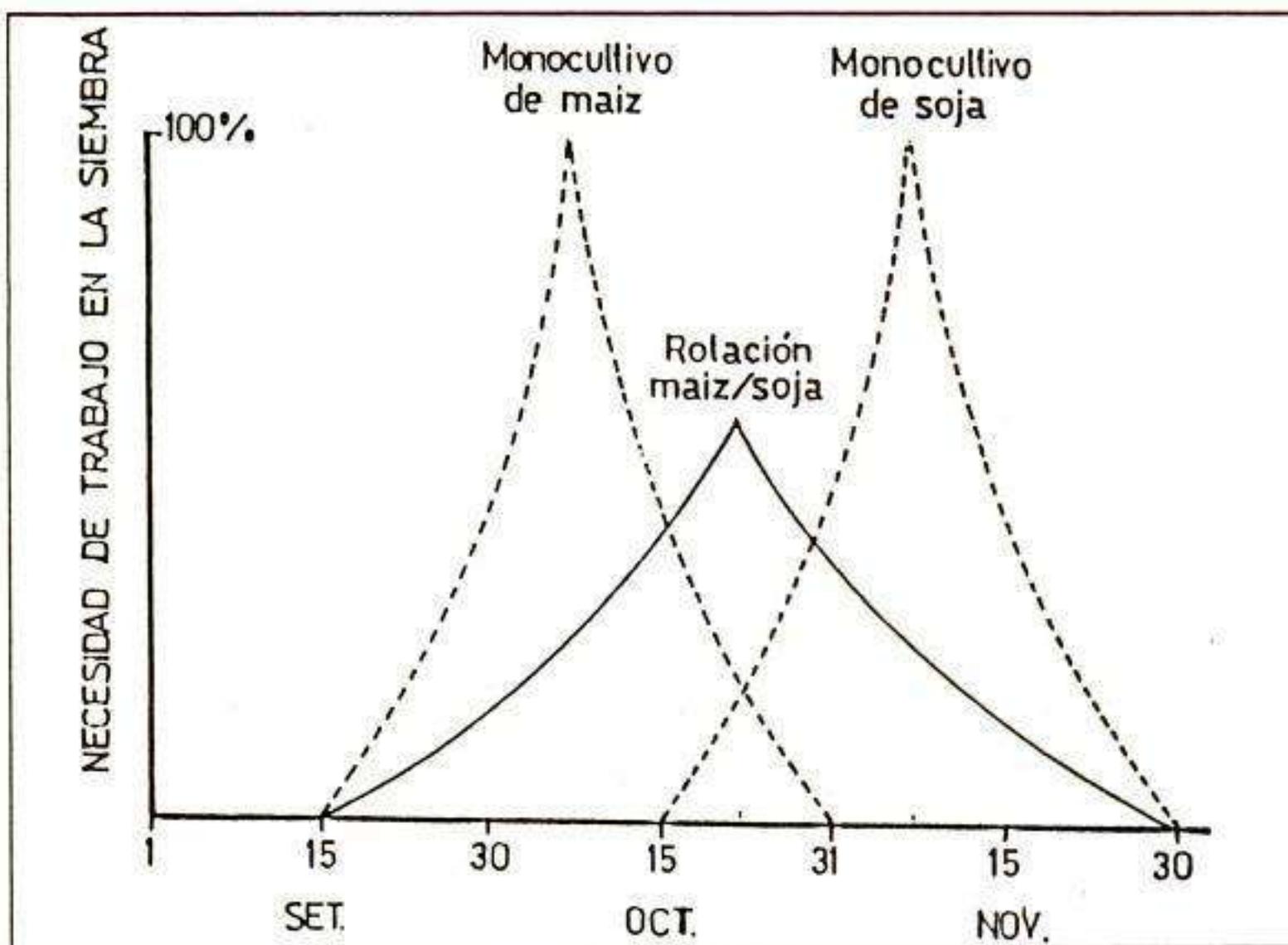


Figura 4. Picos de trabajo para la operación de siembra en monocultivo y en rotación de cultivos (maíz y soja en 50 por ciento del área respectivamente). Ejemplo basado en las épocas recomendadas para la siembra de maíz y soja en el norte de Paraná, Brasil. (Derpsch et al. 1991).

ABONOS VERDES Y ROTACIÓN DE CULTIVOS

Los abonos verdes son la piedra angular de una agricultura sostenible y deben estar siempre insertados en las rotaciones de cultivos. Los abonos verdes permiten recuperar suelos cansados, conservarlos a través de la cobertura vegetal protectora y son elementos esenciales para mantener y mejorar la fertilidad del suelo. (Derpsch, 1990).

Para saber cuales abonos verdes se adaptan mejor a las condiciones de clima y suelo de una localidad, la investigación debe probar todas las especies que presentan un cierto potencial para esa región agroecológica, estudiar sus características más importantes como ser: rapidez de crecimiento y cobertura del suelo, resistencia a enfermedades y plagas, influencia sobre malezas, producción de masa verde y seca, contenido de nitrógeno, relación C/N, etc. En el Instituto de Investigaciones Agropecuarias del Paraná (IAPAR), se estudiaron las especies de abono verde, con mejor potencial así como sus características. Los experimentos mostraron que la producción más alta de materia seca fue obtenida con avena negra (*Avena strigosa Schieb*) y nabo forrajero (*Raphanus sativus L. Var. Oleiferus*). Con 147 y 135 kg de N/ha respectivamente, una mayor cantidad de nitrógeno total fue encontrada en las plantas y raíces de estas especies, que en las especies leguminosas como lupino (*Lupinus albus L.*), donde se encontraron 90 kg/ha de N. Aunque las especies no leguminosas de abono verde no fijan el nitrógeno del aire, ellas

pueden contribuir para el reciclaje del nitrógeno, trayendo cantidades razonables de N a la superficie del suelo, que de otra forma se perderían por lixiviación.

Cuando la relación C/N de la parte aérea de diferentes especies de abono verde fue analizada, pudieron observarse variaciones de los valores entre 16 y 33. La investigación en Paraná mostró que después de abonos verdes con relación C/N mayor (>25; por ej. avena negra, centeno), debido al hecho de que de otra forma la fijación simbiótica de N por estos cultivos quedaría afectada negativamente, por exceso de nitrato en el suelo en la fase inicial de crecimiento (Heinzmann, 1985).

INFLUENCIA DE DIFERENTES ESPECIES DE ABONOS VERDES SOBRE LA INFESTACIÓN CON MALEZAS

Los abonos verdes y sus residuos pueden tener una gran influencia en la reducción de la infestación con malezas. Investigaciones realizadas por Almeida y Rodrigues (1985) mostraron que existe una correlación lineal entre la cantidad de biomasa producida por los cultivos de cobertura y la efectividad en reducir la infestación con plantas invasoras (Figura 5).

Los mismos autores, también, mostraron que diferentes especies de abonos verdes tienen una marcada influencia en la composición específica de las malezas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Influencia de la cobertura muerta sobre el rendimiento en masa verde y proporción de las principales malezas, 85 días después del corte del abono verde de invierno.

Cultivo de Invierno	Biomasa verde (g/m ²)	<i>Brachiaria plantaginea</i> %	<i>Digitaria horizontalis</i> %	<i>Bidens pilosa</i> %	<i>Richardia brasiliensis</i> %	Otras %
Trigo	1.347	36	31	5	20	8
Descanso	1.541	11	4	63	12	10
Lupino	1.613	88	4	3	1	4
Triticale	1.269	10	18	15	51	6
Colza	987	44	34	4	11	7
Nabo forrajero	861	38	41	3	0	14
Centeno	695	13	17	23	33	14
Avena negra	361	49	13	13	4	21

(Almeida y Rodrigues, 1985)

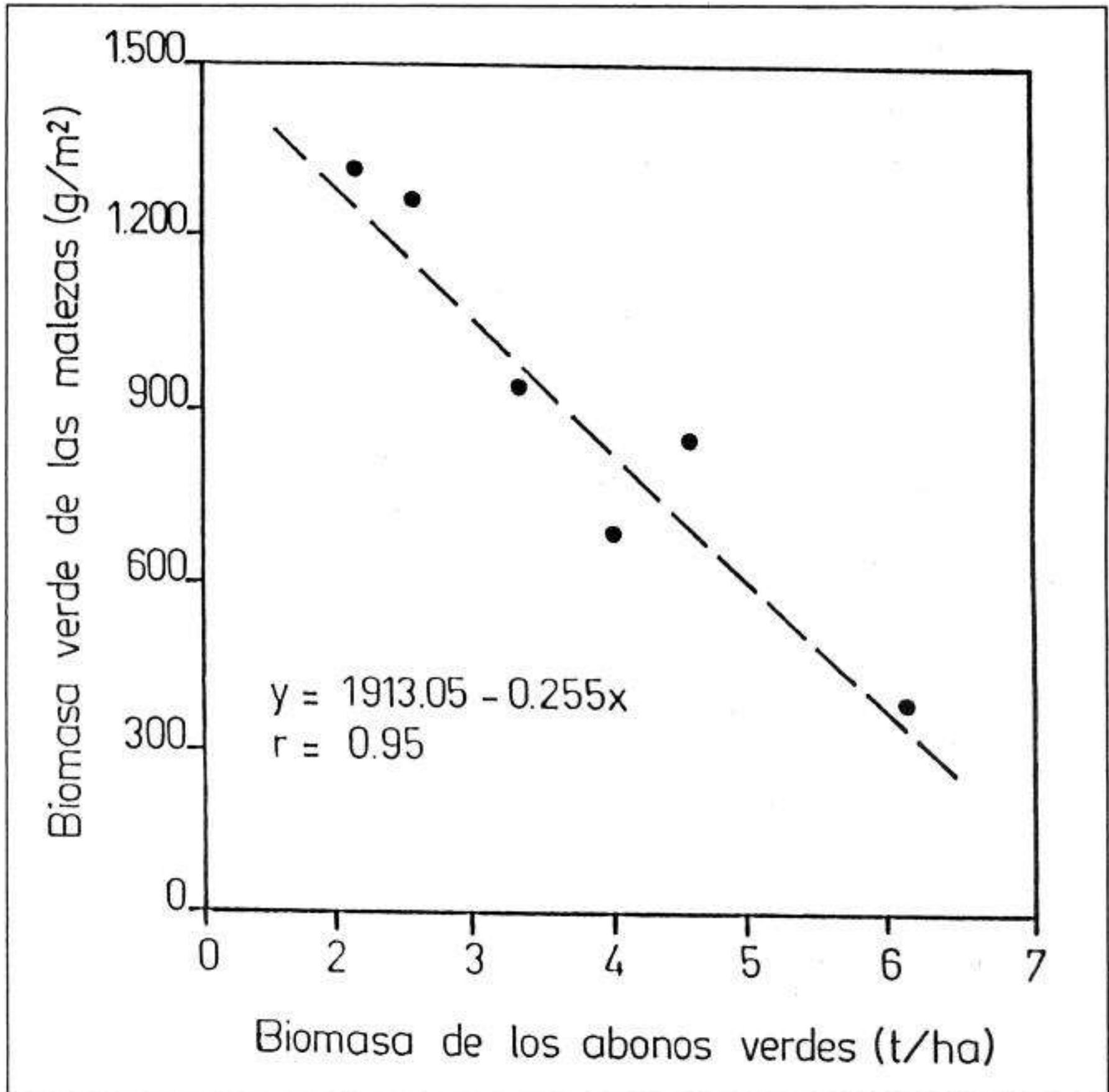


Figura 5. Correlación entre biomasa verde de abonos verdes en el momento de la cosecha y el peso de la biomasa verde de las malezas 85 días después del corte de los abonos verdes. (Almeida y Rodrigues, 1985).

La biomasa más alta de malezas fue medida después de trigo, descanso invernal y lupino, mientras que la menor biomasa fue medida después de avena negra, centeno y nabo forrajero.

Otras investigaciones realizadas en el estado de Paraná, también mostraron que el descanso invernal aumenta la infestación con malezas. El porcentaje más alto de cobertura del suelo y número de malezas (7 y 58 días después del corte de los abonos verdes) fue medido bajo descanso invernal, siendo que la menor infestación fue verificada bajo avena negra y nabo forrajero (Figura 6). También, en otro estudio se verificó que la mayor infestación con malezas fue medida después de descanso invernal y trigo y que la más baja infestación fue medida después de avena negra y nabo forrajero (Cuadro 3). Estos estudios muestran que la avena negra y el nabo forrajero son especies de cobertura de suelo eficientes en reducir la infestación con malezas en el invierno, y que el monocultivo de trigo, como también el ampliamente difundido descanso invernal, por el contrario, permiten la proliferación de malezas, con los costos resultantes para promover su eliminación.

La práctica de la rotación de cultivos en siembra directa y convencional implica el uso de rotación de herbicidas. Así las malezas de difícil control en un cultivo, pueden fácilmente ser controladas en el otro. De esta forma, la rotación de cultivos influye en la disminución de infestación de malezas.

INFLUENCIA DE LOS ABONOS VERDES Y DE LA ROTACIÓN DE CULTIVOS EN LA INFILTRACIÓN DEL AGUA Y EN LA CONSERVACIÓN DEL SUELO

Agua no infiltrada provoca erosión. Por lo tanto, para controlar la erosión, es necesario, en primer lugar, aumentar la infiltración efectiva de agua en el suelo.

La cobertura del suelo es el factor más importante que tiene influencia sobre la infiltración de agua en el suelo y consecuentemente sobre la erosión (Mannering y Meyer, 1963; Hudson, 1971; Roose, 1977; Lal, 1982). Por esa razón, plantas de abonos verdes y cobertura del suelo son elementos importantes en la conservación del suelo y en el desarrollo de sistemas de producción sostenibles.

