



Siembra directa



ISBN 978-987-1513-03-1



9 789871 513031

Siembra Directa



Siembra Directa

Director: Juan Balsategui
Coordinador: Emilio Satorre

■ Autores

Pablo Barcelona
Guillermo Bernaudo
Federico Bert
Matías Campos
Laura Carabaca
Fernando Cavagnaro
Gerardo Cerutti
Gerardo Chiara
Julio Dardanelli
Gustavo de Deseö
Martín Díaz-Zorita
Marcelo Di Napoli
Magdalena Druille
Edgardo Dutto
Daniel Frascarolo
Fernando García
Fernando García Frugoni
Rodolfo Gil

Agustín Giorno
Darío Grassi
Celeste Gregoret
Juan Pablo Ioele
Ricardo Martínez Peck
Gustavo Martini
Rubén Massaro
Santiago Medina
Fernando Menéndez
Martín Míguez
María E. Otegui
Fernando Perea Muñoz
Ricardo Pozzi
Gonzalo Ropero
Pedro Sosa
Eduardo Soto
Gastón Therisod
Rodolfo Tkachuk

AACREA
Unidad de Comunicación y Marketing
Sarmiento 1236, 5° piso (C1041AAZ)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
(011) 4382-2076/79
suscripciones@aacrea.org.ar
www.aacrea.org.ar

Siembra directa/dirigido por Juan Balsategui. - 1a ed. - Buenos Aires: Asoc. Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola - AACREA, 2009.
120 p. ; 26x20 cm.

ISBN 978-987-1513-03-1

1. Cultivos. 2. Siembra. I. Balsategui, Juan, dir.
CDD 631.5

Fecha de catalogación: 23/07/2009

AACREA
Unidad de Comunicación y Marketing
Sarmiento 1236, 5° piso (C1041AAZ)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
www.crea.org.ar
(54-11) 4382-2076/79

Edición: Mariela Suárez y Carlos Marín Moreno
Corrección: Alejandra Valente
Diseño de tapa e interiores: René Durand/contacto@percepto.com.ar
Fotografías: Martín Gómez Álzaga, Pablo Oliveri y Ricardo Martínez Peck
Impreso en Gráfica Pinter

ISBN: 978-987-1513-03-1
Hecho el depósito que indica la ley 11.723
Impreso en la Argentina

Primera edición: agosto de 2009



Todos los derechos están reservados. Esta publicación no puede ser reproducida, en todo ni en parte, ni registrada o transmitida por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea éste mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o cualquier otro, sin permiso previo por escrito de AACREA.

Contenidos

Prólogo

Pág. 13

Capítulo 1

Variabilidad climática y siembra directa en los sistemas de producción

Pág. 15

Dr. Federico Bert

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA.

CONICET, Cátedra de Cerealicultura de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

Capítulo 2

Procesos de los suelos en siembra directa

Pág. 25

Ing. Agr. M Sc. Rodolfo Gil

INTA Castelar

Ing. Agr. Ricardo Pozzi

Asesor de los CREA Las Petacas y San Jorge-Las Rosas.

Capítulo 3

Manejo de la fertilización en siembra directa

Pág. 33

Dr. Fernando García e Ing. Agr. M. Sc. Ignacio A. Ciampitti

Instituto Internacional de Nutrición de Plantas (IPNI) Cono Sur

Capítulo 4

El agua y la producción de granos en sistemas extensivos en siembra directa

Pág. 41

Ings. Agr. M. Sc. Julio L. Dardanelli

Grupo Ecofisiología de la EEA INTA Manfredi, Córdoba, Argentina.

Dra. María E. Otegui

Cátedra de Producción Vegetal de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

IFEVA-CONICET.

Capítulo 5

Rotación de cultivos y uso eficiente de los recursos de producción

Pág. 47

Ing. Agr. Martín Díaz Zorita

CONICET, Cátedra de Cerealicultura de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.

DZD Agro SRL y Nitragin Argentina S.A.

Capítulo 6

Agricultura por ambientes en siembra directa

Pág. 51

Ing. Agr. Fernando Menéndez

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA.

Coordinador de Agricultura de la región CREA Sur de Santa Fe.

Capítulo 7

Tecnología de siembra y fertilización en siembra directa

Pág. 57

Lic. Ricardo Martínez Peck

Consultor en Maquinaria agrícola

Capítulo 8

Criterios para la aplicación de herbicidas en barbechos químicos

Pág. 71

Ing. Agr. Rubén A. Massaro

INTA EEA Oliveros

Capítulo 9

La siembra directa en los modelos zonales de producción del Movimiento CREA

Pág. 79

Aspectos generales

Pág. 79

Ing. Agr. Matías Campos

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA

Región Sur de Santa Fe

Pág. 81

Ing. Agr. Juan Pablo Ioele

Asesor del CREA Posta Espinillos

Región Norte de Buenos Aires

Pág. 84

Ing. Agr. Gerardo Chiara

Asesor del CREA Bragado

Ing. Agr. Eduardo Soto

Asesor del CREA San Pedro-Villa Lía

Región Centro

Pág. 86

Ing. Agr. Gustavo de Deseñ

Asesor del CREA Melo-Serrano

Ing. Agr. Gustavo Martini

Coordinador de la Mesa de Intercambio Agrícola de la región Centro

Asesor del CREA Carnerillo

Región Oeste

Pág. 90

Ing. Agr. Fernando Perea Muñoz

Coordinador de Agricultura de la zona Oeste de AACREA

Martín Míguez

Equipo asesor del CREA Herrera Vegas

Región Oeste Arenoso

Pág. 92

Ing. Agr. Pedro Sosa

Asesor del CREA Huinca Renancó

Ings. Agrs. Magdalena Druille y Fernando P. Cavagnaro

AFacultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires

Región Santa Fe Centro	<i>Pág. 94</i>
Ing. Agr. Edgardo Dutto <i>Asesor del CREA San Martín de las Escobas-Colonia Belgrano</i>	
Región Litoral Sur	<i>Pág. 95</i>
Ing. Agr. Fernando García Frugoni <i>Coordinador de la región CREA Litoral Sur</i>	
Región Córdoba Norte	<i>Pág. 97</i>
Ing. Agr. Celeste Gregoret <i>Responsable del Área Técnica de la región Córdoba Norte</i>	
Región NOA	<i>Pág. 102</i>
Ing. Agr. Daniel Frascarolo <i>Coordinador de la región NOA.</i>	
Ing. Santiago Medina <i>Asesor del CREA La Cocha</i>	
Región Sudeste	<i>Pág. 104</i>
Ing. Agr. Gonzalo Ropero <i>Asesor del CREA Roque Pérez-Saladillo</i>	
Ing. Agr. Dario Grassi <i>Ex asesor del CREA 25 de Mayo</i>	
Región Mar y Sierras	<i>Pág. 107</i>
Dr. Jorge González Montaner e Ings. Agrs. Gastón Therisod y Marcelo Di Nápoli <i>Comisión de Agricultura de la región Mar y Sierras del Movimiento CREA</i>	
Región Sudoeste	<i>Pág. 109</i>
Ing. Agr. Agustín Giorno <i>Coordinador técnico de la región CREA Sudoeste</i>	
Región Litoral Norte	<i>Pág. 112</i>
Ing. Agr. Gerardo Cerutti <i>Asesor del CREA Avati-Î arrocerero</i>	
Región Chaco Santiagueño	<i>Pág. 114</i>
Ings. Agrs. Laura Carabaca y Pablo Barcelona <i>Miembros del CREA Guayacán</i>	
Siembra directa en Uruguay	<i>Pág. 116</i>
Ing. Agr. Guillermo Bernaudo <i>Asesor del CREA La Paz</i>	
Ing. Agr. Pablo Bruzzoni <i>Asesor del CREA Victoria</i>	
Bibliografía	<i>Pág. 121</i>

Prólogo

En los últimos 15 años, la agricultura extensiva argentina aumentó marcadamente su producción y generó cambios de importancia en el uso de la tierra en diversas regiones del país. Al presente, los potenciales efectos negativos para el ambiente de un proceso de esa magnitud fueron mitigados por la incorporación de nuevos conceptos agronómicos y tecnologías innovadoras; entre ellas, la siembra directa.

Desde comienzos de la década del 90, la superficie manejada en este sistema creció continuamente y contribuyó, por un lado, a reducir la pérdida de suelo por efecto de la erosión (eólica e hídrica) y a mejorar la eficiencia de uso del agua, el principal factor limitante en nuestros sistemas de producción sin riego. Por otro lado, introdujo cambios en la organización del trabajo dentro de las empresas. Estas transformaciones exigen un proceso de continua capacitación técnica, para afrontar exitosamente los desafíos de la nueva agricultura.

Desde el Movimiento CREA hemos acompañado este proceso, procurando transferir al sector resultados y experiencias probadas en condiciones de campo para mejorar la gestión técnica, empresarial y comercial de sus empresas. Esta obra es un nuevo aporte en ese sentido; en ella se exponen conceptos, criterios y herramientas para optimizar el manejo, la eficiencia y la productividad de los cultivos en siembra directa, considerando las características particulares que definen cada ambiente en las regiones que la han adoptado.

Para avanzar con éxito en este camino, se recurrió a la experiencia CREA, fortalecida con la contribución de diversos referentes externos. En sus páginas, el lector encontrará las bases para efectuar un adecuado manejo de los cultivos, con la discusión de tecnologías de siembra y aplicación de herbicidas en barbechos químicos, y el análisis de nuevos criterios para el manejo de la fertilización y el agua en los sistemas extensivos en siembra directa. También se consideran tecnologías de conocimiento que incorporan aspectos de la variabilidad climática, la rotación de cultivos, el uso eficiente de los recursos y la agricultura por ambientes como aspectos esenciales dentro de la planificación y el manejo de los sistemas productivos. Por último, esta obra presenta la experiencia de profesionales y productores, considerando los modelos zonales de producción en siembra directa del Movimiento CREA.

Es necesario destacar que esta publicación es el resultado del aporte de investigadores y profesionales de la Universidad de Buenos Aires, del INTA y del Instituto Internacional de Nutrición de Plantas, que complementan el trabajo de un amplio número de técnicos CREA. Para ellos, un especial agradecimiento. En el difícil contexto que atraviesa el sector en nuestro país, el conocimiento es una pieza clave y constituye una herramienta válida para generar soluciones creativas y alcanzar los mejores resultados.

■ **Emilio Satorre**

*Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA
Cátedra de Cerealicultura de la Facultad de Agronomía
de la Universidad de Buenos Aires*

1

Variabilidad climática y siembra directa en los sistemas de producción

■ Dr. Federico Bert

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA

CONICET, Cátedra de Cerealicultura de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires



Como en otras partes del mundo, en los sistemas de producción argentinos el clima experimenta notables modificaciones entre meses, años o décadas. Esta variabilidad implica desviaciones en los valores de los parámetros climáticos respecto de un estado promedio en un período de tiempo determinado y es resultado de las complejas interacciones que se producen entre los componentes del sistema climático: los continentes, los océanos, la superficie con hielo y la atmósfera.

En la región pampeana, el clima se caracteriza por la elevada variabilidad de las precipitaciones. Además, la producción agrícola se realiza, por lo general, en condi-

ciones de secano. La conjunción de estos factores y la dependencia de los principales cultivos (soja, maíz y trigo) respecto de las condiciones hídricas durante los meses de primavera tardía y comienzos del verano determinan que la productividad esté fuertemente condicionada por las condiciones climáticas presentes durante el ciclo del cultivo.

La variabilidad del clima constituye, entonces, la principal fuente de variación de los resultados. En este marco, la incorporación de la siembra directa adquiere una función clave, principalmente por las modificaciones que introduce en la dinámica del agua.

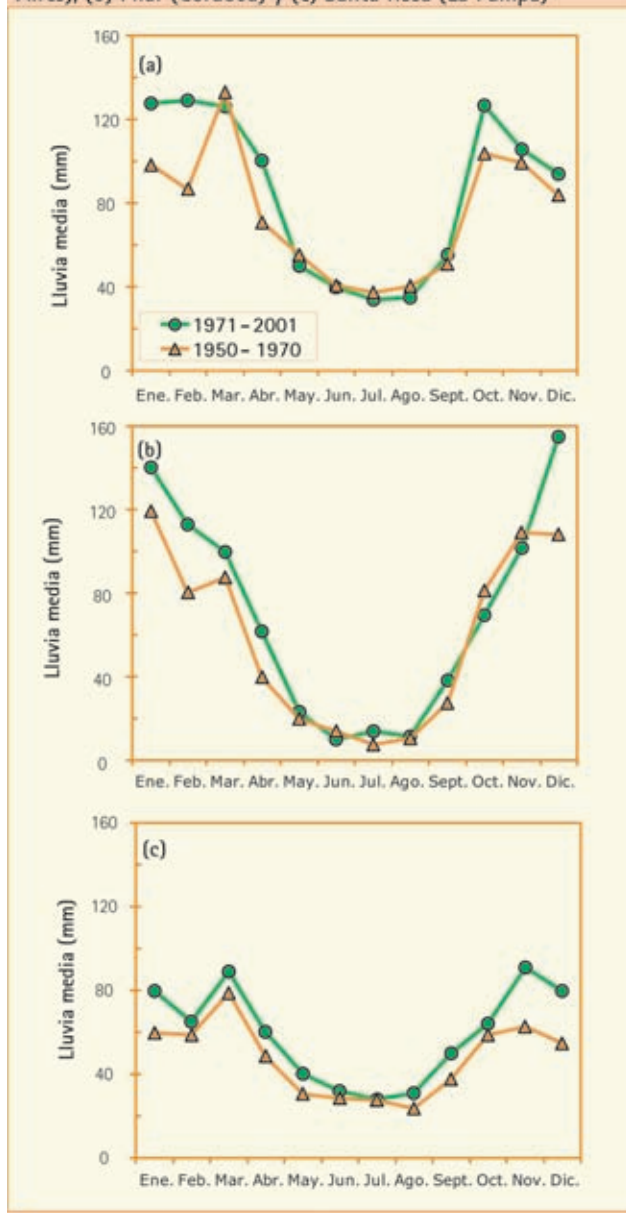
Aunque el clima varía en un amplio espectro de escalas temporales, los cambios que se producen entre décadas y año tras año son los más relevantes para el manejo de los sistemas de producción en siembra directa. La variabilidad entre décadas puede generar condiciones que determinen la viabilidad de diferentes actividades productivas en las distintas regiones. A su vez, los cambios en el esquema de actividades de una

región requieren ser acompañados por la generación de conocimiento local y de la infraestructura necesaria para su desarrollo.

Por su parte, las variaciones que se producen año a año determinan los niveles de producción de las diferentes actividades. En este sentido, las decisiones de manejo (período de siembra, genética, etcétera) modulan directamente la influencia de la variabilidad climática sobre el resultado del cultivo. De este modo, el manejo puede planificarse para evitar el impacto negativo de condiciones adversas o para tomar ventaja cuando éstas resultan favorables. A continuación, se discutirán las dos escalas temporales de variabilidad climática y su impacto en los sistemas de producción.

Gráfico 1

Precipitaciones mensuales medias durante los periodos 1950-1970 (triángulos naranjas) y 1971-2001 (círculos verdes) en tres localidades de la región pampeana: (a) Pergamino (Buenos Aires), (b) Pilar (Córdoba) y (c) Santa Rosa (La Pampa)



Variabilidad climática interdecadal

La región pampeana muestra una fuerte variabilidad climática interdecadal. Desde mediados del siglo pasado, se observan fuertes cambios en las condiciones climáticas a lo largo de todo el país. Los más importantes consisten en incrementos en las precipitaciones y en las temperaturas mínimas y, por otro lado, en disminuciones en la radiación y en las temperaturas máximas. En algunas regiones, estas variaciones se manifestaron como tendencias graduales, mientras que en otras parecen haber sido producto de un "salto" en el sistema climático.

El aumento de las precipitaciones no fue constante a lo largo del año en las principales regiones productivas, sino que se concentró en el semestre húmedo (septiembre a febrero). Durante el invierno, no sólo no se observaron incrementos, sino que en algunas situaciones se apreció una tendencia a la disminución de las lluvias (gráfico 1).

Los cambios observados en la región pampeana fueron consistentes con los registrados en América del Sur. Haylock et ál. (2006) mostraron tendencias positivas en las precipitaciones totales y extremas en el período 1960-2000 para todo el centro-este de América Latina (Ecuador, Norte de Perú, sur de Brasil, Paraguay, Uruguay, y norte y centro de la Argentina).

Dichos cambios tuvieron un impacto en el rendimiento potencial y en el observado en los principales cultivos de la región. Estimaciones realizadas por Magrín et ál. (2005) demostraron que los rendimientos potenciales entre los periodos 1950-1970 y 1970-1999 se incrementaron en un 38% en soja, 18% en maíz, 13% en trigo y 12% en girasol, en respuesta exclusiva a las variaciones del clima. Sin embargo, los rendimientos reales observados en varias localidades de la región aumentaron, en promedio, 110% en maíz, 56% en trigo

Tarjeta Galicia Rural tiene cada día más acuerdos. Usted, cada día más beneficios.



Porque es la tarjeta número uno del mercado que le ofrece beneficios exclusivos por convenios con las principales asociaciones y empresas del sector; y el vencimiento se ajusta en función de su ciclo productivo.

Conozca todos los acuerdos de financiación ingresando en www.e-galicia.com/agro.

Recuerde que por cada compra realizada con la Tarjeta Galicia Rural/CREA, el Banco efectúa una donación al Programa Líderes o al Programa de Padrinazgo a Escuelas de CREA, de acuerdo a la elección que usted haya establecido previamente.

Tarjeta Galicia Rural, la tarjeta que su campo necesita.



Para mayor información comuníquese al
0810 777 3777
www.e-galicia.com/agro.



y 102% en girasol, en el mismo período. La brecha entre las variaciones en los rendimientos potenciales y los observados sugiere un aporte importante de las tecnologías de producción al mejoramiento de la productividad de los sistemas agrícolas pampeanos.

El escenario determinado por las variaciones climáticas a escala decadal, la incorporación de nuevas tecnologías de producción y los cambios en el escenario socio-económico contribuyeron a que se produjeran importantes modificaciones en los planteos productivos y en el patrón de uso de las tierras en la región mencionada.

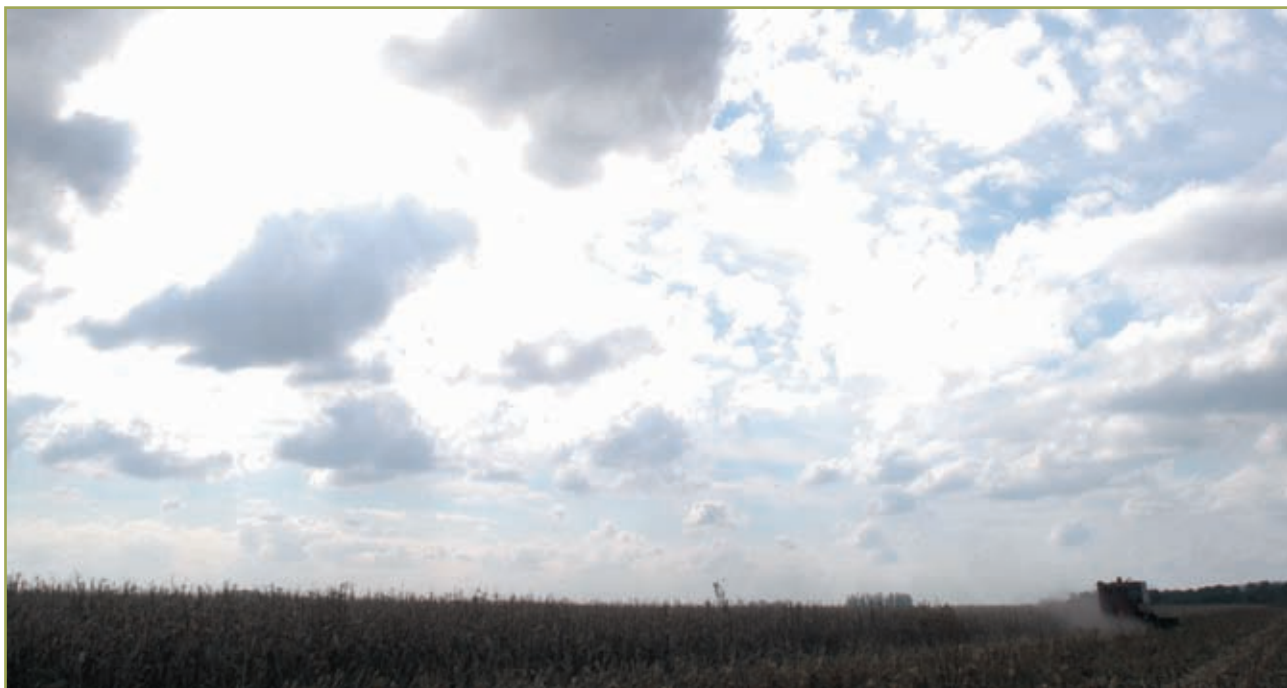
La incorporación de la siembra directa tuvo una función clave en el desarrollo de los sistemas de producción. Por un lado, se produjo una intensificación de los modelos agrícolas tradicionales, con mayor participación de las rotaciones e incremento en el uso de tecnologías de insumos (por ejemplo, mayor uso de fertilizantes). Esta práctica introdujo cambios que fueron determinantes para el desarrollo de la agricultura: el incremento de la infiltración y la reducción de la evaporación directa por una mayor cobertura (más allá de los cambios físicos y químicos del suelo) fueron atributos que permitieron mejorar la economía del agua en los modelos productivos. Esto implicó una mejora en la eficiencia de uso del agua y de los nutrientes, ventajas que, sumadas al incremento de las lluvias, propiciaron un escenario favorable para la viabilidad ecológica y económica de algunos cultivos y permitieron extender

la frontera agrícola hacia tierras antes consideradas marginales, dedicadas tradicionalmente a la ganadería. No menos importantes fueron los beneficios asociados con la reducción de la erosión de los suelos para sostener la viabilidad de los sistemas más frágiles.

Variabilidad interanual

La variabilidad climática interanual explica la mayor parte de las diferencias de rendimiento entre campañas. El rendimiento está determinado, principalmente, por la cantidad de lluvias que tienen lugar antes y durante el ciclo productivo, por su distribución a lo largo del tiempo, así como por las temperaturas y los niveles de radiación que experimente el cultivo. Los valores que adquieren estas variables a lo largo de los años -en especial, durante los llamados períodos críticos para la generación del rendimiento-, mediados por las características edáficas y por las técnicas de manejo, determinan la variabilidad de la producción de los sistemas agrícolas.

Como se mencionó anteriormente, la introducción de la siembra directa implicó cambios en la dinámica del agua que alteraron la relación entre las variaciones del clima y el rendimiento de los cultivos. Sin considerar el impacto de aquélla sobre las condiciones físicas y químicas de los suelos, el aumento de la infiltración del agua de lluvia junto con la disminución de la evaporación significó una mejora en las condiciones hídricas. Varios estudios han demostrado que esta mejora redun-



Algunas plantas
crecen solas.

Tus cultivos no.



Sentí lo que es sembrar
con nuestra compañía.

MAIZ | GIRASOL | SORGO | TRIGO | SOJA | COLZA
www.sursem.com.ar | 0800-999-SURSEM (7877)



Sursem
Tu próxima semilla

dó en un incremento y una estabilización de los rendimientos. Asimismo, la conservación de la humedad del suelo por la cobertura asociada a la siembra directa y la ausencia de remoción proporcionaron más flexibilidad para la realización de las labores. Como consecuencia, esta práctica contribuyó a reducir la vulnerabilidad de los sistemas de producción frente a las variaciones del clima.

Fuentes de variabilidad interanual

A pesar de la contribución de la siembra directa, la producción agrícola continúa siendo fuertemente dependiente de las variaciones del clima. Por este motivo, es indispensable identificar las principales fuentes de variabilidad climática interanual y evaluar las posibilidades de utilizar la información disponible como una herramienta para encarar la toma de decisiones. En las siguientes secciones, se considera la fuente más importante de variabilidad climática en la región pampeana y se analiza el uso de información para planificar el manejo de los cultivos en siembra directa.

Las variaciones que se producen año tras año tienen su origen en la interacción entre los diferentes componentes del sistema climático. Por su alta capacidad calorífica, los océanos cumplen un papel fundamental en el balance de calor, y en consecuencia, en el funcionamiento del sistema. En tal sentido, gran parte de la variabilidad climática alrededor del mundo y, en particular, en nuestras regiones productivas se relaciona con la variación de las condiciones superficiales de los océanos. En especial, las variaciones en la interacción mar-atmósfera que se producen en el océano Pacífico tropical,

comúnmente conocidas como fenómeno del ENOS (El Niño Oscilación del Sur), constituyen la principal fuente de variabilidad interanual del clima en varias regiones del globo.

El fenómeno del ENOS se puede categorizar en sus dos fases extremas, según las temperaturas de la superficie del océano Pacífico tropical: eventos cálidos o El Niño, y eventos fríos, o La Niña; los años que no se encuentran dentro de estas categorías se denominan Neutros. En la región pampeana, la señal más pronunciada del ENOS se manifiesta en el período octubre-diciembre. Durante los eventos El Niño, las precipitaciones tienden a ser superiores al promedio histórico, mientras que en los años La Niña tienden a ser inferiores. En los años Neutros, las precipitaciones medias son, por lo general, similares al promedio histórico (los años Neutros constituyen alrededor del 50% del total de la serie).

Sin embargo, las señales asociadas a cada fase sobre el clima de una región pueden variar. No todos los fenómenos ENOS son iguales: difieren en inicio, duración e intensidad, y esto se traduce en diferencias en cuanto al impacto de eventos de la misma categoría en el clima de una zona determinada. Así, aunque ante un evento Niña puede esperarse una probabilidad de totales de lluvia menores al promedio, puede haber Niñas anormalmente lluviosas. En la región pampeana, la señal en las lluvias es más nítida en el caso de los eventos La Niña respecto de El Niño.

El fenómeno del ENOS no es el único responsable de las variaciones climáticas en la región pampeana. Existen otros procesos (variaciones en las condiciones de temperaturas del océano Índico o Atlántico) que pueden afectar el clima local y que se encuentran actualmente en estudio. Sin embargo, las fases del ENOS como principal componente de la variabilidad interanual explican parte de las variaciones de rendimiento de los cultivos en siembra directa.

A continuación, se describen las relaciones entre las fases del fenómeno y el comportamiento de los principales cultivos.

Impacto del ENOS en la agricultura

Las señales climáticas del ENOS se manifiestan a través de cambios en el rendimiento de los cultivos. Un estudio realizado por Podestá et ál. (1999) sobre la base de registros de rendimientos obtenidos a nivel nacional (Sagpya) revela incrementos en los rindes de maíz y sorgo durante las fases El Niño y disminuciones durante La Niña. En ambos cultivos, la depresión de los rendimientos en La Niña es, en promedio, más pronunciada y menos variable que el aumento de rendimientos en El



Niño. Del mismo modo, en el cultivo de soja se observan reducciones de rendimiento durante los años La Niña y leves incrementos en El Niño.

Aunque los niveles de producción de trigo a nivel nacional no muestran asociación con la fase del ENOS, sus efectos pueden ser muy importantes en el cultivo subsiguiente (como la soja de segunda).

El impacto de las fases del ENOS puede variar en diferentes regiones de producción. En primer lugar, porque la señal climática del fenómeno no es homogénea a lo largo del país. Luego, porque existen diferencias importantes en las condiciones agroecológicas entre las zonas de producción. Finalmente, porque los planteos productivos (siembra, momento de ocurrencia de períodos críticos, etcétera) también difieren entre distintas regiones productivas.

Así, aunque no se observan fuertes incrementos en los rendimientos de soja durante un evento El Niño en el área núcleo de la región pampeana, el aumento de las lluvias en esta fase sí proporciona aumentos en áreas con mayores limitantes hídricas, tal como ocurre en el norte de Córdoba (gráfico 2). De la misma manera, si bien en el citado estudio realizado por Podestá et ál. no se identificaron asociaciones entre la producción nacional de trigo y las fases del ENOS, en áreas ubicadas al sur de la región pampeana (sudeste y sudoeste), las condiciones térmicas y los planteos de producción tradicionales determinan que los períodos críticos para la generación del rendimiento de trigo ocurran más tarde, cuando las señales del fenómeno ENOS comienzan a fortalecerse.

El ENOS y el manejo de los cultivos

Las tecnologías de manejo de los cultivos inciden de manera diferente según las fases del ENOS. Esto per-

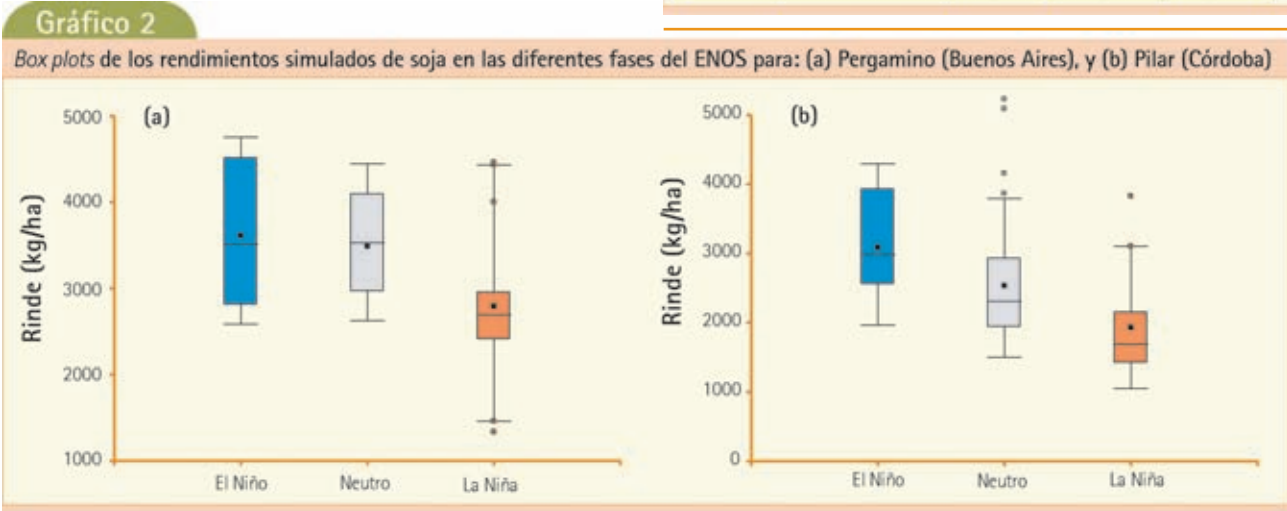
mite adaptarlas para evitar las disminuciones de rendimiento asociadas a los escenarios La Niña y capitalizar las ventajas de los escenarios El Niño. En este sentido, los modelos de simulación resultan herramientas indispensables para evaluar alternativas ante diferentes escenarios climáticos, dado que la realización de experimentos a campo sería extremadamente costosa y requeriría demasiado tiempo. En los resultados que se discuten en los siguientes párrafos (derivados de diferentes trabajos), se utilizaron los modelos incluidos en la carcasa DSSAT (Jones et ál., 2003) para explorar el comportamiento de diferentes estrategias de manejo de maíz y soja en las fases del ENOS. Estos modelos han sido calibrados y validados en diferentes condiciones de campo, en diversos ambientes productivos de la Argentina.

El cuadro 1 muestra un ejemplo para soja de primera en Pergamino (Argiudol típico), donde se simuló el rendimiento de dos genotipos ampliamente utilizados y cuatro fechas de siembra para toda la serie histórica (1931-2005) y para cada fase del ENOS por separado. Los resultados muestran las ventajas de utilizar genotipos de ciclo más corto, sembrados temprano durante El Niño, y genotipos de ciclo más largo, sembrados tar-

Cuadro 1

Rendimiento promedio de distintas estrategias de manejo de soja en las fases del ENOS en Pergamino (t/ha)

Variedad	Fecha de siembra	Promedio histórico	El Niño	La Niña
DM3700	15 de octubre	3,76	4,00	3,12
	1º de noviembre	3,78	3,91	3,31
	15 de noviembre	3,77	3,82	3,46
	30 de noviembre	3,78	3,75	3,63
DM 4800	15 de octubre	3,60	3,82	3,00
	1º de noviembre	3,71	3,84	3,25
	15 de noviembre	3,77	3,83	3,47
	30 de noviembre	3,78	3,76	3,64



de en La Niña. La estrategia de ciclo corto en siembra temprana durante El Niño permite capturar todo el potencial productivo de este planteo, dadas las mayores precipitaciones que tienen lugar en esta fase. Por el contrario, la estrategia de genotipo largo y siembra tardía en La Niña permite retrasar los períodos críticos de generación de rendimiento hacia momentos donde la señal adversa de La Niña se torna más débil (enero-febrero) y la demanda atmosférica es menor. Simultáneamente, el retraso de la siembra en La Niña permite una mayor recarga hídrica del suelo a la siembra.

El gráfico 3 muestra los resultados de diferentes estrategias para el maíz en las distintas fases del ENOS en la localidad de Pehuajó (Hapludol típico profundo, serie Pehuajó). Durante un evento El Niño, la elección de una fecha de siembra temprana (aprox. 15 de septiembre) con niveles altos de nitrógeno (150 kg/ha) permitiría obtener el máximo resultado productivo. Las mayores precipitaciones durante El Niño permitirían obtener una respuesta significativa al aumento del nivel tecnológico del planteo productivo (por ejemplo, dosis de nitrógeno). Contrariamente, durante las fases La Niña, la estrategia que permite obtener los mayores rendimientos implica una siembra relativamente tardía (luego de mediados de octubre) con dosis intermedias de nitrógeno (entre 110 y 130 kg/ha). Tal como ocurre con la soja, el retraso de la fecha de siembra en La Niña permite ubicar la floración del cultivo en momentos en que el balance hídrico resulta menos desfavorable, dado que la señal del fenómeno es más débil. A su vez, los menores niveles de rendimiento asociados con las bajas precipitaciones -condición más probable durante La Niña- suponen requerimientos de nitrógeno más redu-

cidos por parte del cultivo (es decir, disminuyen la respuesta a este nutriente).

El patrón de respuesta de fecha de siembra y nivel de fertilización con nitrógeno en las diferentes fases del ENOS se puede observar en otras regiones de producción (norte de Buenos Aires, norte de Córdoba).

Finalmente, en maíz, la densidad de siembra puede ser otra variable de ajuste ante las fases del ENOS. En un estudio realizado por Royce et ál. (2002), se mostró la conveniencia de aumentar la densidad de siembra ante las fases El Niño y disminuirlas en La Niña.

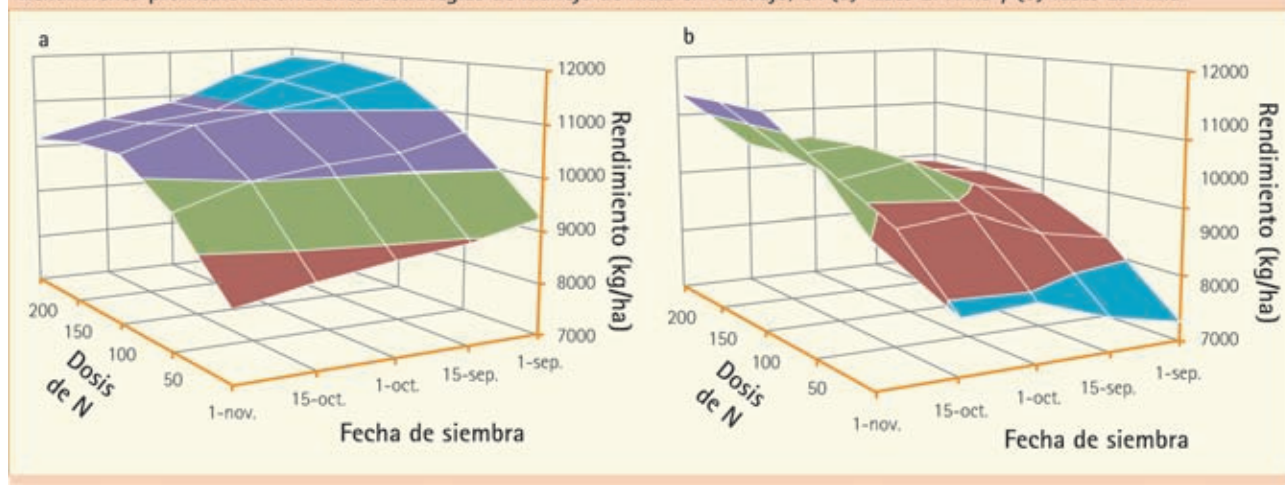
En las regiones en donde se encuentra una asociación entre las fases del ENOS y el rendimiento del trigo, puede justificarse un manejo diferencial del cultivo según la fase esperada. Así, en el sur de la región pampeana (principal área de producción del cereal) podría considerarse realizar un ajuste de la fertilización con nitrógeno ante las fases del ENOS. En estas áreas, el rendimiento disminuye de manera considerable ante las fases La Niña. En estas condiciones, resultaría conveniente disminuir los niveles de nitrógeno objetivo, dado que es esperable obtener una menor respuesta a este nutriente. Sin embargo, la información disponible sobre la interacción entre las fases del ENOS y la fertilización nitrogenada en estas áreas es aún limitada.

Uso de información para la toma de decisiones

La naturaleza caótica de la atmósfera impide predecir su comportamiento más allá de algunos días. Por lo tanto, es imposible anticipar las condiciones climáticas de la próxima estación a través de la mera extensión del pronóstico del tiempo. Sin embargo, dado que es posible predecir el comportamiento de algunas variables del

Gráfico 3

Rendimiento promedio de diferentes estrategias de manejo de maíz en Pehuajó, en (a) fases El Niño y (b) fases La Niña



sistema climático (por ejemplo, de las temperaturas del océano), se pueden delinear algunas tendencias generales.

Los pronósticos estacionales indican desviaciones respecto de una distribución de probabilidad esperada. Por ejemplo, el registro de lluvias en los meses de verano en Pergamino tiene una distribución característica (un determinado promedio, variabilidad). Cuando se esperan condiciones climáticas distintas (por ejemplo, asociadas a una fase del ENOS), la distribución de valores esperados cambia, y puede, por ejemplo, mostrar valores más bajos que lo habitual.

En las últimas décadas, la capacidad de predecir las variaciones del clima año tras año mejoró significativamente. Los avances en la generación de pronósticos fueron posibles gracias a la profundización del conocimiento del sistema climático -que permitió el desarrollo de nuevos y mejores modelos predictivos- y a la creciente capacidad para monitorear su evolución por medio de instrumentos colocados a bordo de boyas, satélites y otros equipos. Como se mencionó, esta predictibilidad está fuertemente asociada a la circulación de la atmósfera tropical y depende principalmente de las anomalías vinculadas con el fenómeno ENOS.

La disponibilidad de pronósticos asociados con el ENOS y la interacción entre el resultado de los cultivos y las fases del fenómeno brindan la posibilidad de reducir la vulnerabilidad de los sistemas agrícolas ante las variaciones del clima. El hecho de conocer cuáles son las condiciones climáticas más probables para el próximo ciclo de producción permitiría ajustar el manejo del sistema para aprovechar condiciones favorables o para atenuar el impacto negativo cuando éstas no lo son.

La respuesta diferencial de los cultivos permite adaptar el manejo del sistema al escenario climático esperado. El gráfico 4 muestra el manejo óptimo simulado (en términos de margen bruto) para un establecimiento de 600 hectáreas en Pergamino frente a distintos escenarios. Para el escenario histórico (es decir, el que considera toda la serie climática de Pergamino), el manejo óptimo simulado incluyó 60% de soja y 40% de trigo-soja de segunda¹. Sin embargo, en El Niño, la decisión que maximiza el margen bruto incluye 100% de trigo-soja de segunda. Este resultado es coherente con los rendimientos de la soja de segunda, que son mayores cuando se asocian a las condiciones favorables de dicho evento. Por el contrario, en La Niña, el máximo margen bruto se alcanzó con 100% de soja sembrada en forma tardía (a fines de noviembre).

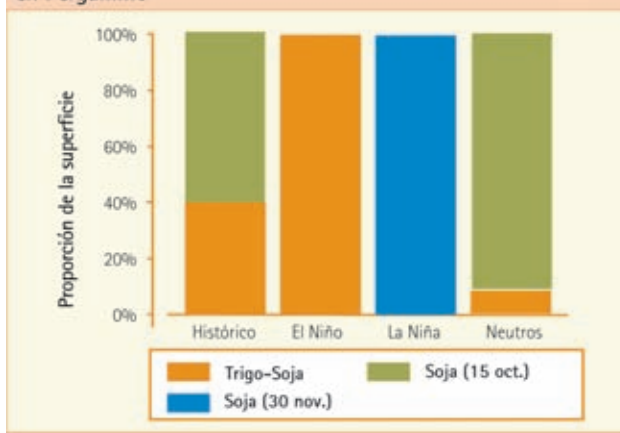
En este último escenario, el doble cultivo trigo-soja de segunda desaparece, dado que su resultado disminuye sensiblemente en esta fase (por la disminución del rendimiento de la soja de segunda). Asimismo, la estrategia incluye la siembra tardía de la soja que, como muestra el cuadro 1, es la de mayor rendimiento en La Niña.

Finalmente, el manejo óptimo en las fases Neutras resulta similar al observado para el escenario histórico (incluye trigo-soja de segunda y soja de primera), dado que los años Neutros representan el 50% de los años de la serie histórica.

El hecho de que el manejo del sistema pueda adaptarse en respuesta a las expectativas climáticas y, de esta manera, alcanzar mejores resultados indica que es posible obtener valor económico a partir de la información climática. Los economistas definen el *valor de la información* como la diferencia entre los resultados de decisiones tomadas con información (en este caso pronósticos) y los resultados de decisiones adoptadas sin ella (en este caso, los valores históricos o climatológicos). Diversos estudios realizados en la región pampeana han mostrado un valor variable de la información climática, que depende del área productiva. Así, Messina (1999) encontró que dicho valor sería de aproximadamente 12, 15 y 35 u\$/ha en Pergamino (Buenos Aires), Santa Rosa (La Pampa) y Pilar (Córdoba), respectivamente. Letson et al. (2009) encontraron valores consistentes con los de Messina para un estudio realizado en Pergamino. Sin embargo, se ha observado que el valor de la información

Gráfico 4

Asignación óptima de superficie (en términos de margen bruto) y manejo simulado en un establecimiento de 600 hectáreas en Pergamino para: (a) el conjunto de años de la serie climática histórica (1931-2005) y (b) las distintas fases del ENOS en Pergamino



¹En el análisis, no se consideran restricciones asociadas a rotaciones de los cultivos. El maíz no aparece en ninguna asignación, dado que con los precios de insumos y los granos utilizados en la simulación (promedio de precios para el periodo 2002-2007), presentó un margen bruto considerablemente menor que el resto de los cultivos.

climática es sensible a las condiciones de precios asumidas para el cálculo (costos directos y precio de granos). En este sentido, Messina (1999) y Magrín y Travasso (2001) hallaron que el valor de la información climática es mayor en la medida en que se eleva el nivel de precios de los granos.

El valor de la información climática puede verse disminuido por la participación de diferentes factores. Entre ellos, los más importantes son la habilidad o precisión del pronóstico y las restricciones eventuales para el manejo del sistema de producción. En este sentido, cuanto más incierto sea el pronóstico, menor será su valor, aunque en la actualidad la ecuación arroja un saldo positivo. A su vez, las restricciones en la asignación de superficie dentro de un establecimiento, asociadas, por ejemplo, con el esquema de rotación de cultivos, puede limitar el valor de la información. Como se señaló en párrafos anteriores, gran parte del valor de la información relacionada con el ENOS proviene de modificar la proporción de los diferentes cultivos en función de la fase esperada.

Comentarios finales

En este capítulo se discutió el impacto de la variabilidad climática de diferentes escalas temporales en interacción con la siembra directa sobre el resultado de los sistemas de producción agrícola. Esta práctica tuvo una función clave al modular el efecto del clima sobre los modelos productivos. Por un lado, junto con el aumento de las precipitaciones que se observa desde mediados

del siglo pasado, la siembra directa fue un factor fundamental para la expansión de la agricultura, principalmente hacia áreas marginales. Por otro lado, a través de los cambios que introdujo en la dinámica del agua del sistema (sin considerar otros impactos positivos en el suelo), contribuyó a disminuir la sensibilidad de la producción agrícola a las variaciones interanuales de las condiciones climáticas.

Sin embargo, a pesar del aporte de esta práctica (y de otras tecnologías) a la estabilización de los rendimientos, nuestros sistemas siguen siendo muy vulnerables a las variaciones del clima. En este sentido, uno de los principales responsables de la variabilidad climática y, en consecuencia, del rinde de los cultivos en siembra directa es el fenómeno del ENOS, que puede explicar hasta el 30% de las variaciones del rendimiento (dependiendo del cultivo y de la región productiva). Asimismo, se mostraron diferentes ejemplos de la respuesta diferencial de las tecnologías de producción de los cultivos ante las fases del fenómeno.

La interacción entre el ENOS y el resultado de los cultivos justifica manejar de manera diferente nuestro sistema de producción según la fase esperada. Hoy en día, se dispone con gran tiempo de anticipación de pronósticos de moderada habilidad que pueden ser utilizados como una herramienta para efectuar el planeamiento. En este sentido, diferentes estudios han mostrado la ventaja económica (que puede ir desde los 12 a 35 u\$s/ha, según la región de producción y los escenarios de precios) de utilizar información climática asociada con el ENOS para facilitar la toma de decisiones. **CREA**



2

Procesos de los suelos en siembra directa

■ Ing. Agr. M. Sc. Rodolfo Gil
INTA Castelar

■ Ing. Agr. Ricardo Pozzi
Asesor de los CREA Las Petacas y San Jorge-Las Rosas



El mantenimiento de la calidad del suelo constituye un aspecto crítico para la sustentabilidad de cualquier modelo de producción primaria. Ello obliga a desarrollar técnicas de manejo productivas, capaces de mantener esa productividad en el tiempo, y competitivas, pero que no descuiden la preservación del ambiente. Para alcanzar esos objetivos, es necesario realizar el ajuste tecnológico y armonizar todos los componentes del sistema: el suelo, el clima y el cultivo, a fin de alcanzar la máxima expresión de productividad y estabilidad ambiental. Un requisito fundamental es contar con información profunda y detallada, que permita no sólo elaborar diag-

nósticos, sino además conocer y entender los cambios que se generan en el agroecosistema y en su dinámica, de acuerdo con las características particulares que definen cada ambiente.

Para emitir un diagnóstico sobre un proceso determinado del suelo, es necesario contar con indicadores de calidad. Por lo general, éstos surgen de variables simples, que al ser correlacionadas, se constituyen en valores referenciales o umbrales. Luego, la comparación de estos valores in situ permite verificar o predecir de manera clara y objetiva, parcial o totalmente, si el proceso en cuestión conduce hacia un sistema de producción sustentable.

Para definir indicadores de la calidad del suelo, normalmente se utilizan ciertas propiedades o atributos, e incluso procesos, que son luego empleados en la elaboración de los diagnósticos.

