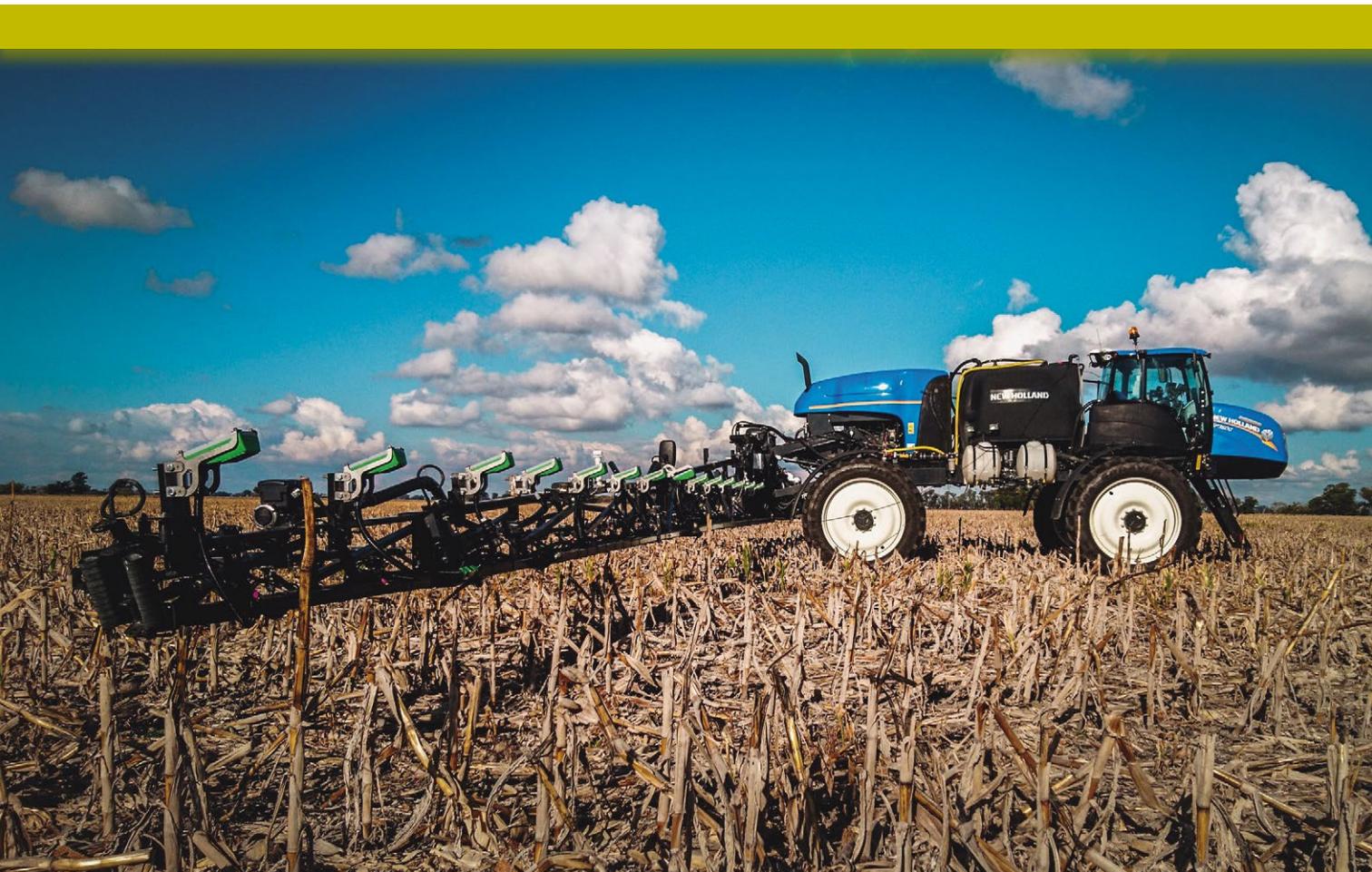




APLICACIONES SELECTIVAS

Experiencias de uso y análisis
de la tecnología en la Argentina



Aplicaciones selectivas

Experiencias de uso y análisis
de la tecnología en la Argentina

Coordinador: Joaquín Bello

■ Autores

Agustín Bilbao
Esteban Bilbao
Nicolás Ciancio
Víctor Giménez
Julián Mugerza
Luis Robles Terán
Gabriel Tinghitella



Contenidos

Prólogo

Pág. 05

Capítulo 1. **Pulverización selectiva: el porqué de las aplicaciones dirigidas y sus componentes**

Pág. 07

Ing. Agr. Julián Mugerza

CEO - Glimax

Capítulo 2. **Análisis económico, empresarial y posibilidades de inversión en aplicaciones selectivas**

Pág. 15

Ings. Agrs. Nicolás Ciancio y Víctor Giménez

Área de Innovación, Unidad de I+D, CREA.