Cuadro 3. Infestación con malezas después del cultivo de especies de abono verde de invierno, trigo o descanso invernal (corte del abono verde en 03.09.1982).

Especies	Evaluación de las malezas		
	15.09.82 Cobertura del suelo %	30.09.82 Masa verde g/m ²	15.10.82 Notas 1-9*
Trigo	57	154	7
Descanso invernal	71	296	8
Lupino	9	22	4
Vicia peluda	1	9	2
Chicharo	5	26	3
Centeno	1	6	2
Avena negra	0,1	0,2	1
Nabo forrajero	0,1	0,2	2
Colza	0,5	16	3
Girasol	26	28	3

* 1 = ausencia de malezas - 9 = infestación muy alta (Derpsch et al., 1991).

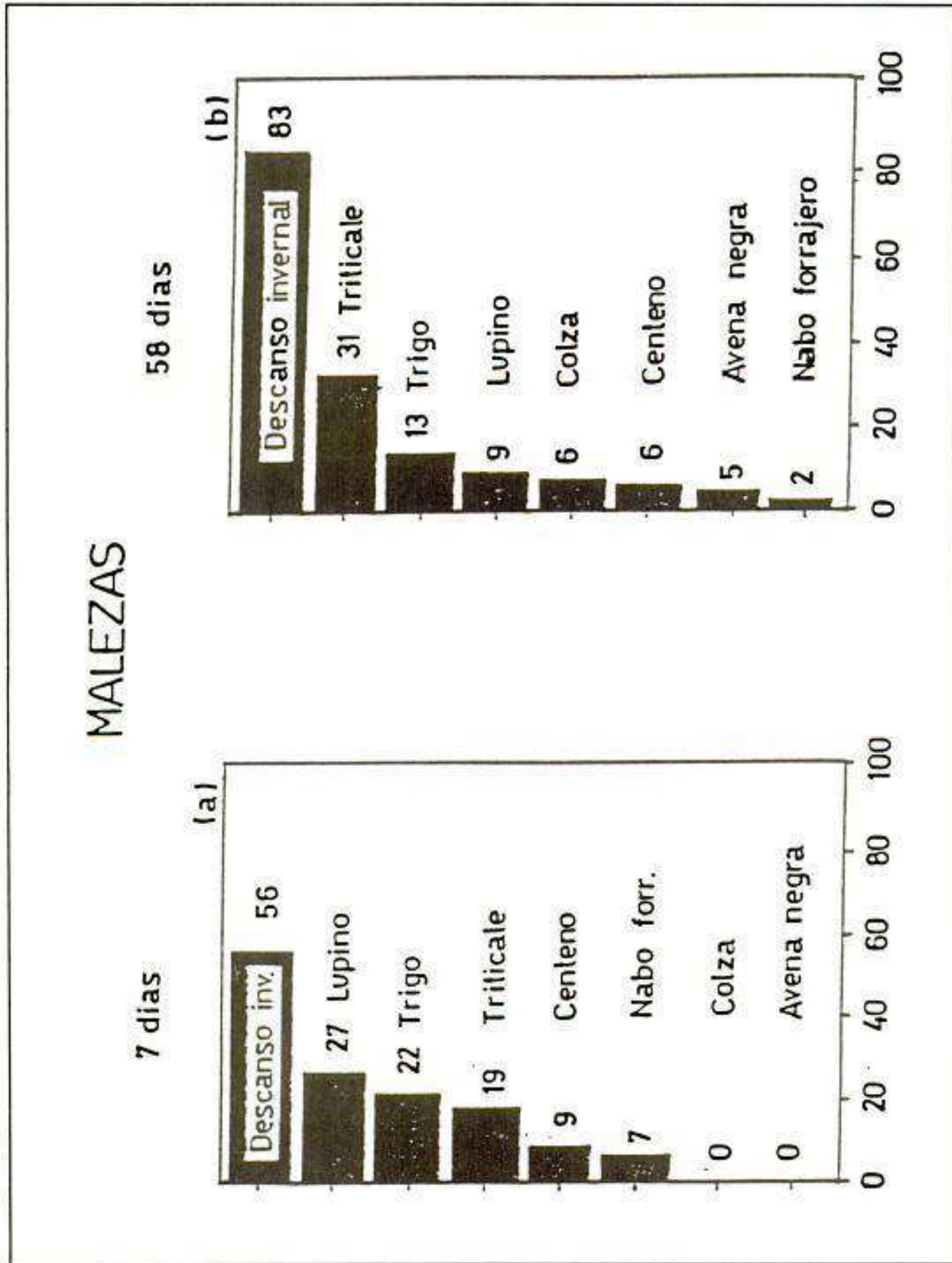


Figura 6. Porcentaje de cobertura del suelo por malezas, siete días después del corte (a) y población de malezas (número/m²) 58 días después del corte del abono verde (b). (Almeida y Rodrigues, 1985).

Investigaciones realizadas por Roth (1985), mostraron que el menor escurrimiento superficial y consecuentemente la mayor infiltrabilidad, fue medida bajo "mulch" de avena negra, donde el 89 por ciento del suelo estaba cubierto con residuos vegetales 90 días después de que éstos hayan sido cortados (Figura 7). También los residuos de nabo forrajero y de centeno promovieron una protección relativamente buena. Los menores índices de infiltración fueron medidos bajo descanso invernal y trigo.

En la Figura 8 se muestra el efecto de la rotación de cultivos sobre la infiltración de agua en el suelo. En siembra directa todas las rotaciones de cultivos presentan altas tasas de infiltración debido a los residuos que se encuentran en superficie. Sin embargo, al analizar los datos en preparada convencional del suelo, se pueden observar grandes diferencias entre las diferentes rotaciones de cultivos. Aquí, los índices de infiltración más bajos fueron medidos en monocultivo de maíz y descanso invernal, mientras que los índices más altos de infiltración fueron medidos en la rotación soja-lupino/maíz-trigo (cuatro cultivos en dos años) (Roth et al. 1987).

Estos resultados confirman, que la rotación de cultivos y el uso de abonos verdes pueden tener una gran influencia en la infiltración de agua y consecuentemente, en la erosión del suelo.

EFFECTO RESIDUAL DE ABONOS VERDES SOBRE EL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS COMERCIALES QUE LE SIGUEN

La experiencia muestra que el uso de abonos verdes solamente tiene chance de difundirse entre los agricultores, si los cultivos comerciales que le siguen en rotación logran aumentar los rendimientos, y si los costos, las necesidades de mano de obra y/o mecanización pueden ser reducidos, u otras ventajas pueden ser obtenidas a corto plazo.

Por esa razón, después de probar y seleccionar especies de abonos verdes bien adaptadas a ciertas localidades, la investigación debe determinar cuál es el efecto que estas tienen sobre el rendimiento de los cultivos de renta que le siguen.

El efecto residual a corto plazo de diferentes especies de abonos verdes y trigo sobre el rendimiento de soja (*Glycine max (L) Merrill*), habilla (*Phaseolus vulgaris L.*) y maíz (*Zea mays L.*) que le siguen en rotación, es mostrado en el Cuadro 4. El rendimiento medio más alto de soja (2.670 kg/ha) fue medido después de avena negra, Este rendimiento fue 41 por ciento más alto que el rendimiento medio de todos los otros tratamientos, 37 por ciento más alto que después de descanso invernal y 63 por ciento más alto que después de trigo.

En el caso de la habilla, el rendimiento en granos más alto fue medido después de avena negra y nabo forrajero, tratamientos en los cuales los rendimientos fueron respectivamente 68 por ciento y 52 por ciento más altos que después de trigo.

Los rendimientos más altos de maíz fueron obtenidos después de abonos verdes de la familia de las leguminosas. Los rendimientos después de lupino blanco y vicia peluda (*Vicia villosa Roth*) fueron 6.410 y 6.320 kg/ha, respectivamente, lo que significa aumentos de rendimiento de más del 50 por ciento comparado con el rendimiento después de trigo. Sin embargo, después de chícharo (*Lathyrus sativus L.*), también una leguminosa, fue obtenido un rendimiento de solamente 4.270 kg/ha.

Los resultados del Cuadro 4 muestran, que no siempre los abonos verdes tendrán un efecto positivo sobre los cultivos que le siguen en rotación, y consecuentemente no se pueden hacer recomendaciones generalizadas sobre el uso de los mismos. Al contrario, el efecto específico de abonos verdes sobre los cultivos más importantes tiene que ser determinado para cada región, para saber cuál es el lugar que los abonos verdes deberán tomar en una rotación de cultivos. Esto está de acuerdo con Calegari (1989), citado por Muzilli et al. (1989), que estudió el efecto residual de abonos verdes, trigo y descanso invernal sobre el rendimiento de maíz en el sudoeste del estado de Paraná.

Aumentos de rendimiento de 137 y 114 por ciento se obtuvieron en siembra directa y convencional, respectivamente, cuando el maíz fue sembrado

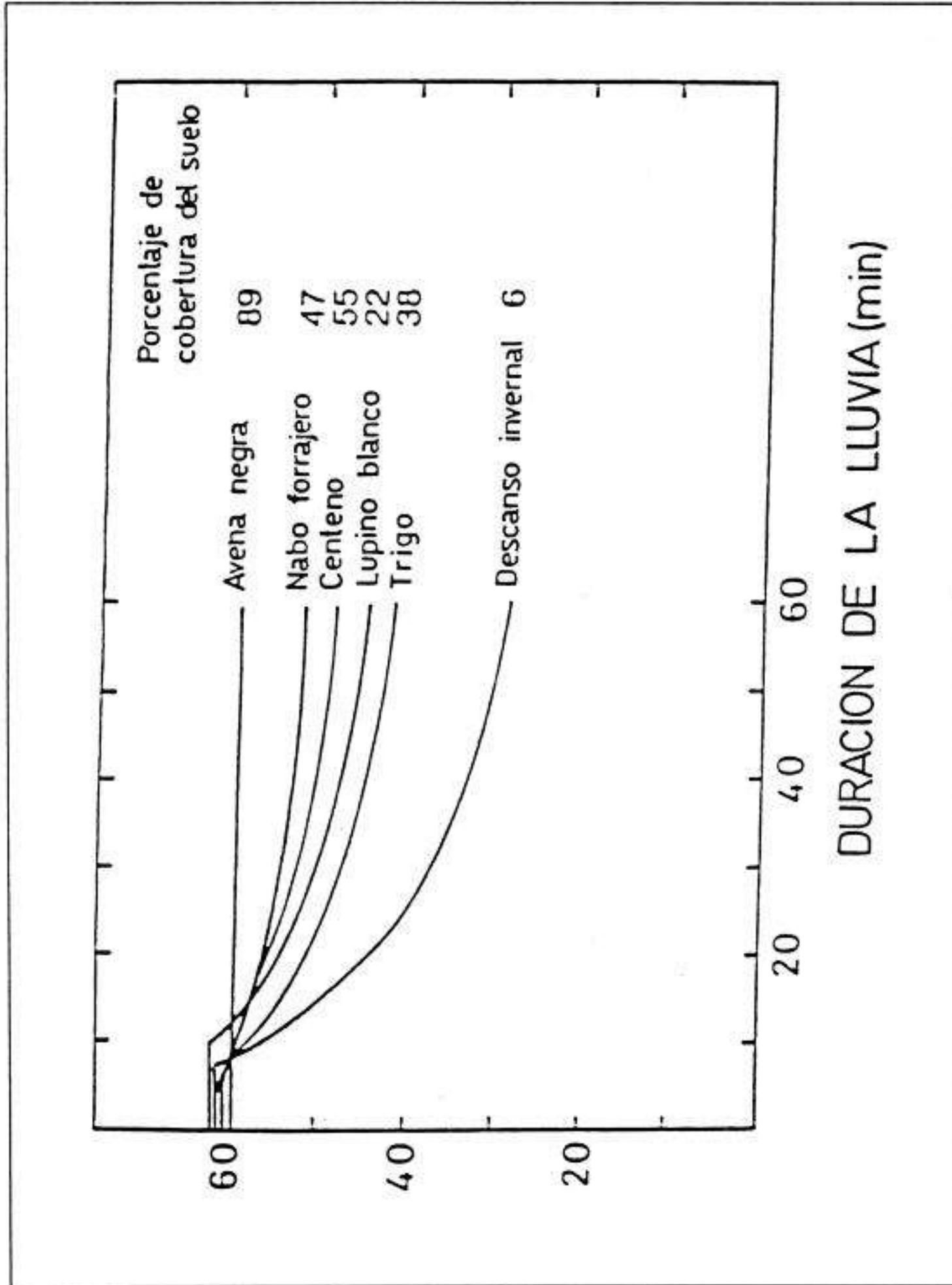


Figura 7. Índice de infiltración de agua en función de diferentes cultivos de invierno y descanso invernal. Latosolo rojo, Londrina. (Roth, 1985).