Estructura funcional del suelo

La estructura del suelo domina todas sus propiedades físicas y, por lo tanto, su funcionamiento. Una manera de entender este funcionamiento es centrar la atención en su sistema poroso, donde se desarrollan todos los procesos físicos, químicos y biológicos.

Dentro del sistema poroso, se debe distinguir aquella porción ligada a la estructura del suelo, que impacta directamente en el balance hídrico (entradas y salidas del sistema), en la dinámica de la relación agua-planta, en la entrada y difusión de gases y de calor, y en el desarrollo y crecimiento de las raíces.

De todas las propiedades del suelo, esa porosidad estructural es, tal vez, la que suele ser alterada con mayor frecuencia por las operaciones del agricultor. De allí que todos aquellos atributos y procesos que estén relacionados con ella se conviertan en indicadores útiles de calidad.

Cuando se analiza el funcionamiento del sistema poroso, las principales características por considerar son su geometría y su estabilidad. La geometría del espacio poroso comprende la distribución del tamaño de los poros y su continuidad. La estabilidad está muy relacio-

nada con la textura y con los niveles de materia orgánica. Estas características de tamaño y estabilidad pueden ser fácilmente modificadas por la labranza (incluido el no laboreo o siembra directa) y por todo lo vinculado con la actividad biológica, como las rotaciones, la intensidad de uso, el manejo de los barbechos, el nivel nutricional, etcétera; es decir, aquello que se relaciona con el uso de los recursos, el secuestro del carbono y los procesos de descomposición.

Funcionamiento estructural del suelo

Es conveniente recordar que la dinámica de los procesos de los suelos (agua, energía y materia) está condicionada por un patrón natural, heterogéneo y anisotrópico. En la práctica, resulta bastante difícil mensurar este patrón (por no decir que muchas veces se torna una tarea prácticamente imposible). Sin embargo, hay una serie de atributos que, analizados e interpretados convenientemente, permiten elaborar diagnósticos consistentes acerca del impacto de las prácticas de manejo. Parámetros físicos tales como la materia orgánica, la profundidad efectiva de las raíces, la densidad aparente, la resistencia mecánica, la textura y la capacidad de almacenaje fueron considerados desde siempre indicadores de caracterización del suelo. Sin embargo, no siempre resultan suficientes cuando se los considera como datos puros o aislados. Estos parámetros son a menudo interdependientes, tal como ocurre con la porosidad total, la porosidad de aireación -estructural o efectiva- y la conductividad hidráulica. Por lo tanto, resulta muy conveniente realizar un análisis integrado para comprender y explicar muchos de los procesos que ocurren, tanto físicos como químicos y biológicos.

Por ejemplo, contar con un alto nivel de humedad en el suelo no siempre garantizará que se cubran los requerimientos del cultivo. El estado hídrico de la planta no depende únicamente de la tensión hídrica del suelo y del desarrollo del cultivo, sino también de la demanda climática, de la capacidad de exploración de las raíces y de la habilidad del suelo para entregar agua a la planta en relación con su conductividad hidráulica. Por lo tanto, las constantes hídricas de *capacidad de campo* y *punto de marchitez permanente* no necesariamente explican, si se las considera en forma aislada, el modo en que el manejo afectará las relaciones suelo-agua-planta. Sin embargo, si se los analiza en forma integral, la mayoría de los atributos físicos mencionados refleja sensiblemente el efecto que el manejo cultural (rotaciones, laboreos) tiene directa e indirectamente sobre la eficiencia de uso del agua.



En una sola tarjeta, todo lo que necesita para su campo y para usted.



Acceda a los beneficios de Tarjeta Santander Río Agro:⁽¹⁾

- FINANCIACIÓN A TASA FIJA HASTA 270 DÍAS DE PLAZO.⁽²⁾
- PAGO A CONVENIR SEGÚN SU CICLO PRODUCTIVO.⁽³⁾
- MÁS DE 3.000 COMERCIOS ADHERIDOS.
- FINANCIACIÓN DE INSUMOS, MAQUINARIA, HACIENDA Y SERVICIOS.
- CON LOS MEJORES AHORROS PARA SUS COMPRAS PERSONALES

Solicite su Tarjeta al **CENTRO AGRO:**

4341-3048 o al **0800-222-2552**

de lunes a viernes de 9 a 18 hs.

santanderrio.com.ar/agro



Santander Río

EL VALOR
DE LAS IDEAS

www.santanderrio.com.ar

(1) OTORGAMIENTO SUJETO A CONDICIONES DE CONTRATACIÓN Y APROBACIÓN DE BANCO SANTANDER RÍO S.A. CONDICIONES VIGENTES DESDE EL 01/03/09 HASTA EL 31/07/09. (2) COSTO FINANCIERO TOTAL: 20,46%. TASA EFECTIVA ANUAL: 20,46% TASA NOMINAL ANUAL: 19,50%. (3) ÚNICAMENTE EN LOS COMERCIOS ADHERIDOS AL PLAN VISA AGRO QUE PODRÁ CONSULTAR EN WWW.SANTANDERRIO.COM.AR O EN SUCURSALES. BANCO SANTANDER RÍO S.A. ES UNA SOCIEDAD ANÓNIMA SEGÚN LA LEY ARGENTINA. NINGÚN ACCIONISTA MAYORITARIO DE CAPITAL EXTRANJERO RESPONDE POR LAS OPERACIONES DEL BANCO, EN EXCESO DE SU INTEGRACIÓN ACCIONARIA (LEY 25.738). DOMICILIO DE BANCO SANTANDER RÍO S.A. BARTOLOMÉ MITRE 480, CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES. CUIT: 30-50000845-4.

Del mismo modo, el nivel de materia orgánica total del suelo no indica por sí sólo si la rotación en uso cumple con el mantenimiento adecuado a las características ambientales de la tríada suelo-clima-cultivo. Pero la comprensión del comportamiento de las distintas fracciones de la materia orgánica junto con el estudio secuencial de la biomasa aportada por los cultivos y su descomposición contribuirán a comprender la dinámica de estos procesos, a fin de ajustar la tecnología que permita mantener un balance adecuado de carbono en el suelo.

En síntesis, a la hora de establecer qué parámetros conviene medir, se deberían seleccionar aquellos indicadores capaces de reflejar con claridad el estado funcional de los suelos en los distintos agroecosistemas y de evidenciar los cambios en la dinámica de los procesos, provocados por el impacto de las prácticas de manejo. En definitiva, un indicador de calidad debería ser capaz de indicar y predecir lo que está pasando en el suelo. Del mismo modo, la interpretación de la información obtenida debería ser siempre realizada desde una perspectiva integral de sistema.

Manejo y carbono orgánico

La intensificación de la agricultura en la región pampeana ha conducido a la degradación física, química y biológica de los suelos. Michelena y col. (1989) han demostrado una caída en los niveles de estabilidad estructural, de materia orgánica y de nutrientes desde que los suelos fueron puestos en producción.

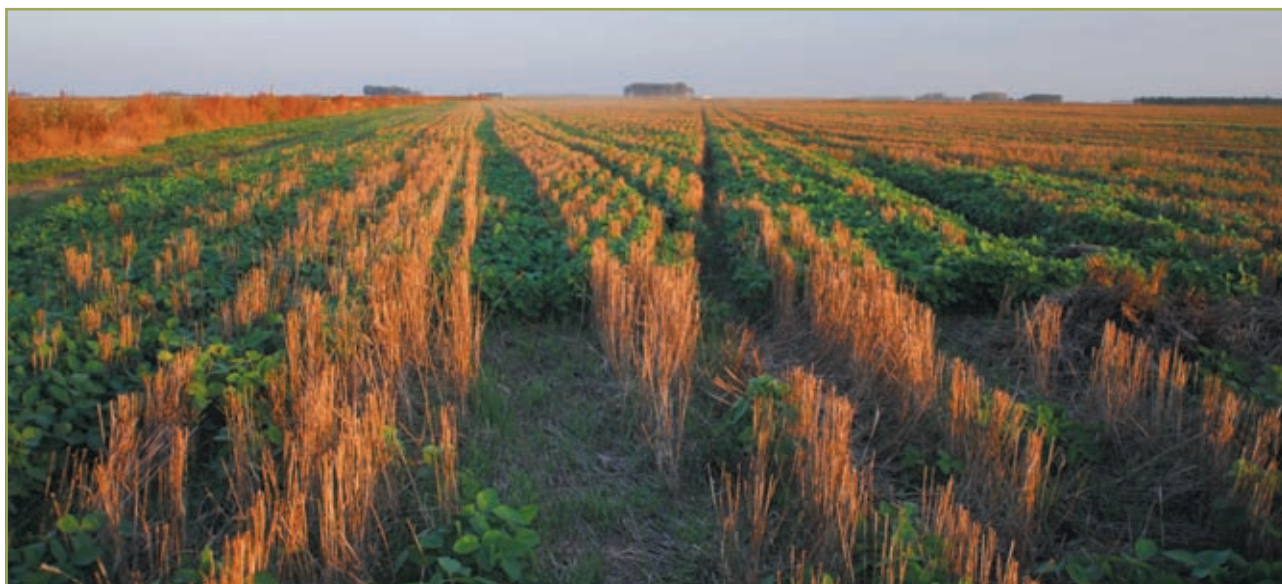
En los últimos años, en la mayor parte de esta región se adoptó la siembra directa, que introdujo cam-

bios beneficiosos para la sustentabilidad del sistema. En el corto plazo, esta técnica tiende a mejorar la economía del agua del cultivo por disminución de la evaporación y aumento de la infiltración, provocadas por la cobertura de rastrojos y el efecto de las raíces. En el largo plazo, permite la recomposición de los estados estructurales degradados a través de la repoblación de la mesofauna y la descomposición de rastrojos y raíces de cultivos anteriores no perturbados por las labranzas (Pilatti y col. [1988]).

La materia orgánica no es sólo un reservorio de nutrientes para las plantas; constituye el principal factor de estabilización de la estructura superficial del suelo, requisito indispensable para la expresión sustentable de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, que permite, además, retener los incrementos de CO₂ atmosféricos que provocan el efecto invernadero.

En el suelo existen dos fracciones de materia orgánica: la materia orgánica estable o humus, producto resultante de la descomposición y transformación total de los residuos orgánicos y la síntesis microbiana, y la materia orgánica liviana, compuesta por restos orgánicos de animales, plantas y microorganismos transformados en forma incompleta.

La fracción liviana o macromateria orgánica representa un estado transitorio de la materia orgánica entre residuos frescos y la materia orgánica estable o humificada. Está enriquecida en carbono orgánico y nutrientes, y es el hábitat de los microorganismos, además de ser un sitio de intensa actividad biológica por su contenido de carbono y nitrógeno. De un modo activo, participa en la formación de microagregados estructurales.



Además, con su permanente reciclado de minerales (nitrógeno, fósforo, azufre), es una fuente permanente del aporte natural de fertilizantes.

Dado que esta fracción no está completamente asociada a la parte mineral del suelo, no cuenta con protección y es, por lo tanto, la más susceptible al ataque de los microorganismos y sus enzimas. De allí que la mayor parte del carbono orgánico que se pierde rápidamente cuando un suelo es puesto bajo laboreo pueda ser atribuido a la pérdida del carbono de la fracción liviana.

La estabilidad de agregados ha mostrado ser función de la materia orgánica. El gráfico 1 muestra la estrecha relación entre ambos índices de fertilidad física para un Argiudol vértico de Entre Ríos que ha permanecido en siembra directa durante los últimos 10 años. El valor más alto de materia orgánica joven corresponde a esta fracción presente en un sector que no ha sufrido alteraciones en los últimos 50 años.

Manejo y estructura del suelo

Gran parte de la calidad y la salud que definen la capacidad productiva de un suelo dependen de su condición estructural. En condiciones óptimas, un suelo debería presentar una estructura estable, capaz de permitirle al vegetal la expresión de su potencial de crecimiento, sobre todo de su sistema de raíces, sin impedimentos para la exploración. Por lo general, el deterioro físico del suelo se manifiesta a través de una caída significativa en la velocidad de infiltración por reducción de la macroporosidad y de la exploración radical, que vuelven al cultivo proclive a sufrir deficiencias hídricas.

La relación entre la porosidad y la capacidad del

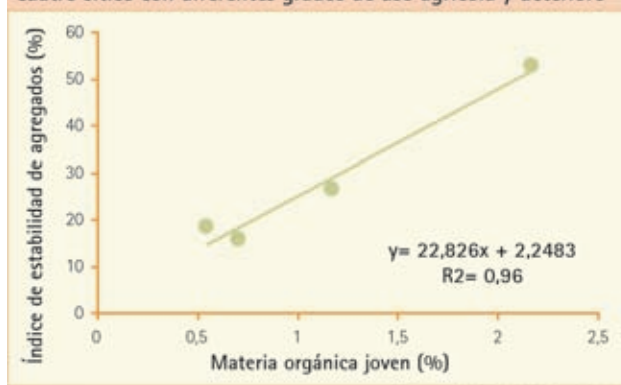
suelo para el almacenaje y movimiento del agua es fundamental. Desde el punto de vista agronómico, la distribución de tamaño de los poros no sólo incide en la cantidad de agua que el suelo es capaz de retener, sino que, además, regula la energía con que ésta es retenida y el movimiento que efectúa hacia la planta, la atmósfera y otras zonas del suelo.

De una manera sencilla, se pueden identificar dos categorías: poros muy pequeños, relacionados en gran medida con la textura del suelo, que participan en la capacidad de almacenaje, y otros de mayor tamaño, vinculados con la estructura, que hacen lo propio en el movimiento del agua, en la aireación y en la capacidad de enraizamiento.

La textura, es decir la proporción de arena, limo y arcilla, es una propiedad que difícilmente pueda ser

Gráfico 1

Relación entre la materia orgánica joven (%) y el índice de estabilidad de agregados (%) para un suelo de Gualaguay en cuatro sitios con diferentes grados de uso agrícola y deterioro



Fuente: R. Pozzi y L. Pozzi, 2008.



modificada. En cambio, la estructura -la forma en que se ordenan las partículas minerales y orgánicas- puede verse muy afectada por las técnicas de manejo utilizadas, principalmente por las labranzas y por todo aquello que esté relacionado con el aporte de materiales orgánicos, como la secuencia de cultivos y las rotaciones.

Por la elevada afinidad que existe entre el movimiento del agua y la estructura del suelo, los valores de medición de la conductividad hidráulica y de la capaci-

dad de infiltración se convierten en indicadores muy apropiados para diagnosticar el estado o la condición estructural del suelo, y la posibilidad de ajustar las recomendaciones de manejo. Como el agua sólo se trasmite a través de los poros, el flujo será proporcional a su diámetro y disminuirá conforme éste se reduzca.

En un trabajo comparativo de condición de suelo realizado en diferentes lotes de producción sobre suelos Argiúdoles, se aplicó la metodología del infiltrómetro de tensión (Gil, 2006). Se realizaron mediciones de infiltración a flujo saturado y no saturado, de manera de poder separar la contribución de los poros de hasta un milímetro y comparar los efectos de la porosidad total y de los macroporos mayores de un milímetro atendiendo a su contribución a la velocidad de infiltración asociada con las raíces lignificadas y la mesofauna del suelo (gráfico 2).

Como se puede apreciar, ambas medidas están íntimamente relacionadas con el índice de estabilidad de agregados, pero aquella que representa la macroporosidad es la que mejor explica su variación.

En el CREA San Jorge-Las Rosas, durante las campañas 1998 a 2005, se realizaron experimentos tendientes a mejorar la condición física de los suelos Argiúdoles típicos con diferente historia agrícola, utilizando dos secuencias de cultivos con diferentes proporciones de participación de gramíneas (una bianual: trigo/soja de segunda-maíz, y una trianual: trigo/soja de segunda-maíz-soja de primera [cuadro 1]).

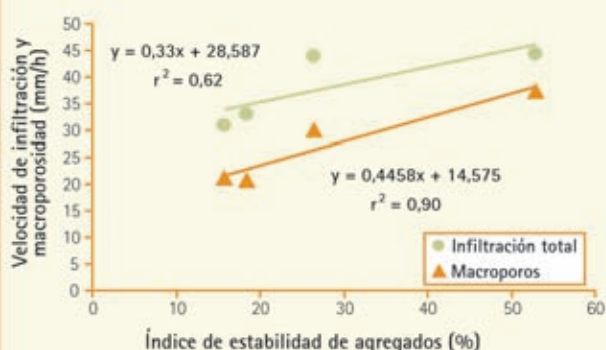
Al cabo de siete campañas, se evaluó la evolución de las condiciones físicas de ambos sitios, utilizando como indicadores la proporción de carbono orgánico particulado (o joven) y la velocidad de infiltración (gráficos 3 y 4).

Como se desprende del gráfico, una rotación agrícola que aporte mayor proporción de gramíneas al sistema genera un crecimiento del porcentaje de la materia orgánica joven o particulada.

La cantidad y calidad de los residuos aportados juega un rol importante en el establecimiento de nuevos equilibrios de carbono; por lo tanto, es imprescindible conocer la magnitud y las características de estos aportes. El maíz es el cultivo que deja la mayor cantidad de rastrojo, mientras que el trigo se distribuye en forma más

Gráfico 2

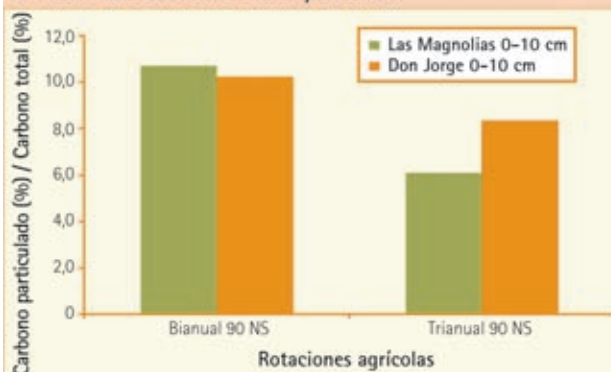
Relación entre el índice de estabilidad de agregados y la infiltración medida en flujo saturado (círculos) y no saturado (triángulos)



Fuente: L. Pozzi y R. Pozzi, 2008.

Gráfico 3

Relación carbono orgánico particulado/Carbono total para dos secuencias de cultivos en los primeros 10 centímetros de suelo en rotación bianual y trianual



CREA San Jorge-Las Rosas, 2006.

Cuadro 1

Años de agricultura y años en siembra directa. Parámetros orgánicos y porcentaje de estados compactados en horizonte Ap evaluados a comienzos del ensayo

Ensayo	Años de agricultura	Años en siembra directa	Carbono total (%)	Nitrógeno total (%)	Azufre total (%)	Carbono total/ Nitrógeno total	Carbono total/ Azufre total	Nitrógeno total/ Azufre total	Estados compactados (%)
DJ	8	4	1,82	0,149	370,5	12,2	49,1	4,0	61,4
MG	>25	2	1,62	0,144	217,7	11,3	74,4	6,6	0,0

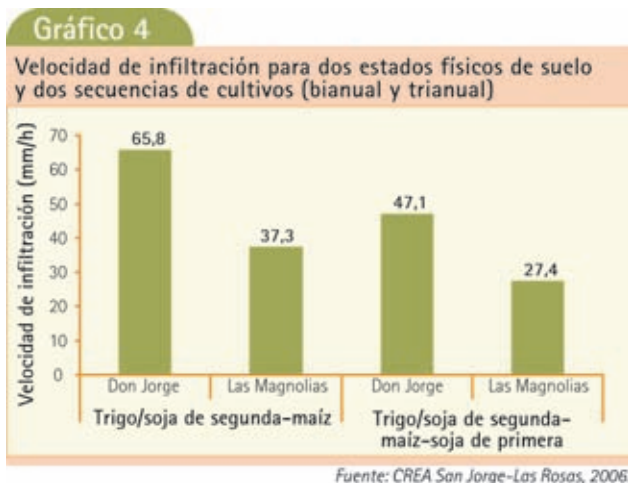
uniforme. Entre ambos generarán más cambios favorables en la medida en que aumenta su participación en la rotación de cultivos.

En esas mismas parcelas, fueron medidas las velocidades de infiltración. Los resultados se observan en el gráfico 4.

Una vez más, se observa una mejora en las condiciones físicas medidas a través de la infiltración, siempre más favorables en los casos en los que hubo una prevalencia histórica de gramíneas, como el trigo y el maíz.

En definitiva, la sustentabilidad de los sistemas agrícolas está muy ligada a la adopción de secuencias de cultivos que aporten elevados volúmenes de residuos con alta relación carbono/nitrógeno, como es el caso del maíz y del trigo, que generan agregados estables y alta proporción de macroporos que favorecen la infiltración.

CREA



3

Manejo de la fertilización en siembra directa

■ Dr. Fernando O. García e Ing. Agr. M. Sc. Ignacio A. Ciampitti
Instituto Internacional de Nutrición de Plantas (IPNI) Cono Sur



La siembra directa es un sistema de manejo que implica el mantenimiento de una cobertura de residuos y la no remoción del suelo. Con esta práctica, se genera un ambiente con mayor humedad que en labranza convencional, debido principalmente a la menor tasa de evaporación.

Las variaciones de temperatura en el suelo también son menores que en labranza convencional, debido al efecto aislante de los residuos, al menor *albedo* (la cantidad de energía reflejada por la superficie) y al mayor contenido de agua.

La ausencia de remoción también beneficia otras propiedades del ambiente físico del suelo, tales como la

densidad aparente, la porosidad, la aireación y la resistencia a la penetración. Además, se produce una estratificación de los nutrientes, en especial, los de menor movilidad, como el fósforo.

A su vez, los cambios en la cantidad y la distribución de la materia orgánica y de las propiedades físicas y químicas del suelo tienen efectos directos e indirectos sobre la población microbiana, cuya actividad gobierna total o parcialmente la dinámica de nutrientes como el nitrógeno, el fósforo y el azufre.

La siembra directa ha sido adoptada en aproximadamente el 70% del área cultivada por año en el país

(Aapresid, 2009). Este elevado nivel de adopción determinó que las mejores prácticas de manejo de nutrientes y fertilizantes se hayan desarrollado en este sistema durante los últimos 15 años. Las diferencias en el manejo de nutrientes en sistemas de siembra directa y labranza convencional son numerosas. En este capítulo, se resumen las principales prácticas de manejo de nutrientes y fertilizantes en siembra directa, en sistemas de producción de grano de la región pampeana argentina, donde los nutrientes más deficitarios son, con frecuencia, el nitrógeno, el azufre y el fósforo.

Manejo de nutrientes y fertilizantes

Las mejores prácticas de manejo de fertilizantes involucran la aplicación de la dosis justa con la fuente adecuada, en el momento y en la ubicación correctos (Bruulsema et ál., 2008; figura 1). Dichas prácticas deben responder a los objetivos del productor: productividad, rentabilidad, sustentabilidad del sistema de producción y protección del ambiente biofísico y social. Por otra parte, estos objetivos deben ser coherentes con los cri-

terios de sustentabilidad económica, ecológica y social comunes a toda la sociedad.

Las prácticas de manejo de nutrientes y fertilizantes se basan en principios científicos globales que también pueden ser aplicados en el establecimiento o el lote. Su empleo difiere ampliamente según el sistema de cultivo en consideración (características ecológicas de la región, rotaciones, etcétera). Algunos ejemplos de principios científicos aplicables al desarrollo de las mejores prácticas de manejo son el conocimiento de los procesos de transformación de los nutrientes, de la interacción entre éstos y otros factores de producción, de sus efectos sobre la calidad de los cultivos y de la compatibilidad de mezclas fertilizantes.

Las prácticas de manejo son evaluadas a través de indicadores que miden su impacto en el lote/ambiente o en forma global. Entre los más utilizados para el uso de fertilizantes, se destaca la eficiencia de uso de los nutrientes, definida, en términos generales, como la relación entre la producción y la cantidad de nutriente introducida al sistema. Otros indicadores, como la eficiencia de uso del agua o de la energía, cuantifican los

Figura 1

Marco global para las mejores prácticas de manejo para el uso de fertilizantes



Fuente: Bruulsema et ál., 2008.



En todas partes, en cada región de Argentina, hay un **Distribuidor Profertil** que sabe cómo acompañarte en las decisiones. Porque no se trata sólo de ponerle mucho. Hay que saber qué fertilizante aplicar, cuándo, cuánto y cómo aplicarlo correctamente, y en eso nadie la tiene más clara que ellos.

Los **Distribuidores Profertil** saben de qué están hablando: de hacer que tu campo rinda más, ahora y para siempre.

Y lo dicen en tu mismo idioma.



Nutrientes para el campo

Comunicate con el Centro de Atención al Cliente (0800-666-7763 PROF) de 8 a 17 hs para contactarte con tu **Distribuidor Profertil** más cercano.

efectos de las medidas de manejo sobre los recursos e insumos frecuentemente limitantes.

Algunas consideraciones de importancia al analizar las prácticas de manejo de los fertilizantes son las siguientes:

- La decisión de implementar medidas de manejo de fertilizantes impactan sobre la productividad y la sus-

tentabilidad del suelo, un recurso finito no renovable sobre el que se basa la producción agropecuaria.

- Las prácticas de manejo en el uso de fertilizantes (dosis, fuente, momento y ubicación) interactúan entre ellas y con las condiciones edafo-climáticas, así como con otras prácticas de manejo de suelo y del cultivo.

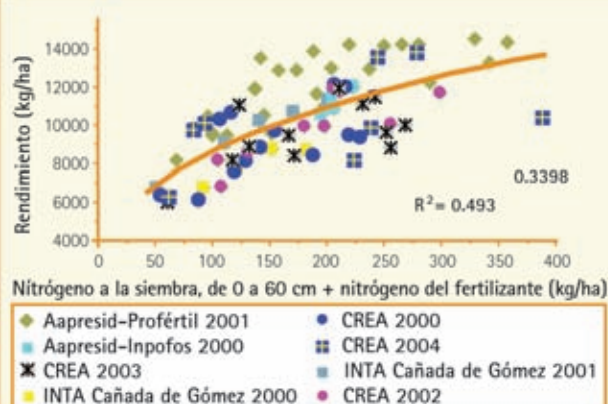
La interacción entre los nutrientes es muy importante, debido a que la deficiencia de alguno de ellos puede restringir la absorción y la utilización de los demás. Numerosos estudios han demostrado la importancia de una nutrición balanceada de los suelos y los cultivos.

- La combinación adecuada de la dosis, la fuente, el momento de aplicación y la ubicación es específica para cada condición de lote o sitio.

- Las mejores prácticas de manejo no afectan únicamente al cultivo inmediato; con frecuencia, inciden en los cultivos subsiguientes de la rotación. En muchos casos, los efectos residuales pueden ser de gran significancia.

Gráfico 1

Rendimiento de maíz en función de la disponibilidad de nitrógeno a la siembra



Dosis correcta

Tanto las aplicaciones excesivas como las deficitarias pueden reducir la eficiencia de uso de los nutrientes o generar pérdidas de rendimiento o de calidad del cultivo. Los análisis de suelos constituyen la mejor herramienta para determinar su capacidad de proveer nutrientes; sin embargo, para realizar recomendaciones apropiadas es necesario efectuar una calibración local, contar con una amplia base de datos y realizar una actualización periódica.

Nitrógeno

El método más difundido para determinar las necesidades de este nutriente en trigo y maíz es la calibración de umbrales críticos de disponibilidad de nitrógeno a la siembra (suelo + fertilizante). Estos umbrales varían según la zona y el nivel de rendimiento objetivo. Resultados experimentales recientes indican que disponibilidades de 120-180 kg/ha de nitrógeno para trigo y de 140-180 kg/ha para maíz maximizan el beneficio económico de la fertilización nitrogenada.

En el gráfico 1, se observa la relación entre el nitrógeno disponible a la siembra y el rendimiento del cultivo de maíz en diferentes redes de ensayos. Para alcanzar rendimientos de 10.000 kg/ha, la disponibilidad de nitrógeno a la siembra debería ser de 150-170 kg/ha. En este caso, el análisis de nitrógeno a la siembra es importante como herramienta predictiva, debido a que presenta un ajuste del 50% con los rendimientos del maíz para diferentes localidades en cinco años climáticos diversos. Sin embargo, la respuesta de este cultivo suele presentar una amplia variabilidad según la disponibilidad de nitróge-



En Bunge, apostamos al crecimiento de todos generando oportunidades para nuestros clientes y las comunidades donde operamos.

Nuestra fábrica de SSP, situada en el Complejo Industrial Ramallo, cuenta con una producción anual estimada de 200.000 toneladas. Una gran inversión que refuerza nuestro compromiso y acompaña el desarrollo del sector.

Bunge, una gran inversión, un mayor compromiso.

BUNGE

Casa Central: 25 de Mayo 501 (1002) Bs. As. - Conmutador: (011) 4324-2000 - Rosario: (0341) 5123300 - Tancacha, Córdoba: (03571) 460125 / 162 - Tandil: (02293) 15551118 - Necochea: (2262) 449-000 - Bahía Blanca: (0291) 4529070 - Gral. Villegas: (03388) 15451261 - Arroyo Corto: (02923) 496091 - Pergamino: (02477) 15557501 - Venado Tuerto: (03462) 400963 - Rafaela: (0341) 155895250 - Entre Ríos: (0341) 1516571867 - Luján de Cuyo, Mendoza: (0261) 155691992 - Tucumán: (0381) 4891012 - Las Lajitas, Salta: (03877) 421635 - Avia Terai, Chaco: (03732) 491500 / 400 - R. Saenz Peña, Chaco: (03732) 15585889

no a la siembra, posiblemente, debido a variaciones en el nitrógeno mineralizado durante el ciclo del cultivo, a pérdidas del nitrógeno disponible a la siembra, a diferencias en el potencial de rendimiento, a las condiciones climáticas, a deficiencias de otros nutrientes u otros factores.

Si se consideran ambientes contrastantes a nivel zonal (profundidad de suelo, agua a la siembra, profundidad de napa, etcétera), la generación de ajustes locales para esta metodología, así como la contribución que pueden ofrecer parámetros de capacidad de aporte de nitrógeno por mineralización durante el ciclo del cultivo (como la

materia orgánica joven o particulada, o el nitrógeno anaeróbico), contribuyen a mejorar la predictibilidad considerada en la toma de decisiones.

La determinación de la concentración de nitratos (en el jugo de base de los tallos de trigo y maíz, o en pecíolos del girasol) o del nitrógeno total puede contribuir a un mejor diagnóstico de fertilidad. La calibración de nitratos en savia y la respuesta a la aplicación de nitrógeno deben ajustarse a nivel local.

Otras herramientas disponibles para mejorar el diagnóstico de este nutriente son la determinación del índice de verdor, con el clorofilómetro, y los sensores remotos. Estos últimos se encuentran en una etapa de investigación en la Argentina, y se estima que permitirán generar recomendaciones de dosis variable de nitrógeno en tiempo real.

El uso de modelos de simulación es otra alternativa que permite incluir características específicas de suelo, manejo de cultivo y riesgo climático en la recomendación de la dosis correcta de nitrógeno. El software Triguero (Satorre et ál., 2005) ha sido ampliamente evaluado, y junto con Maicero, programa que se encuentra en evaluación, pueden ser utilizados como herramienta para la toma de decisiones en distintas regiones.

Gráfico 2

Respuesta a la aplicación de fósforo en kilos de trigo por kilo de fósforo aplicado en 53 ensayos realizados entre 1996 y 2004

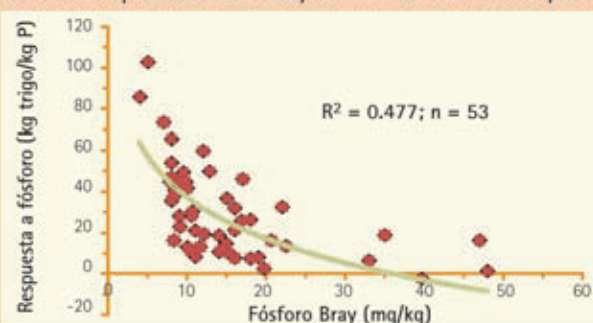


Gráfico 3

Respuesta a la aplicación de fósforo en kilos de soja por kilo de fósforo aplicado en 101 ensayos realizados entre 1996 y 2004

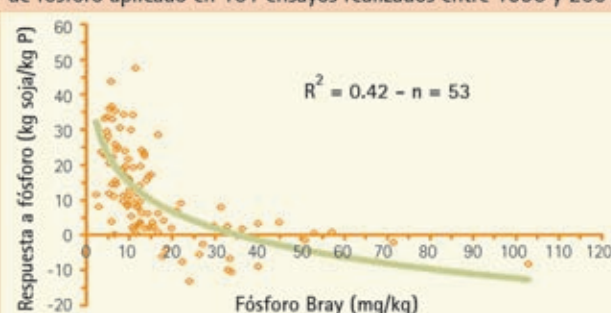
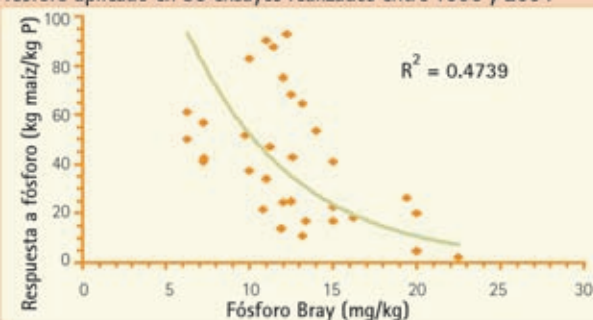


Gráfico 4

Respuesta a la aplicación de fósforo en kilos de maíz por kilo de fósforo aplicado en 35 ensayos realizados entre 1996 y 2004



Fósforo

La evaluación de la fertilidad fosfatada de los suelos argentinos se basa en el análisis en presiembra que determina el nivel de fósforo Bray a 0-20 centímetros. Esta metodología ha sido probada y se recomienda para todos los cultivos. Las calibraciones efectuadas sugieren niveles críticos por debajo de los cuales la probabilidad de respuesta es elevada: rangos de 15-20, 13-18 y 10-14 mg/kg de fósforo Bray para trigo, soja y maíz, respectivamente (gráficos 2, 3 y 4).

Una vez conocido el nivel de fósforo Bray del suelo, el criterio de fertilización puede definirse como de *suficiencia* o de *construcción y mantenimiento*. El criterio de suficiencia genera recomendaciones de fertilización sólo por debajo del nivel crítico, buscando maximizar el retorno de la inversión en fertilizante y la eficiencia de aplicación del fósforo aplicado en el corto plazo. Se recomienda en suelos fijadores de fósforo.

El criterio de construcción y mantenimiento aconseja realizar aplicaciones de fertilizantes fosfatados con el objetivo de subir o mantener el nivel de fósforo por encima del nivel crítico, para evitar pérdidas de rendimiento provocadas por limitaciones de abastecimiento de este nutriente. Se procura de este modo maximizar la efectividad del sistema, optimizando la eficiencia de uso del fósforo a mediano y largo plazo.

Optar por uno u otro criterio es una decisión empresarial que depende de factores tales como la tenencia de la tierra (propietario, arrendatario) o la disponibilidad de capital. Probablemente, en muchas situaciones la decisión más acertada resulte de la consideración de ambas circunstancias.

La determinación de la dosis según el criterio de suficiencia puede realizarse considerando el nivel de fósforo Bray del suelo y el nivel de Bray objetivo para el cultivo. La siguiente ecuación permite calcular los kilos de fósforo necesarios para aumentar 1 ppm el P Bray:

$$\text{Dosis de fósforo (kg/ha)} = \frac{0,1 * [\text{Densidad aparente (t/m}^3\text{)} * \text{Profundidad (cm)}]}{\text{Coeficiente } b}$$

El valor del coeficiente *b* varía según el nivel inicial de P Bray, el contenido de arcilla y la zona. Como ejemplo, un suelo con 20% de arcilla de la zona norte de la región pampeana necesitaría tres kilos de fósforo por hectárea para aumentar 1 ppm el fósforo Bray, es decir que, si el valor inicial de Bray es de 8 ppm y el cultivo requiere 15 ppm, se deberían aplicar 21 kg/ha de fósforo, equivalentes a 120 kg/ha de fosfato diamónico.

Según el criterio de construcción y mantenimiento, las dosis se estiman a partir de la extracción de fósforo en grano y las necesidades de fósforo para incrementar el nivel de Bray a largo plazo.

Azufre

En el caso del azufre, diversas redes de ensayos han permitido determinar umbrales críticos de S-sulfatos a 0-20 centímetros de profundidad en presiembrá cercanos a 10 mg/kg, por debajo de los cuales la respuesta es altamente probable. Sin embargo, no se han podido generalizar niveles críticos que sirvan de guía para la toma de decisiones.

Con frecuencia, los ambientes deficientes en azufre incluyen una o varias de las siguientes condiciones: suelos degradados, muchos años de agricultura continua (especialmente soja), historia de cultivos de alta producción con fertilización nitrogenada y fosfatada, sue-

los arenosos con bajo contenido de materia orgánica o sin aporte de sulfatos por presencia de napas freáticas superficiales. Las dosis de azufre recomendadas varían, según el nivel de rendimiento esperado y la historia agrícola del lote, entre 10 y 20 kg/ha de azufre para trigo/soja, 10 y 15 kg/ha en soja de primera y entre 5 y 15 kg/ha en maíz.

Otros nutrientes

En la región pampeana, la intensificación de la agricultura ha provocado una disminución de los niveles de bases (calcio, magnesio) y del pH en algunos suelos, con respuestas significativas a la aplicación de enmiendas calcáreas o dolomíticas en alfalfa y soja. Así, se han determinado deficiencias y respuestas a boro (B) y zinc (Zn) en maíz y soja. Otros trabajos han demostrado la importancia de una adecuada nutrición con molibdeno (Mo) y cobalto (Co), y las respuestas en rendimiento cuando estos nutrientes se aplican junto con la semilla y el inoculante.

En trigo se han determinado respuestas significativas a cloro (Cl) en 40% de los 25 ensayos evaluados entre 2000 y 2006. En todos estos casos, se debe analizar en detalle la información disponible a nivel local. Ésta es un área en la cual se deben enfatizar las futuras investigaciones tendientes a proveer bases científicas para efectuar la toma de decisiones.

Fuentes

Nitrógeno

Las principales diferencias entre las diversas fuentes nitrogenadas en cuanto a la eficiencia de uso del nitrógeno se observa precisamente cuando este tipo de fertilizantes no es incorporado. En esta situación, la urea o el UAN pulverizado pueden perder nitrógeno en forma de amoníaco por volatilización, que es significativa con temperaturas superiores a los 15 °C, humedad en el suelo o rastrojo, presencia de abundante cantidad de



residuos y precipitaciones menores de 8-10 milímetros dentro de los 4-7 días posteriores a la aplicación. Fuentes o aditivos de reciente desarrollo en el mercado permiten reducir estas pérdidas.

Fósforo

La eficiencia de uso por unidad de fósforo de los principales fertilizantes fosfatados disponibles en el mercado es equivalente: superfosfato triple y simple, y los fosfatos mono y diamónico. En cada caso, difieren fundamentalmente por los nutrientes que acompañan al fósforo.

Azufre

Las fuentes azufradas que contienen sulfatos presentan similar eficiencia de uso. El yeso, de menor solubilidad, debe aplicarse en partículas de tamaño pequeño para establecer un buen contacto con el suelo y ver facilitada su disolución. Es importante considerar la calidad física y química del yeso por utilizar.

Momento de aplicación

Para mejorar la eficiencia de uso de los distintos nutrientes se requiere una gran sincronía entre su disponibilidad y la demanda del cultivo, especialmente en el caso del nitrógeno. Las aplicaciones divididas durante la estación de crecimiento incrementan la eficiencia de uso del nitrógeno aplicado.

Otro modo de mejorar la sincronía entre la aplicación y la absorción es utilizar productos que incrementen la eficiencia de uso de los nutrientes. Entre ellos se incluyen componentes orgánicos sintéticos de solubilidad lenta que contienen nitrógeno y fertilizantes solubles recubiertos por una barrera física, que impide la liberación y la estabilización del nutriente (inhibidores de la nitrificación, fertilizantes tratados con ureasas, etcétera). Este tipo de productos suele ser más oneroso que los que habitualmente se comercializan en el mercado, y por lo general han sido utilizados en cultivos de alto valor económico y en sistemas intensivos de producción. Sin embargo, en la actualidad existen fertilizantes que controlan la liberación de nutrientes en cultivos extensivos como el maíz, el trigo y la soja.

Forma de aplicación

Existen diversas formas de aplicar el fertilizante, de acuerdo con la dinámica del nutriente, la dosis, la fuente y el momento de aplicación. Las opciones más comunes son las aplicaciones superficiales o incorporadas en bandas o a voleo.

En nutrientes de baja movilidad como el fósforo, la eficiencia de recuperación tiende a ser elevada cuando se realizan aplicaciones en bandas, debido a que se reduce el contacto con el suelo y existen mayores oportunidades de aproximación entre la raíz y el fertilizante. Las aplicaciones a voleo de fósforo pueden alcanzar una eficiencia similar en sistemas de siembra directa cuando se realizan antes de la implantación (al menos 45 días previos), con ocurrencia de lluvias entre la aplicación y la siembra, niveles iniciales de P Bray superiores a 8-10 ppm y dosis de 20 kg/ha de fósforo, o superiores.

Nutrientes de mayor movilidad como el nitrógeno o el azufre se pueden aplicar en todo el volumen del suelo.

Los efectos fitotóxicos de los fertilizantes aplicados junto con la semilla varían según la fuente y la dosis, el cultivo, el tipo de suelo y la humedad. Algunas alternativas que permiten reducir estos efectos son el empleo de dosis bajas (inferiores a las críticas), la utilización de fuentes con menor contenido de N-amoniaco y bajo índice salino, un conocimiento acabado de la tolerancia del cultivo por implantar, efectuar la fertilización con buenas condiciones de humedad en el suelo y reducción de la distancia entre hileras (siempre que sea posible).

En el cuadro 1, se presenta un resumen general en el que se indican las dosis críticas estimadas para pérdidas de 20% y 50% de plántulas, para diversos cultivos y fuentes de fertilizantes. Los valores inferiores de cada rango corresponden a situaciones de suelos más secos o arenosos, y los más altos, a suelos más húmedos o arcillosos.

CREA

Cuadro 1

Dosis críticas estimadas para pérdidas de 20% y 50% de plantas. Los rangos indicados responden a condiciones de tipo y humedad de suelo

Cultivo	Tipo de fertilizante	Dosis crítica (kg/ha)	
		20%*	50%*
Trigo	Urea	30-50	75-120
	FDA-FMA-SFT**	20-40	55-75
Soja	SFS	20-80	60-120
	SA	20-30	60-80
Maíz	Urea	15-30	60-80
	NA-CAN-SA	60-80	100-130
	FDA	60-80	130-170
Girasol	Urea-NA-CAN-SA	20-40	60-90
	FDA	40-50	80-120
Cebada	Urea	30-50	80-100
Alfalfa	Urea-SA	20-30	50-70
	FDA-SFT	90-110	160-200

Referencias: * Para pérdidas de 20% y 50% del stand de plántulas a emergencia.

** CAN: Nitrato de amonio cálcico, FDA: Fosfato diamónico, FMA: Fosfato monoamónico, NA: Nitrato de amonio, SA: Sulfato de amonio, SFS: Superfosfato simple, SFT: Superfosfato triple.

Fuente: Ciampitti et ál., 2006.

4

El agua y la producción de granos en sistemas extensivos en siembra directa

■ Ing. Agr. M. Sc. Julio L. Dardanelli

Grupo Ecofisiología de la EEA INTA Manfredi, Córdoba, Argentina.

■ Dra. María E. Otegui

*Cátedra de Producción Vegetal de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
IFEVA-CONICET.*



La biomasa producida por los cultivos es el resultado final de la captura de recursos por parte de las plantas (CO_2 , agua y nutrientes). Tiene como principal fuerza motriz a la radiación solar, a través de su participación en los procesos de fotosíntesis y transpiración. En consecuencia, es importante que el cultivo pueda capturar la mayor parte posible del agua para satisfacer la demanda atmosférica a través de la transpiración (E_T), utilizar dicho recurso eficientemente al intercambiarlo a nivel de estomas por el CO_2 destinado a producir fotoasimilados (EUA_T : eficiencia en el uso del agua transpirada) y convertir la mayor parte posible de los asimi-

lados en órganos de cosecha (IC: índice de cosecha [cociente entre el rendimiento en grano y la biomasa total aérea producida a madurez]). El rendimiento en grano resulta del producto de estos tres factores ($\text{RG} = E_T \times \text{EUA}_T \times \text{IC}$) y puede potenciarse incrementando alguno o algunos de ellos.

Los procesos relacionados con el balance de agua afectan a los tres factores determinantes del rendimiento, y su impacto puede ser modificado por numerosas prácticas de manejo, entre ellas, por la siembra directa. Si se la implementa en forma adecuada, ésta tendría como principal resultado una reducción de la escorrentía

superficial (E_s) y de la evaporación directa del suelo (E_d), lo que daría lugar al aumento de la proporción de E_T . Sin embargo, la concreción de estos beneficios dependerá de la sucesión de cultivos elegida, del tipo de suelo y de la capacidad de cada especie para aprovechar un aumento de E_T , tal como se discute a continuación.

Bases para el uso y manejo eficiente del agua

En condiciones de campo, los cultivos suelen enfrentar deficiencias hídricas, en especial en las horas de máxima demanda atmosférica, cuando la absorción del

agua por las raíces resulta insuficiente para compensar las pérdidas por transpiración. De persistir tal deficiencia, y si ésta se produce durante las etapas asociadas con la determinación del número de granos, el rendimiento se verá reducido, principalmente por una disminución del índice de cosecha. Por esta razón, las prácticas de manejo deberán orientarse a obtener un balance de agua más favorable para el cultivo durante esas etapas críticas, a partir del incremento de los ingresos (precipitaciones, riegos) o la disminución de algunos de los egresos del balance hídrico (por escorrentía, evaporación, drenaje profundo).

Muchas decisiones (elección de la fecha de siembra y ciclo del cultivar) están orientadas a evitar que las etapas críticas del cultivo coincidan con períodos en los cuales el balance de agua resultaría muy desfavorable (estrategia de escape). Otras procuran adecuar la estructura del cultivo (espaciamento entre surcos y densidad de plantas) para lograr una mejor distribución del recurso hídrico en el tiempo, difiriendo la mayor proporción posible hacia etapas reproductivas tardías (aumento de la proporción de E_T correspondiente a posfloración). Por último, ciertas prácticas, como la siembra directa o la labranza reducida, buscan mejorar la captura del recurso hídrico por el sistema manteniendo los residuos de cosecha en superficie, lo cual reduce la evaporación del suelo (gráfico 1) y mejora el contenido de agua útil por disminución de la escorrentía (gráfico 2a). Eleva, de este modo, la fracción de agua disponible para la transpiración.