Capítulo 3. **Aprendizajes, virtudes y debilidades de la tecnología**

Pág. 25

Aplicación selectiva en el norte argentino (NOA y NEA)

Pág. 25

Ing. Agr. Luis Robles Terán

Asesor privado.

Aplicación selectiva en las regiones centro y sur del país

Pág. 30

Ings. Agrs. Agustín y Esteban Bilbao

Asesores privados, co-fundadores de Viento SUR SRL.

Capítulo 4. **El futuro de las tecnologías para el control de malezas**

Pág. 35

Ing. Agr. Gabriel Tinghitella

Líder del Área de Innovación de CREA.

Bibliografía

Pág. 43

Prólogo

Desde el comienzo de la agricultura el hombre ha combatido a las malezas para reducir las pérdidas causadas por este tipo de adversidades en sus cultivos. A lo largo de la historia, las técnicas utilizadas para su control han sido variadas, desde el desmalezado manual, pasando por todo tipo de labranzas, rotación de cultivos, aplicación de químicos, hasta llegar a la actualidad con alternativas como la aplicación de corriente eléctrica, abrasivos y uso del fuego, entre otros.

Si bien en los últimos años se registra un aumento relativo en la variedad de prácticas de control, como el uso de cultivos de servicios, cambios en las rotaciones, arreglo de cultivos, entre otros, desde la introducción de los Organismos Genéticamente Modificados (OGM) a la producción agropecuaria, el uso de herbicidas químicos es el método de control de malezas principal y el más utilizado en la Argentina.

Pasada la primera década de los años 2000 es cuando la aparición de biotipos de malezas resistentes y tolerantes a la aplicación de herbicidas creció de forma exponencial. Esta situación dejó en evidencia que el modelo de producción simple, eficiente y escalable que tanto colaboró en el crecimiento de la producción nacional de granos comenzaba a agotarse. La aparición masiva de poblaciones resistentes de malezas fue el primer síntoma de que algo en ese modelo no estaba funcionando bien, lo que desencadenó una reformulación de la forma de hacer agricultura evolucionando hacia sistemas de producción más sostenibles.

Desde ese momento, los aprendizajes adquiridos por el sector agropecuario argentino respecto del manejo de malezas fueron incontables. Sin embargo, los desafíos que plantea esta problemática están aún lejos de considerarse resueltos.

Por otra parte, la creciente presión social en relación con el cuidado del ambiente y de las personas determinó que sea sumamente necesario prestar atención a estas cuestiones. De hecho, para CREA el análisis de los ejes ambiental y social, englobados dentro del concepto de sostenibilidad, se encuentran en el centro de la escena.

Desde el Proyecto Malezas, y atendiendo una demanda de todo el Movimiento CREA, hemos decidido desarrollar este manual, basado en una recopilación de los

conocimientos y experiencias de todo el país, narradas por reconocidos referentes en la temática. Es necesario aclarar, que las aplicaciones selectivas son una herramienta más dentro del gran número de instrumentos de control disponibles en la actualidad. Como tal, puede y debe ser combinada con otras prácticas para lograr mayor eficiencia y eficacia del manejo integrado de malezas. No obstante, esta tecnología resulta particularmente interesante porque aborda el concepto de sostenibilidad de forma integral. Al permitir hacer un uso más eficiente de insumos (reducción de costos), aporta al manejo de malezas difíciles (eficiencia productiva) y al mismo tiempo reduce el impacto ambiental y social de la producción agropecuaria (dimensiones ambiental y social).

Los primeros dos capítulos del presente manual ofrecen un marco técnico conceptual para entender el funcionamiento de las aplicaciones selectivas, las opciones disponibles en el mercado, sus costos y los tiempos de repago asociados. En el tercer capítulo se describe la experiencia de asesores, productores y maquinistas al momento de incorporar esta tecnología dentro de las empresas. Para finalizar, el cuarto capítulo brinda un panorama del futuro en el control selectivo de malezas y nos indica hacia donde podría evolucionar el desarrollo de este tipo de herramientas en el mediano y largo plazo.

Cada capítulo de esta obra fue escrito por referentes nacionales en la temática, quienes ofrecen una robusta base teórica y cuentan con vasta experiencia a campo. A todos ellos queremos expresar nuestra enorme gratitud. También queremos agradecer especialmente al Coordinador Académico del Área de Agricultura de CREA, el Ing. Agr. PhD. Emilio H. Satorre y al Líder del Área de Innovación de la Unidad de Investigación y Desarrollo de CREA, el Ing. Agr. Gabriel Tinghitella, por sus invaluable aportes durante la construcción y edición de este manual.