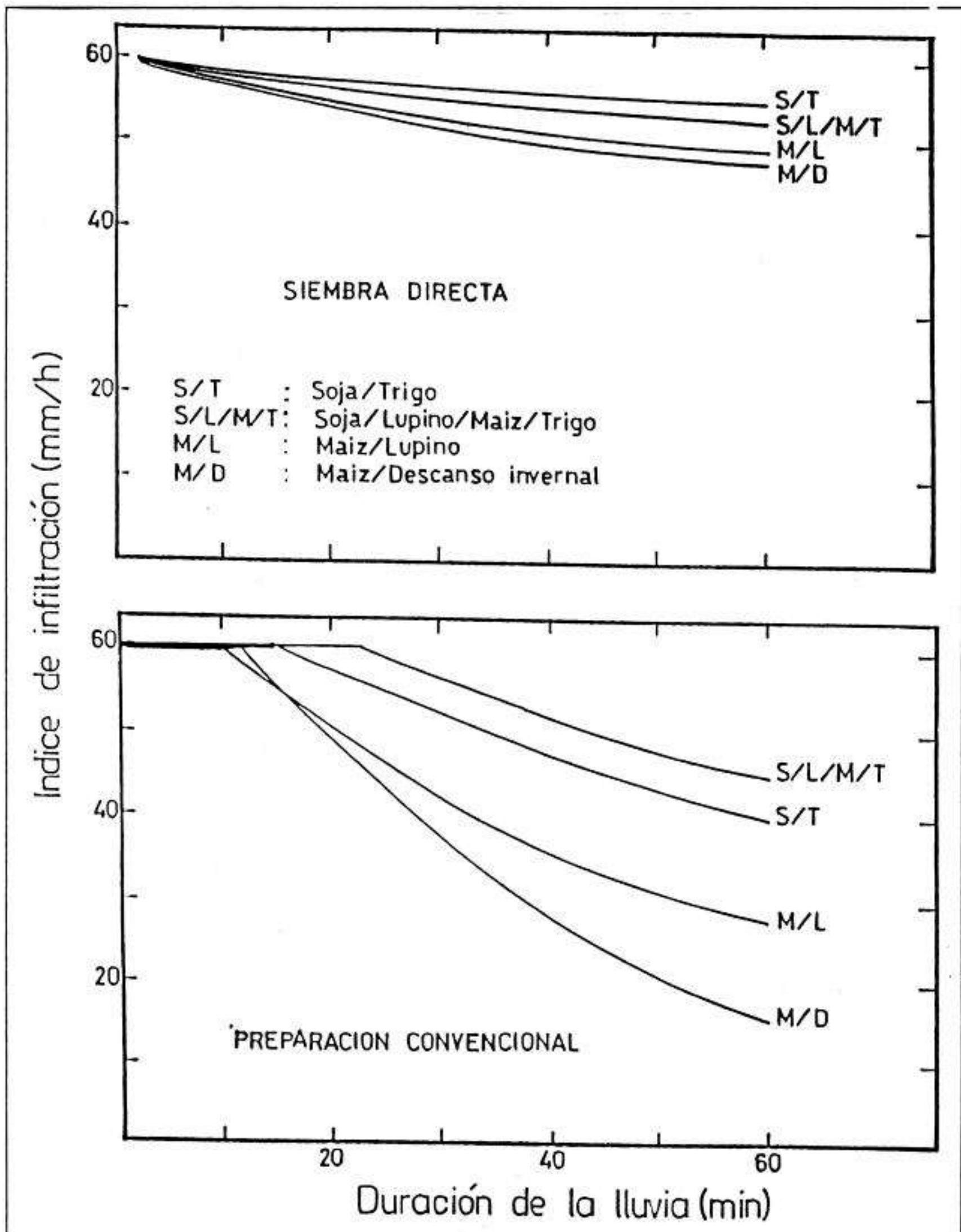


Figura 8. Influencia de la rotación de cultivos sobre el índice de infiltración después de la siembra directa y preparación convencional bajo lluvia simulada de 60 mm/h en Latosolo rojo. (Roth *et al.*, 1987).

Cuadro 4. Rendimiento de soja, habilla y maíz en función de diferentes especies de abono verde de invierno que los antecedieron en rotación. Londrina, norte de Paraná, sistema de siembra directa (Media de dos años excepto maíz) (Experimento fertilizado con P y K, sin N).

Cultivo antecesor	Rendimiento en granos					
	Soja		Maíz		Habilla	
	kg/ha	Rel.	kg/ha	Rel.	kg/ha	Rel.
Lupino	1.950	119	6.410	156	520	118
Vicia peluda	1.680	102	6.320	154	440	100
Chicharo	2.090	127	4.270	104	500	114
Centeno	1.700	104	3.140	77	500	114
Avena negra	2.670	163	3.530	86	740	168
Trigo	1.640	100	4.100	100	440	100
Nabo forrajero	1.790	109	5.800	141	670	152
Colza	2.160	132	4.940	120	540	123
Girasol	2.150	131	3.890	95	430	98
Descanso invernal	1.950	119	5.110	125	400	91

Adaptado de Derpsch y Calegari (1985).

después de lupino, y de 124 por ciento y 86 por ciento, respectivamente, se obtuvieron en siembra y convencional, cuando el maíz fue sembrado después de vicia peluda, en comparación con maíz después de trigo (Cuadro 5).

Debido al hecho que existen solamente pocas alternativas de cultivos comerciales disponibles para ser usados en lugar del trigo (por ej. avena, que tiene un mercado limitado, o colza, que presenta problemas técnicos), aparece la oportunidad de usar especies de abonos verdes en el invierno, que pueden ayudar a tornar la secuencia trigo-soja en una rotación de cultivos diversificada, con todos sus efectos colaterales benéficos.

RENTABILIDAD DE LOS ABONOS VERDES EN COMPARACIÓN AL TRIGO EN ROTACIÓN CON CULTIVOS COMERCIALES DE VERANO

Se mostró que los abonos verdes son un elemento importante en una rotación de cultivos y de que éstos

pueden atenuar los efectos negativos del uso continuo de la secuencia trigo-soja o del monocultivo. Sin embargo, la adopción de una tecnología por los agricultores es más dependiente de factores económicos y de riesgo, que de resultados de la investigación.

Una evaluación económica del uso de abonos verdes realizada por Sorrenson y Montoya (1984), muestra que el uso de avena negra, como abono verde de invierno antes de soja, puede ser más económico que la siembra de trigo como cultivo comercial antes de soja (Cuadro 6). Así es que los retornos económicos de la secuencia trigo-soja fueron US\$ 218/ha (sin subsidios para el trigo), comparado con US\$ 366/ha después de avena negra y US\$ 279/ha después de girasol. También la soja con descanso invernal muestra un buen retorno económico con US\$ 291/ha, pero esta secuencia resultará en mayor riesgo de erosión y en una proliferación de malezas. Lo último viene a ser un aspecto negativo en siembra directa y lleva a un aumento de los costos de producción.

Cuadro 5. Efecto residual de abonos verdes de invierno sobre el rendimiento de maíz, en dos sistemas de preparación del suelo, Pato Branco, sudoeste de Paraná (Experimento fertilizado con P y K, sin N).

Especies de abonos verdes	Preparación del suelo para maíz			
	Siembra directa		Prepar. convencional	
	kg/ha	Rel.	kg/ha	Rel.
Leguminosas				
Serradela	4.058	191	4.501	195
Vicia villosa/peluda	4.743	224	4.297	186
Vicia común	4.576	216	4.820	208
Chícharo	4.344	205	3.198	138
Lupino azul	5.034	237	4.950	214
Gramíneas				
Trigo	2.122	100	2.313	100
Acevé/ballica	2.313	109	2.495	108
Centeno	1.754	83	2.557	111
Avena negra	2.224	105	2.694	116
Otras				
Nabo forrajero	3.474	164	3.992	173
Espergula	3.510	165	3.048	132
Descanso invernal	1.958	187	3.813	165

(Calegari, 1989, citado por Muzilli et al., 1989).

Cuadro 6. Retorno líquido (entrada menos costos variables en US\$/ha) de diferentes secuencias de cultivos con la inclusión de abonos verdes, trigo y descanso invernal, en Londrina, Paraná. (Se refiere a los rendimientos de los cultivos comerciales mostrados en el Cuadro 5).

Cultivo antecesor	US\$/ha/año ¹		
	Soja	Maíz	Habilla
Lupino	205	478	26
Vicia peluda	130	446	- 30
Chícharo	177	215	- 37
Centeno	184	186	41
Avena negra	366	220	136
Trigo subsidiado	² 298	284	146
Trigo no subsid.	² 218	251	67
Nabo forrajero	211	455	122
Colza	259	348	45
Girasol	279	263	20
Descanso invernal	291	436	62

¹ Solamente un año de experimentación (dos años en soja y habilla).

² Media de precios pagados al agricultor entre 1975 a 1983.

³ Media del precio (CIF) del trigo importado 1975/1983 = precio futuro sin subsidios (Sorenson y Montoya, 1984).

En el caso del maíz, los retornos económicos más altos fueron obtenidos cuando el maíz fue sembrado después de lupino, nabo forrajero y vicia peluda con US\$ 478/ha, US\$ 455 y US\$ 446/ha, respectivamente, comparado con retornos de US\$ 436/ha después de descanso invernal y US\$ 251/ha después de trigo.

En el caso de la habilla, los retornos económicos más altos fueron obtenidos cuando el maíz fue sembrado después de avena negra y nabo forrajero con US\$ 136/ha y US\$ 122/ha, respectivamente, comparado con solamente US\$ 67/ha después de trigo y US\$ 62/ha después de descanso invernal.

La evaluación económica muestra retornos económicos relativamente bajos en la secuencia trigo-soja, comparado con una rotación de cultivos comerciales con la inclusión de abonos verdes.

INFLUENCIA DE LA ROTACIÓN DE CULTIVOS EN LA INCIDENCIA DE ENFERMEDADES EN TRIGO

La helmintosporiosis es una de las enfermedades más importantes del trigo en muchos países, como

Brasil, Paraguay, Bolivia, India, Bangladesh y Tailandia (Mehta, 1985).

La influencia de la rotación de cultivos sobre las enfermedades radiculares de trigo en el sur de Brasil es mostrada en el Cuadro 7. Puede observarse, que la mayor incidencia de enfermedades (92%) y el menor rendimiento de trigo (377 kg/ha), fue obtenido cuando el trigo fue cultivado todos los años en el mismo campo. Cuando el trigo no fue sembrado en un año de cuatro, la incidencia de enfermedades fue reducida a 67 por ciento y el rendimiento aumentado a 1.045 kg/ha.

La menor incidencia de enfermedades (7 a 19 por ciento y los rendimientos más altos de trigo (2.040 a 2.320 kg/ha) fueron obtenidos cuando el trigo fue substituido por otros cultivos o por descanso invernal en dos de cuatro años. Este experimento muestra aumentos de rendimiento de trigo de hasta 615 por ciento con el uso de rotaciones de cultivos en comparación al trigo sembrado en monocultivo. Estos resultados fueron obtenidos en un año húmedo, con lluvias 34 por ciento mayores que en años normales. En un año seco, con lluvias 50 por ciento menores que en años normales, la rotación de cultivos todavía resultó en aumentos de rendimiento de 33 por ciento (Reis et al., 1983) comparado con el monocultivo.

Cuadro 7. Influencia de la rotación de cultivos sobre la incidencia de enfermedades radiculares (*Helminthosporium sativum* y *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*) y sobre el rendimiento del trigo, CNPT-EMBRAPA, 1982.

1979	Cultivos de invierno			Incidencia de enferm. %	Rend. de trigo 1982		
	1980	1981	1982		kg/ha	Rend. rel. %	
Trigo *	Trigo	Trigo	Trigo	92	377	** c	100
Trigo *	Trigo	Lupino	Trigo	67	1.045	b	277
Trigo	Avena	Lino	Trigo	20	2.184	a	579
Trigo	Lupino	Colza	Trigo	17	2.320	a	615
Trigo *	Trébol	Trébol	Trigo	12	2.044	a	542
Trigo	Descan.	Descan.	Trigo	08	2.117	a	562

* = cultivo de cebada o trigo, ** = Duncan 5%
En el verano se sembró soja y maíz (Reis et al., 1983).

La infección de raíces de cereales con *Helminthosporium*, también, fue estudiada por Reis y Baier (1983). Los resultados muestran que la incidencia más alta de enfermedades fue medida en trigo y centeno, mientras la menor incidencia fue verificada en avena (Cuadro 8).

Cuadro 8. Reacción de algunas especies de cereales de invierno a *Helminthosporium sativum* en suelo naturalmente infectado.

Cultivos	Grado de infección % (media de tres variedades y 4 repeticiones)
Avena	4,2 d
Centeno	16,2 c
Triticale	30,8 b
Trigo	46,7 a
Cebada	49,7 a

Letras minúsculas: significancia a $P = 0,05$ (Duncan)
(Reis e Baier, 1983)

La fluctuación mensual de la incidencia de la helmintosporiosis en cereales fue estudiada por Reis y Santos (1987). Los resultados en la Figura 9 muestran, que el trigo y la cebada sufrieron una alta infección con la enfermedad comparados al cultivo de la avena, que mostró una incidencia muy baja, que podría ser, de acuerdo con los autores, una sobreestimación debido a la interferencia entre parcelas.

Los resultados presentados resaltan una vez más la necesidad de usar avena en rotaciones de cultivos, ya sea como abono verde o para la producción de granos, con el objetivo de reducir el inóculo de la enfermedad y su incidencia en trigo.

Reis y Wünsche (1984) estudiaron la susceptibilidad de muchas otras plantas a enfermedades radiculares. Ellos encontraron que las plantas de hojas anchas son mucho menos susceptibles. Entre éstas, el lupino blanco, lupino amarillo, así como los tréboles y la colza mostraron una incidencia especialmente baja.