Gráfico 1

Evaporación diaria de agua desde un suelo franco-arcillo-arenoso (E_s) cercano a capacidad de campo

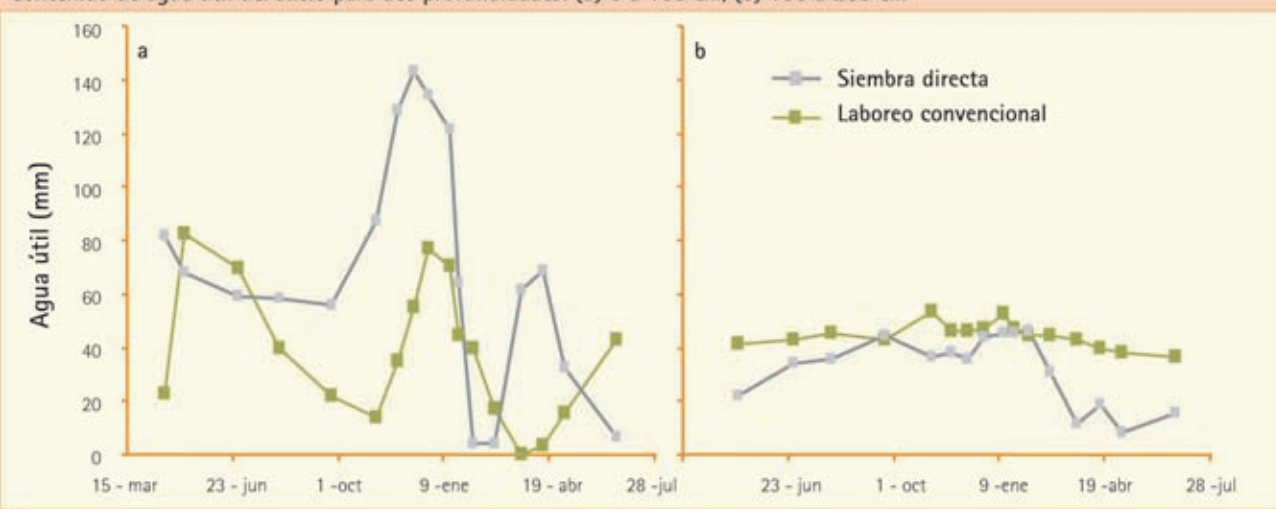


En labranza convencional, se distingue claramente la primera fase de E_s (a tasa máxima según demanda atmosférica de 7,5 mm/día) de la segunda, dependiente de la textura de suelo. Ambas se encuentran fuertemente reducidas en condiciones de siembra directa con rastrojo de trigo en pie.

Fuente: Adaptado de Lascano et ál. (1994) a partir de un cultivo de algodón que se desarrolla en dos sistemas de laboreo.

Gráfico 2

Contenido de agua útil del suelo para dos profundidades: (a) 0 a 150 cm, (b) 150 a 250 cm



Los datos corresponden a cultivos de soja creciendo en suelos Haplustoles típicos franco-limosos de dos sitios sometidos a diferentes sistemas de laboreo.

Fuente: Adaptado de Vettorello, 2008.

Es importante destacar que las tendencias descriptas en los componentes del balance hídrico no se deben exclusivamente a los efectos del rastrojo, sino también a los cambios físicos provocados en la capa superficial del suelo por su descomposición a través del tiempo.

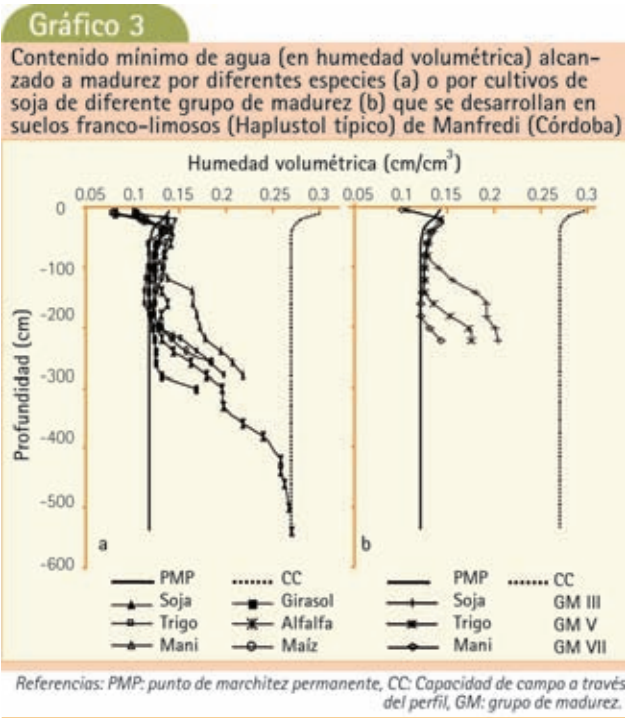
Captura y uso del agua

Las condiciones hídricas establecidas en el perfil superficial de suelo por la siembra directa permiten el desarrollo de un sistema radical más vigoroso, que favorece el acceso de los cultivos a recursos hídricos en profundidad (gráfico 2b). Este comportamiento sería atribuible a la mejora del crecimiento del cultivo en etapas tempranas (predominantemente vegetativas), lo que daría lugar a una mayor asignación de asimilados para el crecimiento radical, que permitiría una mayor exploración de horizontes profundos. Es en este escenario en donde se expresan las diferencias entre especies e intraespecíficas, en la capacidad de aprovechamiento del recurso.

Diversas especies, sometidas a estrés hídrico terminal a partir de un perfil inicialmente cargado de agua, dejan diferente cantidad de agua remanente (gráfico 3a). El girasol, por ejemplo, muestra la mayor capacidad para utilizar el recurso en profundidad; supera incluso a un cultivo perenne como la alfalfa. El maní, en cambio, presenta estrategias conservativas (reducción de ET) que le otorgan una capacidad menor de aprovechamiento del agua. Dentro de cada especie, la combinación de la duración del ciclo con características propias del genotipo determinará el tamaño del sistema radical (gráfico 3b), lo que destaca la importancia de la elec-

ción del grupo de madurez sobre esta característica en cultivos como la soja.

Un segundo aspecto por considerar en el aprovechamiento del recurso hídrico generado por la siembra directa es el tipo de suelo. En la Argentina, gran parte de los cultivos de grano se siembra sobre Argiudoles, con desarrollo de horizontes argílicos B texturales (Bt), o Haplustoles y Hapludoles, sin la presencia de dichos horizontes. Aunque los primeros se encuentran en climas



- 
- 1° Toyota
 - 2° Monsanto / Dekalb
 - 3° John Deere
 - 4° Ford
 - 5° DONMARIO***

Estamos orgullosos.
Y más comprometidos que nunca.

*DONMARIO, 5ta marca del negocio agropecuario de la Argentina y 1er empresa 100% nacional en el Ranking General de Imagen, por segundo año consecutivo, según encuesta encargada por la Revista Chacra a ICASA/Mora y Araujo en Septiembre de 2008.

Gracias a todos los productores por su confianza, a nuestra Red Comercial por su apoyo y a nuestro staff por su permanente apuesta por la excelencia.



0810 222 3521 WWW.DONMARIO.COM



Genética. Manejo. Calidad.

más húmedos, permiten una menor uniformidad en la distribución de las raíces, lo que da lugar a variaciones abruptas en las tasas potenciales de absorción del agua (gráfico 4), con disminución considerable en el horizonte Bt y una recuperación parcial una vez superado éste. Así, el horizonte Bt constituye básicamente un horizonte *de paso*, pues es atravesado por raíces a través de fracturas entre bloques pero sin que éstas proliferen hacia el interior de los agregados. La recuperación parcial de la tasa de absorción por debajo del Bt implica cambios morfológicos en el sistema radical que no pueden regenerar la estructura radical propia de la especie. Este fenómeno se conoce como efecto *sombreo* (Tardieu, 1994).

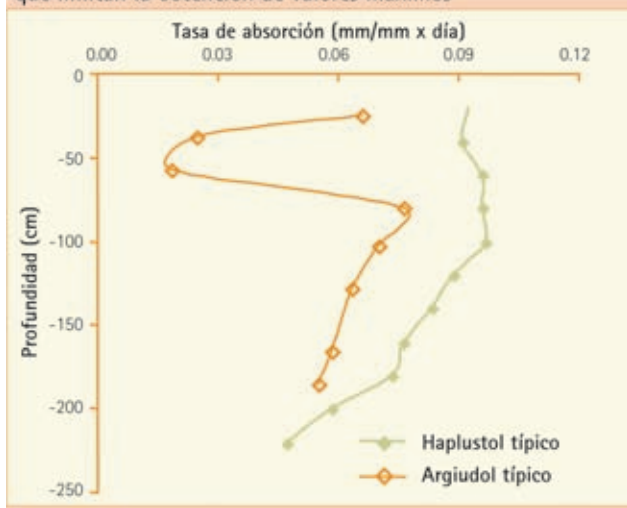
Si la siembra directa no es bien implementada, puede generar efectos negativos que es necesario prevenir. Para que este sistema de manejo resulte eficiente, debe tenerse en cuenta que es necesario lograr un adecuado balance entre los cultivos que desarrollan suficiente ras-

trojo (maíz, trigo, sorgo) y aquellos que lo aportan en menor cantidad (soja, girasol). Por otra parte, debe considerarse que el excesivo paso de maquinaria sobre el terreno, en combinación con cultivos de escasa reposición de carbono al sistema, puede favorecer el desarrollo de capas compactadas en el horizonte superficial.

Bacigaluppo (2009) demostró que el rendimiento de soja en Argiudoles del sur de Santa Fe está significativa y negativamente asociado con el porcentaje de suelo masivo o fuertemente compactado, independientemente del nivel de precipitaciones del ambiente (con porcentajes de área de suelo compactado mayores al 54%, los rindes de soja aparecen fuertemente afectados). Esta asociación negativa se explica, en parte, porque los estados masivos o fuertemente compactados generan un impedimento en la proliferación radical, que repercute aun en las capas de suelo por debajo de aquélla en la que se produjo la compactación, tal como lo demostró Gers-ter (2009) a partir de la observación de raíces realizada con utilización de grillas en perfiles expuestos.

Gráfico 4

Tasa de absorción del agua a diferentes profundidades en cultivos de soja que se desarrollan en suelos sin limitación para el crecimiento radical (Haplustoles) o con estructuras que limitan la obtención de valores máximos



Fuente: Dardanelli et ál., 2003.

Consideraciones finales

Si bien está demostrado que la siembra directa pone a disposición del cultivo mayor cantidad de agua para la transpiración debido a que reduce la ES y la Esc superficial, los beneficios de esta práctica podrían ser disminuidos o incluso anulados si no son acompañados desde un comienzo por una rotación de cultivos que incluya una adecuada proporción de gramíneas y el mínimo tránsito de maquinaria posible. De esta manera, se preservarán las mejores condiciones físicas de la capa superficial del suelo, clave para el éxito de la siembra directa. Además, para optimizar su eficacia, deberá considerarse en cada ambiente el tipo de suelo, la especie y la longitud del ciclo (en particular, la duración de la ventana de tiempo donde se establece el sistema radical). **CREA**



5

Rotación de cultivos y uso eficiente de los recursos de producción

Ing. Agr. Ph. D. Martín Díaz-Zorita

CONICET, Cátedra de Cerealicultura de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
DZD Agro SRL y Nitragin Argentina S.A.



La alternancia de cultivos en el tiempo dentro de una misma superficie (rotación) constituye una antigua práctica agronómica orientada a optimizar la producción. Su diseño e implementación requiere tomar decisiones complejas y conflictivas como resultado de la coexistencia de distintos planos: el plano ecológico (optimización productiva), el económico (optimización de la renta) y el social (minimización del riesgo ambiental).

Para valorar en su justa medida el aporte de la rotación en diversas condiciones agroecológicas es necesario disponer de información proveniente de estudios de larga duración, que permitan analizar la manifestación de sus

efectos acumulados en el tiempo. En el caso de secuencias con predominio de cereales (trigo o maíz), se dispone de ensayos realizados durante el siglo XIX, mientras que las secuencias con participación de soja datan de fines del siglo XX. En ambas, se trata de experiencias conducidas principalmente bajo prácticas de laboreo de suelos. Los ensayos de rotaciones agrícolas en sistemas de siembra directa son aún más recientes.

Por lo general, la práctica alternada de cultivos evidencia una mayor productividad que el monocultivo. Entre ambas condiciones, se describen cambios en las propiedades físico-químicas de los suelos (contenido de

Cuadro 1

Cambios en la materia orgánica según la secuencia de cultivos (%)

Secuencia de cultivos	INTA General Villegas (3 años en siembra directa)	INTA Marcos Juárez (32 años en siembra directa)
Maíz-trigo/soja-soja	2,35	---
Soja-trigo/soja-soja	---	1,57
Maíz-soja	2,28	1,54
Maíz	2,23	1,62
Soja	2,32	1,50

Fuente: Álvarez y col., 2008, y Marelli y col., 2008.

Cuadro 2

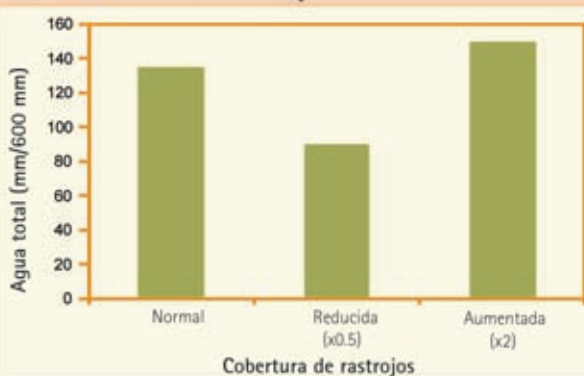
Acumulación de rastrojos (kg/ha) según secuencias de cultivos en la región oeste pampeana

Secuencia de cultivos	Hapludol típico	Hapludol thapto-árgico
Maíz-trigo/soja-soja	5152	3637
Maíz-soja	4369	6092
Maíz	5124	4925
Soja	1923	1959

Fuente: Álvarez y col., 2008.

Gráfico 1

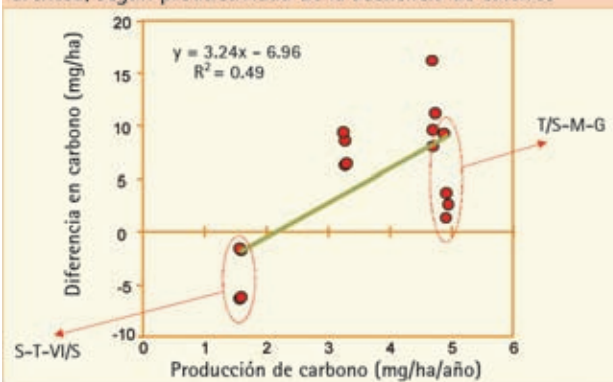
Agua total en un suelo de la región oeste pampeana, según niveles de cobertura de rastrojos



Fuente: Díaz-Zorita, M. y Duarte, G., 2004.

Gráfico 2

Cambios en los contenidos de carbono de un suelo de la pampa arenosa, según productividad de la secuencia de cultivos



Fuente: Díaz-Zorita y Grove, 2000.

materia orgánica y de nutrientes, pH, etcétera) y en la población de plagas y enfermedades que también afectan la rentabilidad. Abundan los estudios que, ante la ausencia de factores que justifiquen las diferencias en términos de producción, sugieren la ocurrencia de "efectos rotación", que demandan estudios más exhaustivos para su diagnóstico y potencial manejo.

El propósito de este capítulo es analizar criterios generales para la selección de secuencias de cultivos, según sus efectos sobre las propiedades del suelo y la producción en siembra directa.

Efectos sobre las propiedades del suelo

El mantenimiento de la capacidad productiva del suelo requiere que se lo considere como un sustrato heterogéneo producto de la acción combinada de diversos procesos fisicoquímicos y biológicos en interacción con el ambiente, que interviene en el desarrollo y crecimiento de las plantas.

La elección de diferentes secuencias de cultivos puede provocar cambios en algunas propiedades del suelo; sin embargo, éstas son de moderada magnitud y se expresan luego de muchos años (cuadro 1).

En cambio, las diferencias de cobertura que se producen como resultado de la alternancia de cultivos son más ágiles y evidentes, tal como se aprecia en el cuadro 2, por lo que la rotación se vuelve una potente herramienta para el cuidado de los suelos y la producción eficiente.

En ambientes frágiles, cuyos suelos son susceptibles a la erosión, el rastrojo adquiere una importancia indiscutible para morigerar la acción del viento o el agua. Estudios realizados en cuatro condiciones productivas representativas del noreste argentino demostraron que las posibles pérdidas de suelo provocadas por acción de la lluvia se reducen al aumentar la cobertura; incluso es posible evitar daños en caso de tormentas de gran intensidad (por ejemplo, 100 mm/h), con niveles cercanos a las 9 t/ha (Ingaramo, com. pers.). Además, la acumulación de rastrojos contribuye a lograr una mayor eficiencia de captación y conservación del recurso hídrico (gráfico 1).

Por su contribución a la estructura y fertilidad de los suelos, la materia orgánica asume un papel fundamental en la productividad de los sistemas agropecuarios de secano. Por sus aportes en biomasa (raíces y rastrojos), la rotación condiciona los balances aparentes de materia orgánica, observándose aumentos en la productividad positivamente relacionados con cambios en su contenido (gráfico 2). Por esta razón, la elección de los cultivos exige el aporte de biomasa en superficie (rastrojos).

20 años respaldando al productor



R.I. 9000-1354
Sistema de Gestión de la Calidad
Certificado por IRAM
IRAM-ISO 9001:2000



Calidad y experiencia en Agrobioquímicos

www.nitrap.com.ar

Rotaciones y rendimientos

Al seleccionar una determinada rotación se procura, en primer lugar, proteger y mejorar las condiciones edáficas, además de evitar que se vean afectados los factores que definen la productividad (por ejemplo, la pérdida de suelo provocada principalmente por la erosión). En este contexto de conservación del recurso productivo, la selección de cultivos y su manejo deben contemplar decisiones empresariales y de cuidado del ambiente.

Las alteraciones que se producen a corto plazo (cobertura de rastrojos) y a largo plazo (plagas, enfermedades) interactúan con la productividad de los cultivos en sucesión. En el caso del monocultivo, con frecuencia se describen reducciones de entre el 2 y el 10% de los rendimientos con respecto a los cultivos en rotación. Algunas de estas diferencias pueden ser atenuadas

Cuadro 3

Producción de soja según secuencias de cultivos y tipos de suelos en el centro-norte bonaerense (kg/ha)

Aptitud productiva	Secuencia de cultivos		
	Soja/soja	Soja/otros cultivos	Diferencia
Alta	3910	4117	207
Baja	3306	3675	369

Fuente: Adaptado de Díaz-Zorita, 2008.

con el uso eficiente de insumos (genética, nutrición, control de plagas y de malezas, etcétera).

La elección de diferentes secuencias de cultivos afecta a los rendimientos en diferente magnitud, en virtud de las especies y condiciones de producción. Por ejemplo, estudios de larga duración realizados en Indiana (EE. UU.) muestran que luego de 32 años reiterados de secuencias continuas de maíz en siembra directa, los rendimientos medios de este cultivo fueron 15% inferiores a los de rotación con soja. En el caso de la oleaginosa, en cambio, los rendimientos sólo se incrementaron en un 8% al rotar con maíz. En Ohio (EE. UU.), Roth (1996) describió mayores pérdidas de producción (8%) en monocultivos de maíz en suelos que presentaban deficiencias de drenaje respecto de suelos cuyo drenaje era normal. Similares tendencias se describieron sobre 174 lotes de soja de la región centro-norte de Buenos Aires, al comparar los rendimientos entre secuencias en rotación según su clasificación de uso (cuadro 3).

En síntesis, para optimizar la producción, es necesario diseñar la rotación atendiendo a la conservación del estado físico de los suelos, para efectuar, de este modo, un manejo eficiente del agua. Desde el punto de vista de la optimización productiva comercial, la selección de los cultivos debe hacerse considerando tanto su rentabilidad como la eficiencia en el uso de los insumos.

CREA



6

Agricultura por ambientes en siembra directa

■ Ing. Agr. Fernando Menéndez

*Coordinador de Agricultura de la región CREA Sur de Santa Fe
Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA*



Hace mucho tiempo que en el ámbito de la agricultura se consideran aspectos relacionados con la heterogeneidad ambiental y se los aplica en la toma de decisiones, para obtener beneficios. Numerosos registros demuestran que, ya en la antigüedad, las actividades agropecuarias eran asignadas a diferentes ambientes en virtud de su calidad y su capacidad productiva. Así por ejemplo, la siembra de cultivos se concentró principalmente en los suelos fértiles de los valles, que permitían, además, la incorporación del riego (práctica que permitió el nacimiento de las primeras civilizaciones), mientras que las laderas de las montañas eran utilizadas para la cría y el

pastoreo del ganado. En la América precolombina, los Incas también practicaban la agricultura por ambientes, y escogían los cultivos y las variedades que mejor se adaptaban a la altura de las escarpadas regiones en las que se desarrolló esta civilización.

En la Argentina, los agricultores reconocieron, desde el inicio, diferencias en la calidad de los ambientes y adaptaron los modelos de producción a las limitantes y al riesgo que representaban las diferentes zonas. Así, en la región pampeana se estableció un modelo de producción extensiva de ganado (lanar y bovino), y siembra de cereales y oleaginosas, mientras que la producción de

frutales de origen mediterráneo se desarrolló en los oasis con riego de las regiones secas de Cuyo.

Durante el siglo XX, el conocimiento acerca de los sistemas de producción y los procesos que en ellos se desarrollan aumentó de manera considerable y fue enriquecido con bases científicas. Esto permitió diferenciar grandes regiones -con la consecuente adaptación de los modelos agropecuarios en términos de las especies producidas- y adaptar las prácticas de manejo a las condiciones de cada subregión o incluso de cada campo o lote, considerando las interacciones entre el cultivo, la tecnología y las limitantes ambientales al momento de encarar la toma de decisiones. Esta tendencia se alineó detrás de los conceptos de productividad, eficiencia en el uso de los recursos y, más recientemente, detrás de la idea de sustentabilidad de los sistemas de producción.

Evolución

En las últimas décadas, la oferta de tecnologías de información y de conocimiento se incrementó notablemente, y algunas de ellas, destinadas previamente a otros fines, pudieron aplicarse en el sector agropecuario. Por ejemplo, la información capturada por sensores de radiación montados en satélites que orbitan alrededor de la tierra permite, en la actualidad, obtener datos acerca de la radiación reflejada por las cubiertas vegetales (cultivos) en un momento determinado, con resoluciones que pueden ir desde varios cientos de metros hasta un metro cuadrado. A esto se le suma la frecuencia cada vez mayor con que los satélites captan esta infor-



mación para una misma zona. De este modo, es posible reconocer diferencias en el estado de crecimiento de los cultivos y en la productividad del suelo en distintos sitios, incluso dentro de un mismo lote.

Los monitores de rendimiento montados sobre cosechadoras también permiten conocer la heterogeneidad espacial en la productividad de los cultivos, al registrar y georreferenciar los datos de rendimiento cada dos o tres segundos de avance de la máquina. A su vez, la incorporación masiva del sistema de posicionamiento global (GPS) permitió incrementar la precisión con que podemos asignar la información a un área o a un punto determinado del plano.

De esta manera, la información que antes era asignada a un lote de producción (por ejemplo, el rinde de un cultivo) hoy puede ser desagregada para identificar áreas mucho más reducidas (por ejemplo, la décima parte de una hectárea). Así, es posible reconocer diferencias ambientales en superficies que anteriormente se consideraban homogéneas y generar modelos de aplicación de tecnologías por ambiente que optimicen la productividad y la eficiencia en el uso de los recursos, incluso en escalas de intralote.

La oferta tecnológica que surgió a partir de este cambio de escala en la toma de decisiones es verdaderamente abrumadora e incluye monitores de rendimiento, sistemas de información geográfica de diferente tipo y alcance, equipos de aplicación variable de fertilizantes -líquidos o sólidos- y de semilla, aplicación del GPS a todas las labores que se realizan en los cultivos, sensores de nitrógeno en tiempo real, sensores de radiación de uso manual o montados en aviones, sensores de conductividad eléctrica colocados en máquinas de arrastre, imágenes de radar que permiten generar modelos de elevación del terreno, etcétera. Esta heterogénea oferta tecnológica, conocida como "tecnologías para la agricultura de precisión", genera gran confusión en productores y técnicos, quienes se ven desbordados por la información que reciben en formatos desconocidos. Se presume que esa información es valiosa, pero se desconoce por dónde empezar para que ese valor se refleje en un mejor aprovechamiento del campo. Esta confusión es consecuencia de la falta de un marco conceptual claro y simple que guíe las acciones y las decisiones.

Hacia un marco conceptual

El objetivo de la agricultura por ambientes es reconocer la variabilidad espacial de los factores que afectan el rendimiento de los cultivos e identificar su respuesta a la aplicación de tecnología, de manera de optimizar el

Cuando **Optimizás**
tu tratamiento
de semillas **Optimizás** tu inversión.

Nitragin
Optimize

La forma más económica y eficiente
de aportar nitrógeno a tu cultivo.

- Nodulación temprana y eficiente.
- Crecimiento vigoroso y mayor actividad de las raíces.
- Incremento en el número de granos.
- Mayor rendimiento.

www.nitragin.com.ar

www.agro.basf.com.ar

Distribuye

BASF

The Chemical Company

Nitragin

El número uno en inoculantes
y promotores de crecimiento.

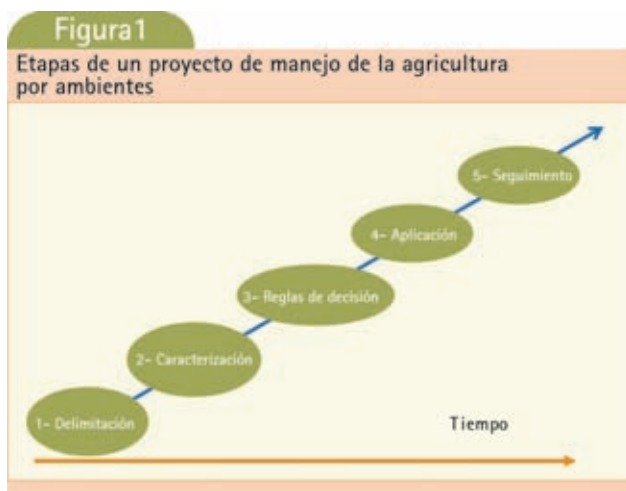
AgCelence

Excelencia que va más allá
de la protección de sus cultivos.

diseño de las rotaciones y adecuar las técnicas de manejo. La idea subyacente es que los cultivos responden de manera diferencial en virtud de la presencia y el grado de distintas limitantes.

El primer paso en un proyecto de este tipo consiste en delimitar cada ambiente (figura 1). De este modo, se procura realizar un mapa del establecimiento en el que se diferencien las zonas en las que el comportamiento de los cultivos difiere de manera relevante. Por lo general, estas zonas presentan diferencias en la productividad media de los cultivos.

Para realizar la delimitación de los ambientes, existen diferentes enfoques y metodologías. En algunos casos, se parte del supuesto de que los factores que determinan la variabilidad de los rendimientos son conocidos y pueden ser *mapeados*. Esto ha ocurrido, por ejemplo, en el oeste de Buenos Aires, donde los rindes están estrechamente relacionados con la textura de los suelos, y ésta, con su posición en el paisaje. Así, se han generado



mapas topográficos que fueron asociados con el concepto de *ambientes*. En el sudeste de la provincia, éstos señalan, en muchos casos, la profundidad efectiva de los suelos (hasta la plancha de tosca) con el objetivo de ajustar el manejo de los cultivos al nivel de limitaciones impuestas por este factor. La ventaja de este enfoque radica en su simplicidad. Sin embargo, en ocasiones no contempla otros aspectos capaces de determinar una parte significativa de los rendimientos (por ejemplo, el nivel de compactación, la orientación de las laderas de una loma, la presencia de suelos invertidos, etcétera).

Otra metodología realiza la delimitación a partir de imágenes satelitales o monitores de rendimiento. La técnica más simple consiste en realizar la *fotointerpretación* de una imagen, separando las zonas según el nivel de desarrollo de los cultivos. La desventaja de este método es que utiliza una cantidad reducida de información (años), por lo que, en zonas donde la variabilidad ambiental no es muy marcada, podrían llegar a cometerse errores burdos. La técnica que ha mostrado mejores resultados es el análisis de *clusters* (de tipo estadístico), que permite identificar ambientes basándose en toda la información disponible (imágenes y monitores). Para ello, se divide el campo en una grilla cuyos elementos comprenden un área pequeña (por ejemplo, 0,03 hectáreas). Mediante el análisis de *clusters*, se unen los elementos de la grilla que revelan un comportamiento similar en el período considerado, separándolos de aquéllos que manifiestan un comportamiento diferencial (figura 2).

Una vez delimitados los ambientes, éstos deben ser caracterizados. La caracterización refiere, en primer término, a la determinación de los factores que generan la variabilidad ambiental (textura del suelo, profundidad, pendiente, presencia y profundidad de horizontes sódicos, etcétera), y al nivel en que se hallan presentes en los ambientes delimitados. En segundo lugar, refiere a la forma en que los cultivos interactúan con el ambiente y al nivel de productividad que cada uno de ellos es capaz de alcanzar. Los monitores de rendimiento constituyen una buena herramienta para la obtención de estos datos. Asimismo, las relaciones entre rendimiento e índice verde normalizado (construido a partir de la información de las imágenes) también pueden constituir un valioso aporte.

Estrategias

Una vez delimitados y caracterizados los ambientes, se deben generar reglas de decisión para el manejo de los cultivos. Estas reglas constituyen verdaderos ma-

nuales de procedimiento o protocolos que indican qué prácticas deben ser realizadas sobre cada ambiente. Por supuesto, estas reglas deben contemplar los aspectos económicos, financieros, operativos, y la sustentabilidad del sistema.

Una de las reglas de mayor impacto es el ajuste de la rotación. Está demostrado que los cultivos difieren en su sensibilidad a la calidad del ambiente. En el oeste de Buenos Aires, se determinó que el maíz reducía su rendimiento conforme se incrementaba el contenido de arena de los suelos, mientras que el trigo y el girasol resultaban más estables en todo el rango de ambientes explorado. En el sudeste, por otra parte, se observó que el girasol y el maíz pierden productividad en forma significativa a medida que se reduce la profundidad del suelo, mientras que el trigo y la soja se ven menos afectados por este factor. A partir de los datos del rendimiento estimado para cada ambiente y de los precios y costos de los cultivos (al ajustar la tecnología), será posible determinar cuál es la mejor rotación para cada zona del lote.

Otra regla de alto impacto sobre los rendimientos (principalmente los de la soja y el maíz) es la que ajusta la fecha de siembra y la longitud del ciclo a los diferentes ambientes. En aquéllos de alta productividad cuyos suelos tienen buena retención hídrica, las siembras tempranas y los grupos cortos arrojan, por lo general, los mejores rendimientos. Sin embargo, en ambientes con escasa capacidad de retención hídrica o baja infiltración, las fechas tardías y los grupos largos -que permiten ubicar el período crítico de los cultivos en momentos de menor demanda atmosférica- suelen ofrecer mejores rindes y mayor estabilidad interanual que las fechas de siembra tempranas.

Generalmente, cuando se realiza la caracterización de un ambiente, se recurre a variables permanentes (por ejemplo, textura, pendiente, profundidad) que permiten comprender el modo en que interactúan con los cultivos. Estas variables se conocen como *indicadores ambientales*, y permiten generar reglas de decisión para el manejo ambiental. Cuando, por el contrario, se trata de aspectos que se modifican año tras año pero cuyo valor puede ser medido o predicho, se habla de *modificadores ambientales*, que también pueden ser utilizados para generar reglas de decisión en la medida en que sus efectos resulten relevantes. Así, en el ejemplo anterior, además de las características permanentes del ambiente, se puede tomar en cuenta la cantidad de agua almacenada a la siembra de un cultivo para decidir su fecha de siembra. Esto se realizó en ambientes con horizontes sódicos a diferentes profundidades en Villa María (Córdoba). Se arribó a la conclusión de que si la cantidad de agua

almacenada a fines de agosto era baja, resultaba más conveniente atrasar la fecha de siembra hasta el mes de noviembre, incluso en los suelos de productividad elevada. Las mismas consideraciones pueden establecerse para zonas en las que la profundidad de la napa freática fluctúa entre años. En este caso, y en ambientes bajos con riesgo hídrico, la napa presenta la interesante característica de funcionar como fuente de agua o como factor depresor de los rindes, según el nivel en que se encuentre.

En muchas zonas, además de las citadas, también se ajustan otras tecnologías, como la fertilización con nitrógeno, fósforo o azufre, la densidad de plantas (en maíz), la aplicación de fungicidas y la variedad o híbrido sembrado. En muchos casos, además del tipo de ambiente, se considera su estado actual (agua almacenada, profundidad de napa).

Para la generación de reglas de decisión, es necesario contar con información real acerca de la forma en que los cultivos responden a la tecnología. Ésta se obtiene a partir del análisis de ensayos a campo que cruzan diferentes ambientes.

Otra herramienta de altísimo valor son los modelos de simulación de aplicación agronómica. Se trata de *soft-*



wares que reproducen el rendimiento de los cultivos en condiciones determinadas de suelo, clima y manejo. Su gran ventaja es que permiten incorporar al análisis la variabilidad climática, simulando situaciones de tecnología actual con datos climáticos de series largas de años. De esta manera, se puede simular la respuesta del rendimiento a la fecha de siembra, a la longitud del ciclo y a la fertilización nitrogenada en ambientes edáficos y climáticos diferentes. Su principal limitante es que no contempla otros factores que también afectan al rendimiento, tales como la presencia de napa freática o el exceso de sodio o sales.

El desarrollo de modelos de simulación que contemplen mayor cantidad de factores significará un gran avance en la agricultura por ambientes, ya que permitirá analizar la respuesta de los cultivos a la tecnología en un rango mayor de condiciones.

Adecuación de los sistemas

Sin embargo, la aplicación de estos conceptos en el terreno encierra algunas complicaciones para las que las empresas deben estar preparadas. La cantidad de información que se genera es cada vez mayor, lo que exige

la adecuación de los sistemas de gestión de la tecnología. Allí donde antes existía un lote de producción, ahora hay dos o tres ambientes en los que los cultivos se manejan con diferente tecnología. La necesidad de conocer y manejar sistemas de información geográfica y, en caso de que se utilicen, sistemas de aplicación variable de insumos, obliga a una mayor capacitación del personal de la empresa, que debe estar preparado para generar, recolectar, transformar y analizar información georreferenciada de cultivos en formato digital. Además del volumen de información, otra dificultad está dada por la multiplicación de tareas. En la medida en que las reglas de decisión se tornan más complejas, la cantidad de mediciones que es necesario efectuar sobre un cultivo se incrementa.

Por las razones mencionadas, la habilidad más importante que deben desarrollar los productores, el personal de las empresas y los técnicos que trabajen en agricultura por ambientes es el criterio para estimar el impacto de la recopilación y el análisis de la información. De este modo, se evitará el naufragio en una marea de datos de utilidad desconocida que termine por entorpecer, antes que optimizar, la eficiencia de uso de todos los recursos de la empresa. **CREA**

7

Tecnología de siembra y fertilización en siembra directa

■ Lic. Ricardo Martínez Peck
Consultor en Maquinaria agrícola



Sembradoras

Las máquinas que se utilizan en siembra directa requieren, sin lugar a dudas, un mayor grado de adaptación regional. Algunos accesorios, que resultan imprescindibles en ciertas regiones, pueden generar fuertes limitaciones en otras zonas productivas.

Es por eso que al analizar la oferta de configuraciones de chasis, trenes de siembra, accesorios y dosificadores se tratará de brindar elementos de juicio que permitan identificar los factores que puedan condicionar los diseños o elementos utilizados.

Configuración del chasis

Al momento de identificar los equipos más adecuados para cada situación, el diseño del chasis es el primer aspecto por considerar.

En el mercado argentino, es posible encontrar equipos cuyo ancho de labor va desde los tres hasta los veinte metros. En el afán de extender el ancho de labor, se debe tener mucho cuidado y no utilizar configuraciones de chasis que presenten dificultades para adaptarse y lograr que sus elementos abresurcos puedan copiar el terreno exitosamente.

La oferta local contempla dos opciones de configuración: los equipos de levante integral, es decir, los que elevan todo el chasis, y los equipos que levantan únicamente los elementos abresurcos. Los primeros contemplan a la mayoría de las sembradoras de doble disco, mientras que los últimos se limitan casi exclusivamente a los abresurcos monodiscos.

Si se trabaja con equipos de levante integral, el sistema hidráulico del tractor deberá ser muy potente; de lo contrario, el levante de las grandes sembradoras en las cabeceras se tornará lentísimo. Esta configuración del chasis le da mayor flexibilidad al diseño y permite modificar la distancia entre hileras y colocar accesorios para trabajar en siembra directa con mayor facilidad.

Si, en cambio, se trabaja con máquinas que levantan los abresurcos y no se dispone de tractores de sistema hidráulico de centro cerrado, será necesario colocar al-

gún tipo de válvula de bloqueo que evite el desclavado de los cuerpos de siembra y de los accesorios fertilizadores (que se mantienen clavados por acción del cilindro).

Diseño modular

Los desniveles del terreno y el microrrelieve de la siembra directa complican bastante el copiado de los trenes de siembra y constituyen uno de los factores que afectan en mayor medida la calidad de implantación. En el mercado, existen sembradoras cuyo ancho de labor va desde los 16 surcos a 52 centímetros hasta los 26 surcos a 52 centímetros, de chasis totalmente rígido, que comprometen enormemente la calidad de siembra. Por esta razón, independientemente del ancho de labor de la sembradora, sería conveniente que cada módulo rígido de siembra no superara los 4,5-5 metros. A pesar de su costo más elevado, este tipo de máquinas permite efectuar un mejor copiado del terreno, además de representar un menor esfuerzo para el tractor y una mejor flotación, ya que al aumentar el número de módulos, también se incrementa el número de ruedas que soportan el peso de la sembradora (foto 1).

Aunque lo deseable es utilizar máquinas de reducido ancho de transporte, no se debe olvidar que un buen pasaje de rastrojos se logra con un chasis cuya profundidad implica mayor ancho de transporte.

Sistemas de transporte

Las leyes argentinas establecen un ancho máximo para la circulación de maquinaria agrícola en rutas nacionales de 3,5 metros. Equipos que cumplan con esta exigencia son muy difíciles de hallar entre los modelos disponibles. La razón de ello es que tanto los sistemas de transporte de punta como los autotráileres colocan la sembradora a 90 grados respecto de su posición de siembra. Si se desea colocar muchos accesorios en los trenes de siembra, tales como cuchillas, fertilizadores, barredores de residuos, etcétera, se necesitará una mayor profundidad del chasis para evitar que se produzcan atoramientos cuando haya mucho rastrojo. Esta mayor profundidad se traduce en un ancho de transporte elevado (fotos 2 y 3).

Las opciones son escasas, y se requieren diseños de chasis cuyos sistemas de plegado sean más ingeniosos, pero que seguramente costarían más. Otra alternativa, cada día más utilizada, es transportar las sembradoras sobre corretones, lo que permite movilizarlas hasta 4,3 metros sin inconvenientes.

Las consideraciones acerca del diseño del chasis y el sistema de transporte son comunes a las sembradoras de granos finos y gruesos. Sin embargo, los problemas

Foto 1

Sembradora de siete metros y dos módulos



Foto 2

Sembradora con sistema de transporte autotráiler



Ingersoll

Productos de Clase Mundial

Hace 38 años comenzamos a exportar, atendemos a cada cliente del exterior como a cada cliente argentino.

Hoy nuestros productos trabajan los suelos del mundo, en los cinco continentes.

Con la innovación como constante, desarrollamos productos con mayor valor agregado y establecemos los estándares de la industria.

Estamos a la altura de la demanda con procesos de producción, asistencia técnica y comercialización bajo normas ISO 9001-2000, que aseguran el rendimiento de nuestros productos y la provisión a los líderes en la fabricación de maquinaria agrícola en Argentina y el mundo.

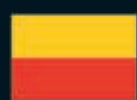
En nuestra tierra, en su máquina, **Ingersoll** asegura la calidad.

* Cuchilla Directa. Diseño patentado y marca registrada.

www.ingersoll.com



Fabricante de partes
de maquinaria agrícola
certificado ISO 9001:2000

 **Ingersoll®**
ARGENTINA

Ingersoll Argentina S.A.

ventas@ingersollarg.com.ar - www.ingersollarg.com.ar Tel: 03468 471341/351 - Fax: 03468 471738

**La dosificación es variable.
La calidad, inalterable.**



Máxima fortaleza y durabilidad.

Los atributos invariables nacidos en una planta agroindustrial inteligente, con tecnología y procesos únicos en el país.

Línea Agrometal TX para granos gruesos

Ahora equipada en forma opcional con dosificador variable hidráulico

(*)

Tecnología con la cual usted podrá lograr una siembra exacta, permitiendo ajustar desde la cabina del tractor la dosis y la densidad de semilla, optimizando insumos y potencial de rinde. Fruto de su fábrica modelo, dotada y provista de los últimos adelantos técnicos a nivel mundial, cada máquina que sale al mercado cumple con los parámetros de calidad requeridos para sembrar con precisión absoluta.

(*) De operación manual o automática, aplicable a toda su línea de sembradoras, neumáticas o mecánicas.

TX Mega | TX Mega Cuerpos Angostos | TX Mini Mega | Mega IOM

Consulte con su concesionario Agrometal



DESDE 1950

AGROMETAL

es siembra, es campo, es porvenir

www.agrometal.com

Desde 1950 comprometido con los sueños y el esfuerzo de los hombres de campo.

de tránsito en rastrojos abundantes resultan mucho más críticos en las primeras.

Sembradoras a chorrillo

Dentro de esta categoría, se incluyen modelos de sembradoras que comprenden distancias entre hileras normales para los cultivos de invierno (trigo, avena y pasturas). Éstas oscilan entre los 17,5 y los 21 centímetros. Si se pretende una distancia mayor (que en el trigo puede llegar incluso a los 26 centímetros), es más conveniente utilizar una sembradora de granos gruesos a 52,5 centímetros y colocar algún cuerpo sembrador en el entresurco.

Foto 3

Sembradora con ancho de transporte reglamentario



Foto 4

Sembradora a chorrillo convencional



Aunque el trigo y las pasturas suelen considerarse como referencia de surcos angostos, las siembras de soja, sobre todo las de segunda en zonas de baja latitud, también exigen distancias estrechas entre hileras.

Convencionales

La oferta de este tipo de productos es muy amplia, ya que su adquisición fue alentada por la necesidad de acercar las hileras de soja, tanto en las siembras de primera como en las de segunda.

Las opciones disponibles en el mercado corresponden a equipos con distancias entre surcos de 17,5, 19, 21 y 23 centímetros entre hileras. Al tomar los surcos alternados, permiten efectuar siembras a 35, 38, 42 y 46 centímetros, muy frecuentes en soja de primera. Muchos diseños ofrecen la posibilidad de colocar dosificadores monogranos en los cuerpos de granos finos para realizar siembras de soja monograno o, eventualmente, acondicionar la sembradora para sembrar granos gruesos a 52 ó 70 centímetros.

Para lograr las siembras monograno, se pueden utilizar dosificadores de placa horizontal, de cilindro vertical o incluso neumáticos. Esta opción sólo debe considerarse si, para lograrlo, no hubiera necesidad de mover o desarmar los trenes de siembra, tarea que suele ser muy engorrosa y rara vez permite tener los cuerpos nuevamente alineados. Además, para obtener cuerpos a 52,5 centímetros con múltiplos de 17, 5, algunos dosificadores monograno deberán ser ubicados en el paquete delantero de los abresurcos, una posición muy incómoda para quien deba regular la unidad dosificadora.

La configuración de los cuerpos fertilizadores permite trabajar con la semilla y el fertilizante en el mismo abresurco. En contadas ocasiones, ofrece la posibilidad de trabajar con doble fertilización en granos finos. Esta opción debe ser analizada en el contexto del lote en el que se pretende trabajar, ya que colocar los abresurcos fertilizadores para la doble fertilización suele complicar el tránsito cuando hay abundante presencia de rastrojos (foto 4).

De transporte neumático

Hace más de una década, se introdujo esta tecnología proveniente de Canadá, y en el lapso transcurrido, su grado de adopción ha ido en aumento. A la oferta importada se le suma una importante participación local, con productos de distintos tamaños y configuraciones.

En casi todos los modelos, el principio de funcionamiento es bastante similar: la semilla y el fertilizante son dosificados en forma mecánica por un rodillo acanalado y luego son transportados hacia el sistema redistribuidor y los abresurcos por una corriente de aire.

Tal como ocurre en las sembradoras convencionales, la regulación de la densidad de siembra se logra con la combinación de tamaños de rolos y una caja de cambios o un variador continuo que se utiliza para este fin (foto 5).

Como estos equipos tienen un costo fijo elevado -que corresponde al sistema de tolvas, turbinas, dosificadores, norias de carga, etcétera-, por lo general se los utiliza en máquinas de gran ancho de labor. Es por ello que se

Foto 5

Dosificador de sistema de transporte neumático

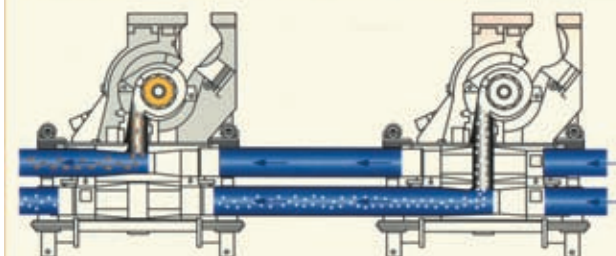


Foto 6

Sembradora de transporte neumático



Foto 6 bis

Sembradora de transporte neumático con tolva montada



encuentran con mayor frecuencia en las de 10 y 13 metros, e incluso de ancho mayor, cuyas tolvas tienen una capacidad de entre 6000 y 12 000 litros totales.

En la actualidad, existen distintas opciones de chasis, y se puede optar entre modelos de abresurcos de doble disco y cuchilla, o bien de tipo monodisco. En favor de estos diseños, se pueden mencionar las siguientes ventajas: su gran habilidad para manejar el fertilizante en climas húmedos, su enorme capacidad de siembra, su sencillez operativa y confiabilidad, su facilidad de plegado y transporte, y su flotación y copiado del terreno.

Como limitantes, se pueden mencionar su costo, el hecho de que se requiera un buen tractor para operarlas correctamente, las limitaciones en la posibilidad de variar la distancia entre hileras y la dificultad para colocar los kits monograno.

En cambio, si el área es grande y los tiempos son ajustados, las bondades de estos sistemas son difíciles de igualar.

Trenes de siembra

En las sembradoras de granos finos, tanto convencionales como de transporte neumático, es posible optar por alguna de las siguientes opciones de trenes de siembra: monodisco, cuchilla con doble disco o bien doble disco de distinto diámetro.