Sin más, esperamos que disfruten la lectura y que el manual les resulte de utilidad para la toma de decisiones y la mejora de procesos dentro sus sistemas.

■ Ing. Agr. Joaquín Bello

Líder de Proyecto Sistemas Productivos Sostenibles
Unidad de Investigación y Desarrollo CREA

1

Pulverización selectiva: el porqué de las aplicaciones dirigidas y sus componentes

■ **Ing. Agr. Julián Muguerza**
CEO - Glimax



Desde que el hombre comenzó a cultivar sus alimentos se vio obligado a luchar contra las malezas. Las prácticas disponibles para manejarlas son diversas, y entre ellas se pueden citar, a modo de ejemplo, todo tipo de labranzas y cultivadores mecánicos, el uso de cultivos de cobertura, mantas plásticas y el desmalezado manual. Sin embargo, desde hace unas décadas el método de control más utilizado es la aplicación de herbicidas de pre y posemergencia, solos o en combinación con las anteriores prácticas.

Si bien el control de malezas a base de herbicidas puede resultar biológica, técnica y económicamente efi-

caz, su dispersión en el ambiente ha recibido un llamado de atención por parte de la sociedad.

El aumento de las regulaciones para el uso de pesticidas, sumado a la preocupación de los consumidores, que, por ejemplo, muestran un creciente interés en los alimentos producidos en forma orgánica, han limitado la aceptación a largo plazo de la aplicación de herbicidas. Asimismo, algunas acciones por parte de sectores ambientalistas han generado “mala prensa” sobre las metodologías de uso de productos fitosanitarios. Esta situación plantea la necesidad de revisar la forma en que se maneja la problemática de malezas y de buscar tecno-

logías que permitan la aplicación de menores volúmenes de herbicidas.

En general, las infestaciones suelen distribuirse de manera poco uniforme en los lotes agrícolas. Esta falta de uniformidad involucra aspectos temporales y espaciales que proporcionan una oportunidad para la aplicación sitio específica de herbicidas, lo que permite incrementar la eficiencia de esta labor y, al mismo tiempo, reducir el impacto económico y ambiental asociado a ella.

Si bien en algunas ocasiones el control mecánico manual puede presentarse como una solución selectiva y ambientalmente factible, se trata de un proceso costoso y no completamente efectivo. Vargas *et al.* (1996) observaron que las cuadrillas de desmalezadores suelen cometer errores al confundir malezas con plantas de cultivo; de este modo, las omiten o eliminan sólo el 65-85%, según el nivel de supervisión del campo y el grado de similitud entre el cultivo y las malezas.

Tiempo atrás (1991), cuando la tecnología para la detección y el control de malezas en tiempo real no eran aún una realidad, Thompson *et al.* llegaron a la conclusión de que el concepto de *pulverización selectiva automatizada de malezas en campos agrícolas* tenía un gran potencial para reducir daños económicos y ambientales, al tiempo que lograba un elevado nivel de control. Por fortuna, el tiempo y los avances tecnológicos permitieron desarrollar sistemas de control selectivo con diversos grados de automatismo, *performance* y efectividad. El tiempo y el desarrollo tecnológico parecen dejar en claro que estos sistemas han llegado para quedarse, y señalan un camino de ida entre las tecnologías disponibles para mejorar la forma de producir alimentos.

Un poco de historia

En los inicios de la agricultura, el control de malezas era ejecutado de manera selectiva: las plantas de especies no deseadas eran arrancadas a mano o bien eliminadas mediante el uso de herramientas para evitar la competencia por los recursos con las especies deseadas para cosecha. Este proceso, que involucraba un uso intensivo de mano de obra, se utilizó durante siglos; sin embargo, la necesidad de producir cada vez más alimentos para una población en franco crecimiento favoreció el desarrollo y la incorporación de tecnologías que permitieran eliminar las malezas en grandes extensiones y preparar el suelo para cultivarlo a gran escala.

El uso de maquinaria y la realización de labores mecánicas fueron la clave para escalar los sistemas agrícolas y el control de malezas. No obstante, trajeron aparejado un gran problema: la degradación de las tierras

por efecto de la erosión. Por otro lado, el avance de la industria química ofreció herramientas alternativas que permitieron rediseñar el sistema de producción de alimentos: los productos fitosanitarios. Sin embargo, esta posibilidad traería aparejados nuevos inconvenientes y desafíos, ya que el foco del desarrollo y el uso de estos productos no estuvo puesto en el impacto sobre otras especies ni en el cuidado del ambiente.