Existe suficiente evidencia en el sur del Brasil para mostrar, que repetir el trigo cada año en la misma área puede resultar en rendimientos extremadamente bajos y pérdidas económicas, debido a la sobrevivencia de parásitos necrotróficos causadores de las enfermedades fúngicas en los residuos vegetales (Santos et al., 1987). Una de las medidas más eficientes para combatir las enfermedades descritas es quitándoles su alimento, que son los residuos del cultivo del trigo. Aunque quemar la paja sería una medida eficiente para evitar la sobrevivencia de las enfermedades, esta práctica debe ser prohibida debido a que tiene como resultado la erosión y degradación acelerada del suelo.

Se mostró que la rotación de cultivos es una forma muy eficiente para reducir la incidencia de enfermedades y aumentar los rendimientos del trigo en el sur de Brasil. Por eso, la investigación recomienda dos años sin trigo en las regiones templadas del sur de Brasil para eliminar el inóculo. Un año sin trigo (y rotación con avena), sería probablemente suficiente en las regiones más calientes, debido a que la descomposición de los residuos es más rápida y las enfermedades radiculares del trigo son menos importantes (Reis et al., 1988).

LA SIEMBRA DIRECTA Y LAS ENFERMEDADES DE CEREALES DE INVIERNO

Se verificó que la siembra directa favorece la sobrevivencia y multiplicación de parásitos necrotróficos, agentes que causan el mal del pie (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*), la helmintosporiosis (*Helminthosporium sativum*), la septoriosis (*Septoria nodorum*, *S. tritici*) y la fusariosis (*Fusarium graminearum*). Asimismo las enfermedades causadas por agentes necrotróficos aparecen con mayor intensidad en el monocultivo. Por eso, bajo el aspecto sanitario la rotación de cultivos es imprescindible en el sistema de siembra directa (Reis, 1985; Reis, 1987; Reis et al., 1988; Santos et al., 1990).

La mancha bronceada (*Drechslera tritici repentis*) comenzó a registrarse en Argentina en 1980, llegando a constituir en los últimos años, la enfermedad foliar

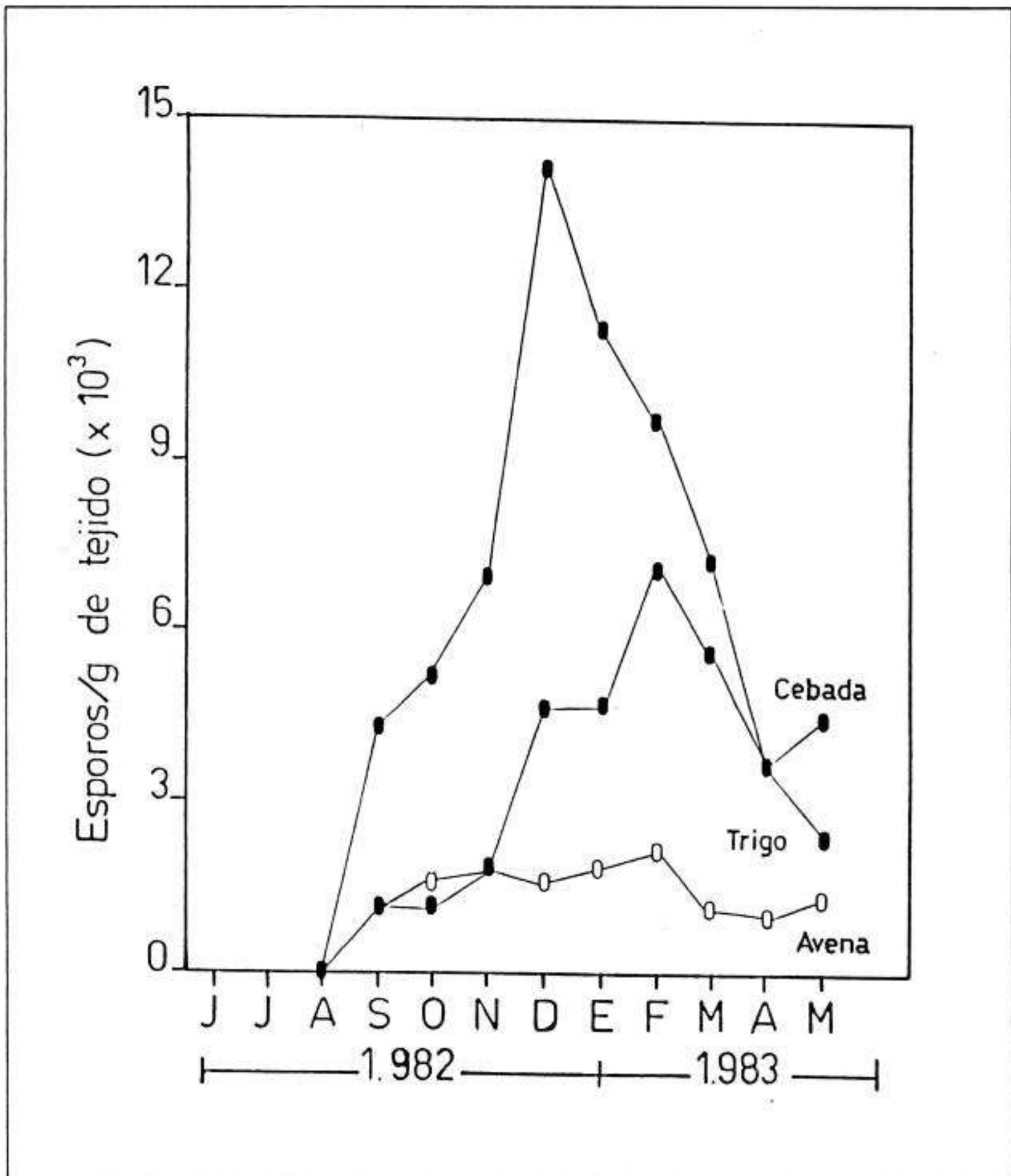


Figura 9. Fluctuación mensual de esporos de *Cochliobolus sativus* en el tejido y órganos aéreos de plantas de cebada, trigo y avena (Reis y Santos, 1987).

más difundida, con mayor severidad en sistemas de siembra directa con cultivo antecesor invernal trigo (Galich y Galich, 1994).

Galich (1994), verificó una disminución significativa en el rendimiento del trigo de 347 kg/ha en presencia de rastrojos (3.595 kg/ha) en comparación con el rendimiento sin rastrojo (3.945 kg/ha), debido al ataque de *Drechslera tritici repentis*.

Para saber si es posible controlar las enfermedades a través de la rotación de cultivos, es necesario conocer los mecanismos de sobrevivencia de los patógenos. Estos mecanismos son descritos por Santos *et al.*, (1993).

Los agentes causales de enfermedades de plantas pueden ser clasificados en parásitos biotróficos y necrotróficos. Los parásitos **biotróficos** son aquéllos que extraen los nutrientes y se alimentan **exclusivamente** de tejidos vivos y no sobreviven en restos de cultivos. Su principal mecanismo de sobrevivencia es el parasitismo en plantas voluntarias o guachas. Por eso para controlarlas se preconiza la eliminación de las plantas voluntarias. Como ejemplo de parásitos biotróficos se pueden mencionar los agentes causales de las royas (*Puccinia*) y de los oídios (*Erysiphe*). Estos agentes no son afectados por la práctica de la rotación de cultivos ni tampoco por la siembra directa.

Los parásitos **necrotróficos** son aquéllos que utilizan tejidos muertos como fuente de nutrientes y alimentos. De una forma práctica, podría decirse que viven como saprófitas en plantas vivas. Esto significa, que primero provocan la muerte de pequeñas áreas del limbo de la hoja, por la acción de toxinas o de enzimas y enseguida, la muerte celular, pasando a extraer los nutrientes de las áreas necrosadas. Las manchas en las hojas son tejidos muertos, en huésped vivo. Después de la cosecha continúan extrayendo nutrientes, saprofiticamente, de los restos de cultivos.

La rotación de cultivos tiene efecto erradicante de los patógenos que sobreviven en los restos de cultivos (necrotróficos) y que no poseen estructuras de resistencia como esclerocios, clamidosporos y oosporos.

Al terminarse el alimento de los parásitos necrotróficos, o sea después de la descomposición total de los restos de cultivos, éstos mueren por inanición. El tiempo necesario para la mineralización de rastrojos de trigo es de aproximadamente 12 a 17 meses en Brasil (Reis, 1987), mientras que los rastrojos en Argentina perduran hasta 20 a 24 meses (Canova, 1994, comunicación personal), probablemente debido a condiciones climáticas diferentes. Como parásitos necrotróficos pueden ser mencionadas las enfermedades radiculares (*Bipolaris*, *Gaeumannomyces*, *Giberella*), las manchas del tallo de la soja y las manchas de las hojas en trigo (*Bipolaris*, *Drechslera*, *Septoria* y *Xantomonas*).

Las enfermedades y patógenos necrotróficos de cereales de invierno favorecidos por la siembra directa en monocultivo son las siguientes (Reis y Santos, 1993, Santos *et al.*, 1993).

Trigo y triticale:

Helmitosporiosis *	<i>Bipolaris sorokiniana</i>
Mancha bronceada o amarilla	<i>Drechslera tritici repentis</i>
Septoriosis del tallo	<i>Septoria nodorum</i>
Septoriosis de la hoja	<i>Septoria tritici</i>
Mal del pie	<i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i>

Cebada:

Mancha bronceada o amarilla	<i>Drechslera teres</i> (<i>Pyrenophora teres</i>)
Helmitosporiosis	<i>Bipolaris sorokiniana</i> (<i>Cochliobolus sativus</i>)
Mal de pie	<i>Gaeumannomyces graminis</i> var. <i>tritici</i>
Septoriosis	<i>Septoria sp.</i>

Avena:

Helmitosporiosis	<i>Drechslera avenae</i> (<i>P. avenae</i>)
------------------	-----------------------------------------------

* Sobrevive en rastrojos de trigo, centeno, cebada y triticale, pero no en los de avena.

Sin embargo, estos patógenos pueden ser controlados por la rotación de cultivos y por el tratamiento erradicante de la semilla en el sistema de siembra directa (Reis y Santos, 1993).

La rotación de cultivos es el método más antiguo para favorecer el control biológico y es, aún hoy, el medio no químico más efectivo para limitar las poblaciones de patógenos en el suelo. Su eficacia depende de la secuencia de cultivos, así como también de la duración del período entre cultivos (Palti, 1981, citado por Ivanovich, 1992).

Según D. Canova (1994, comunicado personal), para no tener que caer en la aplicación de fungicidas, en la Argentina no se debería sembrar el trigo durante dos campañas consecutivas. En su opinión, una rotación adecuada de cultivos sería trigo/soja de 2^a siembra - maíz/soja de 1^a siembra y así sucesivamente. Esto significa cuatro cultivos en tres años. En regiones con suelos arenosos y menor régimen hídrico, el maíz puede ser reemplazado por el girasol en algunos años.

La rotación de cultivos viabiliza el sistema de siembra directa con relación al control de enfermedades y producción de residuos para la protección del suelo (Santos et al., 1993).

OBLIGATORIEDAD DE LA ROTACIÓN DE CULTIVOS

El monocultivo, o sea, la siembra del mismo cultivo todos los años, favorece la multiplicación de enfermedades y plagas. Así, los nematodos que atacan las raíces de las plantas cultivadas han aumentado de forma alarmante. La rotación de cultivos es la mejor opción para la disminución de los daños causados por nematodos, pues no existe control químico eficiente y económico. Entre las especies de plantas de crecimiento invernal que son bastante resistentes al ataque de nematodos, están la avena negra y el centeno. Entre las especies de abono verde de verano, las mucunas, la centrocema y la mayoría de las variedades de crotalaria son extremadamente eficientes en disminuir la población de nematodos. La rotación de cultivos con estas especies se ha mostrado muy eficiente para aliviar los perjuicios de esta plaga. Entre los cultivos comerciales, el maní es muy eficiente en controlar ciertas razas de nematodos.

Las enfermedades y plagas tarde o temprano obligarán a abandonar el monocultivo, para utilizar la rotación de cultivos. En este contexto hay que alertar sobre algunos fitopatólogos de visión simplista, que a la aparición de enfermedades como la helmintosporiosis en trigo o el cancro del tallo en soja (*Phomopsis phaseoli f. sp. meridionalis*, *Diaporthe phaseolorum f. sp. 2 meridionalis*), recomiendan interrumpir la siembra directa quemando o enterrando los residuos de cosecha. De la misma forma se encuentran entomólogos que a la aparición de insectos subterráneos por ej., y otras plagas recomiendan la arada profunda para evitar el problema. La solución en ambos casos **no** se encuentra en la quema o en el entierro de los residuos, sino en una rotación adecuada de cultivos. La agricultura convencional no es sustentable porque expone el suelo a la erosión. Debemos por lo tanto procurar solucionar eventuales problemas en la siembra directa con prácticas agronómicas adecuadas sin laboreo.

Para el caso de áreas infestadas con el cancro del tallo de la soja EMBRAPA/OCEPAR (1993), recomiendan para la región Norte y Centro-Occidental del Estado de Paraná, rotaciones de cuatro años con aproximadamente 50 por ciento de soja, pero en que dos años consecutivos de soja se alternan con dos años consecutivos de maíz. Por ej.: (trigo-soja) nabo forrajero-maíz/avena negra-maíz/trigo-soja/trigo-soja. En caso de áreas con alta incidencia de helmintosporiosis, los mismos órganos de investigación recomiendan para las mismas regiones incluyendo la Occidental de Paraná, rotaciones de tres años con cerca de 66 por ciento de soja en verano y 33 por ciento de trigo en invierno. Por ej.: (trigo-soja) lupino-maíz/avena negra-soja/trigo-soja. Estas rotaciones se recomiendan tanto para siembra directa como convencional.