Monodisco

Aunque este abresurcos tiene unos cuantos años en el mercado, aún constituye una opción interesante en determinadas situaciones, lo que ha garantizado su vigencia. El mercado local ha realizado incluso algunas modificaciones sobre el diseño original, logrando en algunas circunstancias reducir parte de sus limitantes.

Foto 7

Monodisco con disco cónico y rueda modificada



Entre las ventajas operativas atribuibles al monodisco, figuran su reducida demanda de tracción (si se lo compara con los abresucos con cuchillas); su excelente copiado del terreno; la mínima remoción del suelo sin sacrificio de humedad, factor crítico en muchas regiones; su gran robustez para circular sobre palos y piedras, muy apreciada en zonas de desmonte o con afloramientos pedregosos; su sencillez operativa y su habilidad para trabajar en suelos saturados de humedad y barrocos, cualidad muy valorada en regiones donde las ventanas de siembra son ajustadas.

Sin embargo, si todos fueran puntos favorables, no se podría explicar la presencia tan significativa de trenes de siembra de cuchilla y doble disco. Entre los factores limitantes, se pueden mencionar su habilidad limitada para efectuar el corte cuando los residuos de cosecha son abundantes, su dificultad para colocar dosificadores monograno y el menor grado de roturación de la línea de siembra, que conduce a una emergencia más lenta de los cultivos y encierra mayores riesgos de daños por heladas.

Doble disco estándar

Es el abresurcos más utilizado en la mayoría de las sembradoras, tanto de granos finos como de granos gruesos. En combinación con cuchillas labradoras, resulta muy adecuado en regiones cuyos suelos son francos a franco-arenosos, con abundante cobertura de residuos en superficie.

Las mayores restricciones del doble disco estándar no surgen del abresurcos en sí mismo, sino de la acción de las cuchillas labradoras, que no siempre se adaptan a las condiciones del suelo y a la humedad reinante.

Las mayores ventajas de los trenes de siembra de cuchilla y doble disco son su excelente adaptación a suelos con mucha cobertura, la mayor roturación de la línea de siembra, el excelente control de profundidad realizado por las ruedas laterales, su montaje sobre paralelogramos y la posibilidad de colocar dosificadores monogranos.

Entre los factores limitantes, se pueden enumerar la escasa habilidad de las cuchillas para copiar el terreno, el mayor sacrificio de humedad, las dificultades para sembrar en lotes muy barrocos o muy secos y la vulnerabilidad de las cuchillas en lotes con presencia de palos o piedras.

Un cuerpo de siembra estándar debería contemplar los siguientes aspectos: ser capaz de vincularse con paralelogramos; disponer de un mecanismo sencillo para regular la transferencia de carga al cuerpo de siembra; contar con doble rueda de control de profundidad semineumática con copiado en balancín y sencilla regula-

ción de la profundidad, rueda pisagranos de gran diámetro, semineumática, trapezoidal, preferentemente arrastrada, y con posibilidades de ajustar su carga y anular su acción en forma sencilla. De no contar con espacio para rueda pisagranos, se deberían utilizar lengüetas plásticas, aunque su efecto no siembre es positivo: el resultado depende del tipo de suelo. Además, un cuerpo de siembra estándar debería contar con ruedas cerradoras de surco que regulen la presión de manera sencilla, posibilidad de ajustar el ángulo de ataque y apertura, ruedas adaptables a los distintos suelos y alternativa de colocación de dosificadores monograno.

Doble disco desigual o con filos invertidos

En muchos escenarios de siembra, el uso de cuchillas labradoras está fuertemente condicionado, en especial, cuando se debe sembrar con elevada humedad y los suelos contienen importantes cantidades de arcilla o limo. Además, muchos de estos escenarios suelen complicarse con la presencia de piedras superficiales, palos, o bien se vuelve necesario trabajar con curvas de nivel. Con estos condicionantes, las cuchillas pueden convertirse en un problema antes que en una ayuda. Por ello suele preferirse el monodisco o bien los doble discos solos, sin cuchillas labradoras, aunque para que su uso sea exitoso es necesario realizar algunas consideraciones. En primer lugar, se debe contar con ruedas laterales dobles de control de profundidad para evitar que el disco levante y tire el suelo fuera de la línea de siembra. Luego, se requiere un potente sistema de transferencia de carga y paralelogramos adecuados, ya que el doble disco deberá trabajar por su cuenta, sin ayuda de las cuchillas.

Esta configuración ha sido utilizada desde hace tiempo por algunos fabricantes argentinos, y hoy en

Foto 8

Cuerpo de siembra de doble disco estándar con kit monograno



Foto 9 y 10

Doble disco desigual



Foto 11

Doble disco invertido con rueda modificada de borde metálico



día, se suelen configurar de este modo muchas sembradoras para trabajar en suelos más pesados y pegajosos.

Los discos se pueden armar con una diferencia leve de 3 a 4 centímetros de diámetro, montando el más pequeño con el filo invertido. Las mazas del abresurco deberán ser lo suficientemente robustas como para resistir el esfuerzo adicional que esto provoca.

Con estas reformas, se busca obtener un abresurcos similar al monodisco, pero con un montaje en paralelogramos y la posibilidad de reducir el efecto de *fratachado* de la zapata.

Cuchillas labradoras

Las cuchillas labradoras deben cumplir con los siguientes objetivos: en primer lugar, efectuar un corte del residuo presente en el lote, condición imprescindible para lograr una buena implantación. Luego, dejar el suelo preparado para que el abresurcos encuentre "tierra hecha" allí donde debe localizar la semilla. Por último, roturar el entorno de la semilla y del surco para favorecer el desarrollo radical del cultivo y garantizar una buena emergencia. Sin embargo, algunos de estos objetivos son antagónicos, y puede ocurrir que se gane en algún aspecto y se pierda en otro.

Para lograr un buen corte, es necesario recordar que la profundidad ideal de clavado de una cuchilla no debería exceder de un tercio de su radio, para evitar que se pierda el efecto tijera. En las sembradoras actuales, los bastidores anchos y los montajes fijos de las cuchillas vuelven este objetivo prácticamente imposible.

Desde el punto de vista del diseño, cuanto más angosto sea el dibujo de la cuchilla, más opciones de corte se pueden esperar, ya que la carga se concentra en una pequeña sección de aquella.

Si se requiere asegurar un buen corte -escenario típico de las siembras de segunda-, las cuchillas de menor ondulación, mayor diámetro y filo liso constituirán la mejor opción.

Remoción de la línea de siembra

Cuando los suelos están compactados o densificados en superficie -lo que suele producirse cuando el lote es pisoteado por la hacienda-, la remoción permite un mejor arraigo del cultivo y una emergencia más rápida y pareja; sin embargo, también puede acarrear consecuencias negativas. A menudo se produce una pérdida de humedad en torno de la semilla, que puede resultar nefasta en momentos de baja disponibilidad hídrica.

El comportamiento de las cuchillas se puede resumir brevemente de la siguiente forma: a mayor ondulación,

más agresividad y menor efecto de corte. A menor ondulación, mejor corte con pérdida de remoción.

Otras consecuencias del accionar de las cuchillas labradoras son el exceso de remoción y, sobre todo, el esponjado hacia arriba que provocan algunas de ellas, lo que genera un resultado inaceptable cuando se combinan con barredores de residuos, ya que el suelo -elevado por acción de la cuchilla- es barrido lateralmente por estos últimos.

Para evitar este efecto y conservar los beneficios de la remoción de la línea de siembra, en algunos modelos de sembradoras se han desarrollado en forma artesanal flejes o patines limitadores de remoción, cuya finalidad es evitar el pegado del barro en los trenes de siembra. Aunque su origen es entrerriano, se han difundido en todo el país, ya que sus beneficios son muy apreciados, incluso en los suelos más arenosos.

Tal es el grado de interacción de las cuchillas con el resultado agronómico de la siembra que, en muchas ocasiones, se prefiere tener más de una y colocar la que mejor se ajuste al objetivo perseguido en cada situación.

También conocidas como sembradoras de granos gruesos, su diseño evolucionó para adaptarse a los cambios en las prácticas agronómicas. La evolución estuvo vinculada, fundamentalmente, con el angostamiento de la distancia entre los surcos del cultivo de soja. En la actualidad, son pocas las regiones que conservan las siembras a 52,5 centímetros, distancia que solían compartir el maíz y el girasol.

Cuando la soja se implanta a menos de 52,5 centímetros, las sembradoras de granos gruesos quedan restringidas casi exclusivamente al maíz y girasol, que, en general, no representan un área tan importante dentro

Foto 15

Flejes colocados en cuchilla labradora



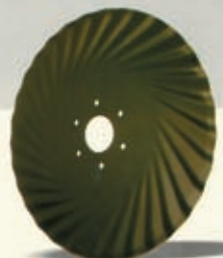
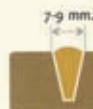
Foto 12, 13 y 14

Doble disco invertido con rueda modificada de borde metálico



Cuchilla Directa / 30 ondas

Diámetro 15", 16", 17" y 18"
Tipo de ondas tangenciales
lineales asimétricas.
Ancho de la banda
labrada: 8 mm.



**Cuchilla Dura Flute / 38 ondas
Filo plano**

Diámetro 16", 17" y 18"
Tipo de ondas, radiales
sinusoidales simétricas,
ubicadas a 1" del borde
formando un filo plano
similar al de la RIPPLED.
Ancho de banda labrada: 8 mm.

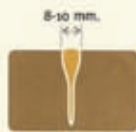


Foto 16

Sembradora monograno de surcos estrechos



de la rotación en la pampa húmeda. Por esta razón, muchos fabricantes han angostado los paralelogramos de sus sembradoras de granos gruesos, lo que determina una pérdida de robustez, pero permite acercar hileras y, en algunos casos, realizar siembras monograno de soja de 35 centímetros.

También son posibles las siembras monograno a 35/42 cm con las sembradoras de granos finos, trabajando surco por medio en máquinas a 17,5 ó 21 cm.

En lo que refiere a los chasis de las sembradoras de granos gruesos, rigen las mismas consideraciones vertidas en el análisis de las sembradoras de granos finos convencionales; por ello, sólo se detallarán aspectos específicos de las sembradoras de granos gruesos o de cultivos verano.

Dosificadores

La diferencia más evidente entre las sembradoras de granos finos y gruesos es su configuración y su habilidad para efectuar las siembras monograno.

En el mercado existen las siguientes opciones de dosificadores: de placa inclinada, de fondo plano y neumáticos (de vacío y presión).

Dosificadores de placa inclinada

Este sistema consta de una placa alveolada que tiene un cierto ángulo con respecto a la horizontal. Su principal ventaja es la ausencia de enrasadores mecánicos, lo que garantiza un trato delicado de la semilla, ideal para la soja. Su principal limitante es que no logra enrasar correctamente semillas como las de los maíces chatos, que muchas veces se alojan de a dos en una celda o alvéolo. En estos casos, es muy difícil eliminar la sobrante, ya que, a menudo, sólo se cuenta con la posibilidad de regular el ángulo de la placa, que, si en el intento de eliminar la semilla excedente se ubica en posición muy vertical, puede provocar la caída de ambas semillas.

Foto 17

Dosificador neumático de vacío con cámara giratoria y alineador de semillas



El funcionamiento de los dosificadores de placa inclinada se puede mejorar con el agregado de cepillos enrasadores similares a los utilizados en los sistemas de fondo plano para soja.

Dosificadores de fondo plano

Estas placas son similares a las de los dosificadores de placa inclinada, con la diferencia de que se encuentran ubicadas en posición horizontal y tienen distintos sistemas de enrasadores y expulsos mecánicos. Se trata del sistema dosificador más generalizado en la siembra de maíz y girasol, pero demanda la consideración especial de algunos detalles. En primer lugar, debe contar con gran variedad de placas dosificadoras (que varíen no sólo en tamaño de las celdas sino en el espesor de la placa). Luego, se recomienda trabajar siempre con placas de doble o triple hilera, si las hubiera. También hay que asegurarse de que las contraplacas no presenten la clásica cavidad debajo de los enrasadores (en caso contrario, será necesario darlas vuelta o cambiarlas). Otro recaudo por tener en cuenta es el de regular los enrasadores y expulsos de cada tolva hasta lograr la distribución deseada, y considerar la utilización de placas de alvéolos alargados (similares a los del girasol), que suelen dar excelentes resultados en algunas variedades de maíces chatos.

Ejemplo: Celdas de 12,5 mm de largo x 8,5 mm de ancho x 4,5 mm de espesor de placa

Dosificadores neumáticos por vacío

Es el sistema neumático más utilizado y el que permite manejar la mayor diversidad de calibres. Consta básicamente de una placa vertical con pequeños orificios donde las semillas son retenidas por la diferencia de presión de aire entre ambas caras de la placa: de un lado, la atmosférica, y del otro, el vacío de la turbina.

Cuando las semillas llegan al punto de descarga, el vacío en esa zona de la placa se interrumpe y las semillas caen por gravedad hacia el tubo de descarga. Para evitar que quede más de una semilla por alvéolo, se utiliza una especie de serrucho enrasador que elimina la sobrante. Existen incluso sistemas de doble enrasado que aseguran la entrega de una semilla por alvéolo.

Cuando los calibres son desparejos, el operador debe hallar la combinación de nivel de vacío y de enrasado que permita alcanzar la mayor precisión de siembra.

Algunos dosificadores incorporaron el concepto de cámara giratoria, que reduce la fricción de la placa, y un orientador o alineador de semillas, que mejora la uniformidad de distribución en el surco.

Existen dosificadores de vacío que ofrecen una opción de placas que poseen una cavidad en la que se aloja la semilla, pero suelen necesitar un calibre más uniforme.

Otro adelanto en los distribuidores de vacío es el uso de pequeñas ruedas expulsoras que impiden la obstrucción de la placa, lo que puede producirse por la presencia de impurezas o por acción de los curasemillas.

Para evitar el desgaste prematuro de los componentes de los dosificadores, algunas empresas recomiendan el uso de talco como lubricante sólido.

Como la oferta de estos equipos se ha incrementado en los últimos años, los criterios de selección deberían considerar los siguientes aspectos:

- Las placas deben ser del mayor diámetro posible y, si se van a utilizar para sembrar soja, deberían ser de doble o triple hilera.
- Los sistemas de sello de vacío y de obturación deben ser sencillos, confiables y duraderos.
- La regulación de los mecanismos de enrase debe ser simple y poseer una escala graduada visible.
- El nivel de vacío debe ser indicado con claridad y ajustarse al tipo de semilla.
- Los mecanismos deben ser robustos y estar preparados para servicio pesado.

Dosificadores neumáticos por presión

Existen muy pocos modelos en el mercado que utilicen este sistema de dosificación. Su principio de funcionamiento es similar al de los de vacío; en este caso, las semillas son retenidas por la diferencia de presión existente entre ambos lados de la placa, de un lado la atmosférica, y del otro, la presión de la turbina.

Las placas de estos distribuidores tienen una especie de alojamiento o cavidad que determina que con calibres desparejos o maíces chatos resulte difícil evitar las duplicaciones, obteniéndose mejores resultados con maíces redondos.

Turbinas

No se debe dejar de analizar el modo en que se accionarán las turbinas que demandan estos distribuidores. En este punto, existen varias opciones:

- Con el hidráulico del tractor. Existen muy pocos tractores en el mercado capaces de accionar el motor hidráulico de una turbina en forma continua durante un período prolongado.

- A través de la toma de fuerza. Encierra la complejidad y el riesgo de las barras de mando mecánicas, a los que se les suma el problema de la caída de vueltas en la cabecera y el consiguiente riesgo de pérdida de semillas. Para recargar las placas, se necesitan cerca de ocho o diez metros; de lo contrario, el tractorista deberá doblar "a fondo".

- Con un kit hidráulico de toma de fuerza. Aunque se eliminan las barras de mando, puede subsistir el problema de caída de semillas en la cabecera si el kit no está bien dimensionado.

Accesorios barrerastrojos

Estos accesorios son necesarios fundamentalmente por la necesidad de elevar la temperatura en la zona de siembra (en ocasiones, se han establecido diferencias de hasta tres o cuatro grados entre distintas zonas de un lote con o sin cobertura de residuos), evitar la pérdida de plantas por la helada y, a la vez, controlar la profundidad de siembra en forma más eficiente.

La utilización de barredores debe considerarse con sumo cuidado cuando se trabaje en suelos con pendiente, ya que el barrido del surco define el camino que tomará el agua de escurrimiento superficial, que puede potenciar la erosión. Sólo se puede recurrir a ellos cuando sea posible sembrar en contra de las pendientes principales.

Existen dos formas de ubicar los barredores de residuos en una sembradora: por delante de las cuchillas, como primer elemento del tren de siembra, tomados del chasis, o bien por detrás de las cuchillas, montados en la unidad de siembra.

Tomados del chasis

Esta ubicación es la elegida cuando se pretende barrer el residuo antes de que lleguen a tocarlo las cuchillas fertilizadoras, las cuchillas labradoras o los órganos abresurcos.

Colocar los barredores adelante puede evitar que aquéllas lleguen a hundir o "ensobrar" el residuo y complicar la labor de siembra. Sin embargo, esta posición estará condicionada por el diseño y por ciertos aspectos operativos que es necesario analizar. Para copiar los desniveles del terreno, los barredores deberán tener un alto grado de flotación, poseer algún tipo de rueda copiadora adosada y ser del tipo de brazo arrastrado, para evitar atoraduras y arrastres de material.

Además, no resultará fácil barrer aquel tipo de residuos que tenga mucha longitud y se encuentre entero; tal es el caso del rastrojo de maíz, girasol y soja sin picar (desparramada).

Foto 18

Estrellas barredoras delanteras de brazo arrastrado



Foto 19

Ruedas laterales montadas en el material barrido



Es por ello que la opción de barrerastrojos delanteros no es la más usual en el mercado, aunque existen situaciones o escenarios donde puede ser considerada una buena alternativa.

Montados en la unidad de siembra

Esta configuración es la más frecuente, y se cuenta con varios diseños en el mercado, que van desde modelos sencillos que trabajan colocados en soportes con correderas hasta los que son tomados por paralelogramos arrastrados.

A continuación se describen distintos tipos de barreadores de residuos que se montan en la unidad de siembra.

Barreadores de discos planos

Es, tal vez, el sistema más sencillo y el más utilizado. Consta de dos discos dentados montados sobre un soporte que permite regularlos en altura, aunque mientras trabajan, permanecen fijos en el tren de siembra. Suelen colocarse en el soporte que algunas sembradoras traen para los cinces limpiasurcos.

Como desventaja (discutible) de estos barreadores, se puede mencionar que abarcan un área muy estrecha y pueden dar lugar a que las ruedas laterales de control de profundidad se monten sobre el cordón de residuos desplazado por estos discos.

Para lograr un buen control de profundidad, se considera imprescindible la combinación de estos accesorios con ruedas laterales angostas, idénticas a las utilizadas en las sembradoras de granos finos. Hoy en día, muchas sembradoras de granos gruesos las incorporan desde la fabricación.

Barreadores de estrellas de goma

Estos barreadores también se montan sobre los trenes de siembra. Están confeccionados en material de cau-

Foto 20

Ruedas de control angostas con barreadores



cho y tela, y su diámetro es mayor, por lo que logran un barrido más amplio de la línea de siembra y ofrecen a las ruedas laterales estándares la posibilidad de circular sobre el terreno barrido.

El aspecto negativo de esta situación es la tremenda remoción del residuo y la posibilidad de generar atoraduras cuando se siembra a 52 centímetros entre hileras.

Barredores de brazo y paralelogramos arrastrados

Aunque el diseño de estos accesorios es diferente, ambos se caracterizan por tener la habilidad de "flotar" y copiar el terreno, lo que se suma al hecho de ir montados en los cuerpos de siembra de la máquina.

El hecho de que sean flotantes puede determinar que en situaciones extremas -como cuando se pretende barrer raízes de maíz o de girasol-, el sistema de flotación los eleve e impida que cumplan plenamente con su función. Algunos diseños presentan resortes de carga, pero no siempre logran barrer materiales tan difíciles como los mencionados.

Como puede observarse, dada la gran diversidad de modelos disponibles, cada situación requiere analizar detenidamente cuál es el modelo que conviene más. También hay que considerar que algunas sembradoras no disponen de la capacidad necesaria para todas las opciones consideradas. También se recomienda hacer prue-

Foto 21

Barredor de residuos de doble brazo arrastrado



Foto 22

Barredores de residuos de paralelogramos arrastrado



Foto 23

Variador electromecánico en tolva air drill



Foto 24

Variador mecánico-hidráulico



Foto 25

Variador electro-hidráulico



bas preliminares antes de decidir la compra, ya que en siembra directa, cada lote es único.

En la medida en que se dispone de mayor cantidad de datos históricos del lote, es posible realizar una aplicación variable de insumos a la siembra y a la fertilización. Esta tecnología se denomina comúnmente VRT (*Variable Rate Technology*).

Para lograr la variabilidad de las aplicaciones, existen varios mecanismos, que parten siempre de un mapa de prescripción elaborado sobre la base del conocimiento adquirido acerca de la heterogeneidad de los lotes y la conveniencia económica del manejo diferenciado de los insumos.

En todos los mecanismos de VRT, tanto los de siembra como los de fertilización, se depende en mayor o menor grado de la utilización de equipos electrónicos. De todos modos, se recomienda contar siempre con la alternativa del sistema mecánico convencional (caja de cambios y cadenas) en caso de que se produzca una falla en plena siembra.

Entre los mecanismos de aplicación variable, se cuenta con mecanismos electromecánicos, mecánicos/hidráulicos/electrónicos y electrohidráulicos.

Los sistemas electromecánicos se caracterizan por poseer un pequeño motor eléctrico que acciona la correa de un variador continuo. Logran con ello ajustar la dosis de producto aplicado. Son muy sencillos de utilizar, pero es muy difícil lograr con ellos una tasa de aplicación igual a cero, ya que, en general, no prevén la detención del alimentador.

La ventaja de estos sistemas es que las variaciones de la velocidad de avance son corregidas por la transmisión mecánica existente; el variador sólo debe encargarse de corregir los cambios de prescripción. **CREA**

8

Criterios para la aplicación de herbicidas en barbechos químicos

■ Ing. Agr. Rubén A. Massaro
INTA EEA Oliveros.



La práctica del barbecho es tan milenaria que incluso aparece en el Antiguo Testamento; sin embargo, aún constituye un concepto válido en el marco de la agricultura moderna. Según el diccionario de la Real Academia Española, barbechar significa "arar la tierra para que se meteorice y descanse". Desde el punto de vista agronómico, un suelo en barbecho se encuentra en un período de recomposición o acumulación de componentes; de este modo, se produce el reciclado de los nutrientes y el agua a través de un silencioso proceso. Para que esto ocurra, existe la idea de mantener el suelo libre de vegetación, cubierto sólo por los rastrojos de cultivos ante-

riores. Pero desde hace unas décadas, esta práctica está siendo revisada y hoy se valora la presencia de organismos vivos (vegetales y animales) que permitan la emergencia de vegetación espontánea (malezas, plantas "guachas") o bien se incluye un cultivo "de cobertura". Sin embargo, antes de la siembra del próximo cultivo, es necesario detener el crecimiento y secar la vegetación existente, para evitar la competencia y el efecto negativo sobre la producción. No está bien definido, todavía, el momento en que se debe realizar esta práctica.

Hasta hace 20 años, el método utilizado para controlar las malezas durante el barbecho era el laboreo

mecánico del suelo, aunque en gran parte de las áreas productivas de nuestro país la siembra directa ha reemplazado esta práctica por el uso de herbicidas pulverizados en pre o posemergencia, técnica denominada *barbecho químico*.

Aplicación de herbicidas

La pulverización debería ser realizada bajo el concepto de aplicación de plaguicidas, definido como "el empleo de todos los conocimientos científicos necesarios para que un determinado fitoterápico llegue al blanco en

cantidad suficiente para cumplir su cometido sin provocar contaminación ni derivas" (Etiennot, 2005; citado en Massaro, 2008). Esta exigencia implica trabajar con un enfoque sistémico que contemple el análisis y la interacción de múltiples variables. Una interpretación integrada del proceso de aplicación de plaguicidas permite la adecuada preparación de los pulverizadores para realizar una tarea exitosa.

Entre los componentes básicos de este sistema figuran:

- a) El follaje sobre el que se va a pulverizar.
- b) El objetivo o blanco del trabajo de pulverización.
- c) El modo de acción del plaguicida.
- d) El ambiente meteorológico.
- e) La calibración del equipo pulverizador.
- f) La eficacia alcanzada con el tratamiento.

Cuadro 1

Porte de diferentes especies de malezas durante el período otoño-invierno-primaveral en la área pampeana

Malezas		Porte de las plantas		
Nombre vulgar	Especie	Rastrero o roseta	Semierecto	Erecto
Bolsa de pastor	<i>Capsella bursa pastoris</i>	•		
Caapiquil	<i>Stellaria media</i>	Juvenil	Adulta	
Cardo negro	<i>Cirsium vulgare</i>	Juvenil		Adulta
Cardo pendiente	<i>Carduus thoermeri</i>	Juvenil		Adulta
Enredadera anual	<i>Polygonum convolvulus</i>	•	•	
Falsa biznaga	<i>Ammi majus</i>			•
Flor de pajarito	<i>Fumaria officinales</i>			•
Lengua de vaca	<i>Rumex crispus</i>	Juvenil		Adulta
Manzanilla	<i>Matricaria chamomilla</i>		Juvenil	Adulta
Manzanilla cimarrona	<i>Anthemis cotula</i>		Juvenil	Adulta
Mastuerzo	<i>Coronopus didymus</i>	•		
Nabo	<i>Brassica campestris</i>		Juvenil	Adulta
No me olvides	<i>Anagallis arvensis var. coerulea</i>	Juvenil		Adulta
Ocucha	<i>Parietaria debilis</i>	Juvenil	Adulta	
Ortiga mansa	<i>Lamium amplexicaule</i>	•		
Perejilillo	<i>Bowlesia incana</i>	•		
Quinoa	<i>Chenopodium quinoa</i>			•
Rama negra	<i>Conyza bonariensis</i>	Juvenil		Adulta
Sanguinaria	<i>Polygonum aviculare</i>	•	•	
Verónica	<i>Veronica arvensis</i>	•		
Violeta silvestre	<i>Viola arvensis</i>	Juvenil	Adulta	

Cuadro 2

Modo de acción del plaguicida y calidad de pulverización

Características del producto	Cobertura (gotas/cm ²)	Homogeneidad de pulverización
De contacto/penetración	50-60	Muy alta
Sistémico	30-40	Alta
Fase gaseosa	10-20	Indiferente

Fuente: FAO.

Follaje

Durante el período en que se realiza esta práctica (otoño-invierno-primavera), pueden tener lugar diversas situaciones en virtud de la existencia y el porte de las malezas presentes en la región pampeana. Puede ocurrir que haya ausencia total de vegetación y sólo se cuente con el rastrojo de cultivos anteriores. En ocasiones, hay vegetación de porte rastrero, incluso con plantas desarrolladas. Finalmente, se pueden detectar malezas rastreras o con rosetas al comienzo de su crecimiento, que luego adquieren porte semierecto o erecto.

En el cuadro 1, se clasifican por su porte las malezas que pueden aparecer durante el barbecho. Suele ocurrir que se produzca la coexistencia de plantas que emergieron en diferentes momentos (cohortes) o que presentan diferentes tamaños, con lo que se produce una superposición espacial vertical y la cobertura de unas por las otras (plántulas cubiertas por plantas de mayor tamaño).

Blanco de la pulverización

El objetivo de la pulverización puede referir al suelo, a las plantas emergidas y su porte, o bien abordar ambas cuestiones, según los herbicidas utilizados (cuadro 1).

Modo de acción del herbicida

La penetración del producto en las plantas y su movilidad en los tejidos son factores decisivos para definir la técnica de pulverización y su calidad. El concepto de calidad involucra la cobertura por alcanzar (gotas/cm²), el tamaño de las gotas y la uniformidad de la pulverización en el ancho de trabajo.

Existe información elaborada por expertos de la *Food and Agriculture Organization* (FAO), y propia, donde se relacionan las características del herbicida con la calidad de las pulverizaciones (cuadros 2 y 3).

Vos hablaste, BASF escuchó.

Llega el herbicida que va a escribir
una nueva historia contra las malezas.



Heat™



HERBICIDA CON EL PODER DE KIXOR®

Heat™ es el primer herbicida hecho a medida con el innovador principio activo **Kixor™**, que acelera el quemado de malezas en tu campo como nunca antes.

Su poder es mucho más rápido y preciso que todo lo conocido, combatiendo malezas de hoja ancha en el barbecho de tu cultivo.

La innovación y acción de **Heat™** ya está disponible en esta campaña para soja, maíz, maní y sorgo.



SEGURIDAD DE CULTIVO

Heat™ contiene el innovador principio activo **Kixor™** desarrollado por BASF para controlar las malezas de hoja ancha, incluso las más tolerantes.



QUEMADO RÁPIDO

Heat™ actúa de manera más rápida y precisa que todo lo conocido, permitiendo el más efectivo control de malezas en mucho menos tiempo.



ALIANZA PERFECTA

El glifosato es el compañero ideal de **Heat™** para lograr los resultados esperados en barbechos de soja, maíz, maní y sorgo.



NO SE LAVA CON LA LLUVIA

Heat™ penetra rápidamente de manera profunda en el tejido verde de las malezas, reduciendo el riesgo de lavado.

Heat™, el primer herbicida con el poder de Kixor™.

Junto al glifosato quema las malezas de hoja ancha, incluso las más tolerantes, en forma rápida y efectiva.

 **BASF**

The Chemical Company

Condiciones meteorológicas

El ambiente meteorológico está determinado por parámetros -temperatura, humedad relativa del aire y viento- que influyen en forma directa o indirecta sobre las malezas, el herbicida y las gotas que genera el pulverizador, aun cuando éstas sean "protegidas" por aditivos específicos.

La acción del viento favorece la evaporación y el arrastre de las gotas pequeñas y los gases originados en la volatilización de los plaguicidas. En general, se recomienda no pulverizar con velocidades de más de 12 km/hora.

La temperatura puede influir directamente en la evaporación del agua, la tensión de vapor de los plaguicidas y el arrastre de gotas por corrientes convectivas. También determina la capacidad del aire de contener agua y, junto con la humedad relativa, define el punto de condensación o *punto de rocío*.

Durante la temporada del barbecho químico, las condiciones meteorológicas suelen ser buenas o muy buenas en general, excepto en regiones como el sur de la provincia de Buenos Aires, donde los vientos pueden ser intensos durante gran parte del día. Además, la pulverización de los lotes no constituye una labor de urgencia o de elevada intensidad, y existe una conjunción de factores -modo de acción de los herbicidas, técnicas de pulverización, aditivos- que permiten realizar las aplicaciones incluso en situaciones ambientales que serían desfavorables para otros tratamientos que se realizan durante el ciclo de los cultivos.

En el gráfico 1, se pueden ver los valores de temperatura y humedad relativa registrados en un día cálido de otoño. En el gráfico 2, se aprecian los de un día con bajas temperaturas. Estos contrastes meteorológicos suelen presentarse y deben ser considerados cuando se usan herbicidas. Por lo general, las temperaturas superiores a 32 °C se consideran críticas para la pulverización, mientras que las temperaturas bajas son contraproducentes para la

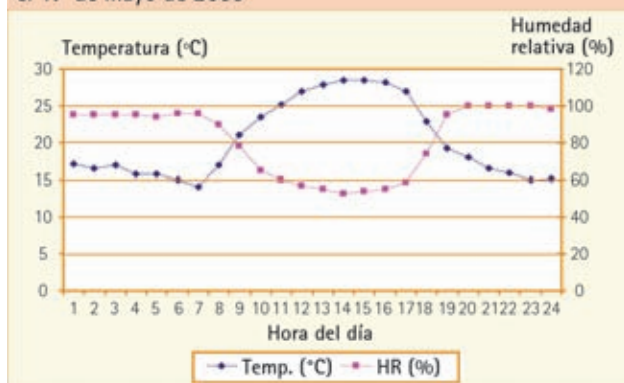
acción de productos foliares (hormonales, glifosato) por disminución de la actividad biológica de las plantas.

Otro aspecto por considerar es el punto de rocío, que indica la hora del día en que comienza a producirse la condensación del agua sobre las hojas de las malezas. En el gráfico 1, se aprecia una disminución pronunciada de la temperatura después de la media tarde, de manera que, incluso en un día de altas temperaturas, la manifestación del rocío se producirá al atardecer o en las primeras horas de la noche. Este parámetro es sumamente importante para la pulverización de herbicidas foliares (por ejemplo, el glifosato), que deben penetrar en los tejidos antes de la aparición de agua sobre las hojas para evitar el "lavado". Por este motivo, se registran en el campo tratamientos con resultados muy disímiles, según la hora de pulverización y el ambiente meteorológico.

Por lo expuesto, el punto de rocío siempre debe ser considerado en la aplicación de herbicidas foliares y puede solicitarse a las estaciones agrometeorológicas de la zona.

Gráfico 1

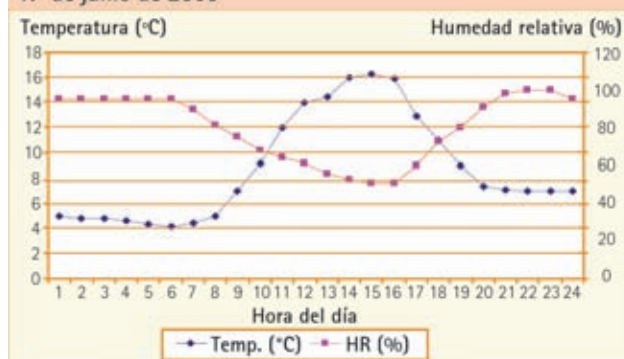
Temperatura y humedad relativa en Oliveros (Santa Fe) el 1.º de mayo de 2009



Fuente: Massara, R., Estación agrometeorológica del INTA Oliveros.

Gráfico 2

Temperatura y humedad relativa en Oliveros (Santa Fe) el 1.º de junio de 2009



Fuente: Massara, R., Estación Agrometeorológica del INTA Oliveros.

Cuadro 3

Herbicidas utilizados en barbecho químico y exigencias de cobertura en la pulverización

Herbicida	Movilidad en las plantas	Formulación**	Cobertura* (gotas/cm²)
Atrazina	Foliar y desde el suelo	Suspensión concentrada o gránulos dispersables	20-30
Metsulfurón metil	Foliar y desde el suelo	Gránulos dispersables, polvo mojable o polvo soluble	20-30
Dicamba	Foliar y desde el suelo	Concentrado soluble	20-30
2,4 D	Foliar y desde el suelo	Concentrado emulsionable, suspensión de encapsulados y concentrado soluble	20-30
Glifosato	Foliar	Concentrado soluble	20-30
Paraquat	Foliar	Concentrado soluble	50-70

* Según recomendaciones de la FAO.

** Fuente: Guía de Productos Fitosanitarios para la República Argentina, CASAFE, 2005.



Vos nos pediste algo
que resolviera lo que el glifosato
y las mezclas tradicionales
ya no podían resolver.

 **BASF**
The Chemical Company

Técnicas de pulverización

Al definir técnicas de pulverización –además de los factores analizados anteriormente– es fundamental integrar información o elementos que permitan reducir la deriva y la contaminación, efectos colaterales del uso de plaguicidas que usualmente no son tenidos en cuenta.

Se define “deriva” al “desplazamiento de un plaguicida fuera del blanco determinado transportado por masas de aire o por difusión” (Norma ASAE S327.1, de la *American Society for Agricultural Engineers Standard*).

Uno de los elementos que contribuye a disminuir la deriva es el tipo de pastillas o boquillas hidráulicas utilizado. Desde hace más de 10 años, las empresas que las fabrican trabajan en forma continua para mejorar su diseño con el propósito de disminuir la deriva mediante la uniformidad y el mayor tamaño de las gotas.

La norma ASAE S-572 clasifica el riesgo de deriva de la aspersión de acuerdo con el tamaño de las gotas producidas, el tipo de pastilla utilizada y la presión de

trabajo. Este riesgo está establecido por bandas de colores: el rojo señala el mayor peligro de deriva, que resulta de la emisión de gotas muy pequeñas. También se indica que se llega al objetivo con menor riesgo, con gotas extremadamente grandes. Como ejemplo, se utiliza la información provista por Spraying System Co. acerca de algunas de sus pastillas de aspersión (cuadro 4).

Esta información es de gran utilidad para preestablecer las condiciones de trabajo y minimizar, especialmente en la práctica de barbecho químico, los riesgos de deriva y daño a cultivos vecinos y a la salud de los pobladores de comunidades rurales.

El volumen pulverizado (l/ha) es un dato muy relativo. Pueden utilizarse volúmenes muy diferentes y, sin embargo, obtener resultados similares, que dependerán de la cobertura necesaria en el blanco (gotas/cm²), del tamaño de las gotas producidas, del follaje de las malezas y de la proporción del follaje que se desea alcanzar con las gotas (%).

A su vez, un mismo volumen puede dar lugar a distintos resultados, que varían en virtud del modo en que se ha pulverizado en las distintas situaciones. Como ejemplo, en el cuadro 5 se indica cómo maximizar los beneficios que aporta una pastilla antideriva en aplicaciones de herbicidas para barbechos químicos.

De los datos del cuadro 5, se desprende que si se utilizan pastillas de abanico plano con aire inducido de

Foto 1

Pulverización de baja deriva: prácticamente parece no estar pulverizando



Foto 2

Pulverización con gota muy pequeña, innecesaria para barbecho químico



Cuadro 4

Pastillas, presiones recomendadas y gotas producidas según presión de trabajo y riesgo de deriva, de acuerdo con la norma ASAE S-572

Pastilla	Presión recomendada (bar)	Presión de trabajo y gotas producidas	
		Bar	Diámetro de las gotas
TP80015	2-4	3	Fino
TP8003	2-4	3	Medio
TT110015	1-6	3	Medio
AI110015	2-8	3	Muy grueso
AI110015	2-8	5	Grueso

Fuente: Spraying System Co.

Cuadro 5

Resultados obtenidos en pulverizaciones con boquillas hidráulicas de abanico plano con aire inducido a diferentes presiones en condiciones de campo

N.º	Velocidad (km/hora)	Presión (bar)	Pastilla	Distancia entre picos (cm)	Volumen (l/ha)	Cobertura (gotas/cm ²)
1	19	3	AI11002	35	70	26
2	24	4	AI11002	70	35	24
3	15	3.5	AI11002	52	83	55
4	21	5.5	AI11002	52	67	73
5	18	3.5	AI11002	35	60	18
6	22	4.2	AI11002	70	33	42
7	24	4.7	AI110015	35	52	78

diferentes marcas comerciales y si se seleccionan la distancia entre picos, la presión de trabajo y el volumen de pulverización, es posible optimizar este proceso. El objetivo del trabajo debe ser lograr 20 a 30 gotas por centímetro cuadrado en el follaje de las malezas (en el caso de herbicidas sistémicos foliares) o en el suelo, cuando se utilizan herbicidas que son absorbidos por el sistema radical.

Esta información indica que es posible obtener la misma cobertura (casos 1 y 2) o aumentarla notablemente (casos 5 y 6) mediante la reducción a la mitad del volumen asperjado. Luego, se puede alcanzar una cobertura mayor si se reduce parcialmente el volumen pulverizado (casos 3 y 4). También se puede mejorar o asegurar una buena cobertura con bajos volúmenes (casos 4, 6 y 7).

En todas estas condiciones de trabajo, se logra un resultado técnico y económicamente exitoso: se cumple con la exigencia de la relación plaga/producto y se incrementa la autonomía del pulverizador. Además, se mantiene el concepto de antideriva, aunque las gotas pasen de ser muy gruesas o extremadamente gruesas a gruesas, de mejor distribución (cuadro 4).

En función de lo descripto en los ítems anteriores, se recomiendan algunas técnicas de pulverización que permiten obtener un resultado eficaz en los barbechos químicos (cuadro 6). Estas formas de trabajo constituyen sólo ejemplos para calibrar el pulverizador; no pretenden ser recetas fijas.

El control de calidad de la pulverización a través de la cobertura (gotas/cm²), el tamaño de las gotas y la uniformidad de la distribución debe realizarse por medio de tarjetas hidrosensibles ubicadas en el blanco; en este caso, el suelo, el rastrojo o el follaje de las malezas (foto 3).

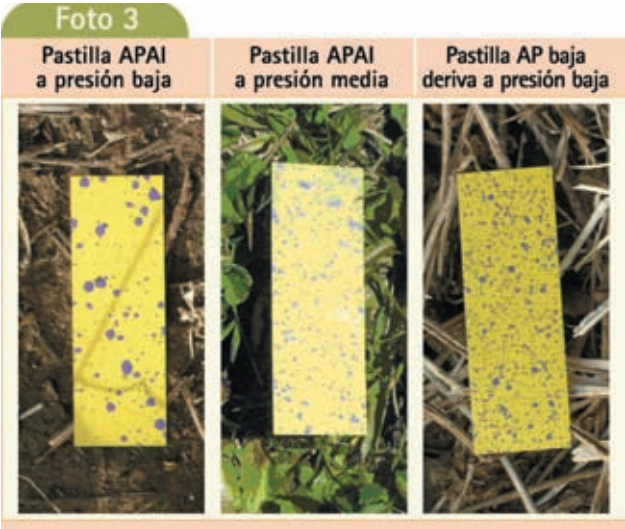
Se puede concluir que en los barbechos químicos confluye una serie de factores que permiten lograr un buen control en preemergencia o poseemergencia de las malezas, con disminución de la deriva y alta autonomía de trabajo de los pulverizadores.

Carga de los herbicidas en el pulverizador

Cuando se utilizan varios productos al mismo tiempo en el caldo, es importante realizar la carga en el tanque en el orden correspondiente. Si ésta no se realiza en forma adecuada, puede provocar una aplicación desuniforme por separación y decantación de algunos herbicidas, como el metsulfurón. El orden de carga está determinado por la formulación de los plaguicidas y debería ser el siguiente: en primer lugar, cargar el tanque con agua, por lo menos hasta la mitad; luego, activar el agitador del pulverizador; a continuación, agregar los siguientes componentes:

- Suspensiones secas o líquidas (polvos mojables, polvos dispersables o gránulos dispersables)
- Suspensiones concentradas y microencapsuladas
- Concentrados emulsionables y emulsiones de aceite en agua
- Concentrados líquidos solubles y polvos solubles en agua
- Coadyuvantes (tensioactivos o adherentes)
- Aceites

Si fuera necesario corregir la calidad química del agua con un secuestrante de cationes para asegurar la



Cuadro 6
Técnicas de pulverización para barbechos químicos

Situación de aplicación	Blanco	Producto	Ambiente meteorológico	Penetración en el follaje	Cobertura (gotas/cm2)	Tamaño de la gota	Pastillas	Presión	Litros/hectárea
Barbecho	Suelo	Atrazina	Bueno/ muy bueno	Nada	20-30	Muy grande/grande	AI/AP	Baja/media	40-50
Barbecho	Malezas	Glifosato y 2,4 D	Bueno/ muy bueno	Baja	20-30	Grande/mediana	AP	Baja/media	40-50

Referencias: AP = pastilla de abanico plano baja deriva, AI = pastilla AP con aire inducido.

actividad biológica del glifosato, el aditivo correspondiente debería ser agregado en primer lugar y dejarlo actuar el tiempo indicado por el proveedor.

Sistema de agitación

Si se toma en cuenta el hecho de que las formulaciones –que están entre los herbicidas más utilizados– generan suspensiones en el tanque del pulverizador, la agitación del caldo (mecánica o hidráulica), como un componente del sistema aspersor, debe cumplir una función muy importante: mantener la homogeneidad de la mezcla. Por lo tanto, sus características y su capacidad deben ser coherentes con la dimensión y forma del depósito, así como con las demandas de agitación de las formulaciones utilizadas. Además, debería cumplir con las normas internacionales.

Las formulaciones que contienen partículas sólidas (polvo mojable, suspensión concentrada, suspensión microencapsulada, suspensión de encapsulados, gránulos dispersables) exigen una correcta agitación para mantener homogénea la suspensión de los sólidos en el agua.

En ensayos realizados con pulverizadores para montes frutales, los resultados permitieron concluir que:

- Los sistemas de agitación mecánicos evaluados cumplen con las exigencias impuestas por la norma de referencia.
- No se observó interferencia de la forma y de la capacidad del tanque sobre la eficiencia del sistema de agitación mecánico.
- Los sistemas de agitación hidráulicos evaluados no cumplen con las exigencias de la normativa utilizada.

La exigencia para una agitación hidráulica eficiente establece un valor de recirculación del 5% del volumen del tanque expresado para las suspensiones (en l/min). Si bien existen elementos que pueden potenciar la recirculación en el interior del tanque, no se conocen evaluaciones realizadas con pulverizadores para cultivos extensivos. Sin embargo, los registros de una empresa de servicios de revisión técnica y diagnóstico de pulverizadores terrestres señalan que el 76% de los equipos controlados presentaron una agitación calificada como de baja eficiencia, por observación del movimiento del agua. Esto indica que se debe revisar el mecanismo de agitación de los pulverizadores y procurar la mejora de los sistemas hidráulicos.

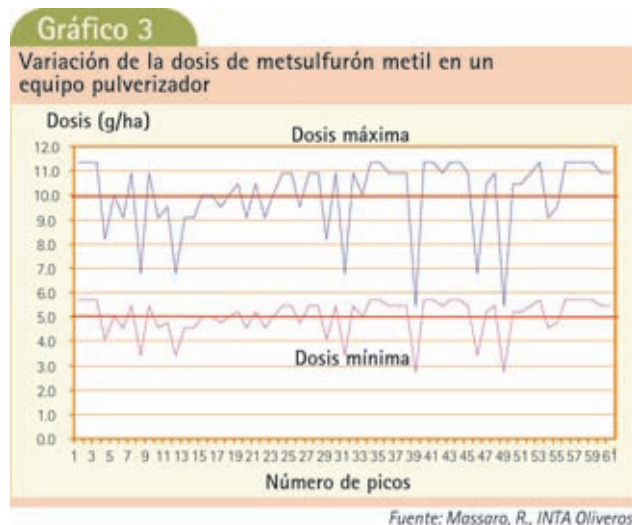
Uniformidad de distribución

La uniformidad de aspersión de los picos en la barra de pulverización es importante para realizar una distribución homogénea del herbicida. De hecho, la metodología para efectuar la calibración de cada uno de los picos de la barra de aspersión a través del control del caudal individual (l/min) es conocida desde hace décadas.

Sin embargo, la experiencia de trabajar con operarios de equipos pulverizadores revela que muy pocos recurren al control de caudal de los picos, y menos aún, lo utilizan como rutina de trabajo. A pesar de ello, en muy pocas situaciones se detecta o se atribuye fitotoxicidad o falta de control de malezas a la desuniformidad de la aspersión realizada. El modo de acción de los herbicidas, la tolerancia de los cultivos a las sobredosis, las dosis utilizadas superiores a las necesarias y el desconocimiento de este aspecto en el diagnóstico enmascaran los verdaderos efectos de una aplicación desuniforme.