Los fitosanitarios fueron grandes aliados a la hora de desarrollar prácticas sustentables que contribuyeran a reducir el impacto perjudicial de las erosiones eólica e hídrica, minimizando el impacto de las malezas en un sistema productivo apoyado en la siembra directa, donde las especies no deseadas se controlan sin necesidad de remover el suelo, manteniendo la cobertura que deja el rastrojo del último cultivo. En este contexto, los herbicidas cobraron un rol fundamental. Sin embargo, su aplicación sólo era posible en cobertura completa, independientemente de que las malezas estuvieran presentes sólo en una parte del lote. De hecho, la aplicación de herbicidas preemergentes (que se aplican en toda la superficie productiva) favoreció la efectividad del control de malezas, pero a costa de una baja eficiencia del proceso, ya que los productos se utilizaban allí donde podían no ser necesarios.

En este contexto tecnológico, el uso generalizado de unos pocos principios activos generó una enorme presión de selección sobre las poblaciones de malezas: esto determinó que algunos individuos, resistentes a dichos principios activos, fueran seleccionados y que su población evolucionara hacia biotipos resistentes y/o tolerantes a dichos herbicidas.

Este proceso ya lleva algunas décadas: en el caso particular de la Argentina, desde los años 90 del siglo pasado se registran especies resistentes a diferentes herbicidas. En algunos casos, esas mismas especies han incluso desarrollado resistencia a más de un principio activo. Esta realidad y la necesidad de hacer siempre las cosas mejor impulsaron el desarrollo de nuevas formas de aplicación de herbicidas.

Una de las primeras soluciones desarrolladas para volver más sustentable la práctica de control de malezas fue la aplicación selectiva o dirigida. El concepto de pulverizar exclusivamente a las malezas con un producto específico determina que esta práctica reporte diversos beneficios: a) en términos económicos implica una reducción de costos; b) es ambientalmente más amigable, al reducir la cantidad de productos aplicados al sistema, y c) socialmente aceptable, ya que responde mejor a las demandas de los diversos actores de la sociedad, tales como productores, vecinos, operarios, consumidores, etcétera.

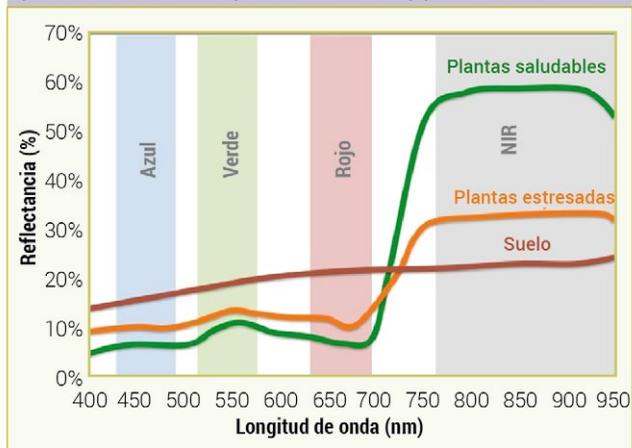
Desarrollo de la pulverización selectiva

Cuando se habla de un desarrollo tecnológico complejo es difícil identificar un solo hito que permita identificar su génesis. En el caso de la pulverización selectiva, los primeros equipos y ensayos surgieron a partir del uso de sensores remotos basados en los principios de reflexión y descomposición de la luz, que han sido estudiados desde los tiempos de Isaac Newton. Podemos afirmar que el uso de estos principios para calcular indicadores como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés) se remonta a la década de 1970.

Al incidir sobre la vegetación, la radiación solar puede ser absorbida, transmitida y/o reflejada. Como muchos otros indicadores, el NDVI se calcula sobre la base de la luz reflejada, tanto en el espectro visible como en el infrarrojo. Esto permite distinguir entre diferentes estados de la vegetación, e incluso entre la vegetación del suelo y/o el rastrojo. En otras palabras: permite identificar la presencia de plantas y caracterizar su vigor. Si se obtiene un valor elevado, esto revela

la presencia de una o varias plantas que crecen vigorosamente, mientras que un valor bajo indica que no hay planta/s o que, eventualmente, ella/s se podría/n encontrar estresada/s. Este indicador, conocido vulgarmente como “índice verde” se utiliza para caracterizar

Gráfico 1. Reflectancia de la luz en función de la longitud de onda para un suelo desnudo, plantas estresadas y plantas saludables



¡Lanzamiento!