Además, se ha verificado que una baja disponibilidad de potasio aumenta la incidencia del cancro del tallo en soja. Borkert (1992), sugiere por eso una fertilización de mantenimiento con 25 kg/ha de K₂O por tonelada de grano producida y el mantenimiento del nivel de K disponible arriba de 60 ppm (0,15 meq).

INFLUENCIA DE LA ROTACIÓN DE CULTIVOS EN EL RENDIMIENTO

La EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), en su Centro Nacional de Pesquisa de Soja (CNPSo) Londrina, viene desde hace muchos años conduciendo investigaciones sobre rotaciones de cultivos, incluyendo el trigo, en algunas localidades en el sur del Brasil. En varios experimentos en diferentes regiones se mostró que el cultivo continuo de trigo en el invierno resulta en rendimientos significativamente menores de soja (tanto en la secuencia trigo-soja como en la rotación maíz/maíz/soja/maíz/soja), comparado con la alternancia del trigo con descanso invernal o incluyendo el lupino blanco como alternativa de invierno (EMBRAPA-CNPSo, 1988, 1989).

También se obtuvieron rendimientos significativamente menores de maíz cuando el trigo fue sembrado todos los años en invierno en una rotación maíz/maíz/soja/maíz/maíz, en comparación a la siembra de lupino en invierno o alternando trigo con lupino en invierno. La secuencia trigo-soja también resultó en el menor volumen de poros y consecuentemente en una mayor densidad aparente del suelo, comparada con rotaciones que incluían girasol, maíz o descanso invernal. Igualmente fue posible comprobar, que rotaciones que incluyen el descanso invernal todos los años presentaron la mayor infestación con malezas. La segunda infestación más alta con malezas fue medida cuando el descanso invernal fue alternado con trigo en invierno.

Otras investigaciones realizadas en el Centro Nacional de Pesquisa de Soja en Londrina, norte del estado de Paraná, mostraron rendimientos significativamente más altos de trigo en siembra directa en la rotación lupino-maíz/avena negra-soja/trigo-soja, comparado con la secuencia trigo-soja, con una diferencia de rendimiento de 22 por ciento (EMBRAPA, 1988).

En otro experimento en la localidad de Guarapuava, en el sur del estado de Paraná (EMBRAPA-CNPSo, 1989), se obtuvieron rendimientos de trigo significativamente mayores cuando el trigo fue alternado con lupino en el invierno y con soja en el

verano (3.080 kg/ha), en comparación con la secuencia trigo-soja (2.600 kg/ha), lo que significa un aumento de rendimiento de 16 por ciento.

Investigaciones realizadas en IAPAR, en Londrina, mostraron la influencia de tres rotaciones de cultivos y de la fertilización con nitrógeno sobre el rendimiento de maíz (Derpsch *et al.*, 1991).

Los rendimientos de maíz sin adición de N fueron más que doblados en una rotación trigo/soja/lupino/maíz (6.130 kg/ha), comparado con maíz/descanso invernal (2.560 kg/ha). Adicionando 90 kg/ha de N, los rendimientos de maíz en monocultivo aumentaron a 6.280 kg/ha. (Figura 3). Esto significa, que el efecto de la rotación de cultivos, principalmente la contribución de nitrógeno por la soja y por el lupino que antecederon al maíz, equivale aproximadamente a una fertilización con 90 kg/ha de N (200 kg/ha de Urea). El alto rendimiento de maíz sin nitrógeno en la rotación con cuatro cultivos, sugiere que la fijación biológica de nitrógeno por la soja y especialmente el lupino que antecedió al maíz, hace innecesaria la fertilización nitrogenada para maíz.

La adición de 90 kg/ha de N en forma de sulfato de amonio en esta rotación, resultó en aumentos de rendimiento de maíz de 970 kg/ha. Sin embargo, el análisis de costo-beneficio mostró que son necesarios aumentos de rendimiento de maíz de 900 kg/ha para pagar por el costo del fertilizante (Sulfato de amonio) y su aplicación. Siendo así, el incremento de rendimiento solamente alcanza para cubrir los costos adicionales de la fertilización (Sorenson y Montoya, 1984).

En el mismo experimento los rendimientos de trigo no fueron afectados por la rotación de cultivos. Después del primer ciclo en 1983, los rendimientos de trigo fueron 1.570 kg/ha en la secuencia soja-trigo, comparado con 1.600 kg/ha en la rotación soja-lupino/maíz-trigo. En el segundo ciclo en 1985, el rendimiento de trigo en la secuencia trigo-soja fue de 2.300 kg/ha, comparado con 2.260 kg/ha en la rotación con cuatro cultivos (Derpsch *et al.*, 1991).

Aunque en este caso la rotación de cultivos no resultó en aumentos de rendimiento del trigo, los

beneficios en el cultivo de maíz fueron obvios. Por esa razón, las ventajas de las rotaciones de cultivos podrán no aparecer cuando son analizados solamente los rendimientos, o los rendimientos de apenas un cultivo. Con el objetivo de obtener un buen punto de comparación de diversas rotaciones de cultivos, debe ser analizado el sistema de producción como un todo (rendimiento, necesidades de fertilización, preparación del suelo, enfermedades y plagas, infestación con malezas, requerimientos de mano de obra, etc.), prestándose atención para los beneficios globales y en especial para los beneficios económicos. También se debe recordar, que algunos efectos de la rotación de cultivos solamente se hacen sentir a mediano o largo plazo.

La rotación de cultivos contribuye, especialmente en siembra directa, para aumentar la estabilidad de los rendimientos de los cultivos.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE SISTEMAS TRADICIONALES COMPARADOS CON SISTEMAS DE CULTIVO MEJORADOS QUE INCLUYEN ROTACIONES DE CULTIVOS

Sorrenson y Montoya (1989), hicieron una evaluación económica comparando sistemas tradicionales (soja-trigo y el monocultivo del maíz) con sistemas de producción mejorados que incluyen una rotación trianual (lupino-maíz/avena negra-soja/trigo-soja). Ellos también consideraron diferentes alternativas de preparación del suelo. El Cuadro 9 muestra el margen bruto y la media ponderada de los sistemas de preparación del suelo. Los datos están basados en 50 años experimentales (AE) para maíz, 79 AE para soja, y 103 AE para trigo. Un año experimental corresponde al rendimiento medio de un experimento para un cultivo, rotación y método de preparación del suelo. La media ponderada de margen bruto por año para la tecnología tradicional fue de US\$ 106/ha. Para la rotación trianual (seis cultivos) comenzando del segundo ciclo, la media ponderada del margen bruto por año alcanzó US\$ 102/ha para la preparada tradicional (rastra pesada de discos), US\$ 106/ha para la preparación convencional con arado de discos, US\$ 112/ha para la preparación mínima con

escarificador (labranza vertical), y US\$ 146/ha para siembra directa, sin considerar diferencias de rendimiento por causa del sistema de preparación del suelo. Cuando las diferencias de rendimiento por causa del sistema de preparación fueron consideradas (o sea - 1% para maíz, + 19% para soja y + 8% para trigo en siembra directa), la media ponderada del margen bruto alcanzó US\$ 206/ha. En verdad, y cuando las diferencias de rendimientos entre los sistemas de preparación fueron consideradas, la siembra directa con rotación de cultivos mostró el margen bruto más alto ya en el primer ciclo de la rotación con US\$ 131/ha.

Esto muestra que el uso de una rotación de cultivos, con la inclusión de dos abonos verdes y cuatro cultivos comerciales en tres años, solamente resultará en un margen bruto más alto que en el sistema tradicional cuando la preparación mínima o la siembra directa son utilizados. También muestra que en siembra directa (cuando los aumentos de rendimiento verificados son considerados), el margen bruto anual de una rotación integrada de cultivos con la inclusión de abonos verdes, puede alcanzar US\$ 206/ha, casi el doble del margen bruto de sistemas tradicionales de US\$ 106/ha.

CONCLUSIONES

- Los fundamentos científicos en que se basan las rotaciones deben ser tomados en cuenta al planificar y ejecutar rotaciones de cultivos.
- Los abonos verdes y la rotación de cultivos son elementos esenciales para aumentar la infiltración de agua en el suelo, reducir el escurrimiento superficial, evitar la erosión y conseguir una agricultura sostenible.
- Cuando especies adecuadas son escogidas, los abonos verdes y sus residuos pueden tener una influencia marcante en reducir la infestación con malezas, reducir el inóculo de enfermedades en trigo y aumentar el rendimiento de los cultivos comerciales que le siguen en rotación.
- La evaluación económica del uso de abonos verdes muestra, que en el sur de Brasil, el uso de avena negra como abono verde de invierno antes de soja y habilla (*Phaseolus vulgaris*), puede proporcionar

Cuadro 9. Rendimientos líquidos (margen bruto) en sistemas de producción tradicionales y mejorados (US\$/ha)

	Año 1		Año 2		Año 3		Media ponderada
Sistemas de cultivo tradicional (preparación del suelo tradicional Rotación soja/trigo <u>1</u>) = 2 cultivos por año; y monocultivo de maíz con descanso invernal.							
	Soja	Trigo	Soja	Trigo	Soja	Trigo	
<u>67%</u> del área	115	6	115	6	115	6	106
	Maíz	Descanso	Maíz	Descanso	Maíz	Descanso	
<u>33%</u> del área	73	0	73	0	73	0	
Sistema de cultivo mejorado (Rotación de cultivos: Lupino- Maíz/Avena negra-Soja/Trigo ¹) - Soja							
Primer ciclo (<u>3</u> años)							
	Lupino	Maíz	Avena negra	Soja	Trigo	Soja	
Prep. tradicional	-91	147	-53	151	6	103	87
Prep. convencional	-91	145	-46	148	13	101	90
Prep. mínima	-91	153	-46	155	13	107	97
Siembra directa <u>(2)</u>	-91	134	-39	126	7	78	71
Siembra directa <u>(3)</u>	-91	129	-39	210	33	151	131
Segundo ciclo (<u>3</u> años) <u>(4)</u>							
Prep. tradicional	-78	182	-53	151	3	102	102
Prep. convencional	-72	180	-46	148	4	103	106
Prep. mínima	-72	188	-46	155	4	107	112
Siembra directa <u>(2)</u>	-60	205	-35	172	43	115	146
Siembra directa <u>(3)</u>	-60	201	-35	256	69	187	206

(1) Precio subsidiado del trigo US\$ 233,30/t.

(2) Sin considerar diferencias de rendimiento entre los sistemas de preparación del suelo.

(3) Considerando las diferencias de rendimiento verificadas en siembra directa (-1% para maíz, + 19% para soja + 8% para trigo).

(4) A partir del segundo ciclo: 50% menos abono fosfatado en siembra directa; menos 200 kg/ha urea en maíz, y reducción en la aplicación de herbicidas (todos los sistemas). (Sorrenson y Montoya, 1984).

una mayor rentabilidad que sembrando trigo como cultivo comercial antes de soja o habilla. El uso de lupino blanco antes de maíz casi dobló la rentabilidad comparado con la secuencia trigo-maíz.

- Mientras el trigo muestra una rentabilidad más bien marginal en el Brasil, su sustitución por el descanso invernal sería la opción menos deseable. Existen pocos cultivos alternativos (avena, colza), pero existe oportunidad para la integración de abonos verdes en la rotación en lugar de trigo en algunos años.
- Con el uso de rotaciones apropiadas de cultivos los picos de trabajo pueden ser reducidos. Esto puede resultar en una mejor calidad de la operación de siembra, utilizándose condiciones óptimas de humedad del suelo y en una reducción de las necesidades de maquinaria y mano de obra.
- El uso de rotaciones de cultivos tiene como resultado una importante reducción en la incidencia de enfermedades del trigo, lo que lleva a aumentos de rendimiento de este cereal de hasta 615 por ciento comparado con el monocultivo. Consecuentemente,

para quebrar el inóculo de enfermedades, el trigo debería ser sembrado solamente a cada segundo o tercer año en el mismo terreno en Brasil, lo que probablemente se aplica igualmente al Paraguay y a las regiones donde se practica el doble cultivo en Argentina.

- La rotación de cultivos es la mejor opción para la disminución de los daños causados por nematodos, pues no existe control químico eficiente y económico.
- El uso de una rotación integrada de cultivos tiene como resultado un aumento de rendimiento de los cultivos comerciales, inclusive cuando las enfermedades no son el factor limitante.
- El uso de una rotación integrada con la inclusión de abonos verdes resulta en un aumento del margen bruto comparado con los sistemas tradicionales, solamente en preparación mínima o siembra directa.
- La rotación de cultivos viabiliza el sistema de siembra directa con relación al control de enfermedades y producción de residuos para la cobertura y protección de suelo contra la erosión.

RESUMEN

Los fundamentos científicos en que se basan las rotaciones de cultivos deben ser respetados. El crecimiento y rendimiento de los cultivos es grandemente influenciado por las especies de plantas cultivadas anteriormente, o sea, por el lugar que determinado cultivo tiene dentro de un sistema de producción o de una determinada rotación de cultivos. Los abonos verdes son la piedra angular de una agricultura sostenible y deben estar siempre insertados en las rotaciones de cultivos. En este trabajo se muestra la influencia de algunos abonos verdes sobre la infestación de malezas, la infiltración de agua y conservación de suelos, así como el efecto residual sobre los cultivos comerciales que le siguen. Investigaciones realizadas en Paraná, Brasil, muestran que con el uso de abonos verdes se pueden obtener aumentos de rendimiento de hasta 63 por ciento en soja, 56 por ciento en maíz y 68 por ciento en habilla

(*Phaseolus vulgaris*), en comparación con el rendimiento después del trigo. Además es discutida la rentabilidad del uso de abonos verdes de invierno en rotación con cultivos comerciales de verano. El trabajo muestra que el uso de la rotación de cultivos es un elemento importante para reducir los picos de trabajo y la incidencia de enfermedades en trigo, lo que hace obligatorio su uso. Por último se muestra la influencia de la rotación de cultivos en el rendimiento soja, trigo y maíz, y se presenta una evaluación económica, lo que define la ventaja del uso de esta técnica.

LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, F.S.; RODRIGUES, B.N. 1985. Guia de herbicidas; recomendações para o uso em plantio direto e convencional. IAPAR, Londrina, 468p.
- ARNON, I.. 1972. Crop production in dry regions. Vol. 1, Leonhard Hill, London, 650 p.
- BOGUSLAWSKI, E. v. 1981. Ackerbau: Grundlagen der Pflanzenproduktion, DLG Verlag, Frankfurt, 427 p.
- BORKERT, C.M. 1992. Relação da baixa disponibilidade de potasio no solo com a incidência de cancro da haste em soja. Informações agronômicas Potafos Nº 60, Dez/92.
- DERPSCH, R. 1985. Adubação verde e rotação de culturas. In: III Encontro Nacional de Plantio Direto, Ponta Grossa, Anais. Castro, Fundação ABC pp. 85-104.
- , 1986. Rotação de culturas, plantio direto e convencional. Ed.: Ciba-Geigy, São Paulo, 10 p.
- , 1990. Do crop rotation and green manuring have a place in the wheat farming systems of the warmer areas? In: Wheat for the non traditional warm areas. Proceedings of the International Conference, UNDP/CIMMYT, Brazil pp. 284-300.
- , CALEGARI, A. 1985. Guia de plantas para adubação verde de inverno. Documentos IAPAR, 9, Londrina, IAPAR, 96 p.
- , ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. 1991. Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. GTZ/IAPAR, SP Nº 145, GTZ, Eschbom, 272 p.
- ; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X., 1985. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, 20 (7), pp 761-773.

- EMBRAPA-CNPSO. 1988. Resultados de pesquisa de soja 1986/87. Documentos, 28. Londrina, 393 p.
- , 1989. Resultados de pesquisa de soja 1987/88. Documentos, 36. Londrina, 405 p.
- EMBRAPA/OCEPAR. 1993. Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná, Documentos 62 EMBRAPA, Boletim Técnico N° 43 OCEPAR, 128 p.
- IVANOVICH, A.. 1992. Manejo cultural de enfermidades. In: Agricultura sostenible N° 16, INTA, Pergamino.
- FRANKE, G. 1976. Aspekte der Fruchtfolge bei einer intensiven landwirtschaftlichen Bodennutzung in den Tropen. Tag. - Ber., Akad. Landwirtschaftswiss. DDR, Berlin, 148 p.
- , 1980. Ackerbau 5/7 - Fruchtfolge, Institute of Tropical Agriculture, Karl Marx Universität, Leipzig, 166 p.
- GALICH, M.T. 1994. Evolución de las Enfermedades del Trigo en Siembra Directa. In: Reunión sobre Calidad del Trigo, Bolsa de Comercio de Rosario, 6. 4. 1994. AAPRESID.
- ; GALICH, A.N.. 1994. Enfermedades del trigo en el Area Sur de Santa Fe y Córdoba correspondientes a la Subregión II Norte, Año 1993/94. Informaciones para Extensión N° 5 INTA, EEA Marcos Juárez.
- GALLO, P.B.; LAVORENTI, A.; SAWAZAKI, E.; HIROCE, R. e MASCARENHAS, H.A.A. 1981. Efeito de cultivos anteriores de soja na produção e no teor de nitrogênio das folhas e dos grãos de milho. R. bras. Ci. Solo, 5: 64-67, 1981.
- GEISLER, G., 1980. Pflanzenbau, biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion. P. Parey, Berlin/Hamburg, 474 p.
- HEINZMANN, F.X. 1985. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por cultivos de verão. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, 20 (9), 1021-1030.
- HUDSON, N. 1971. Soil conservation, II Ed., 1979, BT Batsford Ltd., London, 304 p.
- KÄMPF, R. 1973. Fruchtfolgegestaltung im spezialisierten Betrieb. DLG Verlag, Frankfurt.
- KÖNNECKE, G. 1967. Fruchtfolgen. VEB Deutscher Landwirtschafts-verlag, Berlin, 2. Aufl., 335 p.
- LAL, R. 1982. Management of clay soils for erosion control, Tropical Agric. 59 (2), 133-138.
- MANNERING, J.V.; MEYER, L.D. 1963. The effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 27, 84-86.
- MEHTA, Y.R. 1985. Breeding wheats for resistance to *Helminthosporium* spot blotch. In: Wheats for more tropical environments. Proceedings of the International Symposium, CYMMYT, México, pp. 135-144.
- MUZILLI, O. 1981. Manejo da fertilidade do solo: Desenvolvimento e produtividade das culturas. In: IAPAR (Ed.) 1981, Plantio Direto no Estado do Paraná, IAPAR, Londrina, Circular 23, 43-57.
- , 1983. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. R. bras. Ci. Solo, 7, 95-102.
- ; OLIVERA, E.L.; CALEGARI, A.. 1989. Adubação do milho. Serie Técnica N° 4, Fundação Cargill, Campinas, 29 p.
- REIS, E.M. 1985. Doenças em plantio direto: ocorrência e seu controle. In: III Encontro Nacional de Plantio Direto, Ponta Grossa, Anais, Castro, Fundação ABC, pp. 104-117
- , 1987. Sobrevivência de fitopatógenos. In: I Encontro Paulista de Plantio Direto, Piracicaba S.P., Plantio Direto Piracicaba, FSALQ/ESLAQ/USP, pp. 73-89.
- ; BAIER, A.C. 1983. Reações de cereais de inverno à podridão comum de raízes. Fitopatologia bras., Brasília, 8 (2), 277-281.
- ; FERNANDES, J.M.C.; PICININI, E.C. 1988. Estratégias para o controle de doenças do trigo. EMBRAPA, CNPT, Passo Fundo, RS, 50 p.
- ; SANTOS, H.P. 1987. The multiplication of *Cochliobolus sativus* on above ground tissues of small grains and its relationship to the origin of soil inoculum density. Fitopatologia Bras., Vol. III, 1987.
- ; SANTOS, H.P.; LHAMBY, J.C.B. 1983. Rotação de cultivos. Efeito sobre as doenças radiculares do trigo nos anos de 1981 e 1982. Fitopatologia Bras., Brasília, 8 (3), 431-437.
- ; WÜNSCHE, W.A. 1984. Sporulation of *Cochliobolus sativus* on residues of winter crops and its relationship to the increase of inoculum density in soil. Plant Dis., St. Paul, 68 (5), 411-412.
- ROOSE, E. 1977. Érosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. Vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales. Travaux et documents de L.O.R.S.T.O.M., 78, Paris, 108 p.
- ROTH, C.H. 1985. Infiltrabilität von Latossolo Roxo-Böden in Nordparaná, Brasilien, in Feldversuchen zur Erosionskontrolle mit verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen und Rotationen. Göttinger Bodenkundliche Ber., 83, 1-104.

- ROTH, C.H.; VIEIRA, M.J.; DERPSCH, R.; MEYER, B.; FREDE, H.G. 1987. Infiltrability of an Oxisol in Paraná, Brazil, as influenced by different crop rotations. *Z. Acker- und Pflanzenbau*, 159, 186-191.
- SANTOS, H.P.; REIS, E.R.; DERPSCH, R. 1993. Rotación de Culturas. In: *Plantio Direto, no Brasil*, Ed.: EMBRAPA-CNPT/FECOTRIGO/Fundação ABC, Aldeia Norte, Passo Fundo, pp. 85 a 103.
- ; REIS, E.M.; PÖTTKER, D.. 1990. Culturas de inverno para plantio direto no sul do Brasil. EMBRAPA-CNPT, Circular Técnica Nº 03, 24 p.
- SANTOS, H.P.; REIS, E.M.; VIEIRA, S.A.; PEREIRA, L.R.. 1987. Rotação de cultivos e produtividade do trigo no RS, EMBRAPA, CNPT, Passo Fundo, RS, 32 p.
- SORRENSON, W.J.; MONTOYA, L.J. 1984. Economic implications of soil erosion and soil conservation practices in Paraná, Brazil. IAPAR/GTZ, Eschborn, unpublished, 233 p.
- ; MONTOYA, L.J. 1989. Implicações econômicas da erosão do solo e do uso de algumas práticas conservacionistas, Fundação Instituto Agrônomo do Paraná, IAPAR, Londrina, 110 p.

Experiencias en la formación de grupos de productores de siembra directa

por Airtón Visnieski *

Basados en una ley natural que dice: "Tenemos que agruparnos para lograr objetivos comunes", varios ejemplos (Cooperativas, Asociaciones, Sindicatos, etc.) tenemos en el país que rindieron y siguen rindiendo beneficios para sus integrantes y otros relacionados directa o indirectamente.

Cooperativa Colonias Unidas Agr. Ltda. es un ejemplo para el país y el extranjero, demostrando que con esfuerzo mutuo, se pueden lograr objetivos que no serían posibles si los productores en el año 1952 no hubiesen constituido lo que hoy es la principal Cooperativa de Productores Agropecuarios del Paraguay.

El Departamento Agropecuario impulsó varios trabajos de desarrollo agrícola sostenible y entre los más destacados se encuentran el fomento a la conservación de suelos, diversificación de la producción, control biológico de la oruga de la soja con *Baculovirus anticarsia* y siembra directa.

La formación de grupos de productores surgió luego de algunos años de trabajo en forma aislada sobre siembra directa. En el año 1990, de regreso de un encuentro de productores y técnicos en el Estado de Paraná, Brasil, se concretó la formación del primer grupo de siembra directa de las Colonias Unidas (GRUPLADI: Grupo de Plantio Directo).

OBJETIVOS PROPUESTOS POR EL GRUPO

- Erradicar la erosión

El principal factor de degradación de los suelos es la erosión; nuestra topografía, precipitación y otros factores nos llevan a perder grandes cantidades de suelo por ha en cada período de cultivo. El sistema convencional utilizado favoreció enormemente el proceso de erosión.

- Formación de productores y técnicos

Los productores y técnicos contaban con poco conocimiento, consecuentemente se tenían que preparar los mismos para captar informaciones, procesar y transmitir porque considerábamos la alternativa más valedera de producir conservando.

- Desarrollar técnicas adaptables

Muchas informaciones circulaban entre los productores debido a varios viajes realizados a nivel nacional e internacional, pero éstas deberían ser adaptadas a nuestras condiciones para que se pueda recomendar con seguridad a nuevos grupos de productores.

- Reducir costos

En la agricultura los beneficios son representados por márgenes muy pequeños y una forma de aumentar dichos beneficios es reducir los costos. Ejemplos planteados entonces eran: la reducción de mano de obra, menos combustible, implementos y maquinarias.

* Ingeniero Agrónomo, Jefe Programa Siembra Directa, Cooperativa Colonias Unidas Agrícola Limitada, Obligado, Paraguay.

- **Aumentar el área de siembra directa y rendimiento**

Conscientes de que la técnica sería ventajosa, se propuso adquirir los conocimientos y transmitir a otros productores, aumentar el área bajo cultivo directo con el ahorro de los expuestos en el punto anterior, aumentar la superficie y mejorar los rendimientos por unidad cultivada, siempre y cuando practique el sistema en las condiciones recomendadas.

- **Difundir conocimientos**

En la propuesta inicial, el grupo se propuso difundir los conocimientos adquiridos, ya que recibió apoyo de la Cooperativa Colonias Unidas Agrícola Limitada, productores, empresas e instituciones interesadas en el sistema de siembra directa.

- **Despertar interés de técnicos, empresas e instituciones**

El grupo percibía que había poco interés, principalmente de los técnicos de empresas vendedoras de insumos y centros de investigación, por tal motivo se propuso reclamar información de los mismos en forma constante.

- **Promover la diversificación de la producción**

El país predominantemente agrícola-ganadero, depende principalmente de dos o tres rubros de renta, lo cual pone en alto riesgo los ingresos de la nación debido a ciertos fracasos por problemas climáticos u otros. Con la diversificación, utilizando diferentes cultivos, el ingreso, a nivel del productor, está más asegurado. También con este sistema estamos generando mayor utilización de mano de obra, instalaciones de acopio, transporte, industrias, etc.

- **Hacer conocer al país en el extranjero**

La preocupación del grupo era que en muy pocas oportunidades se mencionaba el sistema de siembra directa y en el exterior no se tenía conocimiento de que Paraguay realizaba esta técnica, por tal motivo, el grupo se propuso difundir e intercambiar las experiencias adquiridas.

- **Formación de nuevos grupos**

Debido a la metodología a utilizar, estábamos conscientes de que deberíamos fomentar la creación de nuevos grupos para adquirir nuevas experiencias y aumentar la difusión del sistema de siembra directa.

FUNCIONAMIENTO DE LOS GRUPOS

El funcionamiento del grupo, al principio, como en cualquier otra agrupación, fue con incertidumbre pero, al término del primer año, los propios productores observaron las ventajas y se afirmó su permanencia como tal.

Inicialmente sin experiencias en la dinámica del funcionamiento de un grupo de productores se tuvo ciertos inconvenientes, tales como: la composición de los integrantes y la duda en el cumplimiento de los objetivos programados.