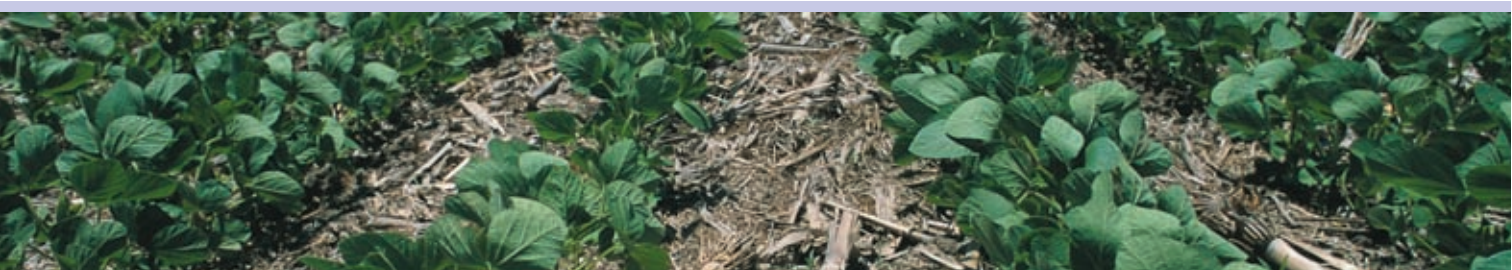
Controles realizados en pulverizadores en situación real de funcionamiento han permitido establecer que el problema de la desuniformidad existe y que, muchas veces, es preocupante.

El gráfico 3 representa la distribución del caldo en el botallón del equipo y, por ende, del producto pulverizado en su ancho de trabajo, a las dosis extremas del herbicida metsulfurón metil. A la dosis máxima de uso (10 gramos/ha), buena parte de la superficie mojada recibe una sobredosis; a la dosis mínima (5 gramos/ha), una proporción recibe una subdosis. Esta distribución puede verse aún más distorsionada si la altura del botallón no está bien regulada. Por esta razón, es posible observar a campo sectores de control deficiente de malezas y casos de fitotoxicidad, cuando el cultivo siguiente es soja. **CREA**



9

La siembra directa en los modelos zonales de producción del Movimiento CREA



Aspectos generales

Ing. Agr. Matías Campos

Unidad de Investigación y Desarrollo del Movimiento CREA

Las primeras menciones acerca de la siembra directa que se registran en el Movimiento CREA datan de principios de los años 80. Los trabajos se concentraban principalmente en regiones de suelos frágiles, susceptibles a la erosión eólica, con limitantes para el almacenamiento del agua por su textura más arenosa. En aquel momento, la siembra directa aún constituía una práctica en estudio, y

el tema se abordaba desde el punto de vista anterior, el de la "labranza conservacionista", cuyo propósito era mantener la mayor parte de los residuos vegetales en superficie y conformar una superficie rugosa capaz de reducir las pérdidas de suelo provocadas por la erosión hídrica o eólica. A pesar de las buenas intenciones, este sistema incluía labranzas de tipo vertical para reducir el uso de insumos (agroquímicos y herbicidas), muy costosos por aquellos años en relación con los rindes que se podía obtener. En la medida en que aumentó la utilización de fertilizantes y herbicidas, la labranza conservacionista —que nunca solucionó satisfactoriamente los inconvenientes de

Mapa 1

Regiones del Movimiento CREA



la labranza convencional (erosión, manejo del agua, mejora sustancial de los rendimientos y simplificación de los planteos productivos)—cedió su lugar a la siembra directa.

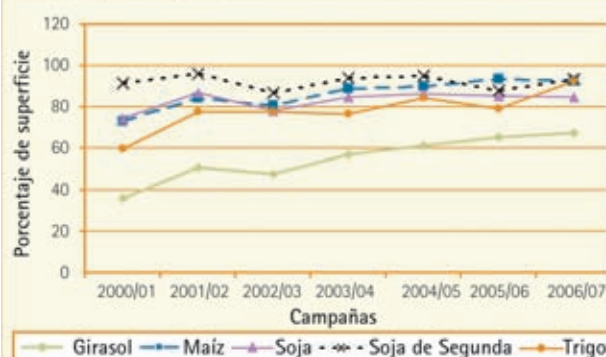
Para apreciar la evolución y el grado actual de incorporación de esta tecnología en el Movimiento CREA, se utilizará la información contenida en los Anuarios Estadísticos.

En el cuadro 1, se observa cómo las diferentes regiones adoptaron la siembra directa a partir del año 1996. El porcentaje detallado representa la superficie total cultivada con esta práctica en función del total de superficie sembrada para cada región.

Del cuadro se desprende que las regiones que contaban con los mayores porcentajes de incorporación de la siembra directa en el ciclo 1996/97 —como el NOA o el Sur de Santa Fe— no eran las que se consideran pio-

Gráfico 1

Porcentaje de superficie sembrada en siembra directa



Cuadro 1

Superficie en siembra directa respecto del total agrícola (%)

Región	Campaña										
	1996/97	1997/98	1998/99	1999/2000	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07
Sur de Santa Fe	67	84	93	92	95	97	96	97	100	73	99
Ch. Santiagueño	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	s/d	99
Centro	58	54	53	62	71	73	67	83	84	94	96
Norte de Bs. As.	21	41	54	59	67	70	73	86	83	95	95
Oeste Arenoso	12	23	37	37	58	64	73	80	84	88	94
N. Santa Fe	41	46	64	72	74	90	69	82	91	84	94
Semiárida	5	13	32	44	46	7	50	32	58	76	92
Oeste	17	23	40	40	49	69	72	53	83	84	92
NOA	73	59		92	69	95	93	94	92	85	88
Sudeste	38	54	50	67	66	84	81	80	68	82	87
Córdoba Norte	57	90	91	79	85	93	76	93	92	93	84
Santa Fe Centro	25	63	65	88	86	80	81	85	60	69	72
Litoral Sur	26	55	63	57	70	60	69	70	62	87	72
Mar y Sierras	12	26	33	45	57	64	53	67	71	78	72
Sudoeste	3	14	44	19	35	45	52	64	61	25	69
Litoral Norte	6	4	34	30	50	22	5	26	42	50	28
Este	47	31	30	46	16	32	26	44	2	63	s/d
Promedio	35	46	58	59	69	76	75	79	81	81	87

neras en la adopción de esta tecnología. Por el contrario, las zonas Oeste, Oeste Arenoso, Sudoeste y Semiárida la habían incorporado en una escala muy reducida. Esto demuestra que una tecnología que puede resultar útil en una región agroecológica determinada a menudo no es incorporada rápidamente y sí lo es en otras en las que se dan las condiciones adecuadas (más superficie en agricultura, mayor proporción de campos alquilados, presencia de fábricas de maquinaria e incluso la propia idiosincrasia de los productores).

A pesar de este comienzo dispar, la adopción de la práctica creció hasta equipararse, y actualmente supera el 70% en la mayor parte de los casos. En el gráfico 1, se aprecia la evolución de la siembra directa. Desde el año 2000 y a lo largo de las últimas campañas, algunos cultivos como el girasol y el trigo evolucionaron de manera importante a partir de porcentajes relativamente bajos, mientras que otros, como la soja de segunda, incorporaron tempranamente esta tecnología.

Región CREA Sur de Santa Fe

Ing. Agr. Juan Pablo Ioele

Asesor del CREA Posta Espinillos

Esta región del Movimiento CREA se extiende desde el norte de la provincia de Buenos Aires y abarca la provincia de Santa Fe hasta la localidad de Rafaela y el sudeste de Córdoba, desde Marcos Juárez hasta La Cautiva. Por su ubicación estratégica, es una de las zonas más aptas para la agricultura. Debido a la presencia de un gran número de productores con espíritu inquieto y pujante, no es extraño que allí se hayan gestado los más importantes cambios en la manera de producir de las empresas agropecuarias. Y es probable que en aquel septiembre de 1977, momento en que se realizó la primera reunión técnica sobre cultivos sin labranzas en el Club Argentino de Marcos Juárez, nadie (o casi nadie) hubiera podido aventurar que ese novedoso método de siembra que no necesitaba de labores de remoción llegaría a adquirir, casi un tercio de siglo después, el prestigio del que hoy goza como aliado del productor agrícola en todo el país (gráficos 2, 3, 4 y 5).

La base del éxito fue la integración y el intercambio entre las empresas del Movimiento CREA, el INTA, diversas universidades y Aapresid. La estrategia básica fue trabajar en forma articulada y desarrollar una tarea de experimentación adaptativa en potreros de distintos establecimientos, lo que permitió desarrollar sólidas bases de información propia en un área extensa como la que comprende la región, con una importante acción de difusión y capacitación.

Gráfico 2

Evolución de la soja de primera en siembra directa en la región Sur de Santa Fe

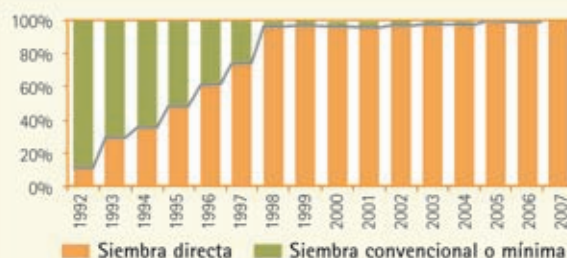


Gráfico 3

Evolución del trigo en siembra directa en la región Sur de Santa Fe

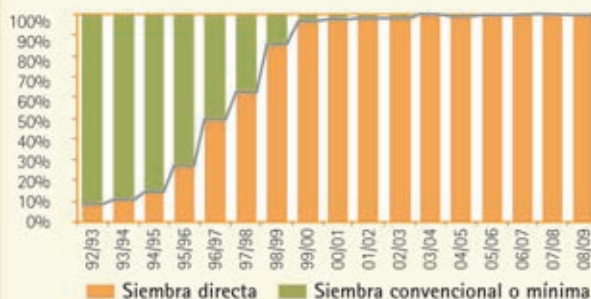


Gráfico 4

Evolución de la soja de segunda en siembra directa en la región Sur de Santa Fe

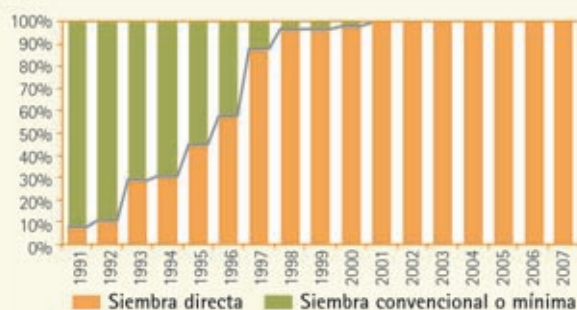
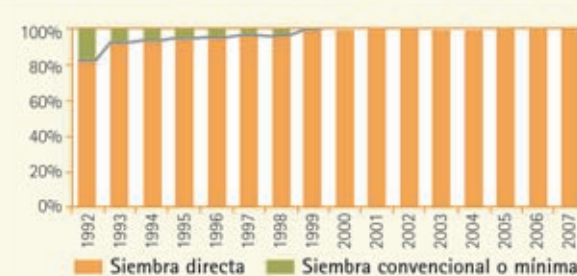


Gráfico 5

Evolución del maíz en siembra directa en la región Sur de Santa Fe



Subzonas

La región Sur de Santa Fe presenta una gran diversidad de paisajes (mapa 2). Sin embargo, es posible identificar tres grandes unidades: en primer lugar, la *Pampa ondu-*



lada, que atraviesa la región en sentido sudeste-noroeste y presenta como suelos dominantes Argiúdoles típicos. Son suelos desarrollados que poseen un horizonte de acumulación de arcilla (Bt) localizado a una profundidad variable (15-50 cm). Hacia el este, en una franja que se extiende desde la ribera del río Paraná y se introduce unos 50 kilómetros tierra adentro, los suelos presentan texturas más finas en los horizontes superiores y fueron clasificados como Argiúdoles vérticos.

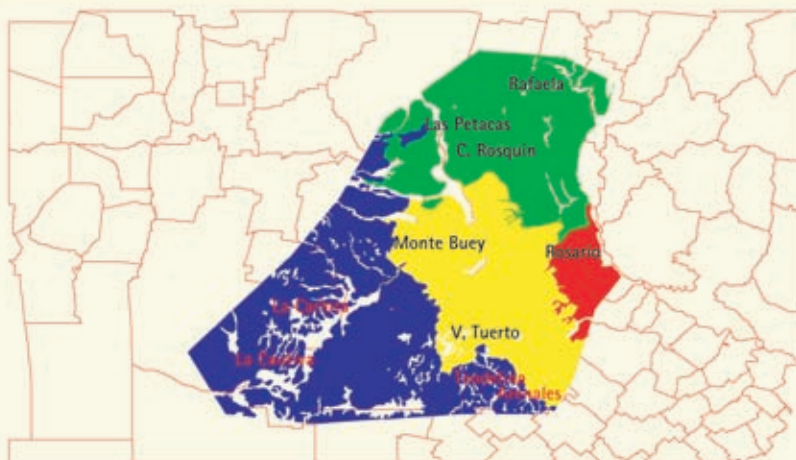
Hacia el oeste y sudoeste de la región, se extiende la *Pampa arenosa*, en la que predominan suelos de textura más gruesa (Haplúdoles y Haplústoles) que, a menudo, alternan con otros en los que se ha producido una acumulación de sales de sodio en las partes más bajas del paisaje.

El norte de la región se caracteriza por poseer una red de drenaje interna sin desagües naturales. Esta última unidad está constituida por los planos extendidos del norte de la región (centro de la provincia de Santa Fe) y corresponde a la parte más meridional de los bajos submeridionales (que se extienden desde el norte de la provincia) y a la *Pampa llana santafecina*. Los suelos corresponden a Argiúdoles típicos y ácuicos. En las partes más bajas se produjo acumulación de sales de sodio.

La productividad de los suelos dominantes en la región varía de acuerdo con las características físicas y químicas, con su posición en el paisaje y con el estado

Mapa 2

Suelos dominantes en las distintas subzonas de la región Sur de Santa Fe



Número	Referencia	Dominio edáfico	Forma de relieve	Suelos dominantes
1		No agrícola	Márgenes de los ríos, ríos y lagunas	-----
2		Pampa Ondulada	Lomas suavemente onduladas	Argiúdoles (típicos)
3		Pampa arenosa	Lomas arenosas	Haplúdoles y Haplústoles (típicos y énticos)
4		Altos de Mortero	Suavemente ondulado	Argiúdoles (típicos y ácuicos) y argialboles (típicos y ácuicos)
5		Costa del Paraná	Lomas planas extendidas	Vertisoles

de conservación. En sitios con larga historia de siembra directa, la compactación puede ser un problema grave (Gerster y Bacigaluppo, 2005).

Clima

El período sin heladas en la región Sur de Santa Fe oscila desde 240 días en el norte hasta 220 días en el límite sur y 206 días en el límite sudoeste (cuadro 2). La fecha media de la última helada varía desde el 17 de septiembre (±16 días) en Rafaela hasta el 27 de septiembre (±15 días) en Pergamino. Hacia el oeste, la última helada se produce en forma más tardía (3 de octubre en Laboulaye).

En las últimas campañas y en diversas regiones del área central norte, se observaron síntomas de daños provocados por heladas durante la implantación de trigo y colza en siembra directa. También se verificaron diferencias entre cultivos frente a este tipo de estrés ambiental. El daño se produce especialmente cuando la ocurrencia de la helada acompaña a cambios bruscos de temperatura. Los resultados fueron coincidentes con observaciones registradas en años anteriores y obligan a replantear el uso de variedades susceptibles a este tipo de daño en condiciones de siembra directa con abundante rastrojo en superficie, donde el efecto de aislamiento del suelo por efecto de la cobertura incrementa el efecto de la helada. Esta situación es relevante debido a que las pérdidas de área foliar que se producen no siempre pueden ser compensadas en todos los ambientes.

En la región Sur de Santa Fe, los efectos de las heladas tardías relacionados con la siembra directa suelen verse reflejados con mayor intensidad sobre el cultivo de maíz sembrado los primeros días de septiembre y con una rotación trigo/soja de segunda (50%)-maíz (50%), que deja en el lote gran cantidad de cobertura.

Hacia el oeste, las precipitaciones anuales disminuyen a razón de 71 milímetros cada 100 kilómetros, mientras que hacia el sur lo hacen levemente, a una tasa de 5,5 milímetros cada 100 kilómetros.

Las precipitaciones anuales de la localidad de Rafaela llegan a 1029 milímetros por año, mientras que en Laboulaye son de 874 milímetros. Esta característica, sumada a la mayor presencia de suelos arenosos, consolida a la siembra directa como herramienta primordial para el desarrollo de cultivos en el oeste y sudoeste de la región. El sentido de variación neta de las precipitaciones anuales es de 265°, a una tasa neta de 72 milímetros por cada 100 kilómetros.

La variabilidad espacial de las precipitaciones tiene serias implicancias para el crecimiento de los cultivos y los sistemas de producción. Por ejemplo, en el oeste, la

cantidad de agua que almacenan los suelos durante el otoño determina el rendimiento del trigo en mayor medida que en la zona este. En cambio, durante el ciclo de los cultivos estivales, la cantidad de precipitaciones no difiere tanto entre ambos extremos de la región.

En los meses del invierno, las precipitaciones son mínimas y se incrementan hacia el verano, con valores máximos entre los meses de octubre y abril. Esta estacionalidad se hace más marcada hacia el sur de la provincia de Córdoba. Hacia el norte, la evapotranspiración potencial (o demanda de agua de la atmósfera) se incrementa como consecuencia del aumento de las temperaturas. El déficit hídrico resulta importante en los meses de enero y febrero.

Aumento de la superficie agrícola

En la región estaba generalizada la idea de que el sistema agrícola-ganadero en rotación, tarde o temprano, iba a regresar. También persistía la creencia de que el único modo de restituir la fertilidad y la estructura de los suelos

Cuadro 2
Fecha media de primera y última helada, y período libre de heladas

Localidad	Longitud	Latitud	Primera helada	Última helada	Período libre de heladas
Rafaela	61,5	31,3	16 de mayo (20,8)	240,4 (24,6)	17 de septiembre (15,9)
Oliveros	60,9	32,6	29 de abril (16,8)	194,1 (30,6)	16 de octubre (21,1)
Marcos Juárez	62,1	32,7	7 de mayo (22,5)	224,4 (26,9)	25 de septiembre (16,9)
Pergamino	60,6	33,9	3 de mayo (17,4)	218,7 (23,6)	27 de septiembre (14,9)
Laboulaye	63,4	34,1	28 de abril (15,5)	206 (21,2)	3 de octubre (18,2)
Junín	61,0	34,6	28 de abril (22,6)	211,6 (26,8)	28 de septiembre (16,0)

Entre paréntesis se muestra el desvío estándar (en días). Las fechas fueron estimadas a partir de datos de temperatura en casillas a 1,5 m. Se supuso que 2,5°C en casilla equivalía a helada a nivel del cultivo.

Gráfico 6
Evolución del área agrícola en la región Sur Santa Fe



consistía en implantar pasturas. Finalmente, la región comprendió que la solución debía encontrarse dentro de la agricultura continua en suelos con esa aptitud, porque los cambios socio-económicos que favorecieron la agri- culturización habían llegado para quedarse.

Rotación

La soja RR facilitó enormemente el proceso de agri- culturización. Sin embargo, la región mantuvo entre sus prioridades el concepto de sustentabilidad, al momen- to de generar empresas menos vulnerables a la depen- dencia casi exclusiva de esta oleaginosa.

Aunque se trabaje en siembra directa, la degrada- ción del suelo es difícil de detener si no se dispone de una secuencia de cultivos que incluya gramíneas como el maíz, el sorgo o el trigo. La rotación contribuye a diversificar el planteo y a reducir la variabilidad inter- anual de los resultados. Además, hay otros motivos que justifican su inclusión: las gramíneas, por ejemplo, mejo- ran el balance de carbono por la cantidad y calidad de los residuos y por permitir una mayor cobertura del suelo, cuya importancia es mayor en el oeste y sudoeste de la región, donde tanto las precipitaciones como la capacidad de retención de agua de los suelos son más

limitadas. Es por esta razón que, en casi la totalidad de las empresas CREA de la región, la rotación más común es maíz-soja-trigo/soja de segunda.

Plagas

Como consecuencia de los sucesivos años de siem- bra directa, se produce un aumento en la abundancia y diversidad de la fauna del suelo, integrada en su mayo- ría por invertebrados moluscos (caracoles y babosas), anélidos (lombrices) e insectos.

Desde el punto de vista agrícola, gran parte de estos organismos son considerados plaga, en virtud del nivel de daño que ocasionan a los cultivos.

Las plagas pueden encontrarse en suelos con diferen- te tipo de manejo (convencional o conservacionista) y su densidad está en estrecha relación con el grado de distur- bios (laboreo y pesticidas) y con el cultivo implantado.

Durante el período que transcurre desde la siembra a la emergencia de las plántulas, los cultivos son dañados principalmente por el complejo de insectos del suelo (lar- vas de gusanos blancos, alambre) y de orugas cortadoras.

Otras plagas como las babosas, "bichos bolita", mil- piés, tucuras y grillos se desarrollan casi exclusivamente en suelos poco disturbados, cuya humedad se encuentra resguardada por residuos vegetales. Por esta razón, sucesivos años sin laboreo favorecen un aumento en su densidad. Entre las plagas mencionadas, las babosas y los "bichos bolita" han sido motivo de gran preocupa- ción para los productores de siembra directa del Sur de Santa Fe en los últimos años.

Región Norte de Buenos Aires

Ing. Agr. Gerardo Chiara

Asesor del CREA Bragado

Ing. Agr. Eduardo Soto

Asesor del CREA San Pedro-Villa Lía

A principios de la década del 90, la siembra sin labo- reo previo comenzó a ser aplicada en forma aislada en algunos cultivos. Los que más rápidamente se incorpora- ron fueron la soja de segunda y el maíz, mientras que la soja de primera y el trigo lo hicieron en forma más lenta.

La aparición de las primeras variedades de soja trans- génica y su uso masivo posterior provocaron la exten- sión de este sistema a la mayor parte de la superficie cultivada en la zona. Su incorporación acompañó un cambio en los planteos productivos zonales, caracteri- zado por la progresiva desaparición de la actividad ganadera en suelos con aptitud agrícola, la reconversión de la estructura de las empresas y el cambio de régimen



de explotación de la tierra, promovido en la mayor parte de los casos por razones de rentabilidad decreciente.

Los efectos positivos de la siembra directa sobre las propiedades físico-químicas del suelo permitieron recorrer el camino hacia la agriculturización sobre bases más sólidas, que contemplaron, entre otros factores, los modelos de rotación, el funcionamiento de los suelos y la nutrición de los cultivos.

En promedio, en las últimas tres campañas, un 94% de la agricultura en la zona se realizó en siembra directa. El modelo de rotación regional puede esquematizarse con la secuencia maíz-soja-soja-trigo/soja, ya que un 45% de la superficie estuvo ocupada con soja de primera, un 30% con maíz y un 25% con trigo-soja (Anuario Estadístico del Movimiento CREA).

Efectos positivos

Durante años, la remoción de los suelos constituyó un modelo de "producción con destrucción", atenuado únicamente por períodos de rotación con praderas, que recomponían parcialmente las propiedades perdidas. Este modelo productivo se basó en la extracción forzosa de nutrientes, la mineralización de la materia orgánica y la destrucción de la estructura de los suelos.

La primera condición de la siembra directa es, claramente, la interrupción del laboreo y, por lo tanto, del deterioro físico de los suelos. Pero, además, esta práctica demostró tener claras ventajas agronómicas, tales como el control de la erosión hídrica y eólica, y el manejo eficiente del agua (ver figura 1).

Asimismo, evidenció ventajas a nivel productivo, como el ajuste en las estructuras necesarias para produ-

cir, el aumento de la productividad de los equipos de maquinaria, el cambio en la modalidad de explotación de la tierra y la incorporación de una visión sistémica de la producción, a través del mayor conocimiento de la nutrición de los cultivos, de la funcionalidad física de los suelos y de la relevancia de la actividad biológica.

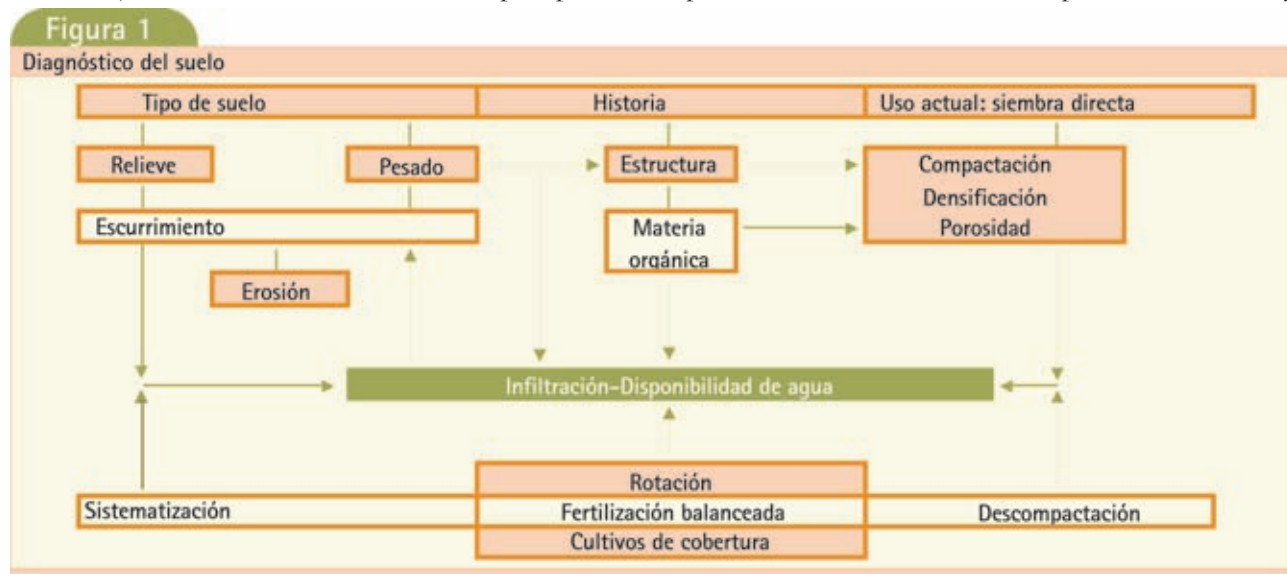
Entre los efectos negativos de la siembra directa, figuran la densificación de los suelos y la pérdida de porosidad provocada por el tránsito de maquinaria. Además, la ausencia de remoción artificial genera condiciones de menor tasa de infiltración de agua, deficiente circulación y menor aireación del suelo. Su composición original (el porcentaje de arcilla y limo) y el grado de deterioro al instrumentar el sistema de siembra directa son factores que pueden agravar esos efectos negativos. Del mismo modo, la densificación afecta el desarrollo radical de los cultivos y limita su rendimiento potencial, incluso sin limitantes hídricas.

Otro efecto adverso se vincula con una característica de la agricultura continua dentro de este sistema, que es la dependencia respecto de factores externos. La utilización de fertilizantes de síntesis química y el glifosato son dos componentes que están presentes indefectiblemente. La evolución traumática de su valor durante la crisis vivida en 2008 puso en evidencia el nivel de dependencia del nuevo sistema productivo.

Nuevos desafíos

Intensificación de la rotación

Por su mayor eficiencia en el manejo del agua y por la posibilidad de reducir costos y simplificar el aspecto operacional, la siembra directa permitió afianzar y



difundir el doble cultivo trigo/soja en la rotación.

Ensayos realizados para evaluar el uso de cultivos de cobertura y evidencias de los últimos años permiten concluir que el doble cultivo es una práctica que maximiza la eficiencia de uso del recurso hídrico.

La presencia continua de cultivos en el lote permite efectuar un aprovechamiento integral del agua disponible. A su vez, la generación permanente de materia seca favorece la recomposición de las propiedades físicas del suelo a partir del aumento de la materia orgánica.

Por ello, una de las principales líneas de desarrollo tecnológico de la zona Norte de Buenos Aires del Movimiento CREA consiste en intensificar la rotación en el sistema de siembra directa. El desafío principal es desarrollar planteos que permitan maximizar la producción y los beneficios, más allá del concepto vigente de analizar el resultado de cada cultivo en forma individual.

En la actualidad, se encuentran en estudio diversas rotaciones que combinan cultivos tradicionales con otros menos difundidos con el fin de alcanzar un "sistema de producción constructivo" que alcance (idealmente) el 100% de intensificación, es decir, que permita desarrollar dos cultivos por año en forma permanente. Tal diversificación de los cultivos podría llevar al desarrollo de mercados y proyectos asociativos y cooperativos de mediana envergadura que se constituyan en una herramienta de desarrollo regional, con proyección sobre otras áreas de servicios, tales como fletes y acopio.

A su vez, la intensificación de la fertilización en función del sistema y sus consecuentes incrementos de productividad demandarán mayor capital y conocimientos. También deberán ser analizados los procesos biológicos virtuosos del suelo que este nuevo modelo activará.

Finalmente, será imprescindible realizar una inversión en maquinaria de gran capacidad de trabajo para atender una demanda que podría llegar a duplicarse.

Manejo agrícola por ambientes

Las diferencias ambientales, principalmente aquellas vinculadas con el tipo de suelo, modifican la capacidad de respuesta a la aplicación de tecnología. Para sostener e incrementar los resultados, los planteos con intensificación exigen una elevada aplicación de capital, acorde con la capacidad de respuesta de cada ambiente.

La identificación de diferencias ambientales relevantes y de suficiente magnitud espacial como para justificar un manejo tecnológico diferenciado son los principios de la línea de trabajo zonal denominada *Manejo agrícola por ambientes*. Su objetivo es identificar las causas de la hete-

rogeneidad ambiental, evaluar su impacto y diseñar estrategias productivas acordes con el potencial relativo de cada sitio, para lograr así evitar la sobredosificación en situaciones con limitantes y la subdosificación en las situaciones que carecen de ellas.

El manejo agrícola por ambientes conducirá al uso de monitores y al mapeo del rendimiento de cada lote, para aplicar de manera diferencial herramientas de carácter agronómico tales como secuencias de cultivos, densidades y nutrición específicas.

Región Centro

Ing. Agr. Gustavo de Deseö

Asesor del CREA Melo-Serrano

Ing. Agr. Gustavo Martini

*Coordinador de la Mesa de Intercambio Agrícola de la región Centro
Asesor del CREA Carnerillo*

La región Centro del Movimiento CREA está conformada por 16 grupos cuyos campos se ubican principalmente en el sur de la provincia de Córdoba, abarcando a su vez pequeños sectores del este de la provincia de San Luis, noroeste de la provincia de Buenos Aires y una zona bajo riego en San Rafael, Mendoza.

El promedio anual de precipitaciones de la zona oscila entre 600 y 900 milímetros (disminuyendo en sentido sudeste-noroeste), con una marcada estación seca en el período invernal.

En la actualidad, la mayoría de las empresas tiene a la agricultura como actividad principal (ocho grupos con planteos de agricultura permanente y seis con sistemas mixtos en proceso de disminución del área ganadera), con una participación de la siembra directa como sistema de labranza superior al 95% de los casos. Los cultivos más sembrados son, en primer lugar, la soja (51.000 hectáreas de soja de primera y 18.000 hectáreas de soja de segunda implantada detrás del trigo en la campaña 2007/08), seguida por el maíz (36.000 hectáreas en la campaña 2007/08) y por el trigo (25.000 hectáreas en la campaña 2008/09).

Evolución

Las primeras experiencias en siembra directa comenzaron en la campaña 1989/90, y fue el principal difusor de esta tecnología Gabriel Tellería, en aquel entonces asesor del CREA Río Cuarto Norte. La fragilidad de los suelos de la región -pobres en materia orgánica y con elevados contenidos de arena- y la marcada susceptibilidad a la erosión hídrica y eólica determinaron, a la vista de los primeros resultados, un marcado

interés en esta técnica, incluso superior al observado en otras zonas del país, tradicionalmente agrícolas y con suelos de mayor aptitud. A partir de allí, la experimentación fue en aumento y se sumaron otros grupos de la región, como los CREA Río Cuarto y Carnerillo.

En el inicio, la mayoría de las experiencias se desarrollaron con el cultivo de maíz, ya que el control de malezas en soja era difícil de resolver sin labores mecánicas. Fue a partir del lanzamiento de la soja resistente a glifosato, en 1996, cuando la adopción de la práctica se hizo masiva, permitiendo que los lotes sembrados con esta tecnología superaran el 50% de la superficie (con maíz y soja como principales cultivos de la rotación). A partir de ese momento, la aceptación de la técnica fue indiscutida y su adopción fue en constante crecimiento, superando el 75% de la superficie agrícola en el año 2000 hasta llegar prácticamente al 100% de la superficie en la actualidad (cuadro 3).

En lo que respecta a la aplicación de fertilizantes, es importante mencionar que esta práctica también se desarrolló de la mano de la siembra directa. El primer elemento sobre el que se experimentó fue el nitrógeno, básicamente con aplicaciones de urea en refertilización.

A medida que la tecnología se fue puliendo, se descubrió que el fósforo jugaba un papel tanto o más importante que el nitrógeno en el éxito de los cultivos de la zona (fundamentalmente hacia el norte de la región Centro, donde los niveles de fósforo disponible del suelo se encontraban, por lo general, por debajo de los umbrales críticos de respuesta).

A modo de resumen, se podría decir que el éxito masivo de la siembra directa en la región fue consecuencia de sus ventajas, que son, básicamente, las siguientes:

- Disminución de los procesos de erosión hídrica y eólica, que llegaron a ser mínimos o nulos en la mayoría de los campos de la zona.
- Mejor control de malezas, lo que permitió llegar a cosecha con lotes más limpios y con menores costos.
- Aumento de la eficiencia de uso del recurso hídrico, con mayor capacidad de absorción y retención del agua de los suelos.
- Mayor cantidad de residuos de cosecha disponibles para que los microorganismos generen compuestos húmicos y mejoren los balances de carbono y, por lo tanto, la estructura y la fertilidad general de los suelos.
- Transformación de muchos sistemas mixtos a planteos de agricultura permanente. Hasta la aparición de la siembra directa, mantener la fertilidad de los suelos exigía, en la mayoría de los casos, rotar agricultura con pasturas en períodos de tres a cuatro años. Gracias a las buenas prácticas de manejo, muchos planteos no

sólo lograron mantener la productividad sin depender de la rotación con ganadería, sino que incluso aumentaron los rendimientos en relación con otros planteos mixtos.

- Posibilidad de incorporar cultivos invernales, fundamentalmente trigo, muy erráticos hasta la difusión de la siembra directa, si se consideran las escasas lluvias que la región recibe durante el invierno.

Aspectos clave del manejo

La eliminación del laboreo mecánico y el control químico de malezas son aspectos esenciales del concepto de siembra directa. Sin embargo, hay otras prácticas relacionadas que permiten obtener resultados exitosos y de largo plazo.

Rotación

La alternancia de diferentes cultivos en la rotación permite lograr un adecuado control de malezas, enfermedades y plagas. A su vez, la participación de gramíneas como el trigo y el maíz genera balances de

Cuadro 3
Adopción de la siembra directa en la región Centro

1989/1990	1996/1997	2000/2001	2008/2009
Menos del 10%	55%	75%	Más del 95%



carbono positivos, producto del elevado volumen de rastrojo que dejan sobre la superficie y de las raíces que crecen en los diferentes estratos del perfil de suelo explorado. El aporte de carbono al sistema permite el sostenimiento de resultados físicos y económicos.

A su vez, la rotación más frecuente en los planteos agrícolas de la región Centro es 50% maíz-50% soja, aunque en los últimos años se ha incorporado el trigo en diferentes proporciones (desde un 15-20% del área en planteos que buscan incorporar fertilidad al sistema hasta un 50% en planteos que admiten rotaciones más intensas, por encontrarse muy estabilizados o por contar con aporte de agua subsuperficial por presencia de napa freática; figura 2 y gráfico 7).

En algunos planteos, en los que el objetivo es lograr cobertura rápidamente, se incorporan al plan de siembra lotes con maíz seguido de maíz o maíz de segunda seguido de trigo. A manera de ejemplo del beneficio de la rotación con gramíneas, cabe mencionar que los aná-

lisis de campaña zonales muestran un incremento del rendimiento de la soja sembrada a continuación del maíz de 400 kg/ha en relación con la soja sembrada detrás de soja.

Pastoreo cero

Para evitar la compactación de los suelos en los planteos mixtos, es fundamental eliminar definitivamente la práctica de pastoreo de los rastrojos, por más breves que sean. La experiencia zonal demuestra que el pisoteo desmejora la estructura del suelo y, por lo tanto, disminuye su fertilidad física (por menor capacidad de infiltración del agua de lluvia, mayores impedimentos para el normal crecimiento de las raíces, etc.). A su vez, cualquier pérdida de cobertura ocasionada por el pastoreo de los residuos de cosecha va a contramano de los efectos que se esperan de la siembra directa.

Implantación

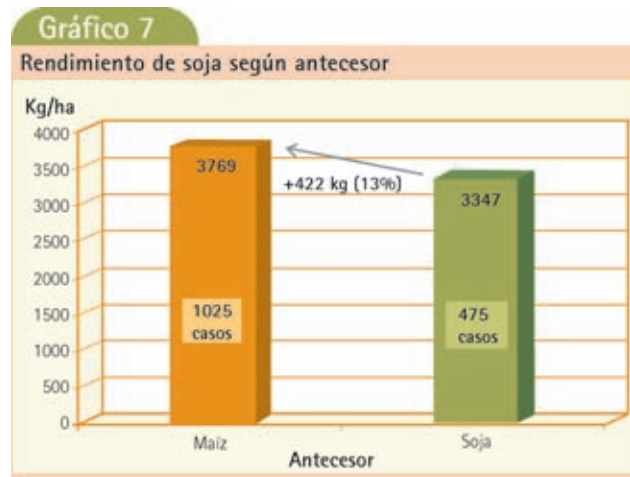
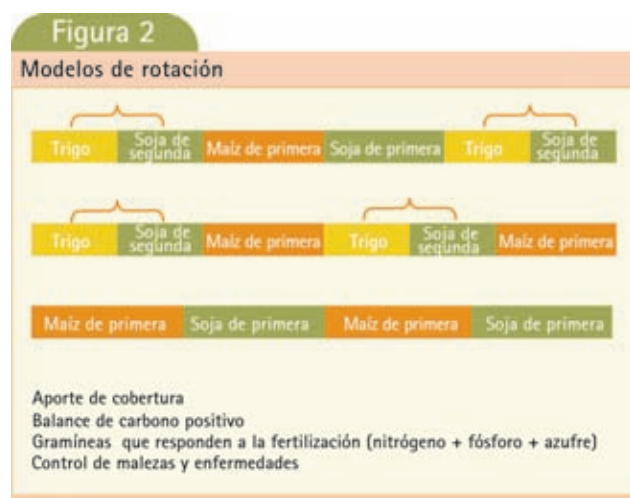
Esta etapa es un aspecto clave cuando se procura lograr una buena estructura de los cultivos. En planteos estabilizados con altos volúmenes de rastrojo en superficie, se obtuvieron beneficios en la uniformidad temporal y en la velocidad de emergencia mediante el uso de barrerrastrojos colocados por delante de las cuchillas de corte de las sembradoras.

Otro aspecto por tener en cuenta para lograr una implantación adecuada es la distribución uniforme de los residuos de cosecha con desparramadores de rastrojo en las cosechadoras.

Fertilización

A fin de mantener la sustentabilidad de los sistemas, es muy importante diseñar programas de fertilización que contemplen la reposición de los nutrientes extraídos del suelo (principalmente fósforo y azufre). Para simplificar el manejo de las elevadas dosis de fertilizante necesarias para cumplir este objetivo, es importante incorporar el concepto de fertilización de la rotación y no del cultivo; de este modo, se buscará colocar la totalidad de nutrientes que exportarán todos los cultivos que integran la rotación en menor cantidad de pasadas.

Por lo general, los aportes de fósforo a la rotación se efectúan fundamentalmente en la siembra de trigo o mediante voleos previos a la siembra del cultivo de maíz, mientras que los aportes de azufre son incorporados con la siembra de soja o con aplicaciones a voleo previas a la siembra de este cultivo. El nitrógeno que se aplica sobre los cultivos de trigo y maíz se ajusta, por lo general, según criterios de respuesta económica, que apuntan a disponer de 120-160 kg/ha de nitrógeno



total (suelo hasta 60 cm de profundidad previo a la siembra más fertilizante).

Cultivos de cobertura

En los últimos años, hacia el sudeste de la región (donde las precipitaciones son mayores), se ha expandido la utilización de cultivos invernales de cobertura. Esta práctica, que normalmente involucra especies como el centeno, la avena, el trigo o la cebada, se realiza sobre lotes donde no se siembra trigo para cosecha y persigue como objetivos fundamentales elevar el aporte de carbono al sistema, incrementar la eficiencia de uso del agua (aprovechamiento de excedentes), mejorar la estructura del suelo, evitar pérdidas de nitrógeno por lixiviación y aumentar la actividad biológica del suelo. La siembra puede ser aérea, antes de la cosecha, o con sembradoras convencionales, poscosecha. Por lo general, estos cultivos se ubican como antecesor de soja de primera y se secan para barbechar entre julio y agosto. De este modo, se busca evitar un consumo excesivo del agua y permitir la recuperación de humedad del perfil para la siembra.

Nuevos desafíos

Hoy no quedan dudas de las enormes ventajas que la siembra directa proporcionó a la productividad agrícola de la región. Prueba de ello es la enorme proporción de productores que la adoptó en poco tiempo. Aun así, y si bien se han obtenido grandes avances en el desarrollo de esta tecnología, constantemente se pre-

sentan nuevos desafíos, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

Control de malezas

La aparición de especies resistentes o muy tolerantes a algunos grupos de herbicidas o a algunos principios activos enciende una luz de alerta para el futuro manejo de los cultivos. Un ejemplo es el grupo de malezas resistentes a glifosato, que aumenta campaña tras campaña (Flor de Santa Lucía, Ocucha, *Oenothera sp.*, sorgo de Alepo, etc.), o la resistencia a las imidazolinonas observadas en yuyo colorado. El desarrollo de nuevos principios activos y su correcta rotación y combinación aportarán a solucionar futuras dificultades.

Eficiencia de uso de los recursos

La elevada cantidad de insumos que reciben los actuales planteos de alta productividad sugieren que un punto sobre el cual se debe trabajar especialmente es en la aplicación sitio-específica. Varias empresas de la región están incorporando la denominada *agricultura de precisión*, con resultados positivos sobre el aumento de la productividad, la disminución de costos y el impacto ambiental.

Nutrición de cultivos

Si bien hasta el momento el gran avance relacionado con la nutrición de los cultivos consiste principalmente en la reposición de los principales macronutrientes extraídos del sistema, algunos ensayos de fertilización de largo plazo que incluyen, además, micronutrientes, reve-



larían un plus de productividad general vinculado con algunas deficiencias que, hasta el momento, no han sido analizadas en profundidad y a la residualidad de algunos nutrientes (efecto memoria del suelo bien provisto).

Intensificación de las rotaciones

El incremento de la eficiencia de uso del agua y de los nutrientes obtenido con el desarrollo de la siembra directa permitió, hasta el momento, intensificar muchos planteos productivos con la incorporación de un cultivo invernal cada dos años. En este sentido, y en la medida en que la técnica continúe siendo ajustada, se puede pensar en sucesiones de cultivos más intensas aún, como cuatro cultivos cada dos años (dos de verano y dos de invierno). Para avanzar en esta línea de investigación, algunas empresas de la región experimentan con híbridos de maíz ultraprecoces, cultivares de soja de ciclo muy corto, solapamiento de cultivos, siembras simultáneas e interseiembras.

Región Oeste

Ing. Agr. Fernando Perea Muñoz

Coordinador de Agricultura de la región CREA Oeste

Martín Míguez

Equipo asesor del CREA Herrera Vegas

En la actualidad, la siembra directa en la región Oeste constituye el sistema por excelencia. Las excepciones son contadas y se limitan a lotes con problemas de anegamiento, donde las condiciones del terreno, luego de la cosecha, no permiten efectuar una siembra sin remoción del suelo.

Uno de los principales problemas generados por la siembra directa es la variabilidad de la acumulación de rastrojo en superficie. La cobertura desempeña una función importante en todos los sitios, pero es fundamental en los ambientes de loma, donde evita la com-

pactación superficial ("planchado") y favorece la infiltración y la conservación del agua de lluvia. Lo mismo ocurre en los ambientes medianamente salinos, donde el mantenimiento de la humedad superficial es clave para evitar la concentración de sales.

La cobertura de rastrojos está gobernada por dos factores: la localización geográfica y el ambiente. El primero es más relevante hacia el sur y el este de la región. El segundo factor tiene mayor incidencia en los ambientes de alto potencial de rendimiento. La acumulación está dada en función del balance que se produce entre los aportes -que varían en función del cultivo considerado- y la degradación de rastrojos (gráfico 8).

En el gráfico 8, se aprecian los rendimientos promedio obtenidos en la zona dentro de cada ambiente. Asociado con los rendimientos, está el aporte de rastrojos de cada cultivo. Entre ellos, el de maíz es el más inestable. En los ambientes marginales, el trigo funciona mejor cuando se procura armar una rotación económica que ayude a mejorar la cobertura de los suelos. Por esta razón, en este tipo de ambientes se tiende a reemplazar el cultivo de maíz y a armar la rotación con trigo o cebada como aportantes de cobertura.

La soja evidencia un comportamiento intermedio entre el maíz y el trigo en cuanto a la estabilidad, pero sólo proporciona niveles significativos de rastrojo en los ambientes donde el potencial de rendimiento es elevado.

Estas diferencias de comportamiento entre ambientes se pueden extrapolar a lo que ocurre entre diversas subzonas de la región. Hacia el oeste, la posibilidad de generar cobertura con el cultivo de maíz se torna más difícil, mientras que el trigo y la cebada cumplen esa función en mejor medida. El desafío es diseñar rotaciones sustentables que generen buena cobertura cuando uno de los principales cultivos (el maíz) ve su competitividad seriamente limitada.

Por otra parte, el problema de generar cobertura con los granos finos es que luego es necesario implantar un cultivo de segunda; entonces, la eficiencia del trigo en cuanto al uso del agua se ve limitada debido a su ciclo de crecimiento, dado que es difícil lograr un cultivo de segunda cuyo período vegetativo y reproductivo se produzca en pleno verano, tras un cultivo de primera que consumió gran parte de la humedad del lote.

En las subzonas localizadas hacia el este y el sur de la región, el problema de la cobertura puede ser el contrario. En algunos ambientes, el exceso de rastrojo y su acumulación entre campañas generó problemas de calidad de siembra. Luego, en los últimos años, se generaron numerosos inconvenientes por heladas o por efecto de las bajas temperaturas.