SumyzinT MaX

LA NUEVA FORTALEZA PARA TU MAÍZ

- Herbicida pre emergente compuesto por Flumioxazin y Terbutilazina*.
- Alto poder de quemado en post emergencia temprana de la maleza.
- Mayor residualidad y espectro de control en malezas de hoja ancha y gramíneas.
- Excelente compatibilidad en mezclas de tanque y sin lixiviación.
- Gran flexibilidad de uso desde barbecho a presiembra.



agro.ar.sumitomochemical.com

f @sumitomochemicalargentina

t @sumitomochem_ar

@sumitomochemicalargentina

Sumitomo Chemical Argentina

Conocé más en



PELIGRO. SU USO INCORRECTO PUEDE PROVOCAR DAÑOS A LA SALUD Y AL AMBIENTE. LEA ATENTAMENTE LA ETIQUETA

*Propiedad de Sipcarn Argentina

SUMITOMO CHEMICAL

Algunas anécdotas

En los años 90, la empresa John Deere adquirió el desarrollo de un joven investigador de Wisconsin, quien en el garaje de su casa había creado un sensor que detectaba la presencia de malezas durante el barbecho mediante NDVI. Este sensor tenía características muy promisorias: por ejemplo, una fuente de luz activa que lo independizaba de las condiciones de luz solar y habilitaba su utilización diurna o nocturna. Asimismo, contaba con una placa de procesamiento que permitía tomar la decisión de pulverizar, así como de accionar una válvula eléctrica para asperjar los herbicidas. A su vez, cada sensor podía conectarse con otro para abarcar un rango de acción mayor.

De este modo, John Deere fue la primera empresa de maquinaria agrícola en poseer un sistema de este tipo, al que denominó WeedSeeker. Sin embargo, lo desestimó en cuanto comenzaron a comercializarse los cultivos transgénicos con tolerancia a herbicidas, al entender que las soluciones al control de malezas vendrían por otro lado.

La firma ofreció este desarrollo a su red de distribuidores de maquinaria, y fue adquirido por un pequeño operador de la zona de viñedos de California para utilizarlo en el control de malezas y en el control químico de brotes nuevos. Este emprendedor fundó N-Tech y durante un tiempo comercializó WeedSeeker para este fin. Sin embargo, atraído por un mercado mucho más importante, sobre la base de esa misma tecnología desarrolló el Green Seeker, con un sensor para realizar aplicaciones de nitrógeno a dosis variable en cereales.

Recién a comienzos del nuevo siglo, un productor de Australia, cansado de las pérdidas generadas por la proliferación de malezas, se interesó en WeedSeeker e impulsó su utilización en grandes extensiones. N-Tech dejó en sus manos la adaptación de la tecnología a los grandes equipos de pulverización y así se fundó CropOptics, la primera empresa impulsora de este tipo de tecnologías para cultivos extensivos.

Ante el furor de la pulverización selectiva en Australia, el gigante de la tecnología Trimble decidió adquirir N-Tech en el año 2009, quedándose con los productos que hoy se comercializan en todo el mundo.

¿Qué sucedió con John Deere? En 2017, ante el crecimiento global experimentado por el mercado de la pulverización selectiva, salió a comprar startups relacionadas con esta tecnología pagando más de 300 millones de dólares por un puñado de empresas que le permitirían reingresar al juego, tras haber dejado pasar la oportunidad.

la vegetación a escalas muy variadas: existen mapas globales, de países o regiones, que son calculados a partir de imágenes satelitales, como mapas de lote o parcela obtenidos a partir de cámaras multispectrales montadas sobre aviones, drones o tomadas en forma manual.

En los años 90 se desarrolló en EE.UU. el primer sistema de detección de NDVI y pulverización: este constituyó el primer equipo comercial, que fue dado a conocer con el nombre de WeedSeeker.

Control selectivo de malezas

Un sistema de control selectivo de malezas combina, al menos, tres procesos fundamentales: la detección,

el procesamiento de la información y la ejecución o acción de control.

A menudo se habla de los sistemas de pulverización selectiva de herbicidas, ya que son los más difundidos y los que mejor se adaptan a nuestra actividad productiva. Sin embargo, también existen otros sistemas que combinan de distinta manera esos tres procesos básicos y, en muchos casos, agregan componentes específicos o especializados que los vuelven más versátiles. De forma orientativa, y sin pretender ser exhaustivos, en el cuadro 1 se presenta una breve lista.

Cabe aclarar que hoy en día los sistemas de aplicación selectiva más difundidos son aquellos capaces de realizar la detección, el procesamiento y la ejecución en tiempo real, de forma integrada. Otra forma de hacerlo podría consistir en la detección de malezas por NDVI a partir de una cámara multispectral montada sobre un dron, para luego procesar esa información en gabinete y generar finalmente un mapa de prescripción que indique dónde realizar las aplicaciones, tarea que puede involucrar cualquiera de los métodos indicados en el cuadro 1 (indicados en la columna “Ejecución”). De esta forma, y pese a que la ejecución de los procesos no se haría en tiempo real, seguiríamos hablando de un sistema de aplicación selectivo que otorgaría los beneficios esperados para esta práctica.