Luego se establecieron las actividades que se desarrollarían con los grupos formados.

- **Reuniones mensuales**

Para dar cumplimiento a los objetivos trazados, se fijó una reunión mensual en la finca de un productor, rotando entre sus doce integrantes, durante un año.

Primero se hace la lectura del memorándum anterior a cargo del técnico del grupo, luego, los productores, presentan a sus compañeros el informe de las actividades realizadas durante el mes (siembra, cuidados culturales, cosecha, etc.).

Posteriormente, se hace un intercambio entre productores y técnicos sobre diferentes actividades desarrolladas y a desarrollarse por los mismos, durante el mes y se pasan informes de eventos realizados o a realizarse. En caso de presentarse dudas o problemas de cualquier índole (aplicación, siembra, plagas, etc.), los participantes de la reunión tratan de solucionar o presentan soluciones a éstos.

Una vez terminados los informes, por productor y las discusiones presentadas, se visita la parcela experimental del productor anfitrión.

- Parcela experimental

Todos los productores integrantes de los grupos se comprometen en disponer de una parcela experimental que varía de 2 a 5 ha por productor, donde se desarrollan las principales investigaciones referentes a rotaciones de cultivo. Estas parcelas fueron destinadas netamente para la investigación sin mirar la rentabilidad de los cultivos a sembrar. Los cultivos fueron programados por técnicos y productores para un período de 3 a 4 años, los cuales no podrán sufrir modificaciones sin el consentimiento del grupo.

- Responsabilidad del productor

Todos los productores están comprometidos a asistir a las reuniones mensuales, así también en motivar a los demás integrantes para que asistan a las reuniones, y otras actividades programadas para el grupo.

- Difusión de experiencias

Cada reunión significa un aumento en los conocimientos de los productores llegando a tal punto que los propios productores sientan la necesidad de organizar y asistir a las reuniones programadas para adquirir y difundir conocimientos.

- Participación técnica

El Técnico es parte integrante del grupo, su participación es fundamental, principalmente en los

inicios de los grupos donde son coordinadas todas las actividades a desarrollarse.

CONCLUSIÓN

Realmente, al término de cuatro años de trabajo en conjunto con los productores, se puede decir que los objetivos trazados se cumplieron en su totalidad llegando, en algunos casos, a superar nuestras propias expectativas. Tal es así que se tiene, en Colonias Unidas, buena información sobre siembra directa, aspecto reconocido en el III Congreso Nacional de Siembra Directa realizado en Julio-Agosto '94 en Córdoba, Argentina.

La superficie de siembra directa de las Colonias Unidas superó las 25.000 ha y en el país se estima alrededor de 90.000 ha. La cantidad de grupos formados hasta la fecha son ocho, resultando satisfactoria la preocupación de los productores en formar nuevos grupos y buscar tecnología local o foránea para adaptar y seguir avanzando a la técnica de siembra directa.

Los frutos de este esfuerzo fueron más allá de las Colonias Unidas, pues en la cooperativa Pindó de la localidad de San Cristóbal - Alto Paraná, ya se formó un grupo de productores similar al existente en Colonias Unidas a raíz de una visita que nuestros productores realizaron a esta comunidad para el efecto.

Llegamos a niveles tan elevados que ya contamos con la Asociación de Productores para una Agricultura Sustentable de Colonias Unidas (APASCU) y la Federación Paraguaya de Siembra Directa para una Agricultura Sustentable (FEPASIDIAS) que a su vez está gestionando su integración a la Confederación de Asociaciones Americanas para la Producción Agropecuaria Sustentable (CAAPAS).

Desarrollo de la siembra directa en el Cono Sur *

por Roberto Díaz **

ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

- Relevancia del problema

Delegados de los países del Cono Sur y expertos internacionales celebraron del 8 al 11 de agosto de 1994 un Seminario sobre Siembra Directa en Asunción, Paraguay. Allí se describieron los principales problemas técnicos que enfrenta el desarrollo de esa tecnología en las diferentes regiones del Cono Sur.

La situación relevada en la región evidencia no solamente que la conservación de suelos viene deteriorando severamente la productividad agrícola, como reiteradamente ha sido diagnosticado, sino que se enfrenta una aceleradísima expansión de la frontera agrícola a suelos marginales, con efectos tan devastadores en el medio ambiente que quizás no tengan parangón en ninguna otra región del mundo.

Tres países del Cono Sur (Brasil, Paraguay y Bolivia) muestran en la última década una alarmante deforestación de bosque subtropical y tropical por el avance de la agricultura. El país que mejor ilustra ese ritmo acelerado de colonización de nuevas tierras es Paraguay, pues en tan sólo 20 años más que duplica su área agrícola con cultivos extensivos, pasado de 952.000 hectáreas en 1972 a más de 2.500.000 ha en la actualidad.

Al no disponerse de tecnologías que viabilicen sistemas diversificados de producción y que faciliten la conservación de esos suelos, ya comienzan a apreciarse claros efectos sobre la futura de esa agricultura, pues no solamente se limitan los potenciales de producción, sino que se incrementan sustantivamente los costos.

En otras regiones de enorme importancia agrícola como la pampa húmeda argentina, también se observa un incremento de la agricultura permanente. Allí la frontera agrícola fue agotada hace mucho tiempo, pero en los últimos años fue desapareciendo la producción ganadera, que permitía la restauración de la fertilidad de los suelos mediante rotaciones con pasturas. A esto ha contribuido que grandes extensiones han dejado de producir por inundación, salinización, o desertización. El deterioro productivo de esos suelos viene siendo reiteradamente denunciado. Desde 1970/71 hasta 1979/80, los rendimientos de maíz y soja crecieron a una tasa anual de 229 y 139 kg/ha/año respectivamente. En cambio a partir de la década del 80 el incremento fue de 85 y 49 kg/ha/año respectivamente, lo que indica una reducción notable en la tasa de crecimiento de la productividad. El Cono Sur, muestra un marcado rezago tecnológico que no condice con el enorme tamaño de su cuenca agrícola, y compromete la viabilidad de varias de sus economías fuertemente agroexportadoras, y el autoabastecimiento alimentario en otras.

A la crónica carencia de prácticas conservacionistas, y de conocimientos técnicos que las hagan agronómica y económicamente viables, se agrega la revolución tecnológica, de sustitución de cultivo mecánico de los suelos por prácticas químicas, que ha permitido avances fantásticos en conservación de suelos en algunas regiones del mundo. Esas técnicas

* *Es un Resumen Ejecutivo del Proyecto a ser presentado al BID para su financiamiento y cuyos lineamientos generales fueron analizados en el Seminario Internacional sobre Avances en Siembra Directa, realizado en Asunción del Paraguay, del 8 al 10 de agosto de 1994.*

** *Ingeniero Agrónomo, Supervisor del Área Cultivos, INIA La Estanzuela, Colonia, Uruguay.*

conocidas como cero labranza, o Siembra Directa (SD) están difundiendo aceleradamente por los costos competitivos en la implantación de los cultivos. En algunas regiones de Argentina, Brasil, Uruguay y Paraguay se alcanzan incrementos del 150% anual en el área bajo SD, pero el desconocimiento de muchos elementos técnicos en la sostenibilidad de estos nuevos sistemas de producción puede comprometer su crecimiento y eventualmente retraer esta técnica con todos los beneficios ambientales que conlleva.

- Recursos disponibles en la región

La enorme brecha existente entre la magnitud del problema y la escasez de conocimientos técnicos para enfrentarlo, se explica por la acelerada expansión agrícola y los incipientes y reducidos recursos destinados por la región a la investigación y capacitación en el tema. La mayor parte de la responsabilidad institucional para la generación y transferencia de este tipo de tecnologías se encuentra en manos de los Centros Nacionales y algo en las Universidades.

La mayoría de los programas de investigación tienen a lo sumo dos décadas, lo que evidencia un rezago frente a otras disciplinas aún dentro de los Centros Nacionales.

Sin embargo, los países grandes en función de su escala han desarrollado polos de mayor especialización en diversas disciplinas. Así un programa de intercambio horizontal de tecnología, permitirá un mayor aprovechamiento de los escasos recursos humanos disponibles y el acceso de los países y las instituciones más pequeñas a información y conocimiento tecnológico de mayor especialización.

PROPUESTA

- Descripción

Los efectos sobre el ambiente, como contracara del deterioro erosivo de los suelos, no podían ser menos graves que los descritos para la productividad. La expansión agrícola iniciada en la década del 70 y

que avanza hasta la actualidad, tiene sus efectos más dramáticos en la colmatación de ríos, canales, puertos y represas hidroeléctricas.

Resulta evidente que frente a esa problemática común, solamente un plan conjunto puede darle solución. Por consiguiente, los nuevos instrumentos tecnológicos derivados de la SD para el manejo de suelos deben ser motivo de un vigoroso intercambio e integración tecnológica orientados a potenciar los escasos recursos humanos y físicos que se dedican a esa tarea. Asimismo, se justifica sobradamente la inversión de recursos en emprendimientos técnicos conjuntos para la solución de problemas de tecnología básica con alta extrapolación regional o sub-regional.

Si bien existe una creciente conciencia social y política en la región, sobre la gravedad del problema del manejo del recurso suelo y su impacto sobre el ambiente, a nivel técnico e institucional no ocurre un fluido intercambio de información entre aquellos que trabajan en la problemática agronómica del manejo de suelos y quienes desde otras responsabilidades ambientalistas.

Ante estas circunstancias aquí se proyecta una propuesta en la temática para ser ejecutada por las instituciones de generación de tecnología agrícola participantes del PROCISUR, dados los antecedentes de este Programa y por tratarse de una actividad idónea a los Institutos Nacionales de Investigación. Asimismo, parece prioritario fortalecer aquellas acciones que faciliten la participación de otros técnicos e instituciones vinculadas, ya sea mediante el intercambio de información, o por implementación de acciones comunes.

Las similitudes ambientales, y de estructura productiva permiten identificar posibilidades de intercambio horizontal entre países que algunas veces trascienden los conocimientos básicos o metodologías de investigación más fácilmente extrapolables. En este sentido resultan ilustrativos los paquetes tecnológicos con componentes de SD transferidos desde Paraná (Brasil), hacia la región occidental de

Paraguay en el sistema de doble cultivo trigo-soja, y las rotaciones arroz-pasturas desde Uruguay a Entre Ríos y Corrientes en Argentina y al sur de Brasil.

De acuerdo al diagnóstico de situación y consideraciones efectuadas en el Seminario regional sobre SD se proponen los siguientes objetivos:

- **Objetivos**

General

Desarrollo del manejo conservacionista del suelo basado principalmente en la técnica de SD en las regiones de agricultura extensiva del Cono Sur.

Específicos

- 1) Fortalecimiento metodológico de los programas de investigación en SD.
- 2) Levantamiento de restricciones técnicas a problemas agronómicos comunes a varios países.
- 3) Capacitación de los profesionales que trabajan en la asistencia técnica a productores dada la escasa capacitación universitaria y formal en una tecnología tan emergente.
- 4) Unificación de medidas y registros para compatibilizar el intercambio de información en relación a sustentabilidad.
- 5) Proveer coeficientes técnicos a otros programas ambientales.

- **Resultados esperados**

- 1) Otorgarle continuidad al crecimiento que se verifica actualmente en la adopción de la tecnología de SD en la región.

- 2) Viabilizar la SD en los sistemas mixtos agrícola-ganaderos de la región de modo de sostener la diversificación productiva.
- 3) Rescatar áreas que se han marginalizado de la producción debido a su deterioro productivo.
- 4) Mejorar la masa crítica de los técnicos que trabajan en la temática o en problemas asociados mediante un fluido intercambio científico y capacitación de asesores técnicos para que se sostenga más allá de la duración del proyecto.

BENEFICIOS Y RIESGOS

Las condiciones en que se desenvolvería este Proyecto determinan posibilidades de éxito excepcionalmente altas. Durante muchas décadas la estabilidad productiva y la conservación de suelos logró escasos y desiguales progresos en la región a partir de las propuestas de técnicas de sistematización de laboreos o diversificación agrícola. La actual estructura productiva y las condicionantes económicas determinan un elevado potencial de difusión de la tecnología de SD. Pocas regiones en el mundo tienen esas condiciones y pueden recoger los beneficios ambientales que se derivan. El mayor desafío consiste en acompañar un proceso que ya se inició a un ritmo que verifica las hipótesis planteadas. Este proyecto pretende darle sustentabilidad mediante el respaldo técnico necesario, de modo de garantizar su progreso futuro en base a la complementación de los diferentes Institutos Nacionales involucrados.

No escapa a los beneficios de este proyecto el respaldo a los procesos de integración regional donde muchos emprendimientos entre países, en materia de uso del territorio: regiones agroeconómicas, represas, hidrovías, puertos, etc. son condicionados por la tecnología de uso del suelo. La integración paralela de los Institutos involucrados en la temática beneficiará directamente esos proyectos conjuntos.

Palabras de clausura

En nombre de la Dirección de Investigación Agrícola (DIA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Paraguay agradecemos que nos hayan acompañado durante el transcurso de este evento y que los representantes de los organismos de investigación de los países, integrantes del PROCISUR, retornen a sus países habiendo satisfecha sus expectativas con los resultados de este Seminario Internacional sobre Avances en Siembra Directa, que hoy tenemos el honor de clausurar.