Los problemas de calidad de siembra provienen de la dificultad de mantener la profundidad cuando se trabaja con coberturas variables de rastrojos. La gran heterogeneidad de los lotes de la región determina que los bajos acumulen hasta cerca de cinco centímetros de rastrojo, mientras que las lomas están casi desprovistas de cobertura. Además, muchas veces se observa una mala distribución del rastrojo dentro del mismo ambiente, generada por una regulación deficiente de la cosechadora.

Por más esfuerzos que se realicen para regular la presión y la profundidad, este problema no se soluciona en el caso del trigo; en cambio, la siembra de maíz permite resolverlo parcialmente si se utilizan barredores de rastrojos con ruedas limitadoras de profundidad capaces de copiar el terreno y no el rastrojo. Esta posibilidad favoreció la generalización de estas herramientas en el cultivo de maíz.

Como consecuencia de la acumulación de rastrojo se observa un efecto mayor de las bajas temperaturas, sobre todo en las siembras tempranas que tienen mayor potencial de rinde. En el cultivo de maíz, esta dificultad se solucionó sólo en parte, con el uso de los barredores. El problema es que, a pesar del empeño que se ponga para barrer una franja muy fina -que da lugar a una rueda limitadora de profundidad muy fina-, en las zonas con mayor cantidad de rastrojo el surco vuelve a cerrarse rápidamente por acción del viento y de la lluvia. Por ello en estas zonas aún se observan problemas asociados a las bajas temperaturas.

En el caso de los granos finos, las bajas temperaturas del suelo generan heladas de mayor persistencia e intensidad, que ocasionan importantes pérdidas en el *stand* de plantas de trigo y cebada, magnificadas en siembras donde la maquinaria utilizada no tiene un buen recorrido de paralelogramo.

Como solución a ese problema se recurre a mayores densidades de siembra y se presta más atención a la regulación de la sembradora, principalmente en lo que respecta a presión y profundidad de siembra.

Malezas

La siembra directa modificó la dinámica de las malezas. Entre las especies de invierno, las más frecuentes son *Lamium amplexicaule*, viola y capiquí, que tienen la particularidad de establecerse en ambientes de fertilidad elevada y crean la necesidad de efectuar una aplicación de herbicidas por ambiente. Aunque no representan un problema -ya que con las dosis recomendadas de glifosato se controlan en forma efectiva-, de no efectuarse la aplicación del herbicida en tiempo y forma, se produ-

ce una diferenciación en la humedad disponible para el cultivo que se va a sembrar, lo que ocasiona una variabilidad temporal en los nacimientos. Esta situación es más problemática en maíz que en el resto de los cultivos.

Entre las malezas de verano, las especies más habituales son quinoa y cuaresma. En las últimas campañas, caracterizadas por situaciones de baja humedad relativa, el control de quinoa no fue bueno y esto obligó a utilizar correctores de agua y tensioactivos, y a prestarle más atención a la calidad de las aplicaciones.

Fertilización

En siembra directa, el esquema de fertilización utilizado es un aspecto clave. Es de suma importancia aplicar fertilizantes fosforados que incluyan un porcentaje de nitrógeno en su composición; de este modo, es posible lograr un mejor arranque y una adecuada provisión durante el ciclo del cultivo.

Gran parte de la zona se maneja con un esquema de fertilización variable de fósforo y, en mayor medida, de nitrógeno. En el caso del fósforo, se utiliza un umbral de 20 ppm (suelo más fertilizante) para trigo y maíz, mientras que para la soja los umbrales son algo más bajos. Respecto de la mejor estrategia por utilizar, hay básicamente dos: reponer el fósforo extraído o fertilizar según los umbrales de respuesta. Quienes se inclinan por la primera alternativa, por lo general, fertilizan el trigo con altas dosis de fertilizantes fosforados. Alrededor de 80 kilos por hectárea van con la sembradora y se completan a voleo con una dosis que puede llegar



a los 250 kilos de fosfato diamónico por hectárea. Esta estrategia está condicionada por el precio de los fertilizantes en cada campaña. En los cultivos de soja de segunda, se aprecia un efecto residual importante cuando los niveles de fósforo del suelo son muy bajos y se potencia el ciclo de rendimiento de los cultivos por factores que hasta el momento no están del todo claros. El nivel de conocimiento de los umbrales de respuesta en todos los ambientes no es un tema cerrado en la zona. Los umbrales que potencian el rendimiento se modifican en función del paquete tecnológico utilizado y generan incertidumbre acerca del nivel por aplicar cuando cambia una tecnología.

En cuanto al nitrógeno, los umbrales utilizados varían según el precio del fertilizante y del grano, pero, en general, para trigo y maíz oscilan dentro de un rango que va desde los 150 kilos en los ambientes de mayor potencial hasta los 90 kilos en los de potencial reducido. Los diferentes niveles dentro de este rango pueden coexistir dentro de un mismo lote, por lo que la aplicación variable tiene un alto retorno por hectárea, sobre todo en años de precios elevados.

En la última campaña, en lotes de maíz se observó un déficit importante de zinc en las lomas. Este efecto se vio magnificado en campos que tenían un esquema de fertilización fosforada más agresivo. Como solución a este problema se decidió inocular la semilla con micronutrientes.

Genotipos

Por lo general, la elección de genotipos en un sistema de siembra directa está asociada con su comportamiento, con la calidad del ambiente y con la temperatura.

No hay una relación predeterminada entre el sistema de labranza y el genotipo por utilizar, pero algunos se comportan mejor que otros ante problemas de frío

asociados con la alta cobertura. Por ejemplo, en ensayos de trigo se observan cultivares mucho más sensibles a heladas que otros. Lo mismo ocurre en maíz, donde el efecto se aprecia no sólo en la proporción de cultivo helado en la implantación, sino también en la capacidad de cada híbrido de compensar bajos crecimientos debidos a las bajas temperaturas. Esta condición obliga a elegir genotipos de mejor comportamiento frente al frío en aquellos lotes que presentan alta cobertura de rastrojos, así como también a atrasar la fecha de siembra en maíz frente a estas condiciones, buscando los períodos de mejores condiciones térmicas para el cultivo.

Región Oeste Arenoso

Ing. Agr. Pedro Sosa

Asesor del CREA Huinca Renancó

Ing. Agrs. Magdalena Druille y Fernando Cavagnaro

Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires

En la región Oeste Arenoso del Movimiento CREA, la superficie en siembra directa aumentó significativamente durante las últimas campañas. A continuación, se presenta un análisis que surge de datos extraídos de los Anuarios estadísticos del Movimiento CREA de la última década y de la información correspondiente a la campaña agrícola 2007/2008.

Si se considera la información proveniente de los anuarios CREA, el porcentaje de superficie bajo este sistema de labranza, como promedio para toda la zona, pasó del 63% a casi el 98% en sólo cinco años.

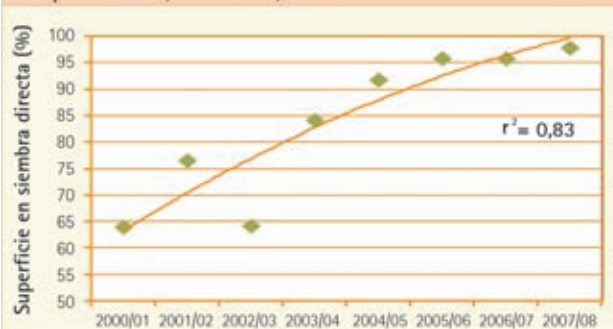
Aunque hay una tendencia general al aumento de la superficie en siembra directa, se observan algunas oscilaciones interanuales, que por lo general obedecen a fluctuaciones en el costo de los insumos. La devaluación ocurrida a principios de 2002 produjo un aumento en el precio de los herbicidas y los fertilizantes que determinó una caída en el área trabajada con este sistema.

Si se analiza la información en detalle, se aprecia que no todos los grupos del Oeste Arenoso adoptaron esta técnica de igual forma. Al comienzo de la presente década, los porcentajes de superficie trabajada con siembra directa variaban enormemente entre los grupos. Con el paso de los años, este sistema se generalizó y, en la actualidad, todos los CREA realizan siembra directa en más del 80% de su superficie (gráfico 10).

En general, los grupos ubicados en los ambientes más limitantes fueron los que incorporaron más lentamente a la siembra directa en sus sistemas de producción. Probablemente esto esté vinculado con la mayor proporción de girasol sembrada en estas zonas. De

Gráfico 9

Evolución de la superficie trabajada en siembra directa para la región CREA Oeste Arenoso (promedio de todos los grupos) Campañas 2000/01 a 2007/08



hecho, el aumento del área trabajada con siembra directa en los cultivos de girasol y trigo es lo que explica el aumento total de la siembra directa en la región Oeste Arenoso (gráfico 11).

En la actualidad, los cuatro cultivos principales de la zona -soja, maíz, girasol y trigo- se trabajan casi en su totalidad en siembra directa (90-100% de la superficie total sembrada).

Sistemas de labranza

En el Oeste Arenoso, los beneficios de la siembra directa se manifiestan, principalmente, en aquellos ambientes donde la disponibilidad de agua es limitante para la producción. A modo de ejemplo, se presentan los rendimientos obtenidos en el cultivo de maíz durante la campaña 2007/08, en labranza convencional y siembra directa para dos grupos ubicados en sitios contrastan-

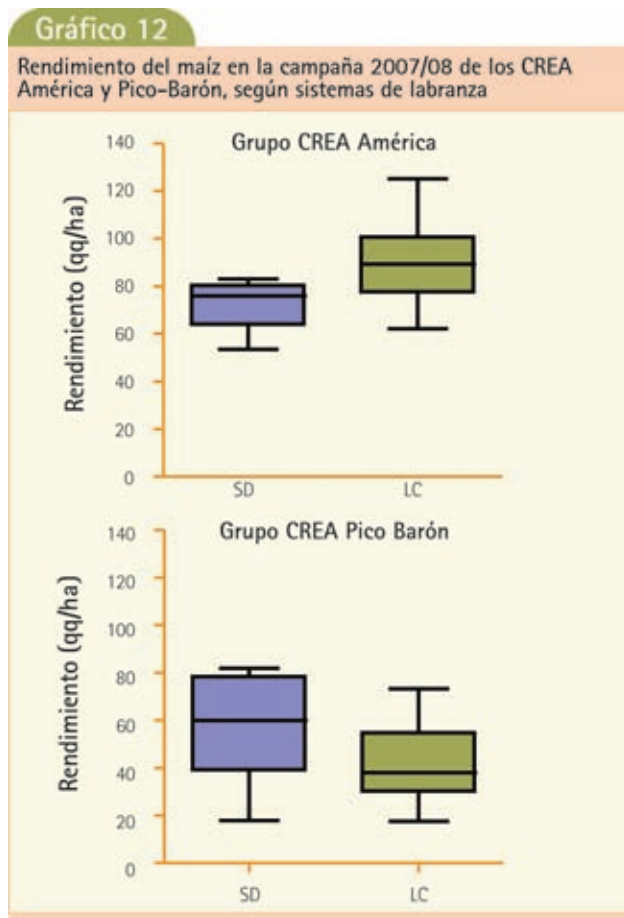
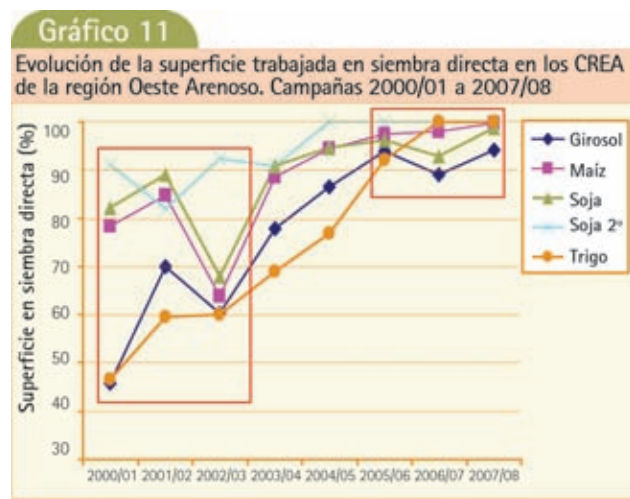
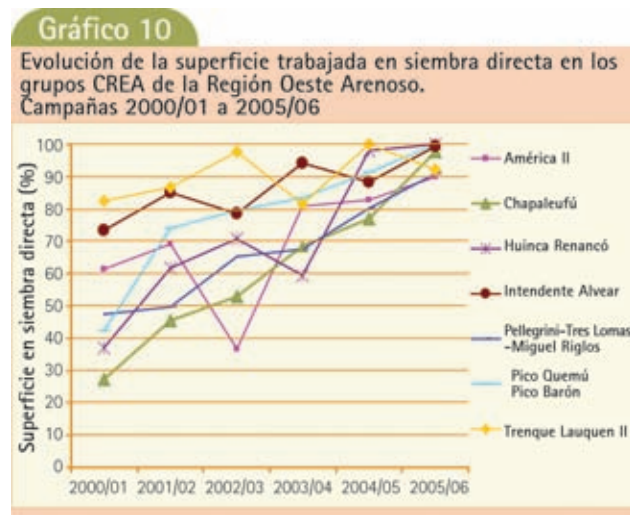
tes: el CREA América, localizado en el este, y el CREA Pico-Barón, ubicado en el oeste de la región.

En el CREA América, donde la disponibilidad hídrica suele ser menos limitante para los cultivos, los rendimientos del maíz no difirieron significativamente entre ambos sistemas de labranza. Incluso en la campaña analizada, el máximo rendimiento no estuvo asociado con la siembra directa (gráfico 12).

Por el contrario, en el CREA Pico-Barón, aunque los rindes medios tampoco difirieron significativamente entre sistemas de labranza, tanto los mayores rendimientos promedio como los máximos se lograron en planteos de producción asociados con la siembra directa (gráfico 12).

Tratamiento del rastrojo

Los rastrojos del cultivo antecesor reciben distinto tratamiento en los lotes destinados a siembra directa. El más generalizado se basa en el uso de herbicidas; sin embargo, aún existe un porcentaje de lotes en los que los rastrojos son pastoreados.



Si durante el período de barbecho se pastorean los rastrojos del cultivo antecesor, los efectos benéficos de la siembra directa (principalmente la conservación de humedad edáfica por disminución de la evaporación) se ven disminuidos. De hecho, si se considera el total de la zona para todos los cultivos analizados, los rendimientos fueron superiores cuando el rastrojo del cultivo antecesor fue tratado con herbicida (cuadro 4).

A modo de ejemplo, se puede mencionar que en la región Oeste Arenoso, el 30% de la soja de primera se siembra sobre rastrojos de maíz, de los cuales sólo se pastorea el 12%. Sin embargo, hay grupos en los que la superficie de rastrojos pastoreada es muy superior.

Los rendimientos promedio obtenidos en la campaña 2007/08 son significativamente diferentes. El hecho de no pastorear los rastrojos redujo la variabilidad de los rendimientos y aumentó la probabilidad de alcanzar rendimientos superiores (gráfico 13).

Esta situación se ve condicionada en caso de que se pastoreen los rastrojos de soja. Si bien en la zona el apro-

vechamiento de los rastrojos representa menos del 10% de la superficie total, existen empresas donde se pastorea casi la totalidad de los lotes con rastrojos de soja.

Región Santa Fe Centro

Edgardo Dutto

Asesor del CREA San Martín de las Escobas-Colonia Belgrano

La región Santa Fe Centro se extiende desde Las Rosas al sur hasta San Guillermo al norte, y desde la autopista Santa Fe-Rosario por el este hasta el límite con la provincia de Córdoba al oeste. Está integrada actualmente por seis grupos CREA activos y uno en formación.

La característica principal de la región es la presencia de sistemas de producción mixtos, con alta participación de tambos dentro del total de actividades. En el ejercicio 2007/08, la composición de actividades fue la siguiente: agricultura (48.500 hectáreas), ganadería extensiva (cría, invernada y recría de vaquillonas de tambo; 11.000 hectáreas) y tambo (11.000 hectáreas), lo que conforma un total regional de 70.500 hectáreas.

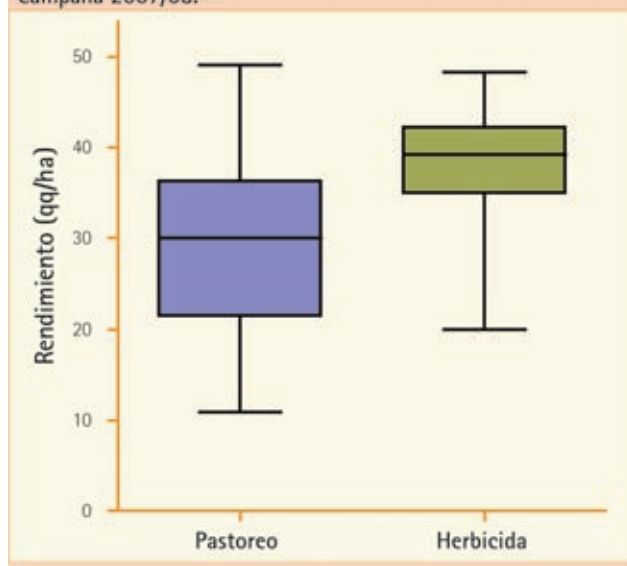
El crecimiento de la agricultura dentro de la región es notable. De un 40% de ocupación del total de la superficie en el ejercicio 1994/95 se llega, en la actualidad, al 69% del total, fenómeno que se repite en todo el país. Éste es uno de los aportes de la siembra directa: la posibilidad de crecer horizontalmente y optimizar el parque de maquinarias y el equipo humano. No sólo amplió las fronteras de producción a nivel territorial, sino que además incorporó a la producción, cada vez en mayor medida, suelos con menor aptitud agrícola.

En el gráfico 14 (en la página siguiente) se observa la distribución de la superficie por actividad, correspondiente al último ejercicio.

Otro aspecto por tener en cuenta es que si bien la soja es el principal cultivo agrícola -con una ocupación del 33% del área cultivada- el trigo, el maíz y el sorgo, sumados, cubren casi el 40% de la superficie. A lo largo de los últimos 10 años, la siembra directa y la incorporación de tecnología permitieron mejorar la rotación de cultivos, impulsada además por la actividad ganadera que exige cereales como el maíz y el sorgo. El antiguo esquema soja-soja-trigo/soja fue reemplazado por

Gráfico 13

Rendimiento de soja en siembra directa según manejo del rastrojo en promedio para los grupos CREA del Oeste Arenoso Campaña 2007/08.



Cuadro 4

Superficie relativa y rendimiento de los distintos tipos de tratamiento de rastrojos en sistemas de siembra directa Campaña 2007/08.

	Trigo		Soja		Soja de segunda		Maíz		Girasol	
	Herbicida	Pastoreo	Herbicida	Pastoreo	Herbicida	Pastoreo	Herbicida	Pastoreo	Herbicida	Pastoreo
Porcentaje de superficie en siembra directa	98	2	57	43	100	0	95	5	86	14
Rendimiento (qq/ha)	33.64	30.07	25.97	25.44	15.88	-	57.57	38.38	18.70	16.23

rotaciones como maíz-soja-trigo/soja o maíz- trigo/soja. En campos de inferior calidad, el maíz fue reemplazado por sorgo. A este cambio, hoy se le agregan rotaciones como maíz/soja-soja-trigo/soja, o maíz/soja-trigo/soja, con las que se busca incrementar el tiempo de ocupación con cultivos y así tener el suelo cubierto prácticamente todo el año. Esta intensificación no sería posible sin la siembra directa.

Sin embargo, esta práctica también adquiere una importancia significativa en los sistemas ganaderos. Por lo general, los tambos destinan casi toda su superficie a mantener vacas en ordeño. En este sentido, la siembra directa permite desarrollar y abastecer de reservas a los sistemas sin problemas, ya que es posible sembrar maíz para silo y luego soja en la misma hectárea y en el mismo año, duplicando así la producción de reservas. En la actualidad, la mayoría de las praderas y los verdeos se desarrollan en siembra directa. Esto permite un mejor aprovechamiento de los recursos además de una menor pérdida de piso, fundamental en los sistemas ganaderos.

Del mismo modo, también se observa un incremento de los rendimientos, tanto agrícolas como forrajeros. Esto no sólo obedece al mayor y mejor uso de la tecnología disponible, sino también al impacto de la siembra directa, por el equilibrio que se logra en el suelo desde el punto de vista estructural y por el mejor aprovechamiento del agua. Esta conjunción de factores contribuye a hacer más sustentables a los sistemas de producción y a las empresas en su conjunto.

En una década, el trigo pasó de rendimientos de 18-20 quintales por hectárea a rindes de 26-28. El maíz es otro cultivo que registró un aumento significativo. Pero

lo más impactante tal vez se produzca en los tambos, donde la producción de leche por hectárea se duplicó; hoy hay establecimientos cuya producción se acerca a los 15.000 litros por hectárea. En gran medida, esta posibilidad es un aporte de la siembra directa, que contribuyó a mejorar la oferta forrajera, su aprovechamiento y a incrementar notablemente la carga animal en los sistemas.

En síntesis, se puede decir que desde 1990, cuando la utilización de la siembra directa comenzó en forma experimental, esta práctica ha sido y seguirá siendo uno de los pilares fundamentales para el desarrollo sustentable de las empresas de la región.

Región Litoral Sur

Ing. Agr. Fernando García Frugoni

Coordinador de la región CREA Litoral Sur

En los últimos 15 años, la provincia de Entre Ríos incorporó a la agricultura cerca de 1.200.000 hectáreas. Así, se diversificaron los planteos de las empresas y se generaron esquemas más sustentables.

Si bien las primeras experiencias en siembra directa en la región se retrotraen a 1987 sobre el cultivo de arroz, la incorporación masiva de esta práctica se produjo 10 años después, con la adopción de los organismos genéticamente modificados, el desarrollo de tecnología y el conocimiento asociado con estos avances.

De las 5,87 millones de hectáreas de tierra firme que tiene la provincia, 3,6 millones de hectáreas tienen potencial uso agrícola (1,75 millones corresponden a islas y bañados).

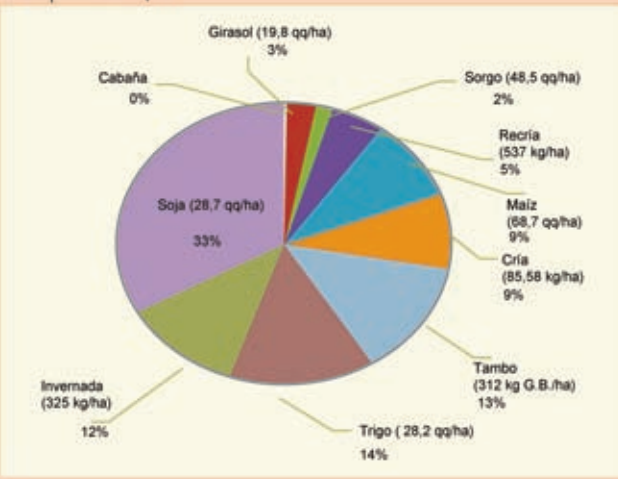
El 64% de la superficie está constituida por suelos Vertisoles (Peludertes), mientras que el resto corresponde a Argiudoles y Vertisoles integrados con otros órdenes (Molisoles y Alfisoles).

Estos suelos pueden ser muy productivos, pero presentan restricciones para el manejo cuando están húmedos, por las bajas tasas de infiltración y escasa conductividad hidráulica. La tasa de infiltración puede ser mayor a 17 mm/h cuando están secos y llegar a menos de 2 mm/h cuando están saturados. La porosidad efectiva a nivel superficial es baja y tiende a ser nula en los horizontes subsuperficiales.

El clima es de transición, entre templado húmedo de llanura y subtropical húmedo. Las temperaturas medias anuales oscilan entre los 17 y los 19 °C. Las precipitaciones rondan los 1100 milímetros por año. La época de mayores lluvias va desde octubre hasta abril, período en el que desciende a aproximadamente el 73% del total anual. Las lluvias registran gran variabilidad en su distri-

Gráfico 14

Distribución de la superficie por actividad en la región Santa Fe Centro del Movimiento CREA Campaña 2007/08



bución e intensidad, a veces no representada por los valores medios.

Además, la mayor parte del área tiene pendientes largas y de intensidad variable (0,5 a 2,5% hasta 4%), que, sumadas a los factores antes mencionados, incrementan el riesgo de erosión hídrica.

Las nuevas prácticas agrícolas solucionan gran parte de las limitaciones expuestas y generan un ambiente en el que es posible pensar la agricultura en forma continua y sustentable.

Aportes de la siembra directa

Los cambios en los sistemas de producción de la provincia no se explican por la mera adopción de una

Cuadro 5

Pérdida de suelo para cuatro sistemas de labranza en maíz

Sistema de labranza y cultivo	Pérdida de suelo t/ha año-1
Convencional a favor de la pendiente	16,6
Convencional en contorno y terrazas	1,2
Siembra Directa	3,4
Siembra Directa y terrazas	0,5

Fuente: Scotto E.S. y Garcíarena N.A., 1996



tecnología, sino como una suma de procesos bien desarrollados que continúan perfeccionándose. Los principales aspectos de cambio fueron los siguientes:

Oportunidad y calidad de las labores

La agricultura en Entre Ríos presentaba grandes dificultades respecto a la oportunidad de laboreos, siembra y control de malezas, entre otros aspectos. La incorporación de la siembra directa permitió tener mayor certeza en el cumplimiento de las actividades previstas en tiempo y forma.

En este sentido, uno de los grandes desafíos que surgieron con la adopción de esta práctica fue el de ajustar los cuerpos de siembra, desarrollados en otras condiciones, a nuestra realidad. La correcta adaptación de la maquinaria, aún hoy, es determinante para el éxito de la agricultura en la provincia.

Agua útil

Los suelos con alto contenido de arcilla, si bien retienen una gran cantidad de agua total, mantienen una baja proporción dentro del rango de tensiones que definen el agua útil. Esto se debe a que la mayor parte del recurso hídrico queda retenido en pequeños poros, con una tensión superficial mayor a la que las plantas absorben por transpiración.

La rotación con gramíneas y la siembra directa aumentan la macroporosidad superficial e incrementan el volumen de suelo ocupado por poros medianos y grandes en los que el agua queda retenida dentro del rango disponible para los cultivos. También mejora la conductividad hidráulica, sobre todo en los primeros centímetros del suelo.

Erosión hídrica

La erosión hídrica es otra limitante de los sistemas de producción -no solo agrícolas- de Entre Ríos. La intensidad de la lluvia y la baja infiltración determinan que haya grandes volúmenes de agua que corren superficialmente y generan erosión laminar y en cárcavas.

Toda práctica que vaya en el sentido de mejorar la estructura superficial, aumentar la infiltración, reducir el volumen y la velocidad de escurrimiento resultará en una mayor sustentabilidad de los sistemas agropecuarios (cuadro 5).

La incorporación de gramíneas invernales en la rotación (principalmente trigo, pero también cebada) ayuda a reducir la erosión hídrica y a balancear el aporte de materia seca en los sistemas. Las gramíneas estivales (maíz y sorgo) también contribuyen a disminuir el riesgo de erosión.

Asimismo, en los últimos años se ha producido un importante avance en la cantidad de hectáreas sistematizadas. Las terrazas transitables y la legislación vigente de conservación de recursos naturales, que promueve, a través de la eximición temporal del impuesto inmobiliario, las prácticas de conservación de suelo –siembra directa y sistematización– favorecieron la adopción de estas herramientas en toda la escala de empresas agropecuarias.

Balance de materia seca

Este aspecto va de la mano del control de la erosión, ya que, habitualmente, las mismas prácticas contribuyen en ambos sentidos. La agricultura continua en siembra directa requiere un correcto balance entre la respiración de carbono y el aporte a través del rastrojo. Para balancear la respiración anual en esta región, se requiere un aporte anual de materia seca de alrededor de 9,7 toneladas por hectárea y por año.

Así, las gramíneas de invierno y de verano desempeñan un papel muy importante para mantener el balance de carbono. En los ambientes del centro y norte de la provincia, la menor participación de cultivos de invierno en la rotación –por su menor potencial de rendimiento– determinó que en muchos casos se avanzara hacia la siembra de cultivos de cobertura. Con ellos se pretende no sólo mejorar el balance de materia seca (aportan entre 4000 y 5000 kilos de materia seca aérea), sino también disminuir el riesgo de erosión hídrica.

Una dificultad adicional es lograr el anclaje de la materia seca aportada y evitar que flote ante eventos de precipitación instantánea muy elevados. En este sentido, las terrazas para el control de la erosión hídrica también colaboran al reducir el caudal de agua instantánea que corre por unidad de superficie.

Arroz y cultivos forrajeros

En arroz, la incorporación de la siembra directa difiere parcialmente del resto de los cultivos. La rotación de este cultivo con cultivos tradicionales de secano (principalmente soja) permite disminuir en un 50% la cantidad de laboreos a lo largo de los años. Además, mejora el control de malezas (principalmente *Digitaria* y *Echinochloa*) y corta el monocultivo. En Entre Ríos, aún no se registran muchas experiencias exitosas de cosecha de arroz en seco que permitan pasar al siguiente cultivo sin necesidad de laboreo y nivelación. En otras regiones del país y en países vecinos (Uruguay y Brasil), se produjeron algunos avances en este sentido, que habrá que analizar antes de adoptar las prácticas que más se ajusten a nuestros sistemas.

Aunque con menor impacto que en la agricultura, la incorporación de la siembra directa a los sistemas de producción de carne y leche también ha sido importante. La ausencia de remoción previa a la siembra de praderas y verdeos aumenta los tiempos de utilización efectiva de estos recursos (tienen mejor "piso"). También se incrementan los rendimientos de los cultivos que se utilizan como recursos forrajeros.

En estos esquemas sin remoción y con escasa utilización de herbicidas (en general, se utilizan únicamente en el año de la implantación), los dos problemas principales son lograr una buena implantación, y el rebrote y nacimiento de especies arbóreas (principalmente aromos y palmas). El control manual de estas especies parece ser la mejor opción para su control.

Commelina erecta

La utilización de sulfato de amonio como coadyuvante en las aplicaciones de barbecho de otoño con glifosato más productos hormonales ha sido la estrategia de control que ofreció el mejor resultado. De todas formas, si bien se logró detener su avance, aún no se alcanza un control efectivo de esta maleza.

Ipomoea indivisa

Proliferó principalmente en el norte de la región. Los mejores resultados se obtuvieron en controles con Diclosulam en preemergencia de la soja.

Conyza

En la última campaña pasó a ser económicamente relevante. En principio, la aplicación de Clorimurón en preemergencia de la soja la controlaría bien. El gran desafío de los próximos años es lograr mayor estabilidad en los rendimientos agrícolas y predictibilidad en los resultados. El trabajo conjunto de empresarios, equipos de trabajo, técnicos e instituciones privadas y públicas será vital para avanzar en este sentido.

Región Córdoba Norte

Ing. Agr. M. Celeste Gregoret

Responsable del Área Técnica de la región CREA Córdoba Norte

La región Córdoba Norte del Movimiento CREA tiene una historia agrícola relativamente corta, dado que su actividad principal fue siempre la ganadería extensiva. En la actualidad, esta región reúne a los grupos ubicados en el centro norte de la provincia de Córdoba, sudoeste de la provincia de Santiago del Estero y sudeste de Catamarca, reunidos en seis subzonas de características agroeco-

lógicas variables que determinan diferencias en el crecimiento de los cultivos y en su rendimiento (mapa 3).

La mayoría de los suelos de la región son franco-limosos. En algunas subzonas coexisten con suelos de alto contenido de sodio y escasa permeabilidad, dada la proximidad de la depresión que desemboca en la laguna de Mar Chiquita. En otras subzonas, coexisten con suelos de pie de sierra, ubicados al oeste de la región, que se

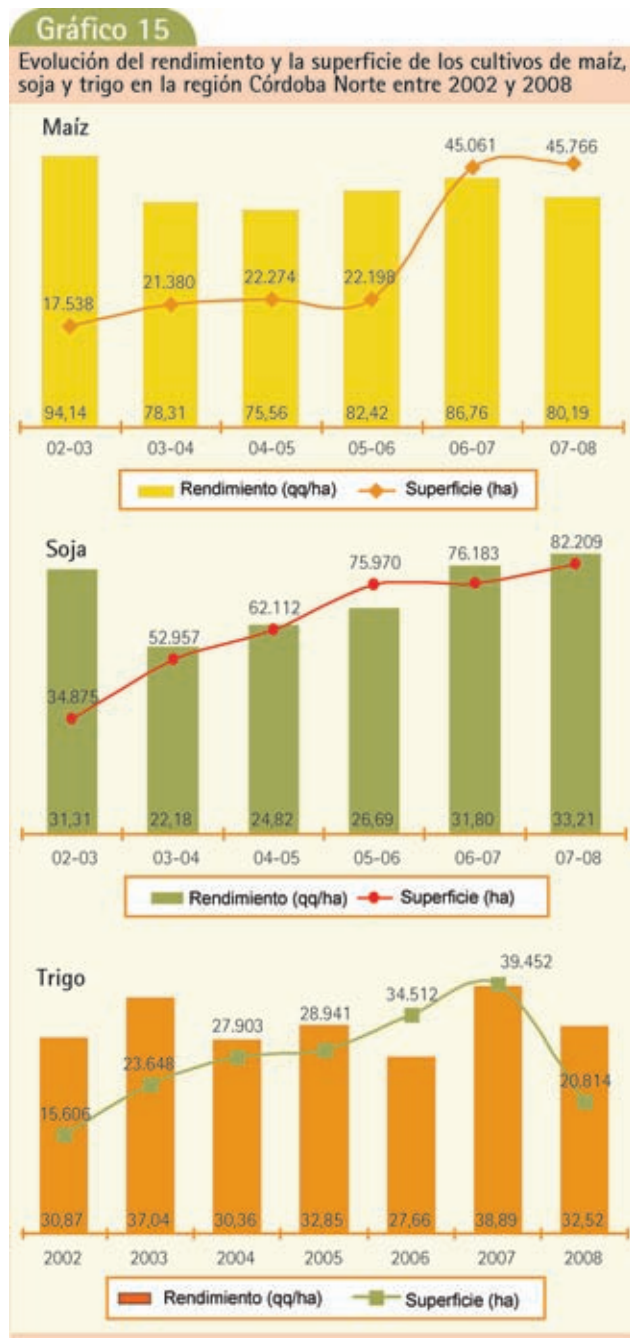
caracterizan por ser menos desarrollados, poseer mayor contenido de arena y ser algo deficientes en fósforo.

Además, las distintas subzonas se diferencian en cuanto a su historia agrícola. Sus contenidos de materia orgánica oscilan desde un máximo de 3,5 a 4% en suelos con monte o recientemente desmontados, pasando por contenidos entre 2,5 y 3,5% en lotes con menos de 10 años de agricultura, hasta situaciones de alrededor del 2% en lotes con mayor historia de rotación agrícola. La zona se caracteriza por su clima templado, con una temperatura estival que fluctúa entre 25 y 31 °C, y una temperatura invernal (julio) de alrededor de 10 °C. Las precipitaciones son, en promedio, del orden de los 600 a 700 milímetros anuales, con la distribución pluviométrica de un régimen monzónico, con típicas variaciones estacionales (45% en verano, 26% en otoño, 6% en invierno y 23% en primavera).

Esta región tiene una historia agrícola relativamente corta, en constante crecimiento. En el gráfico 15, se aprecia la evolución de los tres cultivos principales (maíz, soja y trigo) durante las últimas cinco campañas. Todos aumentan su superficie año tras año, excepto en la última campaña de trigo, en que la superficie disminuyó cerca de un 50% por cuestiones climáticas.

Este crecimiento de la actividad agrícola fue acompañado por la incorporación de tecnología, que apuntó siempre a efectuar un manejo sustentable de los recursos, reflejado en la adopción masiva de la siembra directa y, en menor medida, en todo su paquete tecnológico. En el gráfico 16, se puede observar cómo a partir de la campaña 2005/06 casi el 100% del área sembrada en la región Córdoba Norte se realizó en siembra directa.

Asimismo, en cada campaña, aproximadamente el 10% del cultivo de maíz se produce bajo riego, alcan-



zando diferencias en rendimiento del 22%. En soja, la superficie bajo riego es algo menor (alrededor del 4%), y se obtienen diferencias similares, del orden del 19%. Por último, en trigo se siembra bajo riego el 13% de la superficie, con rindes promedio 50% superiores a los de secano.

En cuanto a las rotaciones, hay una tendencia regional a elevar la participación de las gramíneas de verano, tanto en secano como bajo riego (gráfico 17). A su vez, en algunos planteos se incluye el trigo (cuadro 6), cuya participación es independiente del cultivo de verano. Desde el punto de vista de la rotación, la inclusión del trigo es positiva, entre otros motivos, por su sistema radical, por la densidad de sus raíces y por la calidad del rastrojo. Por último, cabe destacar que aún se incorporan lotes a la agricultura (alrededor de un 9% por año).

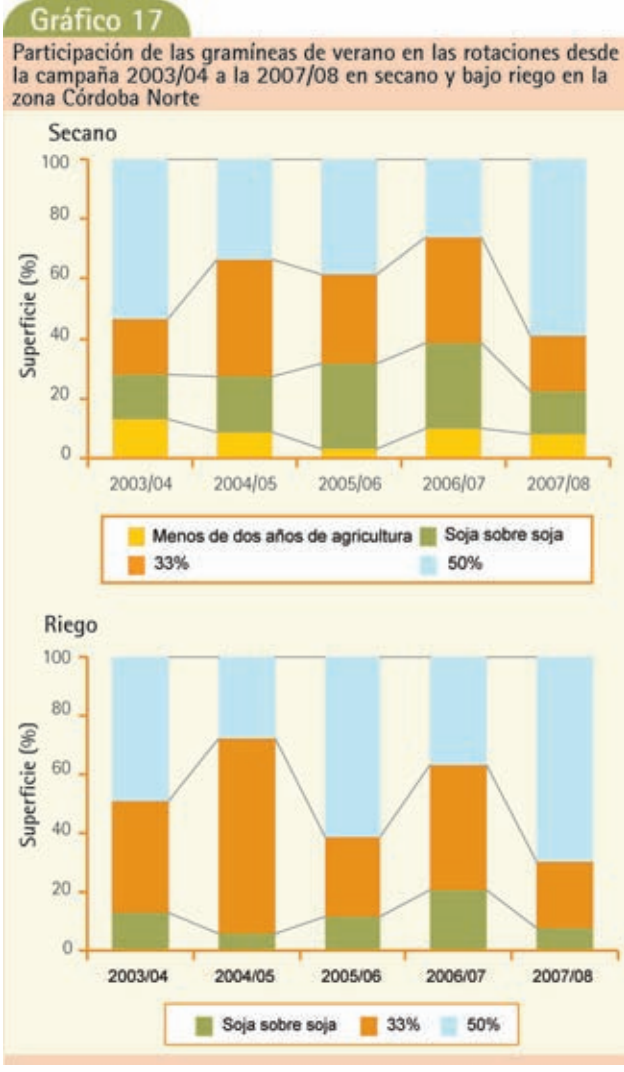
La fertilidad física se relaciona, entre otros factores, con la estabilidad del suelo, el movimiento del agua y del aire, el encostramiento superficial y la erosión. Desde un punto de vista práctico, la densidad aparente y la porosidad total, junto con la conductividad hidráulica (indicador de la capacidad de infiltración del suelo), son indicadores confiables para el estudio del comportamiento estructural del suelo. Junto con la determinación de la materia orgánica y del carbono orgánico, resultan muy útiles para estudiar la acción y la evolución de los efectos producidos por mecanismos bióticos en planteos de siembra directa y para detectar limitaciones de importancia.

Propiedades de los suelos

Durante 2003, 2004 y 2007, se evaluaron las propiedades físicas y químicas de suelos en los que la agricultura se realiza en siembra directa desde hace siete años, en distintas localidades del centro-norte de la provincia de Córdoba (tanto en sistemas exclusivamente agrícola-

las como en modelos agrícola-ganaderos), que representan a las seis subzonas agroecológicas en las que se divide la región.

El cuadro 7 muestra el valor promedio de algunos parámetros evaluados. Como se puede apreciar, hay una relación inversa entre la densidad aparente y la porosidad. Los suelos de la subzona 3, ubicados en el pie de



Cuadro 6
Valores promedio de los cinco años de las rotaciones más comunes en la zona Córdoba Norte. Proporciones con trigo o sin trigo en secano y bajo riego

	Rotaciones					
	33%		50%		Soja-soja	
	28%	51%	21%			
	Con trigo	Sin trigo	Con trigo	Sin trigo	Con trigo	Sin trigo
Secano	57%	47%	66%	44%	66%	44%
Riego	82%	18%	82%	18%	43%	57%

sierra, son los más arenosos, por lo que son los de mayor densidad aparente. El contenido de fósforo también varía y es considerablemente menor en la subzona 3 y algo mayor en las de menor historia agrícola (subzonas 5, del norte de Córdoba, Ojo de Agua y Frías, en Santiago del Estero), aunque sin llegar a ser limitantes en ninguna de ellas para la mayoría de los cultivos.

Cuadro 7

Valores promedio de tres años del contenido de carbono orgánico, densidad aparente, porosidad y conductividad hidráulica para las zonas y profundidades de muestreo estudiadas

Zona	CO (%)	Fósforo (ppm)	D. Ap. (g/cm ³)	Porosidad (%)	Ksat (mm/h)
1	1,78	78,46	1,24	49,27	23,89
2	1,50	56,72	1,30	46,98	17,55
3	1,57	34,34	1,44	40,47	12,23
4	1,21	59,11	1,36	44,13	9,30
5	1,87	96,71	1,26	48,75	20,32
O.A	1,97	96,48	1,21	51,93	34,77
Frías	1,49	105,14	1,20	51,72	30,31

Si se considera el promedio de los tres años en cada subzona, se observan diferencias significativas entre las distintas profundidades muestreadas para carbono orgánico, densidad aparente, porosidad y conductividad hidráulica (cuadro 8). Esta tendencia a la densificación (mayor densidad aparente, menor porosidad y menor conductividad hidráulica a mayor profundidad), junto con los mayores niveles superficiales de carbono orgánico, constituye un efecto de la acumulación de rastrojo, típica de los sistemas de siembra directa, lo que determinaría una mejor estructuración y permitiría una menor densidad aparente, mayor porosidad y mayor conductividad hidráulica cuando se consigue elevar el contenido de carbono orgánico (gráfico 18).

Cuando se analizó la variación entre los años muestreados para cada una de estas variables en cada subzona, se observó que, en general, no hubo diferencias significativas a ninguna de las profundidades muestreadas, excepto en la subzona 4, lo que confirmaría el efecto de

Cuadro 8

Valores promedio de los años de estudio de contenido de carbono orgánico, densidad aparente, porosidad y conductividad hidráulica para las zonas y profundidades de muestreo estudiadas

Zona	Prof *	Carbono orgánico (%)			densidad aparente (g/cm ³)			Porosidad (%)			Conductividad hidráulica (mm/h)		
		Media	E.E.		Media	E.E.		Media	E.E.		Media	E.E.	
1	I	2,18	0,11	a	1,20	0,01	a	51,82	0,72	a	25,45	1,93	A
	II	1,30	0,09	b	1,32	0,02	b	45,51	0,90	b	17,17	1,62	B
	DMS	0,27957			0,05232			2,4187			5,29226		
2	I	1,85	0,3	a	1,27	0,02	a	48,31	0,01	a	20,53	0,98	A
	II	1,14	0,06	a	1,33	0,04	a	45,66	0,74	a	14,57	0,47	B
	DMS	0,8398			0,12349			3,18934			4,66482		
3	I	1,89	0,07	a	1,38	0,05	a	42,91	1,46	a	16,32	3,42	A
	II	1,25	0,04	b	1,51	0,03	b	38,03	0,77	b	8,14	0,72	B
	DMS	0,16696			0,11574			3,54497			7,48366		
4	I	1,50	0,06	a	1,31	0,03	a	46,00	0,5	a	11,65	0,75	A
	II	0,91	0,07	b	1,4	0,04	a	42,25	0,15	b	6,95	0,35	B
	DMS	0,22668			0,12731			2,24979			3,56701		
5	I	2,29	0,18	a	1,22	0,02	a	50,70	1,04	a	23,93	0,46	A
	II	1,45	0,07	b	1,30	0,03	b	46,79	1,51	a	16,70	1,55	B
	DMS	0,42995			0,06854			4,2228			3,71816		
O.A	I	2,31	0,08	a	1,22	0,05	a	51,31	1,70	a	34,82	6,68	A
	II	1,64	0,17	a	1,20	0,03	a	52,55	1,36	a	34,72	2,78	A
	DMS	0,78114			0,22186			9,35245			31,18318		
Frías	I	1,50	0,11	a	1,19	0,02	a	51,21	0		30,12	0	
	II	1,12	0,01	a	1,22	0,01	a	51,07	0		28,50	0	
	DMS	0,45713			0,0777								

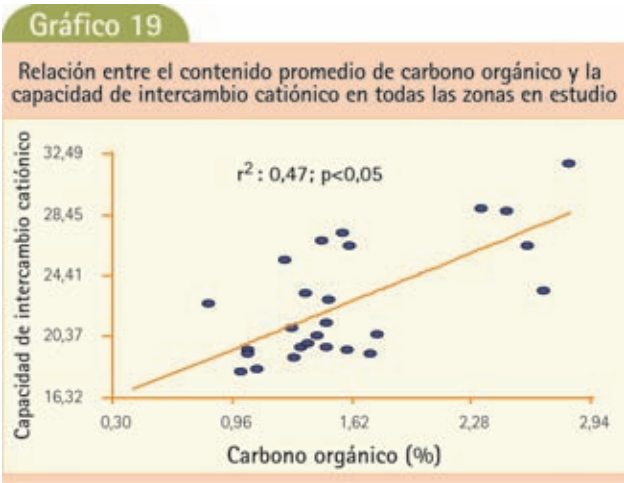
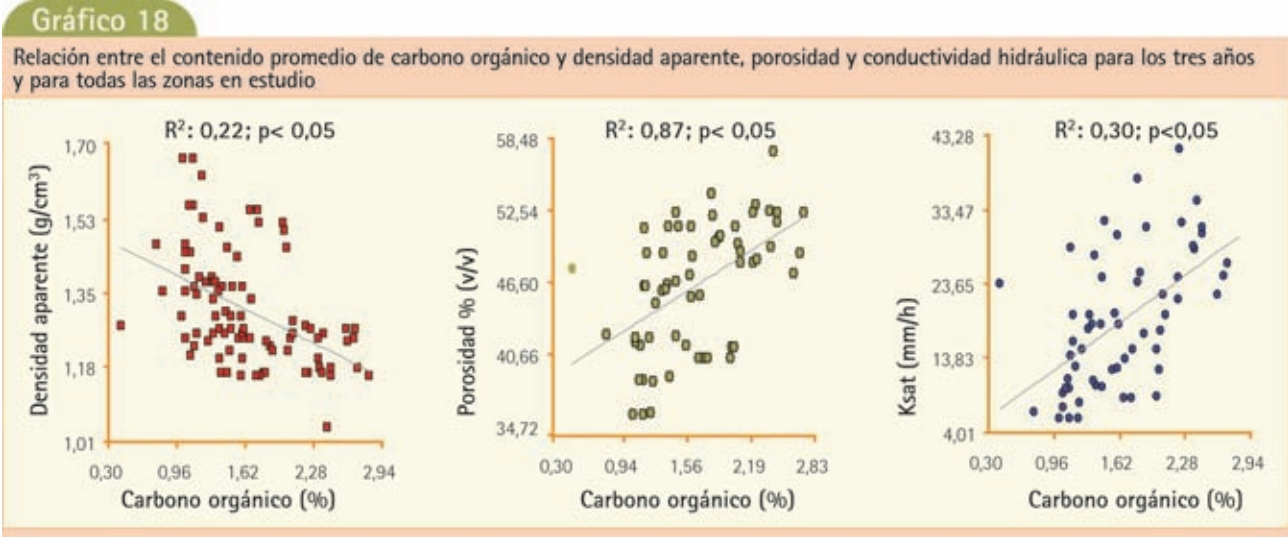
(*) Prof. I corresponde a 0-5 cm, Prof. II corresponde a 5-20 cm. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) DMS: Diferencia mínima significativa.

compactación a nivel subsuperficial en sistemas en siembra directa, tal como se mostró en el cuadro 8. A su vez, la ausencia de una diferencia estadísticamente significativa entre los años en la mayoría de las zonas indicaría que se trata de un proceso lento y variable, dependiendo de cada situación particular.