Como ya se mencionó, por una cuestión de simplicidad y capacidad operativa, los equipos más difundidos

Cuadro 1. Componentes de un sistema de control selectivo

Método de detección	Procesamiento	Ejecución
NDVI	Bandas espectrales únicas	Labranza mecánica
Fluorescencia de la clorofila	Múltiples bandas	Pulverización de herbicidas
Ultrasonido	Cálculo de índices	Asperjado de agua hirviendo/vapor
Visión artificial	Morfología biológica	Chorreado de fertilizante
Barreras láser	Texturas y formas	Electricidad o fuego

son los que llevan adelante todo el proceso de manera simultánea, automática y en tiempo real. Sin embargo, cabe aclarar que no todos tienen la misma efectividad para realizar el control de malezas, ni pueden ser utilizados en los mismos sistemas productivos o en las mismas regiones. Por ejemplo, es difícil utilizar un sistema de pulverización a vapor o agua hirviendo para controlar grandes extensiones de barbecho, dados los requerimientos energéticos y la necesidad de agua para realizarlo. Lo mismo ocurre con el control realizado a través del uso del fuego en zonas áridas, por los riesgos de incendio que representa y la quema de combustible que implica. Es por algunos de estos motivos, además de la necesidad de adaptación a los procesos de trabajo y la maquinaria disponible en la Argentina, que los sistemas más comunes son los de pulverización selectiva o dirigida de fitosanitarios.

La pulverización selectiva es, entonces, una tecnología que permite identificar malezas, calcular el tiempo y la velocidad necesarios para pulverizar sobre ellas y así realizar la aplicación correspondiente de forma exclusiva sobre la porción de terreno infestada. Algunos

sistemas permiten, además, analizar la precisión de dicha aplicación.

Los métodos más utilizados para detectar las malezas son tres: NDVI, Fluorescencia de la clorofila y Visión artificial. En los tres casos se realiza un procesamiento local (en el mismo hardware del sensor) y en tiempo real de las lecturas registradas. Los dos primeros analizan bandas espectrales, mientras que el último considera la morfología, textura y/o forma de la planta detectada. Hasta la fecha, estas diferencias han condicionado la velocidad de respuesta de los sistemas, siendo los más lentos los que analizan las imágenes, que son, por ende, los que demandan una velocidad de trabajo menor.

Adicionalmente, para realizar aplicaciones precisas es necesario contar con indicadores de velocidad que permitan efectuar una sincronización perfecta entre el momento en el que se identifican las malezas y se realiza la aplicación. En este punto se suman algunos sensores extra, que son necesarios para lograr los resultados deseados. Para monitorear la velocidad de forma precisa, la mejor opción son los sensores de pulsos que



**Roundup
TOP**

NUEVO HERBICIDA

**ENFOCADO
EN EL CUIDADO DE TU CULTIVO**

-  **MÁS CONCENTRACIÓN**
-  **GARANTÍA TOTAL**
-  **ENVASES MÁS SUSTENTABLES**
-  **BARBECHO, PRE Y POST EMERGENTE**

cropscience.bayer.com.ar
CONECTATE CON TU CENTRO DE SOLUCIONES INNOBA



PELIGRO. SU USO INCORRECTO PUEDE PROVOCAR DAÑOS A LA SALUD Y AL AMBIENTE. LEA ATENTAMENTE LA ETIQUETA.

se colocan en las ruedas de las pulverizadoras y tractores. Éstos permiten no sólo medir la velocidad lineal, sino también calcular la velocidad tangencial durante el tránsito en curvas. Otros sensores que se agregan habitualmente a las pulverizadoras son el sensor de presión del circuito del caldo y los medidores de caudal, que permiten controlar de forma más precisa las condiciones de trabajo. Facilitan, incluso, el ajuste de las dosis ante cambios de presión y del caudal para mantener la calidad de la aplicación; es decir, permiten mantener la dosis y el tamaño de gota deseado. En la actualidad, a esta lista se suman nuevos sensores de altura de botalón, giróscopos y acelerómetros que incrementan la precisión de las aplicaciones.

En cuanto al proceso de ejecución, se pueden distinguir diferentes métodos, como los citados en el cuadro 1. Los más difundidos para la labor de pulverización y control de malezas son el asperjado de herbicidas o de agua hirviendo. En el caso de áreas de producción de cultivos extensivos, el mecanismo más difundido es la aplicación de herbicidas.

La detección a partir de NDVI puede realizarse mediante cámaras multispectrales montadas en satélites, aviones, drones o mediante sensores activos con luz propia montados directamente sobre las alas de las pulverizadoras. En cualquier caso, el principio es el mismo. La diferencia reside en la resolución espacial de la determinación y en la posibilidad de utilizarlos o no en tiempo real.