Son cada vez más frecuentes las manifestaciones que nos hacen llegar tanto los productores como las autoridades responsables de la política de desarrollo agropecuario y forestal para concentrar esfuerzos en el desarrollo de tecnologías, tales como los Sistemas de Siembra Directa, que contribuyan a un desarrollo agrícola sostenible a mediano y largo plazo, y al mismo tiempo, no descuidar los trabajos permanentes de generación y transferencia de tecnología para resolver, a corto plazo, la problemática que se plantea en cada campaña agrícola.

El enfoque de largo plazo que caracteriza normalmente a todo proceso de investigación, tiene que complementarse con una mayor participación de los organismos de investigación, en las tareas de orientar a los niveles políticos sobre las alternativas tecnológicas que contribuyan a optimizar la producción y productividad del sector agrario en general, de modo que contribuyan al mejoramiento de los ingresos de los productores en un marco más sostenible que el actual.

Para cumplir eficiente y eficazmente con esta tarea, se hace cada vez más necesario que los organismos de investigación dispongamos de una organización moderna, que atienda las necesidades diferenciadas de amplios sectores, pequeños, medianos y grandes productores y brinde alternativas tecnológicas rápidas que aseguren impacto a nivel nacional y sectorial.

Este reto puede ser atendido fundamentalmente con una visión más amplia, en la cual el desarrollo rural sea entendido como un escenario relevante para orientar nuestras estrategias institucionales y agotemos todos nuestros esfuerzos para que los productores participen efectivamente en todas las fases del proceso de investigación y transferencia de tecnología agropecuaria y forestal.

Los avances realizados por la DIA en los proyectos relacionados con siembra directa y otras técnicas conservacionistas de los recursos naturales, que contribuyen a la sostenibilidad agrícola, han contado con el invaluable apoyo de organismos de cooperación internacional como CIMMYT, GTZ y JICA. Además, en algunos casos, las técnicas mencionadas han sido incorporadas dentro de programas de investigación por productos tales como trigo, maíz, soja, arroz y ganadería.

Consideramos que ha llegado el momento de reflexionar en procura de potenciar las actividades que estamos desarrollando, mediante un programa de investigación y transferencia de tecnología que apoye horizontalmente a los programas por producto. Este programa debería incorporar los conceptos de sostenibilidad productiva de los recursos naturales, sistematizando los avances hasta hoy realizados, de acuerdo con las bases siguientes:

1. Tomar en consideración productos con mercados promisorios, a los efectos de su incorporación viable desde el punto de vista biológico y rentable desde el punto de vista económico.
2. Estar ubicados en zonas agroecológicas prioritarias para el desarrollo rural, de ser posible enmarcados en microcuencas.
3. Tomar en consideración las circunstancias socioeconómicas de los productores, sobre todo los pequeños que tienen más restricciones.

4. Tomar en cuenta la disponibilidad de los insumos y bienes de capital requeridos para aplicar las nuevas técnicas y materializar la agricultura sostenible.
5. Con base en los conocimientos y técnicas consideradas válidas en diferentes circunstancias ecológicas, así como para diferentes estratos de productores, el de inducir ante los niveles que corresponda, las políticas nacionales y regionales que incrementen la probabilidad de adopción de las prácticas y sistemas mejorados como por ejemplo los de siembra directa, entre otros.

Esperamos que las conclusiones y recomendaciones resultantes de este Seminario Internacional sobre Avances en Siembra Directa, permitan aportar nuevos enfoques y conocimientos a los Programas de Investigación para una agricultura más sostenible, que consideramos de suma importancia tanto para el Paraguay, como para los países integrantes del PROCISUR.

El ejercicio que hicimos durante la fase de programación, y ejecución de este Seminario Internacional es un ejemplo, cada vez más frecuente, en el que se articularon instituciones públicas y privadas

junto a los organismos internacionales, para asegurar el aprovechamiento adecuado de la infraestructura, los recursos humanos, científicos y financieros disponibles.

Deseamos hacerles llegar en nombre del MAG en general y de la DIA en particular, nuestro agradecimiento a las instituciones que hicieron posible la realización del Seminario Internacional sobre Avances en Siembra Directa. A los Coordinadores Nacionales del Subprograma de Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola del PROCISUR por aceptar nuestro ofrecimiento de realizar el Seminario en Paraguay, a la Compañía CYANAMID del Paraguay, por su gran contribución en la organización de este importante evento, y por último, pero no por eso menos, nuestros agradecimientos a la Cooperación Técnica Alemana (GTZ), al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y a la Cámara Paraguaya de Exportadores de Cereales y Oleaginosas (CAPECO).

Muchas Gracias

Dr. Ricardo Pedretti

*Director de Investigación Agrícola del
Ministerio de Agricultura y Ganadería*

Listas de Participantes

ARGENTINA

Giraudó, Celso
EEA San Carlos de Bariloche/INTA
Casilla de Correo 277
8400 San Carlos de Bariloche, Río Negro

Krüger, Ricardo
EEA Bordenave/INTA
Casilla de Correo 44
8187 Bordenave, Buenos Aires

Viglizzo, Ernesto
Centro Regional La Pampa-San Luis/INTA
Casilla de Correo 152
6300 Santa Rosa, La Pampa

Marelli, Hugo
EEA Marcos Juárez/INTA
Casilla de Correo 21
2580 Marcos Juárez, Córdoba

BOLIVIA

Aroni, Juan Carlos
Blanco, Eloy
Cardona, Mauro A.
Cortés, José
IBTA
Cajón Postal 5783
La Paz

Wall, Patrick
CIMMYT
Casilla de Correo 2305
Santa Cruz

BRASIL

Buschinelli, Claudio
CNPMA/EMBRAPA
Caixa Postal 69
13820-000 Jaguariúna, SP

Gassen, Dirceu
CNPT/EMBRAPA
Caixa Postal 569
99001-970 Passo Fundo, RS

Henklain, João Carlos
IAPAR
Caixa Postal 1331
86001-970 Londrina, PR

Pitelli, Robinson A.
Universidad Estadual Paulista (UNESP)
Rodovia Carlos Tonanni Km 5
Jaboticabal, SP

Foloni, Luis L.
UNICAMP
13084-100 Campinas, SP

Melo, Erlei
Faculdade de Agronomía/UPS
Passo Fundo, RS

CHILE

Rouanet, Juan
EE Carillanca/INIA
Casilla de Correo 58-D
Temuco

Rodríguez, Nicasio
Ruz, Emilio
Quilamapu/INIA
Casilla de Correo 426
Chillán

ESTADOS UNIDOS

Thomas, Grant W.
University of Kentucky
Kentucky

PARAGUAY

Ayala, Teresa
 Cardozo, Efraín
 Cardozo, Felipe
 Closs, Germán
 Enciso, Víctor
 Koenen, Karl Peter
 Larre, José Félix
 Larre, Omar
 López, Antonio
 Molinas, Carlos
 Naville, Arnoldo
 Novillo, Concepción
 Ortiz, Víctor Hugo
 Rosas, Crisóstomo
 Villalba, Francisco
 Benítez, Balbino
 ACPA

Gauto, René
 AGROCEREALES

Giménez, Marcos
 AGROTEC

González, Fidel
 AGROVET "El Surco"

Biondo, Edivan
 Agro Santa Rosa

Sánchez, Avelino
 Agrop. Ña Cunday

Cetrángolo, Miguel
 Asesor - MAG

Aguilera, Felipe H.
 Heyn de Cáceres, Lilián
 BNF

Jaquet, Pablo
 Morel, Lino
 CADELPA

Cubilla, Luis E.
 CAPECO

Aldama, Rafael
 Caballero, César
 CE Arroz

Cousiño, Erico
 Soria, Vicente
 CE Caazapá

Schulz, Carlos
 CE Choré

Tilleria, Hernán
 CE San Juan

Britos, Ubaldo
 Molinas, Mercedes
 CE Yjhovy
 Fernández, Felicita

Hayasaka, Takeshi
 Hoshiba, Ken
 Miura, Shoji
 Nagai
 Sumita, Tatsuya
 Yamanaka, Koji
 CETAPAR

Gómez, Elvira G. de
 C.E.T.R.P.

Lamper, Enrique
 CIBA GEYGY

González, Amado
 COOPEX Ltda.

Bogado, Sixto
 Britez, Julio C.
 Candia, Stella
 Paredes, Cantalicio
 Viedma, Lidia de
 CRIA

Campos, Néstor
 García, Pedro
 Gongora, Vicente
 López, Ramón
 Ortiz, Gerónimo
 CYANAMYD

Lautenschag, Fritz Armin
 Tishler, Liliana
 Visniesky, Airtón
 Wolff Scholle, Roland C.
 Coop. Col. Unidas

Taoka, Andrés
 Coop. La Paz

Fukami, Akinobu
 Coop. Tacushin

Benítez, Roque
 Stelatto, Benjamín
 DDV

Moriya, Ken
 Porfirio, Villalba
 DEAG

Noce, María
 Ramos, Jorge
 DGP

Causarano, Héctor
 Giménez, Zulma de
 Iriarte, Luis M.
 López P., Justo
 Moreno, Gerardo
 Pedretti, Ricardo
 Racchi, María de
 Salinas, Nila
 Santander, Víctor
 Schwartzman, José

Vallejos, Francisco
DIA

Sanabria, Ruben
DIMAGRO

Ledesma, Alfredo
Ramírez, Edgar
EE Chaco Central

Roman, Santiago
EMPORIO

Centurión M., Blanca
Ecol. Humana

Malbetti, Ricardo
Emperador

Bordón, Julio César
FAA

Acosta, Sergio R.
Emategui, Alberto
FECOPROD

Andrés, María Rosa
Centrón, Horacio
Duarte, Jorge
Dure, Osvaldo
Fernández, Alba
Godoy, Andrea Cinthia
Gómez, Felisa G.
Insaurrealde, Arturo
Lezcano, Walter
Maldonado, Marisol
Medina, Pedro A.
Romero, Milner
Toro, José
Toro, Mónica
Troche, Zonia
Valdez, Nuvia
FIA

Ramírez, Mónica
Fac. Agron. Itapúa

Derpsch, Rolf
GTZ

Sann, Guillermo
Hoechst

Caballero, Pedro
Cardozo, José M.
Cardozo, Rosa
Cáceres, Héctor
Fassardi, José
Giménez, Vilma
Gómez, Graciela
López, María de
Medina, Antonio
Raberi, Hugo
Riquelme, Porfirio
Trabuco, Mirian
IAN

Galeano, Andrés
Olmedo, Augusto
IBC

Yegros, Diego
ICI

Pannunzio, Luiz Carlos
IICA

Alvarez, Luis A.
PIEA

Passeri, Carlos Augusto
Particular

Tallone, Carlos Mario
Particular

Crovato, Oscar
Prod. Semilla

Predebom, Leonir
Silo Amambay

Yegros, Gualberto
Sociedad Agrícola

Cantero, Sergio
De Llamas, Pedro
Villani, Ricardo
UEP - MAG

Leguizamón, Carlos
UNA

González, Julio César
Ultima Hora

URUGUAY

Díaz, Juan E.
Díaz, Roberto
Martino, Daniel
INIA La Estanzuela
Casilla de Correo 39173
70006 Colonia

Dall'Agnol Amélio
EMBRAPA
Caixa Postal 040315
70770-970 Brasilia, DF

Nota del Editor

El DIALOGO XLII **Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola** presentó los trabajos del Workshop que, sobre dicha temática, se realizó en Jaguariúna, San Pablo, Brasil, del 29 de marzo al 2 de abril de 1993, iniciándose así las actividades del Subprograma Recursos Naturales y Sostenibilidad Agrícola del PROCISUR. Dicha publicación ofreció un pantallazo general sobre la problemática de los recursos naturales en el Cono Sur.

Uno de los temas concretos abordados por el Subprograma es la **siembra directa**, la que dio lugar a la realización de un **Seminario Internacional sobre Avances en Siembra Directa**, realizado en Asunción del Paraguay en agosto de 1994.

Precisamente, esta nueva entrega de la Serie DIALOGO da a conocer los trabajos del Seminario.

Las dos primeras presentaciones constituyen el marco general dentro del cual se analizó la problemática de la siembra directa, estrechamente vinculada al manejo de suelos y a su conservación.

La parte medular de esta publicación está constituida por las presentaciones de los distintos países, que dan cuenta del estado actual de la siembra directa, de sus avances y limitaciones.

Cabe destacar la importancia que la siembra directa tiene en la productividad agrícola y en la disminución del deterioro erosivo de los suelos.

Confiamos en que este DIALOGO contribuya, a través de los aportes técnicos que contiene, a la difusión de la **siembra directa** y a través de ella a la conservación de los recursos naturales y la sostenibilidad agrícola.

Dr. Juan P. Puignau
Especialista en Comunicación

Esta publicación constituye el número XLIV de la Serie DIALOGO del PROCISUR, tiene un tiraje de 700 ejemplares y se terminó de imprimir en la ciudad de Montevideo, Uruguay, en el mes de agosto de 1995.

Diagramación y armado: Cristina Díaz

Impresión, encuadernación y portadas: Impresora S & D S.R.L.
Comisión del Papel. Edición amparada al Artículo 79 de la Ley 13.349.
Depósito Legal N° 300.402

IICA
631.53063
S471

92745

SEMINARIO INTERNACIONAL

Autor
1994

SOBRE AVANCES EN SIEMBRA...

Título

Diálogo XLIV: avances en...

Fecha
Devolución

Nombre del solicitante

DEVUELTO *O. P. P.*

92745

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA

Andes 1365, P. 8 - Tel. (598) 2 92 04 24 - Fax (598) 2 92 13 18 - Casilla de Correo 1217

Montevideo - Uruguay

Copyrighted material