En dos de los sitios, se tomaron las mismas muestras en un sector del lote que todavía conservaba una situación de monte (cuadro 9). Los parámetros estudiados empeoraron su condición al estar en un manejo agrícola (menor carbono orgánico, mayor densidad aparente, menor porosidad y conductividad hidráulica). Aunque la tendencia en ambos sitios es la misma, en Cañada de Luque, donde la historia de uso es más intensiva (Cañada de Luque, desmontado en 1984, y Frías, en 1990), las diferencias llegaron a ser significativas. Nuevamente, se aprecia la importancia del tiempo en este proceso.

Por otra parte, podemos tomar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) como un indicador de fertilidad química, ya que es una medida de la capacidad que tiene un coloide (arcilla, materia orgánica) para retener cationes intercambiables, principalmente calcio, magnesio, potasio, amonio, sodio e hidrógeno. Los primeros cuatro son nutrientes y se encuentran involucrados directamente en el crecimiento de las plantas. El sodio y el hidrógeno tienen una notable injerencia en la disponibilidad de los nutrientes y la humedad. En el gráfico 19, se puede apreciar la relación positiva entre el carbono orgánico y la capacidad de intercambio catiónico, lo que sugiere que se trata, nuevamente, de un efecto positivo de la siembra directa.

En cuanto a la evolución de la concentración de los nutrientes, luego del nitrógeno, el fósforo es el que limita en mayor medida el rendimiento de los cultivos. Por tratarse de un nutriente de escasa movilidad, ofre-



Cuadro 9

Valores promedio de los tres años de estudio del contenido de carbono orgánico, densidad aparente, porosidad y conductividad hidráulica en dos situaciones de manejo: monte y agrícola

Localidad	Uso	C. O. (%)	D. Ap. (g cm ⁻³)	Porosidad (%)	Ksat (mm/h)	Fósforo (ppm)
Cañada de Luque (Z1)	Monte	3,42 b	0,99 b	55,30 a	49,75 a	117,30 a
	Agrícola	1,95 a	1,23 a	49,98 a	24,81 a	97,47 a
	DMS	0,76	0,12	6,34	13,01	34,76
Frías (Santiago del Estero)	Monte	1,67 a	1,20 a	52,30 a	31,30 a	114,00 a
	Agrícola	1,31 a	1,20 a	51,14 a	29,31 a	95,31 a
	DMS	1,05	0,08	5,61	9,70	37,67

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)
DMS: Diferencia mínima significativa

ce mayor facilidad para su estudio. En el gráfico 20, se observa cómo el contenido promedio no ha variado significativamente en los tres años considerados. En cada subzona ocurre lo mismo, con diferentes valores absolutos (gráfico 21).

En el cuadro 9, se aprecia una disminución en el contenido del fósforo entre la situación de monte y la

agrícola, que, sin embargo, no llega a ser significativa ($p < 0,05$). En la subzona, 5 se observa una disminución gradual, que tampoco es relevante. Posiblemente, esta subzona de menor historia agrícola revela la tendencia de los comienzos para luego detenerse.

Región NOA

Ing. Daniel Frascarolo

Coordinador de la Región CREA NOA

Ing. Santiago Medina

Asesor del CREA La Cocha

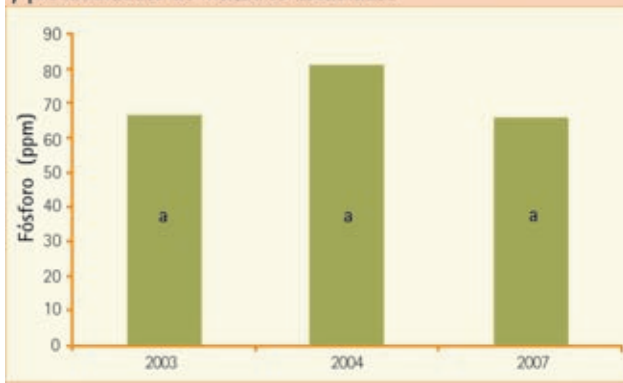
La región NOA del Movimiento CREA comprende las provincias de Salta, Jujuy, Tucumán, el oeste de Santiago del Estero y el sudeste de Catamarca. Esta amplia región abarca varias zonas de producción, con características propias.

Los grupos CREA desarrollan agricultura, ganadería y lechería. Entre las actividades agrícolas, se identifica un gran número de cultivos, como caña de azúcar, limón, arándanos, palta, tabaco, papa, porotos, sorgo, maíz, soja, trigo, garbanzo y cártamo. Por la superficie que ocupan y por su impacto en los resultados de las empresas, se hace referencia a los sistemas de producción de los principales cultivos de granos de la región: soja, trigo y maíz.

Por su ubicación, la región se corresponde con climas subtropicales. Un importante sistema montañoso ubicado al oeste de las principales zonas productivas de granos ejerce una marcada influencia sobre las temperaturas y las precipitaciones, y genera una gran diversidad de ambientes. Las lluvias anuales disminuyen de oeste a este y van desde más de 1000 milímetros hasta menos de 550, registrándose el 80% entre los meses de noviembre y abril. La variabilidad interanual de las precipitaciones es mayor en las zonas de menor pluviometría.

Gráfico 20

Valores promedio de los tres años de fósforo en todas las zonas y profundidades de muestreo estudiadas



Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Gráfico 21

Valores promedio de los tres años de fósforo en cada zona y profundidades de muestreo estudiadas



Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$).



En las últimas décadas, muchas localidades de la región revelaron un incremento en el promedio anual de las precipitaciones.

La región posee suelos profundos, con predominio de texturas de tipo franco y franco-limoso en todo el perfil. En algunas zonas de mayores precipitaciones puede existir un horizonte B textural, franco-arcillo-limoso entre los 40 y los 90 centímetros de profundidad. Los suelos del área productiva tienen, en general, menos de 40 años de agricultura. Su fertilidad se mantiene elevada, y es el fósforo el nutriente de mayor importancia, con niveles de disponibilidad muy variables entre áreas o campos.

La expansión de los cultivos extensivos se realizó en primer lugar hacia zonas dedicadas a la ganadería o con monte, no aptas para cultivos tradicionales como la caña de azúcar, las hortalizas, el citrus y el tabaco. Posteriormente, se ocuparon áreas marginales hasta que, finalmente, la incorporación de tecnologías -como la siembra directa, el uso diferencial de genotipos, la sistematización y el manejo eficiente de malezas, plagas y enfermedades- sumada a la situación de los mercados y a las condiciones ambientales, permitió que los cultivos se establecieran en áreas con precipitaciones anuales de alrededor de 500 milímetros.

La labranza convencional, asociada a la baja estabilidad estructural de los suelos, el relieve, la estacionalidad e intensidad de las precipitaciones y el monocultivo de soja, provocaron una lenta y continua degradación química, física y biológica de los suelos, especialmente durante las décadas del 70 y del 80. Esta degradación se manifestó a través de la disminución de la materia orgánica y de los niveles de fósforo disponible, la reducción en la velocidad de infiltración y un incremento en la compactación y en la susceptibilidad al encostramiento, que ocasionaron procesos erosivos hídricos y eólicos.

Desde la campaña agrícola 1995/96, se produjo un importante avance de las prácticas de manejo conservacionistas que determinaron que, en la actualidad, más del 95% de la superficie destinada a cultivos de granos se desarrolle en siembra directa. En los grupos CREA, se trata de una técnica generalizada desde hace más de 15 años. Sólo se realizan movimientos de suelo cuando se incorporan nuevos lotes a la agricultura o cuando los cultivos de granos se encuentran en rotación con la caña de azúcar o el tabaco.

Según los casos y la tecnología utilizada, la rápida adopción de la siembra directa permitió reducir, detener e incluso revertir el ritmo de degradación de los suelos y constituyó un importante avance en la búsqueda de la sustentabilidad de los sistemas productivos de

la región, además de influir positivamente en muchos aspectos de la relación agua-planta.

Aportes clave de la siembra directa

El principal recurso limitante en la producción de los cultivos extensivos de la región es la disponibilidad de agua. En este sentido, la siembra directa y los paquetes tecnológicos asociados permitieron incorporar áreas hasta el momento consideradas marginales para la producción. Luego fue posible elevar los valores medios de rendimientos y conferirles mayor estabilidad.

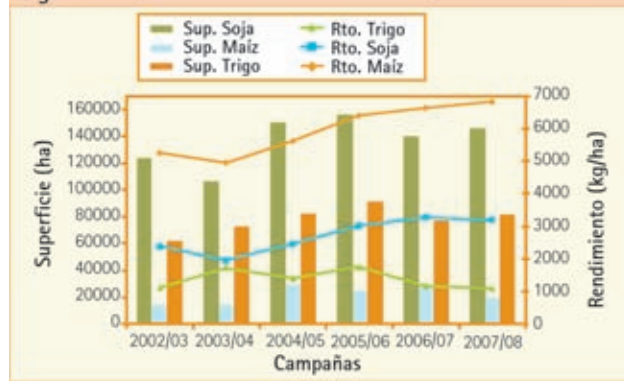
En muchas oportunidades, se ha demostrado la importancia que tienen sobre los rendimientos la captación y la conservación de la humedad. La siembra directa y las rotaciones con gramíneas contribuyen a optimizar la estructura del suelo, al mejorar la porosidad, el almacenaje de agua y la velocidad de infiltración.

La producción de granos del NOA mantiene una eleva dependencia respecto del cultivo de soja. En algunas situaciones, el monocultivo constituye una luz roja en el manejo del sistema, lo que se pone de manifiesto en mayor medida en zonas de escasas precipitaciones. El menor aporte y persistencia de rastrojos de la oleaginosa redundan en una menor cobertura y una mayor evaporación directa y escurrimiento superficial. Lograr un adecuado balance de carbono exige incluir en el sistema cultivos que aporten una cantidad significativa de materia orgánica.

La soja ocupa la mayor superficie dentro de la producción de granos, seguida por el trigo y el maíz. En cuanto a los cultivos antecesores, la superficie de soja/trigo, soja/soja y soja/maíz oscila entre 47 y 55%, 22 y 27% y 13 y 19%, respectivamente. En general, el mejor antecesor es el maíz, seguido del trigo (gráfico

Gráfico 22

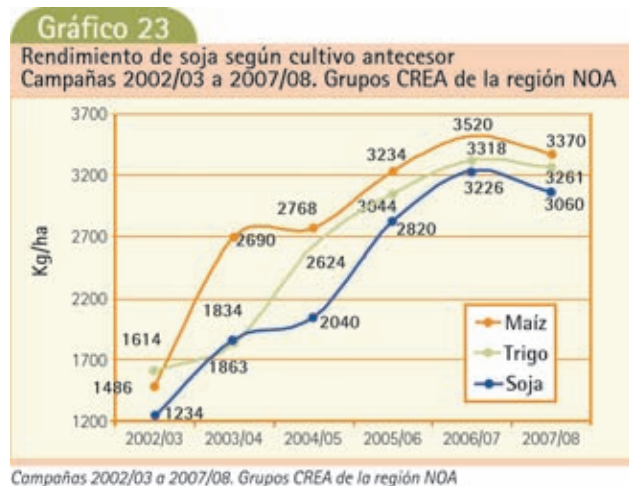
Evolución de la superficie y los rendimientos de los cultivos de soja, trigo y maíz en los grupos CREA de la región NOA



23). Las diferencias en favor del maíz como antecesor se presentan con mayor frecuencia y magnitud en las zonas de menores precipitaciones.

En numerosas ocasiones, en zonas marginales o de menor potencial la siembra directa no llega a manifestar la totalidad de sus bondades debido a la baja cobertura de rastrojos. Por esta razón, los cultivos de maíz y trigo adquieren un rol de fundamental importancia.

Aunque las ventajas agronómicas y los aportes a la sustentabilidad del maíz son ampliamente conocidos, su menor rentabilidad redujo su participación en la región. Sin embargo, cuando se analiza su impacto sobre el sistema de producción en el mediano y el largo plazo en lugar de considerar su resultado en forma individual, las conclusiones son otras.



En cuanto al trigo, el área sembrada crece y se extiende hacia el este de la región, sobre todo cuando las precipitaciones de fines de verano y comienzos del otoño son adecuadas. Los aportes de este cultivo al sistema se pueden medir según su propio resultado productivo, a través del incremento del rendimiento de la soja que lo sucede y de los aportes que realiza a las propiedades físicas y químicas del suelo.

Por otro lado, la rotación de cultivos, especialmente la incorporación de gramíneas al sistema, permite realizar un manejo sanitario que atenúa -y en muchos casos reduce significativamente- el efecto nocivo de plagas, malezas y enfermedades. Un ejemplo de ello es el impacto que tiene la rotación de soja con cultivos de maíz o de sorgo en la disminución de las poblaciones de los coleópteros *Sternecbus subsignatus*, *Promecops carinicolis* y *Rhyssomatus subtilis*, que constituyen una plaga de relevancia para la soja en la región. Además, la rotación reduce la incidencia de patógenos necrotróficos que se perpetúan en los rastrojos de una campaña a la otra, y permite utilizar, en el manejo de malezas, un mayor espectro de herbicidas en distintos momentos de aplicación.

Desafíos

Entre los principales desafíos que enfrenta la zona está el de resolver algunos aspectos vinculados con la siembra directa acerca de las propiedades del suelo a largo plazo, tales como el contenido y la distribución de nutrientes disponibles en el perfil y la compactación subsuperficial.

Realizar el ajuste técnico y económico del sistema productivo es otro factor clave para que, además de ser rentables, los cultivos aporten rastrojo, sobre todo en zonas de menores precipitaciones, ya que lograr una buena cobertura es fundamental para aprovechar las bondades de la siembra directa.

También se trabaja en temas relacionados con la agricultura por ambientes, orientados a identificar y conocer la heterogeneidad de los suelos de la región.

Región Sudeste

Ing. Agr. Gonzalo Ropero

Asesor del CREA Roque Pérez - Saladillo

Ing. Agr. Dario Grassi

Ex asesor del CREA 25 de Mayo

La región Sudeste del Movimiento CREA está integrada por 18 grupos y comprende el centro, norte y sudeste de la provincia de Buenos Aires, desde 25 de Mayo hasta General Madariaga.

El clima es templado, con lluvias que rondan los 1000 milímetros anuales, aunque desde el punto de vista ambiental (temperaturas), la región se puede dividir en las subzonas norte y sur. También existen diferencias edáficas: dentro de la subzona norte, hacia el centro, las texturas son francas, incluso arenosas, y el paisaje, ondulado. En el resto de la región, sobre todo hacia la costa, predominan las texturas francas a franco-arcillosas. La heterogeneidad ambiental es característica de esta zona (figura 3).

Evolución

A principios de los años 90, se comenzó a adoptar la técnica de la siembra directa en la zona de Saladillo y 25 de Mayo. El crecimiento regional ha sido muy importante, tanto en agricultura como en ganadería, y muchas empresas y sistemas productivos se encuentran en agricultura continua con esta técnica. Los beneficios de su incorporación en la primera etapa fueron una marcada disminución del riesgo en suelos con limitaciones por excesos hídricos, con una franca mejora de la oportunidad de siembra y cosecha; una mayor conservación de la humedad, principalmente en los suelos más sueltos, pero también en los de menor profundidad efectiva (almacenaje de agua), y la eliminación del riesgo de erosión eólica en los cordones medanosos de 25 de Mayo y Saladillo.

El resultado de estos avances redundó en una importante estabilización de los rendimientos y en la posibili-

dad concreta de incorporar tecnología de producción. Esto trajo aparejado la expansión de la frontera tecnológica agrícola y ganadera, especialmente una vez que se superaron los excesos hídricos provocados por las inundaciones ocurridas entre 2001 y 2003 (gráfico 24).

En los últimos cinco años, los avances más importantes fueron el logro de un mayor conocimiento y manejo de los ambientes de producción y del aspecto nutricional de los cultivos, y un mejor diseño de las rotaciones.

Ambientes

El período de inundaciones 2001-2002 llevó a los grupos CREA de la región a tomar conciencia de la necesidad imperiosa de reconocer la heterogeneidad ambiental y de incorporar su manejo a la toma de decisiones de las empresas.

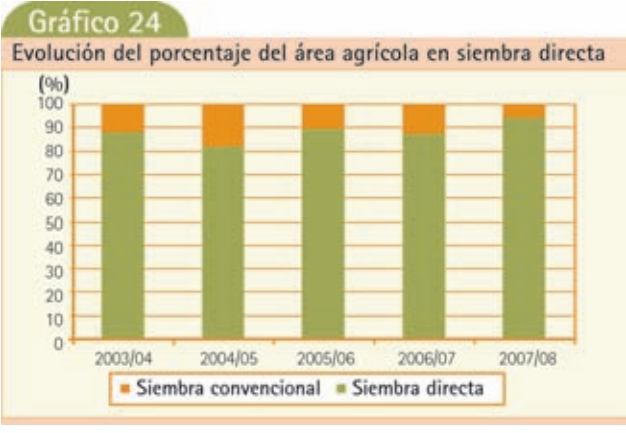
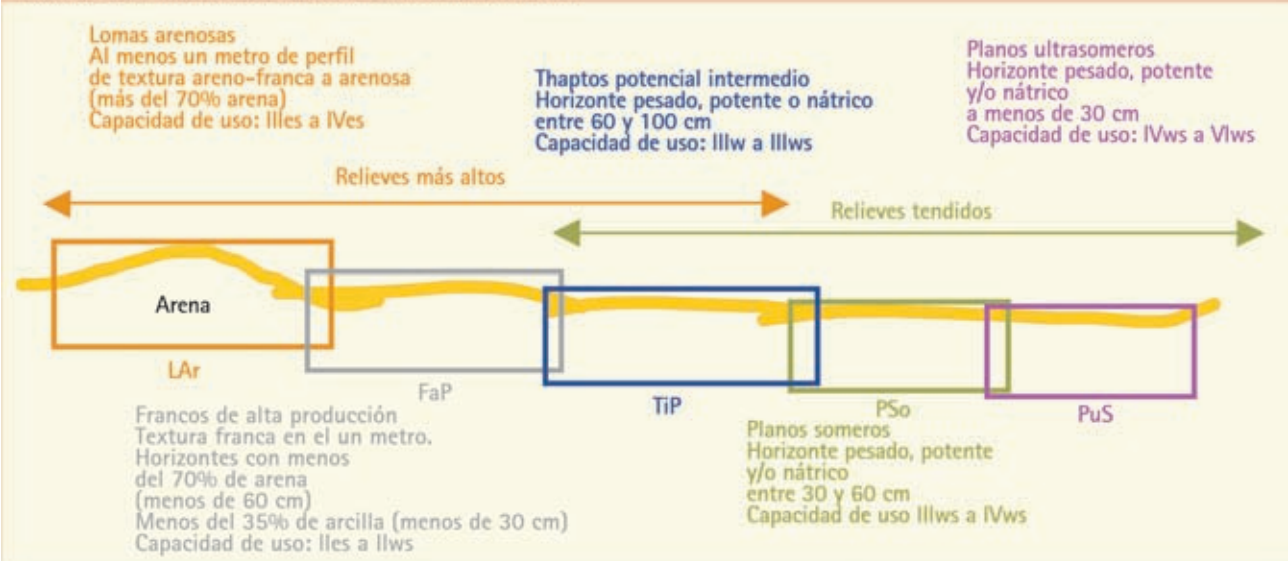


Figura 3
Ambientes productivos de la región Sudeste; subzona norte

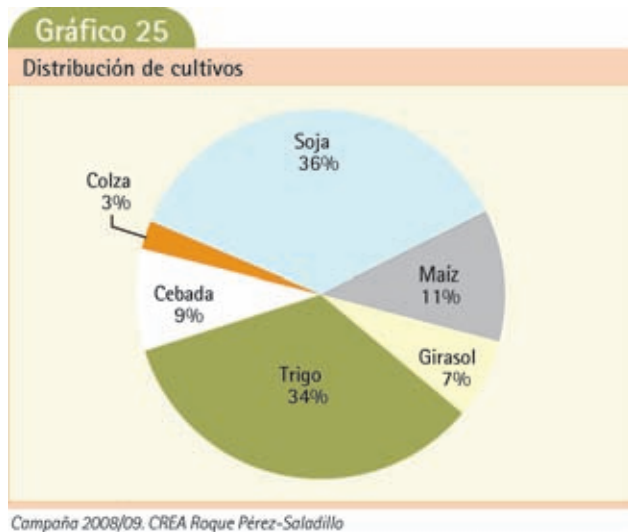


* En ambientes LAr y FaP la presencia de napa freática entre 1,2 y 2,5 metros de profundidad crea una condición extra para ese ambiente durante el año.

El riesgo hídrico fue el factor que en aquel momento produjo la delimitación de grandes unidades de manejo. En la actualidad, se diseñan ensayos, se analiza la información y existen protocolos de manejo por ambientes, aunque su incorporación no es total en las empresas regionales.

Rotaciones

La secuencia de cultivos más utilizada es soja de primera-trigo/soja de segunda-maíz o soja de primera-trigo/soja de segunda.



El ingreso de girasol se da mayormente en suelos de menor potencial, en reemplazo del maíz o la soja (luego de trigo-soja), o en los más limitantes (luego de soja), muchas veces como antecesor de pastura o verdeo de invierno.

La mayor intensificación en el uso del suelo por parte de algunas empresas condujo a secuencias del tipo trigo/soja-maíz, cebada/soja-trigo-soja-(colza/soja) o (maíz) o (soja).

El doble cultivo trigo-soja es un pilar del sistema por su resultado en términos de valor y estabilidad, por su aporte en cantidad y calidad de rastrojo, y por sus efectos sobre el ambiente. En las últimas campañas, esto se hizo evidente ante la reducción de la siembra de maíz, principalmente por su resultado económico. La participación del trigo o cebada-soja en el área agrícola del CREA Roque Pérez-Saladillo fue del 43%, y la de las gramíneas, del 54% en la campaña 2008/09 (gráfico 25).

Nutrición

Se ha logrado ajustar con precisión los modelos de fertilización de fósforo, nitrógeno y azufre para los cultivos de trigo, maíz y soja, resultado de la información de ensayos locales realizados en los últimos años. Además, se cuenta con el apoyo de los programas *Triguero*, con varios núcleos dentro de la región, y *Maivero*, que se encuentra en etapa de desarrollo.

En la actividad ganadera, la siembra directa permitió la implantación y el aprovechamiento exitoso de verdeos de invierno, así como de pasturas de agropiro y lotus tenuis en ambientes alcalinos o salinos, como rasgos más salientes.

Desafíos tecnológicos

De cara al futuro, los desafíos consisten en avanzar en el reconocimiento, caracterización y manejo de los diferentes ambientes productivos de la región para definir planteos tecnológicos que generen resultados estables y sustentables en ambientes de menor aptitud. Es el caso de los suelos muy arenosos (Saladillo-25 de Mayo) y someros, ampliamente difundidos en el Sudeste.

También se procura producir en forma sostenible en los mejores ambientes a partir de una correcta elección de cultivos, secuencia e intensificación. Mejorar el nivel de cobertura del suelo, el balance de carbono y nutrientes, elegir y monitorear los indicadores de evolución del proceso son cuestiones por desarrollar.

Algunos de los problemas tecnológicos por resolver son el manejo de cobertura, cuyos efectos principales son

amortiguar el efecto de las heladas tardías sobre los cultivos. En las últimas dos campañas, el más afectado fue el maíz. El uso adecuado de implementos barrerastrojos tiene un impacto positivo moderado sobre el problema.

Otra cuestión de importancia es mejorar la eficiencia de implantación espacial y temporal de los cultivos, por ejemplo, colza sobre trigo/soja o cebada/soja, cebada sobre trigo/soja, trigo sobre maíz, etcétera. En estos casos, también se debe apuntar a lograr una correcta distribución del rastrojo por las cosechadoras.

Las malezas no representan un problema grave, pero debe mencionarse la aparición de algunas especies tolerantes al glifosato (trébol blanco, *Commelina*, yuyo colorado, *Parietaria debilis*, verbena, escoba dura, enredadera perenne, etcétera).

En cuanto a las plagas, en algunos grupos se detectó la presencia de gusano blanco en un número superior a los umbrales señalados como peligrosos, especialmente en trigo. En años de primaveras húmedas y frías, se comprobó la presencia significativa de moluscos (babosas, bicho bolita).

Región Mar y Sierras

Dr. Jorge González Montaner e Ings. Agrs. Marcelo Di Napoli y Gastón Therisod

Comisión de Agricultura de la región Mar y Sierras del Movimiento CREA

En la región Mar y Sierras del Movimiento CREA, los cultivos se conducen en amplia mayoría bajo esquemas de siembra directa. Las últimas campañas revelan una proporción variable del área desarrollada con esta técnica: alrededor del 95% en el caso de la soja, 85% en trigo y maíz, y 70% en girasol. Este último es el cultivo con menos potreros en siembra directa, aunque se encuentra en continuo crecimiento, particularmente en las subzonas con relieve ondulado donde la erosión y la profundidad del suelo constituyen una restricción importante.

El rendimiento promedio del girasol en siembra directa es similar al de labranza convencional, con ventajas apreciables en años secos, particularmente cuando la sequía es progresiva, porque la evaporación, reducida por la cobertura de rastrojos y el menor crecimiento inicial, difiere el consumo hídrico hacia etapas definitorias de generación de rendimiento.

La compactación del suelo en los primeros centímetros del perfil puede dificultar la labor de siembra y generar desuniformidad en la distribución de las semillas, como también reducir el crecimiento del sistema radical. El girasol es uno de los cultivos más sensibles a

este contraste. En el cuadro 10, se muestran los resultados de la descompactación de la línea de siembra respecto de la longitud de la raíz principal, la altura de la planta y el crecimiento a los 55 días posteriores a la siembra en un cultivo de girasol desarrollado en Tres Arroyos.

Problemas emergentes y desarrollo zonal

En la región Mar y Sierras se trabaja en dos sentidos: por un lado, se procura adaptar nuevos cultivos a la técnica de siembra directa, y por otro, se resuelven los problemas que surgen como consecuencia del manejo de cultivos tradicionales con esta práctica.

Colza

Aunque la superficie ocupada con este cultivo es baja en relación a la cebada o el trigo, en las campañas 2007 y 2008 el área sembrada creció de 2000 a 5000 hectáreas.

La colza cuenta con la ventaja de que su cosecha es precoz respecto de los cereales de invierno, ampliamente utilizados en nuestro medio. Por lo tanto, impacta favorablemente sobre la rentabilidad del cultivo de soja de segunda siguiente. En la medida en que la relación de precios colza/trigo (cebada) se amplíe, el negocio de producción de colza se volverá más atractivo y traccionará la demanda de tecnología aplicable al cultivo. Sin embargo, su adopción masiva en siembra directa genera algunos interrogantes por su sensibilidad a las bajas temperaturas, tanto en estados tempranos como reproductivos. Por ejemplo, en la campaña 2007 la colza tuvo un mal desempeño en ambientes donde las heladas fueron muy agresivas: se helaron sus silicuas y no se lograron adelantos significativos de cosecha como consecuencia de las nuevas ramas. Sin embargo, en ambientes menos rigurosos los resultados fueron muy positivos, con adelantos de 8 a 10 días respecto del trigo. Las primeras evidencias de ensayos de adaptación de diversas variedades al ambiente zonal conducidos en 2008 revelan que las de mayor rendimiento fueron las de mayor longitud de ciclo, con floración alrededor del 22 de sep-

Cuadro 10

Diferencias de crecimiento de la raíz principal y la parte aérea 55 días luego de la siembra en un ensayo realizado en siembra directa con y sin remoción del suelo en la línea de siembra

	Longitud de raíz (cm)		Altura de la planta (cm)		Pares de hojas		Biomasa aérea (g/pl)	
	Test	+P	Test	+P	Test	+P	Test	+P
Sin remoción	8,2	7,1	44	53	8,0	9,0	24,6	43,8
Con remoción	12,8	14,4	51	64	10,0	10,3	46,7	66,7

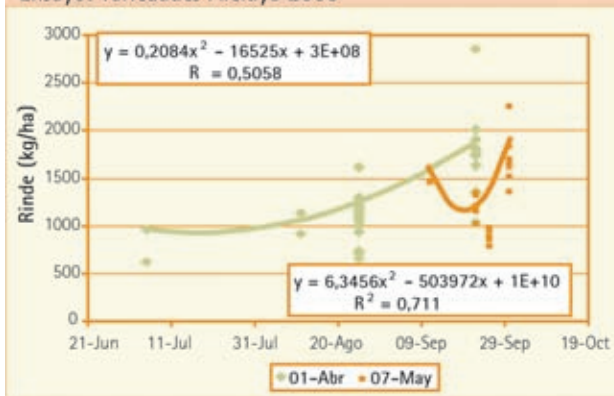
tiembre para la primera fecha de siembra (1.º de abril) y del 30 de septiembre para la segunda (7 de mayo).

Un interrogante adicional surge del comportamiento del cultivo en la última campaña, caracterizada por déficit hídrico y altas temperaturas hacia el fin del ciclo. En este escenario, los cultivos de colza rindieron menos

de lo esperado en relación al trigo, a pesar de la menor rigurosidad de ambiente durante el llenado. Las hipótesis por evaluar comprenden un mayor consumo de agua por parte de la colza (particularmente, las invernales de siembra temprana) y posibles problemas sanitarios a nivel radical (*Phoma* asintomático), que pudieran haber provocado niveles de estrés severos hacia fines de ciclo.

Gráfico 26

Rendimiento y fecha de floración
Ensayo: variedades Aleluya 2008



Adversidades bióticas en siembra directa

La creciente acumulación de rastrojo en las rotaciones de la región, el aumento en superficie del cultivo de colza y la eventual condición predisponente de lluvias excedentes primaverales elevaron la cantidad de lotes con presencia de babosas y bichos bolita. Ambas plagas tienen el potencial de generar pérdidas significativas en las oleaginosas por mermas en el *stand* de plantas.

El mejor control se logra aplicando cebos, sobre la base de metaldehído para babosas, y Carbaril para bichos bolita. En ocasiones, ambas plagas conviven, por lo que se debe utilizar cebos en forma combinada. En los casos evaluados, el control del bicho bolita con insecticidas aplicados en barbecho junto con los herbicidas (por ejemplo, Clorpirifós) arrojó un resultado errático.

La georreferenciación de las poblaciones de estas plagas representa un avance, ya que permite realizar aplicaciones dirigidas en el interior de los lotes.

Un punto central en el manejo es generar información que permita entender las dinámicas poblacionales y establecer umbrales de intervención sobre el cultivo, como así también comprender el rol de los enemigos naturales (*Scarites* *sp.* sobre babosas) en la elaboración de un sistema de control integrado.

Durante las campañas 2002, 2003 y 2004, se trabajó sobre cultivos de maíz y girasol con esos objetivos. Los resultados sobre maíz (2002 y 2003) demostraron que con poblaciones de 6 babosas por metro cuadrado no se obtienen aumentos de rendimiento por aplicación de molusquicidas, mientras que con 16 babosas por metro cuadrado se produce un incremento en rendimiento de 2900 kg/ha (+64% sobre el testigo sin tratar).

En girasol, con poblaciones iniciales de 8 a 12 babosas por metro cuadrado, se observó una reducción en la densidad de hasta 20.000 plantas por hectárea, y el control con molusquicidas generó aumentos de rinde de entre 200 y 450 kilos por hectárea.

Según la densidad de la plaga, las dosis óptimas variaron entre 2 y 4 kg/ha de producto. Resultados de dos ensayos desarrollados en 2004 sugieren que las aplicaciones a voleo fueron levemente más eficaces que las efectuadas en la línea de siembra (cuadro 11).

En la campaña 2008/09, se iniciaron estudios en convenio con técnicos del INTA Balcarce para estudiar la dinámica poblacional del bicho bolita en el cultivo de soja, cuantificar el daño y evaluar alternativas de control. A modo de ejemplo, se observó una fuerte mortandad de individuos por efecto de la sequía estival, a la vez que un significativo control a través de productos que incluían Carbaril en su formulación. A pesar de la mortandad natural de la plaga por efecto de la sequía, se observó una merma significativa en el stand de plantas, que pudo ser revertida con el empleo de cebos específicos (gráfico 27).

Enfermedades

Como consecuencia de la intensificación del uso de la tierra, se observa un incremento de la siembra de trigo o cebada sobre rastrojo de trigo/soja de segunda o cebada/soja de segunda. En el promedio de las campañas 2005 a 2007, los rindes del trigo sobre soja de segunda fueron 15% inferiores a los obtenidos luego de soja de primera.

Cuadro 11

Variación del rendimiento de maíz y girasol tras la aplicación de molusquicidas

Ensayo/año	Babosas/m²	Dif. de rinde (kg/ha)	Aumento en rinde (%)
Aleluya maíz 2002*	16	2900	64
Aleluya maíz 2003	6	0	0
Aleluya girasol 2003	10	448	17,5
Tamanqueyu girasol 2003	10	450	18,7
La Realidad girasol 2004	12	203	7,5
Aleluya girasol 2004	8	355	13,8

* Efecto de la dosis y la posición (5 kg y línea).



Por otra parte, el incremento de casos de cebada sobre trigo/soja de segunda permite observar la creciente afectación del cultivo por enfermedades de pie (*Fusarium*, pietín; *Phytlum*) y foliares (*Bypolaris*).

En la región Mar y Sierras, se encuentran en marcha ensayos que procuran evaluar alternativas de manejo que atenúen el efecto negativo de esas enfermedades. Las estrategias en juego van desde el empleo de nuevas moléculas fungicidas (de semilla y foliares) hasta la aplicación localizada de fertilizantes en la línea de siembra.

Región Sudoeste

Ing. Agr. Agustín Giorno
Coordinador técnico de la región CREA Sudoeste

En los últimos años, los sistemas de producción de la región Sudoeste del Movimiento CREA experimentaron profundos cambios. El aumento de la superficie agrícola producido a partir de la aparición de la soja RR permitió simplificar el control de malezas en barbecho y cultivos. Además, la necesidad de incorporar tecnologías de manejo en lotes de historia agrícola prolongada, sumada a la preocupación por el cuidado del agua, generó un ambiente propicio para la expansión de la siembra directa.

Desde 1995 hasta la actualidad, la superficie cultivada con esta técnica aumentó hasta ocupar un 74% del área con cultivos de invierno y un 64% con cultivos de verano. De allí su importancia en los sistemas productivos.

Por otra parte, durante los últimos tres años la región se ha visto inmersa en la grave sequía que afecta a gran parte de la región pampeana. Esta situación se tradujo en una merma de los rendimientos y de la productividad forrajera, motivo por el cual el cuidado del agua adquiere la mayor importancia, aporta material de discusión acerca de los sistemas de labranza y define un nuevo escenario para el diseño de estrategias productivas.

Superficie

De las 70.000 hectáreas agrícolas consideradas, el 46% se destinó a cultivos de verano, el 44% a cultivos de invierno y el 10% restante a la secuencia cosecha fina-cosecha gruesa. La fracción de cultivos de cosecha gruesa en siembra directa asciende a un 66%, mientras que los cultivos de fina alcanzaron un 74% (gráficos 28 y 29 en página siguiente).

La distribución de la superficie con diferentes sistemas de labranza se realiza en virtud del tipo de ambiente. En cultivos de verano sobre suelos pesados, el 25%

de la superficie se desarrolla en siembra directa, mientras que en los sitios francos y profundos, el porcentaje asciende a 83. En zonas más secas, alcanza un 99,5%.

Por otra parte, el tipo de cultivo también influye en la asignación de sistemas de labranza, ya sea por los lotes a los que se asigna cada uno, como por el momento que ocupa en la rotación. Continuando con el mismo ejemplo, el 42% de la superficie ocupada por girasol en la región se realizó en siembra directa, mientras que esta proporción ascendió al 92% en soja.

Aunque en los últimos años el área en siembra directa fue en aumento, desde 2005 a 2008 la fracción de la

superficie desarrollada en este sistema se estabilizó en los valores antes mencionados. La zona parece haber alcanzado un equilibrio, definido en parte por la rotación agrícola (desde 100% agricultura, 6 años de agricultura x 4 de ganadería, hasta 4 x 4 años de agricultura y ganadería) y en parte por la importancia del cultivo de girasol en ambientes pesados. En estos casos, la labranza mecánica permite un establecimiento de plantas más homogéneo. A su vez, en la campaña 2008/09 los insumos alcanzaron valores muy altos, motivo por el cual las ventajas económicas de volcarse a la siembra directa se diluyeron.

Rendimientos

Desde la incorporación de la siembra directa, los rendimientos atravesaron dos etapas. La primera, consecuencia de la apropiación de tecnologías de manejo que permitieron mantener barbechos eficaces para capturar y conservar agua en un escenario climático favorable, reveló un incremento en los rendimientos. La segunda, con un ambiente climático más hostil y una historia de rotación agrícola prolongada, manifestó una merma de rendimientos independiente del sistema de labranza utilizado (gráfico 30).

Independientemente de las tendencias, cuando se comparan los sistemas de labranza en diversos ambientes se aprecia un efecto distinto. En ambientes livianos y profundos, la siembra directa impacta positivamente sobre los rendimientos. En sitios limitados por tosca, este impacto se diluye, mientras que en ambientes pesados, los rendimientos se muestran, en promedio, superiores en labranza convencional, independientemente del régimen de precipitaciones. Esto ocurre especialmente en el cultivo de girasol (gráfico 31) y expresaría

Gráfico 28

Porcentaje de la superficie de cosecha gruesa sembrada con diferentes sistemas de labranza en la región Sudoeste en 2008



Gráfico 29

Porcentaje de la superficie de cosecha fina sembrada con diferentes sistemas de labranza en la región Sudoeste en 2008



Fuente: Berhongaray y Giorno. Análisis de campañas. IAT.

Gráfico 30

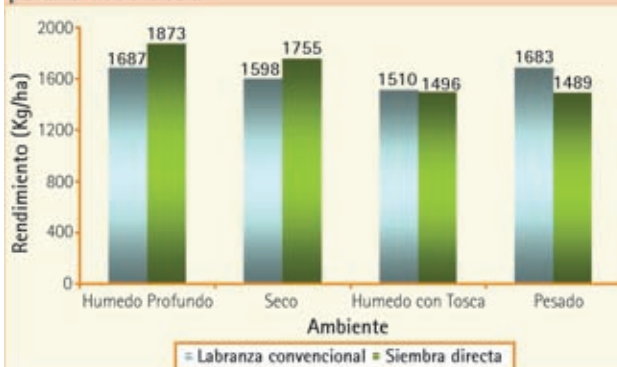
Evolución histórica de los rendimientos de cultivos de cosecha fina en la región Sudoeste



En rojo se muestra una línea de tendencia de los rendimientos a lo largo del tiempo.
Fuente: Fuente: Giorno, A., 2008.

Gráfico 31

Rendimientos promedio del girasol en diferentes ambientes de la región Sudoeste según el sistema de labranza en el período 2002-2008



la capacidad de conservar el agua que ejerce la siembra directa en ambientes con mayor capacidad de almacenaje y potencial de evaporación.

Escenario climático

Las últimas campañas revelaron los peores resultados de los últimos años, como consecuencia de la grave sequía que atraviesa la región combinada con temperaturas elevadas. El balance hídrico resultó negativo en casi todos los cultivos y estrategias. En este contexto, se propone una breve discusión acerca de los sistemas de labranza como herramienta para enfrentar las condiciones actuales.

La mayor cobertura reduce la evaporación y contribuye a la estructuración de los suelos, favoreciendo la retención de agua en superficie, mientras que la labranza mecánica promueve una evaporación directa del agua hacia la atmósfera. Existen indicios que señalan que en siembra directa el contenido de agua en el suelo en sitios profundos es entre un 5 y un 15% mayor que en labranza convencional. Por otro lado, el laboreo mecánico favorece la absorción de agua y nutrientes por las raíces en etapas tempranas de los cultivos. No obstante, mediante el control de malezas, ambos sistemas reducen el volumen de agua transpirada que no es aprovechada por el cultivo durante los barbechos y las etapas iniciales.

Los últimos análisis de campaña evidencian que el efecto de las labranzas se expresa principalmente en la duración de los barbechos "limpios"; es decir, en el tiempo transcurrido entre la primera labor y la siembra. Este patrón se observa tanto en labranza convencional como en siembra directa y consiste no sólo en un aumento de rendimientos, sino también en una mayor estabilidad (gráficos 32 y 33).

Cabe apreciar que en siembra directa los mejores resultados se obtienen entre los 30 y los 60 días de anticipación, sobre todo en el cultivo de girasol. Esto podría implicar que una aplicación oportuna simplificaría las labores, mientras que un sistema convencional demandaría una mayor ventana temporal, que podría representar la necesidad de más labores.

En síntesis, el cuidado de los barbechos es la variable de manejo que determina la disponibilidad inicial de agua, pero el sistema de labranza define el momento ideal de laboreo, lo que permite simplificar el sistema técnica y económicamente.

En conclusión, la región Sudoeste enfrenta un desafío productivo en un ambiente heterogéneo y cambiante. La siembra directa, ya incorporada en los sistemas, es

una herramienta que puede aportar mucho al diseño de estrategias que permitan afrontarlo. La clave está en la experimentación y en un diseño de estrategias genuino, es decir, que contemple la realidad de la zona y se ajuste a la realidad.

Gráfico 32

Rendimientos promedio en girasol 2007-2008 para diferentes períodos de primera labor de siembra y distintos sistemas de labranza

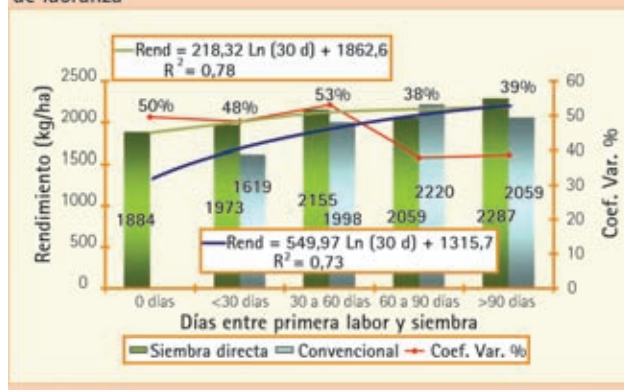
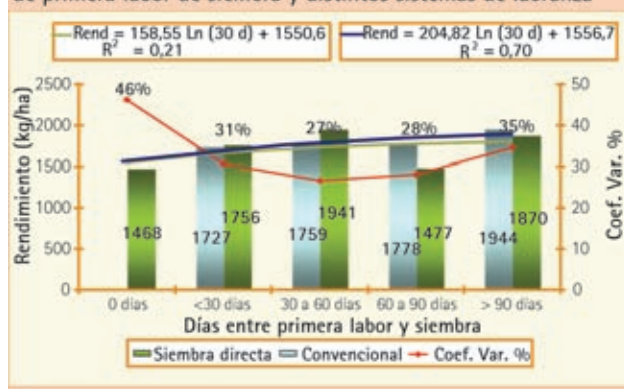


Gráfico 33

Rendimientos promedio en trigo 2008 para diferentes períodos de primera labor de siembra y distintos sistemas de labranza



Región Litoral Norte

Ing. Agr. Gerardo Cerutti

Asesor del CREA Avati-Í-arrocero

Esta región está conformada por 11 grupos y comprende 520.000 hectáreas distribuidas en el este de la provincia de Chaco, Corrientes, Formosa y Misiones.

La siembra directa es una de las herramientas fundamentales para la sustentabilidad de los sistemas; lo importante es interpretar y entender la dinámica de los distintos ambientes.

Suelos

Los suelos varían ampliamente, desde los profundos, con mejores contenidos de materia orgánica, ricos en fósforo, más habituales en el Chaco, hasta los rojos profundos de Misiones, pasando por los suelos someros, pobres en minerales del este de Corrientes. En la región se dan todas las combinaciones de texturas de arcilla, limo y arena.

En estos ambientes, los suelos necesitan una cobertura que les permita amortiguar las altas temperaturas, la mayor demanda atmosférica, el impacto de la gota de lluvia y la escorrentía, todos ellos agresivos para el suelo.

Clima

En esta latitud hay una ventana de cultivo amplia, con un período libre de heladas importante, que va desde mediados de septiembre hasta mayo, lo que permite realizar siembras de segunda detrás de un cultivo de invierno e incluso de tercera, con siembras de fines de diciembre y enero. El reto está en encontrar los materiales genéticos adecuados.

Las precipitaciones varían entre los 900 milímetros anuales del oeste de la región hasta los 1600 milímetros del este, con marzo y abril como los meses más lluviosos. Enero y febrero son los más calurosos, con temperaturas que superan los 40 °C, lo que genera balances hídricos negativos.

Evolución de la siembra directa

Al tratarse de ambientes frágiles, tanto para las actividades ganaderas como para las agrícolas, la siembra directa es la mejor opción para morigerar la gran variabilidad climática. Si bien los trabajos de investigación y estadística locales respecto de la evolución de indicado-

res edáficos son incipientes, la evidencia indica un comportamiento similar al de las regiones CREA vecinas: Litoral Sur y Chaco Santiaguense.

Agricultura de secano

El aumento de la agricultura en la región es sinónimo del aumento de la superficie en siembra directa. En la actualidad, son pocos los lotes que no son trabajados con esta modalidad, y la mayoría de los que comienzan su ciclo agrícola también lo hacen de esta manera.

Aunque la soja fue el impulsor inicial de la agricultura en el NEA a través de la siembra directa, el uso del glifosato y los mejores precios de los granos determinaron que el resto de los cultivos anuales también encuentre mejores condiciones de producción dentro de este sistema.

En los suelos de mejor calidad, se diferencian modelos de producción agrícola en siembra directa permanente sólo con cultivos de secano. Éstas son áreas distintas a las que ocupan el arroz y la ganadería, excepto que, eventualmente, se intercale raigrás.