Los sensores activos montados sobre el ala de la pulverizadora son, por excelencia, los que permiten mayor efectividad de control y, por lo tanto, mayores niveles de ahorro. Además, generan información que puede ser procesada rápidamente en forma local, por lo que

son compatibles con prácticas en tiempo real. Entre los equipos que funcionan con este método WeedSeeker es el más difundido.

Otro principio de detección similar a NDVI, aunque más específico, es el de la Fluorescencia de la clorofila, basado en la reemisión de energía que realizan las moléculas de clorofila luego de haber sido excitadas mediante la luz. Este principio se utiliza desde hace varias décadas para medir la actividad fotosintética en plantas e incluso la actividad del canopeo completo. A diferencia del NDVI, la energía emitida mediante la luz de los sensores es absorbida por las plantas y luego reemitida desde la clorofila misma; por tal motivo, es más específica e independiente de cualquier otro material que la rodee. En definitiva, lo que detecta este dispositivo es clorofila en actividad y puede, potencialmente, identificar diferencias en la actividad fotosintética. Este principio de detección es el que usa WEED-IT, que actualmente es el equipo más difundido en la Argentina.

Tanto el NDVI como la Fluorescencia de la clorofila permiten detectar las malezas con alta efectividad y eficiencia en un rango muy amplio de condiciones. Además, ofrecen la posibilidad de utilizar luz artificial propia, por lo que se pueden utilizar de día o de noche en diversas condiciones de nubosidad. Ambos sistemas también pueden ser configurados para utilizarse en presencia del cultivo, dentro de las aplicaciones denominadas Verde sobre Verde o *Green on Green*. En estos casos, los sistemas consideran que existe un mínimo de NDVI o Fluorescencia que es explicado por el cultivo; superado ese valor, suponen que, además, existen malezas. Este uso complementa las aplicaciones en barbecho y permite utilizar la tecnología durante los primeros estadios de desarrollo de los cultivos.

Figura 1. De izquierda a derecha: i) componentes del sistema: maleza, sensor y pico (el avance es hacia la izquierda), ii) detección y procesamiento: en esta etapa el sensor realiza la detección de la maleza por medio de alguno de los métodos ya explicados e, instantáneamente, realiza el procesamiento de la lectura que dispara la orden de aplicación para que sea exacta en cuanto a momento y superficie a aplicar y iii) ejecución de la aplicación sitio específica.

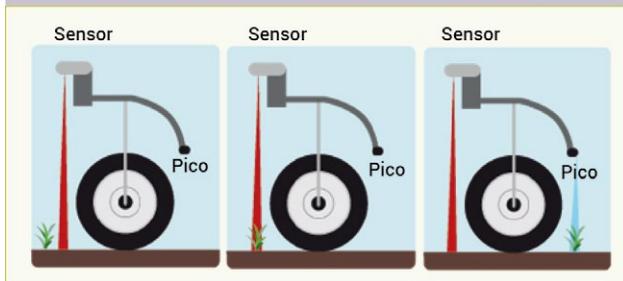


Figura 2. Esquema simplificado que explica la Fluorescencia de la clorofila.

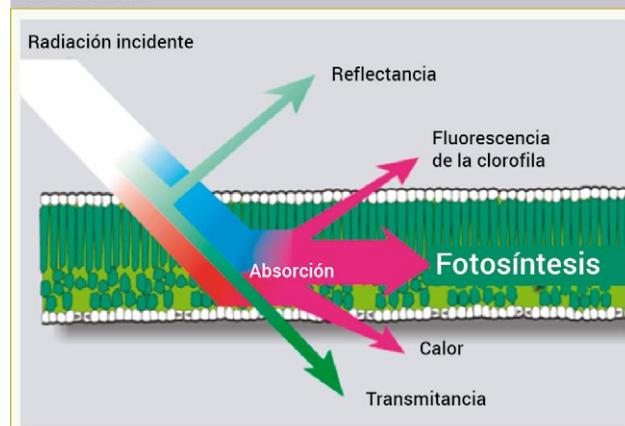


Foto 1. Dos versiones de sensor de WEED-IT



Foto 2. Equipo provisto de luz artificial



El desarrollo de cámaras fotográficas con el principio de “visión artificial” genera mayores expectativas respecto de su potencial de uso. Esto es así porque dicha tecnología permite adquirir, procesar, analizar y comprender las imágenes del mundo real y, a partir de ellas, generar información numérica o simbólica que pueda ser utilizada por una computadora para facilitar la toma de decisiones. Este tipo de tecnología permite distinguir plantas del ambiente que las rodea, como así también diferenciar entre especies; es decir, entre plantas y cultivo, o incluso entre distintos tipos de especies de malezas (hoja ancha o gramíneas, por ejemplo). Todo lo relativo con este tipo de tecnologías, además de la inteligencia artificial como principio fundamental para su funcionamiento, se profundizará en el último capítulo de este manual.