En virtud de la sequía de las últimas campañas y de la escasa capacidad de almacenar agua útil de estos suelos, el hecho de mantener los barbechos limpios de malezas adquiere la mayor importancia. La cobertura genera mejores condiciones de humedad para la semilla y disminuye la erosión hídrica.

En la región Litoral Norte, los niveles de cobertura son aún muy escasos respecto de las zonas más frías, y muchas veces la tasa de descomposición es mayor que la de acumulación.

El complejo de enfermedades e insectos vuelve aún más necesario el uso de curasemillas, y es frecuente su utilización combinada con microelementos y oligoelementos.

Soja

En esta región, la oleaginosa fue la gran colonizadora e iniciadora de las rotaciones. En la actualidad, se evalúan variedades adecuadas en distintas fechas de siembra y rotaciones con gramíneas para mejorar el balance de carbono. De acuerdo con el hábito de crecimiento, la distancia entre surcos puede ser a 42, 38 e incluso 21 centímetros.

Trigo

El mejor antecesor sigue siendo la soja, seguida de cerca por el maíz. Los ciclos cortos sembrados en la primera quincena de junio rinden algo más que los largos. Estos últimos se expresan un poco mejor en siembras tempranas de principios de mayo. La cuestión es que, en esas fechas más frescas, especialmente en siem-

bra directa, el intervalo siembra-emergencia es más largo y los cultivos se ven más expuestos al ataque de insectos y hongos. De ahí que la calidad de la semilla y su curado adquieran mayor importancia. Esa cobertura será de utilidad para almacenar agua durante el resto del cultivo. Un efecto no deseado es la continuidad de hongos en el rastrojo.

Un punto por tener en cuenta es la previsión de enfermedades durante el ciclo del cultivo (mancha amarilla, roya y otras afecciones).

Si la siembra se produce con una menor mineralización, es importante ayudar al cultivo con fertilizante aplicado desde el arranque, para alcanzar unos 70 kg/ha de nitrógeno y 25 kg/ha de fósforo.

Maíz

Los materiales templados sembrados en agosto florecen a mediados de octubre y noviembre con menor estrés hídrico y temperaturas no tan elevadas como las de diciembre.

Los mejores rendimientos se logran a partir de densidades de siembra que apuntan a 60.000-70.000 plantas por hectárea, con hileras a 52 centímetros. Como la eficiencia de implantación de las plantas logradas es menor a la de zonas más templadas, la protección de la semilla a través del curado encuentra cada vez más adeptos.

Los lotes que vienen de trigo/soja están, por lo general, algo más limpios, en tanto que aquéllos que han tenido arroz como antecesor sufren mayor presión de capín y de otras malezas.

Respecto del nivel de fertilización, con buena humedad edáfica a la siembra se trabaja con 100 kilos de nitrógeno por hectárea y 40 de fósforo en el suelo (original + fertilizante), por lo que se suele usar un arranador y se completa el nitrógeno en cuatro hojas.

En cuanto al control de plagas, es de destacar la importancia ambiental de los eventos Bt, de uso creciente, cuyo aporte reduce el uso de pesticidas. Es necesario recordar que en siembra directa hay una mayor dinámica de insectos.

En los últimos años, ha crecido la incidencia de roya, que encabeza la lista de enfermedades más frecuentes.

Sorgo

Como el sorgo no recibe el mismo tratamiento y cuidado que el maíz, aún no demuestra todo su potencial en esta región. En la medida en que su comercialización se agilice, su precio se acerque al del maíz, su aprovechamiento por parte de la hacienda mejore y los híbridos sigan evolucionando, es posible pensar que lo mejor del sorgo está por venir.

Dada la gran variabilidad climática de la región, este cultivo encierra grandes ventajas. En primer lugar, demanda precipitaciones de 400 milímetros, en lugar de los 600 que exige el maíz, y si durante su ciclo el agua escasea, puede regular cierta latencia a la espera de mejores condiciones, a diferencia del maíz que continúa su crecimiento. Su abundante sistema radical y su rastrojo, que se descompone en forma más lenta, determinan que sea un excelente cultivo para mejorar el balance de carbono y las condiciones físico-químicas del suelo. También se lo puede sembrar a chorrillo. Requiere niveles de fertilidad similares al maíz.

El sorgo se puede sembrar a partir de los 11° C, por lo que su siembra es inmediatamente posterior a la del maíz, apuntando a unas 220.000 plantas por hectárea.

Es atacado por el pulgón de los cereales y la mosquita, en tanto que el astilo moteado y el pulgón del maíz no le producen daño económico.

Arroz

El arroz se cultiva en suelos de buena aptitud y también en los que tienen limitaciones de drenaje, ya que se procura extender el ciclo agrícola. Los grupos CREA correntinos han trabajado mucho en los últimos 10 años para llegar a tener hoy más del 60% de la superficie en siembra directa o reducida (sólo rastra de dientes), siempre con cobertura y sin remoción (cuadro 12).

Cuadro 12				
Campaña de arroz 2007/08 del CREA Avati – I- arrocero				
Sistema de labranza	Convencional	Directa	Reducida	Total
Hectáreas	10.000	10.000	9000	29.000
	34%	34%	31%	100%



Ello requiere una esmerada nivelación y cosecha en seco. Se dejan las taipas, que son cada vez más bajas, e incluso las rondas para el cultivo siguiente, realizando los drenajes necesarios. Esto también requiere un manejo ajustado del agua de riego en las últimas semanas del cultivo, procurando no sacrificar rinde ni calidad de grano.

Ganadería

Los lotes en siembra directa soportan mejor el pisoteo, por lo que se pueden pastorear antes después de una lluvia. Además, se descalzan menos plantas, por lo que las pasturas resultan más longevas y los verdeos pueden ser mejor aprovechados. Esta mejora es más evidente en lotes arcillosos con cierta pendiente. En ese sentido, los potreros también soportan mejor el aumento de carga que se registra en toda la región.

Las pasturas se componen en su mayor parte de gramíneas megatérmicas. El verdeo invernal más habitual es el raigrás, que se implanta bien en siembra directa terrestre o aérea. Con esta modalidad también se siembra sorgo forrajero y moha.

Maquinaria

Las sembradoras mejoran sus prestaciones para satisfacer la necesidad de remover sólo la línea de siembra, ubicar bien la semilla y los fertilizantes, y conservar la cobertura, que es vital para proteger el suelo.

Algunas adaptaciones incluyen el uso de cuchillas turbo más angostas, con menos acanalado o incluso lisas para ser utilizadas, por ejemplo, en condiciones menos húmedas. También se utilizan cuchillas rastrojeras, con patines y menor movimiento. Si es necesario, se elimina la rueda estrella para disminuir la remoción.

La rueda que aprieta la semilla contra el suelo debe ejercer una presión adecuada para favorecer la capilaridad de la humedad hacia la semilla.

Región Chaco Santiagueño

Ing. Agrs. Laura S. Carabaca y Pablo Barcelona

Miembros del CREA Guayacán

En la actualidad, la siembra directa se caracteriza por ser el único modelo sustentable de producción de granos en la región. La rotación con gramíneas y el buen uso de la tecnología sitúan a los campos de la zona en altos niveles de producción, al reducir el impacto de los períodos de bajas lluvias y temperaturas elevadas.

En la región hay ciertos factores que obligan al uso de la siembra directa. Entre ellos, el primero es la pre-

sencia de suelos francos, en su mayoría franco-limosos, franco-arenosos y franco-arcillosos. Son suelos profundos, sin impedimentos para la exploración radical. Esta textura no genera problemas de compactación a nivel superficial ni en profundidad, pero son altamente erosionables por el viento y las lluvias en sistemas de labranza convencional.

Precipitaciones

El ambiente se caracteriza por isohietas que van desde 700 hasta 900 milímetros anuales, con un desvío superior al 25%, y el 70% de las precipitaciones concentradas entre los meses de noviembre y marzo. En muchos casos, éstas se presentan en forma torrencial, con muchos milímetros en poco tiempo. Esta condición vuelve fundamental el manejo de la cobertura para mejorar la infiltración y evitar la erosión en lotes con pendiente.

Temperaturas y humedad

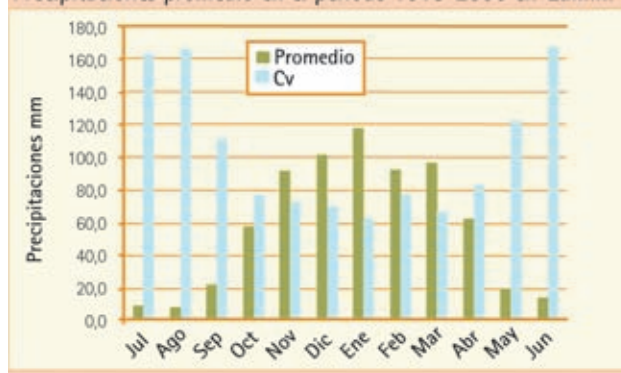
Las altas temperaturas en cultivos sin cobertura superficial pueden producir la muerte de las plántulas por el efecto de la radiación sobre la superficie desnuda, lo que eleva la temperatura en los primeros centímetros de suelo e incrementa la evaporación. Cabe aclarar que en los meses de diciembre y enero se registran temperaturas superiores a 40 °C, por lo general acompañadas de baja humedad relativa. Esta condición determina la importancia de tener un suelo con cobertura en las primeras etapas del cultivo, al menos hasta que las mismas plantas generen un buen sombreado.

Rotación

En los sistemas productivos de la región, muchas veces se parte de suelos de desmonte, con elevado por-

Gráfico 34

Precipitaciones promedio en el período 1918-2006 en Quimilí



centaje de materia orgánica. A medida que se los cultiva, esa materia orgánica decrece aún más en profundidad.

La siembra directa y la incorporación de un mayor porcentaje de gramíneas en la rotación determinan que esa pérdida sea menor. Si se parte de un modelo teórico de balance de carbono, es posible apreciar el efecto de tres esquemas de rotación (soja/soja, trigo-soja/maíz/soja, soja/maíz) en 10 años, sobre los valores de materia orgánica del suelo. Aunque se trata de un planteo teórico y sujeto a varias constantes aún no establecidas en la zona, el resultado no dista mucho de lo esperable.

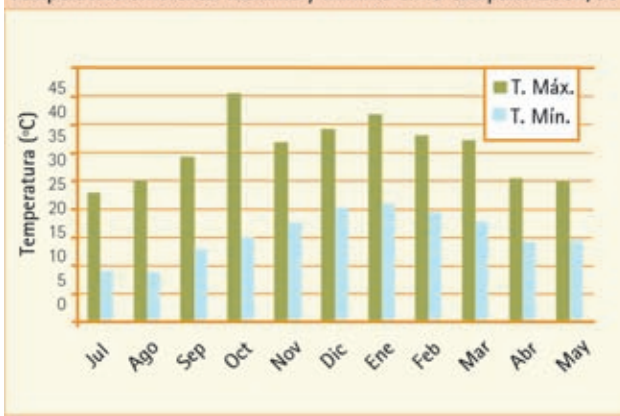
La rotación con cultivos invernales, tanto para su cosecha o simplemente como cultivo de cobertura, se ha vuelto muy difícil en los últimos años debido a la escasa humedad en el perfil del suelo al momento de la siembra. Esto obliga a implantar gramíneas estivales como el maíz o el sorgo, que aportan buena cantidad de rastrojos y ayudan a mantener un balance adecuado en el carbono del suelo según la intensificación de la rotación.

Además, cuando se incorporan gramíneas en la rotación, se observa un veloz incremento de los rindes promedio, lo que sumado al relativamente bajo costo de producción por la posibilidad de no utilizar fertilizantes, debería posicionar al maíz y al sorgo como cultivos rentables y competitivos con respecto a la soja. Sin embargo, el costo del flete y el pago de los alquileres a valor soja son dos factores que complican la decisión respecto del porcentaje de incorporación de estos cultivos en la rotación.

En el CREA, la soja sembrada sobre antecesor gramínea pasó del 30% al 52% en la campaña 2007/08. Esto refleja la importancia creciente que le da la región a la incorporación de estas especies en los sistemas productivos.

Gráfico 35

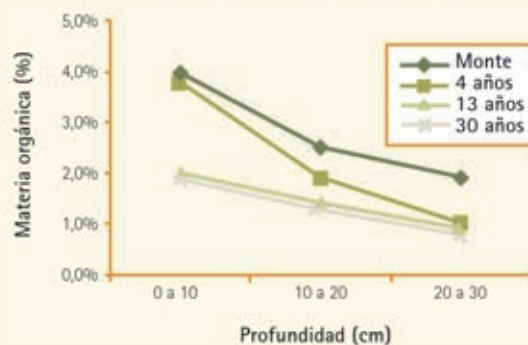
Temperatura ambiental máxima y mínima en la campaña 2004/05



La siembra directa es la única vía sustentable en estos sistemas; es un desafío lograr cobertura en los lotes y mantenerla, pero eso genera estabilidad ante tanta variabilidad climática que registra la región.

Gráfico 36

Variación de la materia orgánica según uso y profundidad



Fuente Roberto Casas y Rodolfo Mon (1986)

Gráfico 37

Porcentaje teórico de materia orgánica con tres esquemas de rotación (10 años de agricultura)

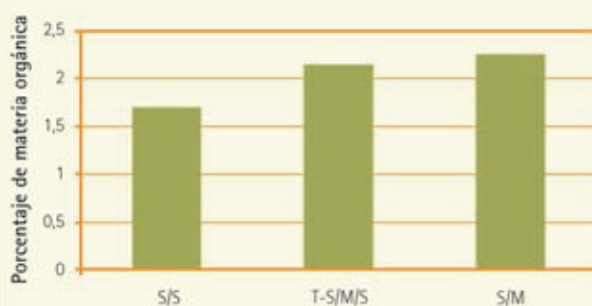
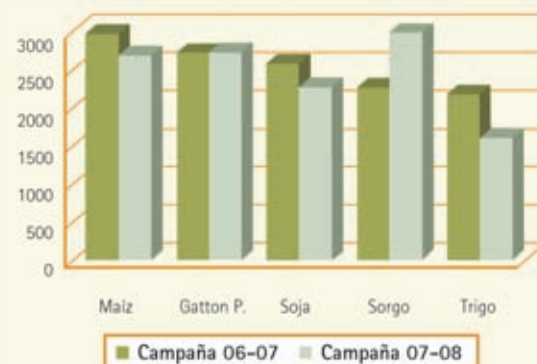


Gráfico 38

Efecto del antecesor en el rendimiento del cultivo de soja



Siembra directa en Uruguay

Ing. Agr. Guillermo Bernaudo

Asesor del CREA La Paz

Ing. Agr. Pablo Bruzzoni

Asesor del CREA Victoria

El enfoque de este apartado procura identificar semejanzas y diferencias entre los modelos de producción en siembra directa de la República Oriental del Uruguay y los predominantes en áreas semejantes de la Argentina.

La perspectiva será general, ya que Uruguay presenta gran diversidad de ambientes y regiones donde en los últimos años se expandió la agricultura de secano. En lo que se refiere a aspectos tecnológicos que no estén mencionados en este capítulo, recomendamos referirse al apartado correspondiente a la región Litoral Sur,

cuyo clima y suelos son similares a los del litoral uruguayo, área de mayor expansión agrícola.

Evolución agrícola

Tal como ocurre en la Argentina, la evolución del área agrícola de cultivos de secano en Uruguay ha experimentado una gran expansión en los últimos años. Si se consideran los seis cultivos principales, dicha superficie ha crecido de un área de 373.000 hectáreas en la campaña 2000/01 a algo más de un millón de hectáreas en la campaña 2007/08 (gráfico 39).

Esta expansión se produjo en todos los cultivos, aunque en los últimos años el mayor incremento se observó en la soja. Es importante destacar que una parte considerable de la superficie sembrada con la oleaginosa corresponde al sistema de cultivo trigo/soja de segunda y cebada/soja de segunda, una rotación más balanceada desde el punto de vista ecológico.

Esta expansión de la agricultura no ha afectado el stock vacuno, por la integración de la ganadería en los modelos productivos uruguayos. Las existencias han crecido un 12% en el período analizado, mientras que la carga total (vacuna más lanar) se mantuvo prácticamente constante (gráfico 40).

Esta evolución de la agricultura uruguaya tuvo su correlato en la organización de la producción. El estrato de chacras de más de 1000 hectáreas fue el más desarrollado (gráfico 41), mientras que en las últimas ocho campañas el área explotada bajo arrendamiento se duplicó (gráfico 42).

La forma de tenencia por terceros, de magnitud similar entre el arrendamiento y la aparcería (25% del área de chacra total para el año 2000), evolucionó hacia la figura del arrendamiento (47% en el ciclo 2007/08).

Gráfico 39

Distribución de la superficie por cultivo en las ocho campañas

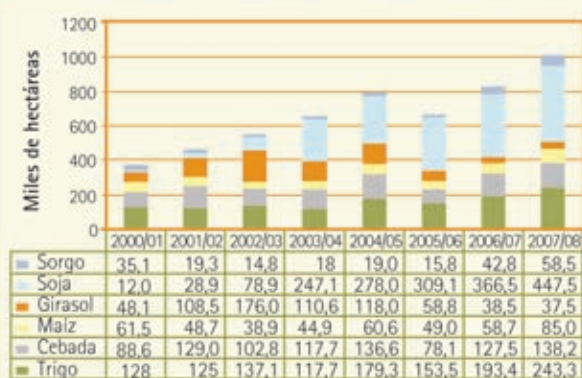


Gráfico 40

Evolución de la hacienda vacuna, ovina y total en Uruguay en el período 2000-2007

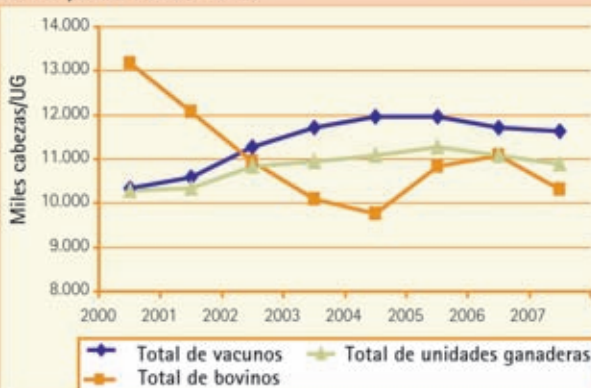
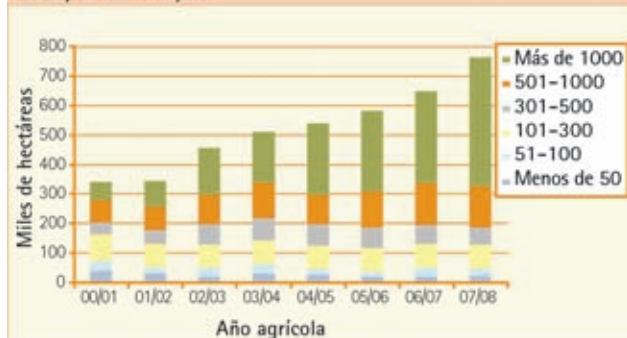


Gráfico 41

Evolución de la superficie de chacra total y por estratos (miles de hectáreas) para el período comprendido entre las campañas 2000/01 a 2007/08



Fuente: Tomado de Anuario 2008 DIEA/MGAP.

Al comienzo de la expansión agrícola uruguaya, la logística y los servicios (maquinaria, flete, almacenamiento, etc.) fueron considerados factores limitantes. Sin embargo, en la actualidad satisfacen las necesidades de la producción. En este aspecto, vale la pena destacar que las fortalezas de la educación en este país favorecen la rápida adaptación de los equipos de trabajo a la innovación tecnológica, incluso en regiones que no son tradicionalmente agrícolas. Hay un diagnóstico claro acerca de la importancia de transmitir a la población rural la alfabetización informática, y se han tomado medidas en este sentido.

A la fecha, la capacidad de almacenaje y el número de plantas se ha ampliado la distribución concentrada en dos polos: el del litoral, próximo a puertos, y el del centro-este, más vinculado a la actividad arrocera.

La superficie en siembra directa presenta hoy una importante participación. Según la información disponible, el área de trigo y cebada cervecera con esta modalidad superó el 81% en la campaña 2007/08 (MGAP-DIEA, Encuesta Agrícola). La participación de la siembra directa en los cultivos de granos gruesos, es, por lo menos, similar a estos valores.

Aporte de la siembra directa

Al darse condiciones similares a las descriptas en el apartado de la región Litoral Sur, existe en los suelos un alto riesgo de erosión, como puede observarse en el cuadro 13.

Sin lugar a dudas, la siembra directa en Uruguay es una herramienta básica para desarrollar una agricultura



de rotación prolongada. Sin embargo, en algunas situaciones también debe considerarse la necesidad de realizar cambios estructurales, como las terrazas, para acompañar con éxito a este sistema.

Como menciona Oswaldo Ernst, especialista en siembra directa, la implementación de sistemas agrícolas exige la rotación de cultivos y un manejo adecuado, tendiente a obtener altas producciones anuales de biomasa, manejar altas cantidades de rastrojo en superficie, reducir el tiempo de barbecho y mantener el suelo cubierto.

Cuadro 13

Pérdidas de suelo por erosión hídrica para suelos de baja y alta aptitud agrícola (t/ha/año)

Suelo	Rotación 2:2 laboreo convencional	Rotación 2:2 siembra directa	Agricultura continua en siembra directa (sin soja)
Bq	11,0	2,0	3,6
CñN	25,8	4,6	8,4

Fuente: Tomado de González Idiarte, H., 2008

Cuadro 14

Importación de fertilizantes y materias primas para la elaboración de fertilizantes en Uruguay durante el período 2000-2007

Producto	Miles de toneladas		Millones de dólares		U\$/t	
	2000	2007	2000	2007	2000	2007
Total*	296	646	41	228	138	353
Urea	85	153	11	54	134	355
Superfosfato triple	13	42	2	16	149	383
Cloruro de potasio	14	5	2	2	146	398
Fosforita	38	78	2	9	49	111

Fuente: Tomado de Tommasino, H. Elaborado por OPYPA con datos MGAP

El cuidado del suelo tiene en el país vecino el estatus de política de Gobierno; existe legislación en tal sentido, y se realizan inspecciones tendientes a verificar y promover el uso de buenas prácticas.

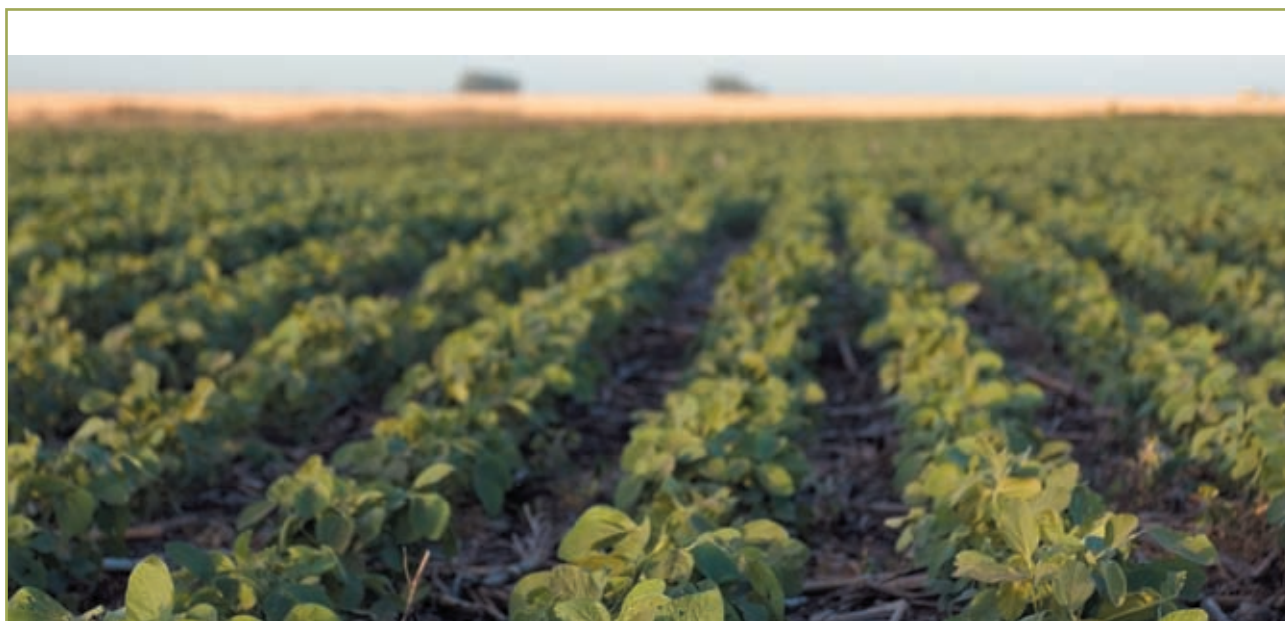
Como se mencionó, las rotaciones incluyen alta participación de gramíneas de invierno (38% entre trigo y cebada), mientras que las de verano intervienen menos de lo conveniente para la estabilidad de los sistemas (14% entre maíz y sorgo), aunque su participación está en aumento.

Uso de fertilizantes

La agricultura uruguaya en siembra directa exige una elevada cantidad de fertilizantes minerales, incrementada por la expansión agrícola de los últimos siete años (cuadro 14).

Los bajos niveles de fósforo disponibles en los suelos de la región -comparables a los del litoral argentino- exigen trabajar con altos volúmenes de fertilización fosforada.

En lo que se refiere a la fertilización nitrogenada, hay importantes trabajos realizados para el diagnóstico y el cálculo de los requerimientos de los cultivos, algunos de los cuales se mencionan en la bibliografía. Probablemente, la utilización de los sistemas de diagnóstico más frecuentes en Uruguay -basados en el análisis de nitratos en suelo en distintas etapas del cultivo- resulte compleja en sistemas de gran escala. Por ello, una línea de trabajo importante podría ser el ajuste de sistemas que se adapten a nuestros esquemas productivos.



Papel de la ganadería

Por factores culturales, de organización y comerciales, la ganadería es una actividad que mantiene una importante participación en los sistemas de producción uruguayos. El desarrollo de la agricultura en Uruguay tiene importantes posibilidades de negocios en integración con la actividad ganadera, lechera y ovina. En este sentido, es interesante mencionar algunos ejemplos.

La exportación de novillos pesados, terminados en encierre a corral, brinda no sólo la posibilidad de colocar grano y maíz picado, sino también la alternativa de generar una interacción entre las distintas actividades o formas asociativas entre productores ganaderos y agrícolas.

Otras posibilidades, menos tradicionales para los productores argentinos, resultan de la integración de la zados sobre verdeos entre maíz y soja presentadas por el Secretariado Uruguayo de la Lana (SUL), demosproducción ovina con la agricultura. Experiencias de producción de corderos pesados para exportación realitraron, durante cuatro campañas, la capacidad de generar un

porte al margen agrícola y aportar cobertura y rastrojo entre cultivos, sin afectar los resultados agrícolas, en la medida en que se respeten distintos aspectos de manejo, como la carga, el encierre, los momentos de pastoreo, el descanso y la liberación de los verdeos.

Conclusiones

Para ser sostenible, la expansión de la agricultura uruguaya debe partir del cuidado de los suelos, por lo que la siembra directa resulta imprescindible.

En Uruguay hay un importante potencial de desarrollo en superficie para la agricultura, y los factores de logística, servicios y habilidades de los equipos permiten hoy crecer con formas asociativas de trabajo.

La ganadería de carne, leche y ovina, de creciente participación en los mercados internacionales, no sólo compiten con la actividad agrícola, sino que proponen negocios y alternativas de integración novedosas para los productores argentinos. 

Bibliografía

- AAPRESID.2009. www.aapresid.org.ar. Consultada el 22/05/09.
- Análisis de Campaña 2006/07 y 2007/08 del CREA Guayacán.
- Análisis de campañas del CREA 25 de Mayo.
- Análisis de campañas y Red de ensayos del CREA Roque Pérez-Saladillo.
- Anuarios Estadísticos del Movimiento CREA.
- Arrate, S. "Hacia la economía política del conocimiento". Anuario OPYPa 2008.
- Bacigaluppo, S. *Variabilidad del rendimiento del cultivo de soja (Glycine max (L.) Merr.) en sistemas de siembra directa en el sur de Santa Fe*. Tesis de Maestría en Manejo y Conservación de Recursos Naturales. Univ. Nac. De Rosario. Facultad de Ciencias Agrarias. 85 p. 2009.
- Baethgen, W. *Fertilización nitrogenada de cebada cervecera en el litoral oeste del Uruguay*. INIA La Estanzuela. Serie Técnica No 24. 59 p. 1992.
- Barbieri P.; Echeverría, H. y Sainz Rozas, H. "Nitratos en el suelo a la siembra o al macollaje como diagnóstico de la nutrición nitrogenada en trigo en el sudeste bonaerense". En: *Actas del XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. San Luis. AACS. 2008.
- Benech, E. "Políticas del gobierno sobre organismos genéticamente modificados". Anuario OPYPa 2008.
- Berardo A. *Aspectos generales de fertilización y manejo del trigo en el área de influencia de la Estación Experimental INTA-Balcarce*. Boletín Técnico No. 128. EEA INTA Balcarce. 1994.
- Bernaudo, G. "El papel de la soja en los planteos de producción zonales". En: *El libro de la Soja*. 190-193. 2003.
- Bernaudo, G. AACREA, Cuaderno de actualización técnica de Siembra Directa, 1998.
- Bert, F.; Satorre, E. y Ruiz Toranzo, F. "Climatic information and decision-making in maize crop production systems of Argentinean Pampas". En: *Agricultural Systems* N° 88, 180-204. 2006.
- Bolsa de Cereales de Entre Ríos. Estadísticas del proyecto Siber. www.bolsacer.org.ar

Boulanger, J.; Leloup, J. y Penalba, O. "Low-frequency modes of observed precipitation variability over the La Plata basin". En: *Climate Dynamics* N° 24, 393-413. 2005.

Bruuselma T.; Witt, C. y García, F. "A Global Framework for Fertilizer BMP". En: *Better Crops* N° 92 (2): 13-15. IPNI. Norcross, EE.UU. 2008.

Capurro, A. *Engorde de corderos integrado a sistemas agrícolas*. Jornada SUL, Septiembre, 2008

CASAFE. Guía de Productos Fitosanitarios para la República Argentina, 2005.

Casas, R. y Mon, R. *Erosión y degradación de los suelos en áreas de expansión de la frontera agropecuaria en la región chaqueña semiárida*. INTA Castelar. 1986.

Ciampitti I.; H. Fontanetto y F. Micucci. "Manejo y ubicación del fertilizante junto a la semilla: efectos fitotóxicos". En: *Informaciones Agronómicas* N° 31, Archivo Agronómico N° 10. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. Disponible en [http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/0F49DBD2C6BC86BA032571F60051B03F](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/0F49DBD2C6BC86BA032571F60051B03F). 2006.

Ciampitti I.; Rubio, G. y Picone, L. El fósforo en la agricultura: mejores prácticas de manejo. En: *Actas del simposio Fertilidad 2009*. García, F. y Ciampitti, I. (Eds.). IPNI Cono Sur y Fertilizar. Pág. 35-51. 2009

Dardanelli, J., Collino, D., Otegui, M.E. y Sadras, V. "Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano". En: *Producción de Cultivos de Granos. Bases Funcionales para su Manejo*. Satorre, E., Benech-Arnold, R., Slafer, G.A., de la Fuente, E., Miralles, D., Otegui, M.E., y Savín, R. (eds). Editorial Facultad de Agronomía. pp. 377-442. 2003.

De Batista, J. "Manejo de vertisoles en Entre Ríos". *Revista Científica Agropecuaria* 8(1): 37-43 2004.

Díaz Rosello, R. (ed.). *Siembra directa en el Cono Sur*. PROCISUR. Montevideo, Uruguay. 2001.

Díaz-Zorita, M. "Soja: criterios para el manejo de la fertilización del cultivo". En: *El Libro de la Soja*. Satorre, E. (ed.). SEMA. Buenos Aires, Argentina. 2003.

Echeverría H. y F. García. *Guía para la fertilización fosfatada de trigo, maíz, girasol y soja*. Boletín Técnico No.149. EEA INTA Balcarce. 1998.

Echeverría H. y García, F. *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos*. Editores. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina. 2005.

Ernst, O. *La soja en el sistema agrícola uruguayo*. Universidad de la República. Producción Vegetal. Cangué. EEMAC.

Ferrari, J. y otros. *Anuario Estadístico Agropecuario 2008*. DIEA/MGPA. Área de Estudios Agroeconómicos. MGAP. ROU. 2008.

Ferraris G.; Salvagiotti, F. y Prystupa, P. "Disponibilidad de azufre y respuesta de la soja de primera a la fertilización". En: *Actas del XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Paraná, Entre Ríos. AACS. 2004.

Forte Lay J. y Scarpati, O. "El ENOS y las diferencias en la distribución estival (diciembre-enero) de la disponibilidad de agua en el suelo en la región pampeana argentina". En: *Actas de la X Reunión Argentina y IV Reunión Latinoamericana de Agro-meteorología*. Mar del Plata, Argentina. 2004.

García F. "Cloro en trigo: Resultados de las experiencias en la región pampeana argentina: Años 2001 a 2006". En: *Informaciones Agronómicas* N° 38:17-21. 2008.

García Prechac, F. "Cultivo continuo en siembra directa o rotaciones con cultivos y pasturas en suelos pesados del Uruguay". En: *Revista Científica Agropecuaria* N° 8 (1): 23-29. Facultad de ciencias agropecuarias UNER. II Simposio de Vertisoles. 2004.

García Prechac, F. "Cultivo continuo en siembra directa o rotaciones con cultivos y pasturas en suelos pesados del Uruguay". Revista Científica Agropecuaria 8 (1): 23-29. Facultad de ciencias agropecuarias UNER. II Simposio de Vertisoles. 2004.

Gerster, G. *Compactación por tránsito de máquinas en un Argiudol típico*. Tesis de Maestría en Manejo y Conservación de Recursos Naturales. Universidad Nacional de Rosario. Facultad de Ciencias Agrarias. 96 p. 2009.

Gil, R. *Características físico-funcionales del sistema suelo-planta. Dinámica del agua*. Fundacrea 2004.

Gil, R. *La infiltración como indicador de la calidad del suelo. Permeámetro-infiltrómetro de disco*. Instituto de suelos del INTA Castellar. 2006.

González Idiarte, H. *Campaña de uso y manejo responsable y sostenible del suelo*. Anuario OPYPA. MAGP. ROU. 2008.

González Montaner J., Maddoni, G. y Di Napoli, M. "Modeling grain yield and grain yield response to nitrogen in spring wheat crops in the Argentinean Southern Pampa". En: *Field Crops Research* N° 51:241-252. 1997.

González Montaner, J.; Di Nápoli, M. y Pozzi, R. *Influencia de la fertilización sobre el balance de rastrojos y el estado nutricional de los cultivos en una rotación en siembra directa en argiúdoles del Sur de Santa Fe*. Cátedra de Cerealicultura. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Buenos Aires y CREA Las Rosas, pcia. de Santa Fe.

González Montaner, J.; Maddonni, G. y Mailland, N. "Optimización de la respuesta a la fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo a partir de un modelo de decisión para la Subregión IV (Sudeste de la provincia de Buenos Aires)". En: *Ciencia del Suelo* N° 9 (1-2):41-51. 1991.

Hall, A.; Rebella, C. y Ghersa, C. "Field crops systems of the Pampas". En: *Field Crops Systems: Ecosystems of the World*, Pearson, C. J. (Ed), vol 18, Elsevier, Amsterdam, pp 413-449. 1992.

Haylock, M.; Peterson, M. y Alves, L. "Trends in total and extreme South American rainfall in 1960-2000 and links with Sea Surface Temperature". En: *Journal of Climate* N° 19, 1490-1512. 2006.

Hoffman, E.; Ernst, O.; Perdomo, C. *Red de fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo (Validación)*. PROVA-Facultad de Agronomía-INIA y Asesores privados In. Primera jornada sobre rendimiento y calidad de Trigo. Mesa Nacional del Trigo. Mercedes. p (19-27). 1999.

Información Zonal-Zona Sudeste.

INTA Pergamino.

Irulegui A. y García R. Primer Congreso Nacional de Invernada, AACREA, 2005.

Jones, J.; Hoogenboom, C. y Porter, C. "The DSSAT Cropping System Model". En: *European Journal of Agronomy*, N° 18, 235-265. 2003.

Lascano, R.J.; Baumhardt, R.L. y Hicks, S.K. "Soil and plant water evaporation from strip-tilled cotton: measurement and simulation". En: *Agronomy Journal*. 86:987-994. 1994.

Letson, D.; Laciana, C. y Bert, F. "Value of perfect ENSO phase predictions for agriculture: evaluating the impacts of land tenure and decision objectives". En: *Climatic Change*. En prensa.

Maddonni, G., Mercáu, J., Ruiz, R. A., Satorre, E. "Esquemas de alta producción de maíz en la región Litoral Sur del Movimiento CREA. Impacto de las variables climáticas y edáficas". En: *Revista Científica Agropecuaria* N° 8 (1): 79-90. Facultad de ciencias agropecuarias UNER. II Simposio de Vertisoles. 2004.

Magrín, G. y Travasso, M. "Economic value of ENSO-based Climatic Forecasts in the Agricultural Sector of Argentina". En: *Actas del II International Symposium Modelling Cropping Systems*. Florence, Italia, pp 139-140. 2001.

Magrín, G.; Grondona, M. y Travasso, M. "Impacto del fenómeno El Niño sobre la producción de cultivos en la región pampeana". En: *Boletín del Instituto de Clima y Agua, INTA*. Dirección de Comunicaciones, Buenos Aires, Argentina, 16 pp. 1998.

Magrín, G.; Travasso, M. y Rodríguez, G. "Changes in climate and crops production during the 20th century in Argentina". En: *Climatic Change* N° 72, 229- 249. 2005.

Martínez F. y Cordone, G. "Avances en el manejo de la fertilización de cultivos y fertilidad de suelos en el sur de Santa Fe". Simposio *Fertilidad 2005: Nutrición, Producción y Ambiente*. Rosario, 27-28 Abril. INPOFOS Cono Sur-Fertilizar A.C. pp. 3-11. 2005.

Massaro, R. "Aplicación de plaguicidas con pulverización terrestre en trigo: condiciones operativas y aportes del desarrollo de la maquinaria". En: *Revista PMP* N° 37 Trigo, INTA EEA Oliveros, pág. 70-75. 2008.

Massaro, R. *Componentes exitosos de los pulverizadores*. MundoAgro, Tecnología y Sustentabilidad. Buenos Aires, 22 y 23 de junio. Pág. 23-31. 2006.

Massaro, R. *Tecnología para la aplicación de fungicidas foliares en soja con equipos terrestres*. INTA EEA Oliveros, Informe para Extensión 103, 7 pág. 2004.

Massaro, R. y Papa, J. *Herbicida metsulfurón metil. Condiciones de uso y aplicación con equipos terrestres*. INTA EEA Oliveros, Informe para Extensión 104, 1ª Edición, 8 pág. 2005.

Melchiori R. "Estado actual del manejo sitio específico de nitrógeno en Argentina". En: *Actas Simposio "Fertilidad 2007"*. F. García e I. Ciampitti (ed.). IPNI Cono Sur-Fertilizar AC. Acaassuso, Buenos Aires, Argentina. 2007.

Mercau, J.; Dardanelli, J. y Collino, D. "Predicting on-farm soybean yields in the pampas using CROPGRO-soybean". En: *Field Crops Research* N° 100, 200-209.2007.

Messina, C. *El fenómeno ENSO: Su influencia en los sistemas de producción de girasol, trigo y maíz en la región pampeana. Análisis retrospectivo y evaluación de estrategias para mitigar el riesgo climático. Tesis Magíster Scientiae* en el área de Producción Vegetal, Escuela para Graduados, Facultad de Agronomía, UBA, 132 pp. 1999.

Michelena, R.; Urrutia, C. y Vavruska, F. *Degradación de suelos del Norte de la Región pampeana*. Publicación técnica N° 6. INTA. Centros Regionales de Buenos Aires Norte, Córdoba, Entre Ríos y Santa Fe. Proyecto de Agricultura Conservacionista. 1989.

Minetti, J. y Vargas, W. M. "Trends and jumps in the annual precipitation in South America, south of the 15° S". En: *Atmósfera* N° 11, 205-221. 1997.

Minetti, J.; Vargas, W. y Poblete, A. "Non-linear trends and low frequency oscillation in annual precipitation over Argentina and Chile, 1931-1999". En: *Atmósfera* N° 16, 119-135. 2003.

Mistrorigo, D. y Valentinuz, O. "Fertilización de maíz en siembra directa en suelos molisoles y vertisoles del oeste de Entre Ríos". En: *Revista Científica Agropecuaria* N° 8 (1): 99-101. Facultad de ciencias agropecuarias UNER. II Simposio de Vertisoles. 2004.

Panigatti J.; Marelli, H. y Gil, R. (ed.). *Siembra directa*. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 1998.

Penalba, O.; Bettolli, M. y Robledo, F. *El clima y los cultivos de grano. La variabilidad climática y sus señales para la producción agropecuaria argentina*. Libro resumen del Congreso Mundo Agro 2007. 2007.

Perdomo, C. y Bordolli, M. "Ajuste de la fertilización nitrogenada en trigo, y su relación con el contenido de proteína en grano". *Jornada sobre Rendimiento y calidad de trigo. Mesa Nacional del Trigo*. Mercedes. Facultad de Agronomía- CCG-Hydro Agri Uruguay. p (41-48). 1999.

Perdomo, C.; Hoffman, E.; Pons, C. y Pastorini, M. *Fertilización Nitrogenada en el Cultivo de Cebada Cervecera*. En: *VIII Jornadas de investigadores en Cebada Cervecera*. Minas. 1998.

Peterson, G.; Westfall D. y Cole, C. "Agroecosystem approach to soil and crop management research". En: *Soil Science Soc. Am. J.* 57, 1354-1360. 1993.

Pilatti, M.; de Orellana, J. y Priano, L. "Incidencia de manejos tradicionales y conservacionistas sobre propiedades físicas, químicas y biológicas en un Argiudol en el sur de Santa Fe". En: *Ciencia del Suelo* N° 6: 19-29. 1988.

Podestá, G.; Letson, D. y Messina, C. "Use of ENSO-related climate information in agricultural decision making in Argentina: a pilot experience". En: *Agricultural Systems* N° 74, 371-392. 2002.

Podestá, G.; Messina, C. y Grondona, M. "Associations between grain crop yield in central-eastern Argentina and El Niño southern oscillation". En: *Journal of Applied Meteorology* N° 38, 1488-1498. 1999.

Pozzi, R. *Relación entre los estados físicos del suelo y la elaboración del rendimiento del cultivo de trigo*. Curso de agricultura FUNDA-CREA. 29 pág. 1996.

Prohaska, F. "The climate of Argentina, Paraguay and Uruguay". En: *Climates of Central and South America. World Survey of Climatology*, Vol. 12. Schwerdtfeger W (Ed), Elsevier, Amsterdam, pp 13-112. 1976.

Puricelli, C.; Zaballa, R. y Ramos Vértiz, R. *Labranza conservacionista en la región Centro*. TecniCREA N°6, 1984.

Rasmussen, P. y Collins H. *Long-term impacts of tillage, fertilizer, and crop residue on soil organic matter in temperate semiarid regions*. *Adv. Agron.*, 45: 93-134. 1991.

Reussi Calvo, N.; Echeverría H. y Sainz Rozas H. "Respuesta del cultivo de trigo al agregado de azufre en el sudeste bonaerense". En: *Ciencia del Suelo* N° 24 (2): 115-122. 2006.

Royce, F.; Jones, J. y Hansen, J. "Model-based optimization of crop management for climate forecast application". En: *American Society of Agricultural Engineers* N° 44, 1319-1327. 2002.

Ruiz, R.; Satorre, E.; Maddoni, G. y Otegui, M. "Umbrales de decisión para la fertilización nitrogenada en maíz". *VII Congreso Nacional de Maíz*. AIANBA. Pergamino, Buenos Aires, Argentina. 2001.

Rusticucci, M. y Penalba, O. "Interdecadal changes in the precipitation seasonal cycle over Southern South America and their relationships with surface temperature". En: *Climate Research* N° 16, 1-15. 2000.

Sainz Rozas, H.; Echeverría H. y Studdert, G. "Evaluation of the presidedress soil nitrogen test for no-tillage maize fertilized at planting". En: *Agronomy Journal* N° 92:1176-1183. 2000.

Salvagiotti, F., Gerster, G. y Bacigaluppo, S. "Efectos residuales y directos de fósforo y azufre en el rendimiento de soja de segunda". En: *Ciencia del Suelo* N° 22 (2):92-101. 2005.

Satorre, E.; Menéndez, F. y Tinghitella, G. "El modelo Triguero: Recomendaciones de fertilización nitrogenada en trigo". *Simpósio Fertilidad 2005: Nutrición, Producción y Ambiente*. Rosario, 27-28 Abril. INPOFOS Cono Sur-Fertilizar A.C. pp. 3-11. 2005.

Spraying Systems Co. Productos para aspersión Teejet, Guía del Comprador 201-E. 29 pág. 2001.

Stern, P. y Easterling, W. (Eds) *Making climate forecasts matter*. National Academy Press, Washington, DC, USA, 174 pp. 1999.

Tardieu, F. "Growth and functioning of roots and of root systems subjected to soil compaction: Towards a system with multiple signaling?". En: *Soil and Tillage Research* N° 30 (2-4): 217-243. 1994.

Tellería, G. *Labranza Conservacionista* CREA Morro II, 1985.

Tommasino, H. *Algunas consideraciones sobre los fertilizantes en Uruguay*. Anuario OPYPA 2008.

Vera, C. "Variabilidad climática en Argentina". En: *Comunicado de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación sobre El Cambio Climático en Argentina*. 2009.

Vettorello, C. I. *Análisis comparativo de formas contrastantes de manejo de suelo. Su impacto ambiental*. Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias, mención Gestión Ambiental. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Córdoba y Facultad de Agronomía y Veterinaria Universidad Nacional de Río Cuarto. 181 p. 2008.

Viglizzo, E.; Roberto, Z. y Lértora. "Climate and land-use change in field-crop ecosystems of Argentina". En: *Agriculture, Ecosystems and Environment* N° 66, 61-70. 1997.

Wilson, M y Cerana, J. "Mediciones físicas en suelos con características vérticas". En: *Revista Científica Agropecuaria* N° 8 (1): 11-22. Facultad de ciencias agropecuarias UNER. II Simposio de Vertisoles. 2004.

Impreso en Indugraf S.A.
Sánchez de Loria 2251
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
www.indugraf.com.ar



Advanta es una empresa multinacional de semillas, con base en India, que combina la biotecnología agrícola con su germoplasma propio y las excelentes habilidades de la compañía en mejora vegetal, para ofrecer semilla de alta calidad con estándares mundiales, y soluciones para los productores en distintas partes del mundo.

Advanta es miembro del grupo de compañías de United Phosphorus Limited.



ADVANTA
S E M I L L A S

ciencia moderna, valores tradicionales

www.advantasemillas.com