Panorama nacional

Los sistemas más desarrollados a nivel mundial que se encuentran disponibles a nivel comercial en nuestro país son dos: WEED-IT y WeedSeeker. Estos equipos están integrados en el sistema de trabajo vigente en todas las regiones productivas argentinas. Además, fueron desarrollados para adaptarse a las pulverizadoras de marca local (plataformas); de hecho, la posibilidad de conectarlos a los monitores de las pulverizadoras mediante protocolo ISOBUS determina que su utilización sea cada vez más sencilla. Para ambas marcas, existen en el país dos generaciones de sensores de detección y soluciones del sistema de pulverización selectiva distintas: WeedSeeker 1 y 2 son los modelos de la marca Trimble, mientras que WEED-IT Ag y WEED-IT Quadro pertenecen a la firma holandesa Rometron.

En general, estas evoluciones han puesto el foco en el diseño de sistemas que se integren con facilidad a las pulverizadoras. WEED-IT Quadro, en particular, ha incorporado modos de trabajo y accesorios que le confieren algunas ventajas técnicas y tecnológicas, más allá de la pulverización selectiva. Esta nueva versión permite su uso durante todo el año y para todas las aplicaciones de fitosanitarios y fertilizantes líquidos.

Como se mencionó, una de las principales diferencias entre las marcas reside en el principio de detección que utilizan para su funcionamiento, aunque también debe agregarse que tanto WEED-IT como WeedSeeker difieren en las posibilidades y modos de uso durante el barbecho y el ciclo de cultivo.

WEED-IT permite realizar pulverizaciones con mayor grado de selectividad durante el barbecho dado

el menor tamaño de su área de detección (25 centímetros de ancho versus 50 centímetros en WeedSeeker). A su vez, tiene una mayor versatilidad, dado que permite controlar la dosis de pulverización o chorreado por poseer válvulas PWM (por sus siglas en inglés, Pulse Width Modulation: modulación del ancho de pulso). Es habitual que, durante el proceso de pulverización, las máquinas circulen por el lote a diferentes velocidades, lo que genera una falta de uniformidad en la aplicación: para mantener la dosis deseada sería necesario modificar la presión de pulverización y, a su vez, el tamaño de gota, condicionando así la calidad de la aplicación. Este principio se asemeja a la inyección de gasoil de los motores diesel modernos, donde el sistema completo mantiene una presión constante y el inyector regula el caudal deseado para cada situación, en función de la apertura y el cierre del orificio de salida del líquido. De este modo, no sólo es posible regular la dosis de pulverización que sale de cada boquilla -y de esta forma se asegura la dosis de aplicación-, sino que también se garantiza su calidad.

Otra diferencia entre los sistemas es que, con el mismo caldo y por la misma boquilla, WEED-IT puede aplicar dos dosis de pulverización diferentes, según detecte o no la presencia de malezas. De esta forma, puede efectuar una aplicación en cobertura completa para malezas pequeñas y, cuando detecta una maleza de mayor tamaño, aplicar una dosis superior, ajustándola al tamaño de la planta. De alguna manera, se estaría aplicando una dosis variable de herbicidas en tiempo real. En la práctica, este modo de trabajo, que se denomina Bias en WEED-IT Ag y Dual en WEED-IT Quadro, permite el “reseteo” de lotes que tienen alta cobertura de malezas de pequeño tamaño y escapes anteriores o malezas de gran porte, como puede ocurrir luego de la cosecha de algunos cereales de invierno o después del raleado temprano de un cultivo de cobertura.

Por último, WEED-IT puede ser utilizado en una pulverización convencional con la posibilidad de realizar compensaciones en curvas para mantener la misma dosis en todo el ancho de labor, evitando sobre y subaplicaciones, el corte pico por pico y el control de dosis, sin necesidad de cambiar la presión, al mantener el tamaño de gota para la misma pastilla con diferentes dosis de aplicación de caldo por hectárea. Esta posibilidad abre el juego a la aplicación variable de productos, tanto fitosanitarios como fertilizantes, que hacen de la pulverizadora una herramienta de altísima precisión y versatilidad para utilizarla todo el año y en todas las condiciones.

2

Análisis económico, empresarial y posibilidades de inversión en aplicaciones selectivas

■ **Ings. Agrs. Nicolás Ciancio y Víctor Giménez**

Área de Innovación, Unidad de I+D, CREA



Al implementar la tecnología de aplicaciones selectivas se debe contemplar el costo del sistema en sí (sensores, consola, cables/mangueras para conexiones, etc.), el de las modificaciones a realizar sobre la pulverizadora, y el del montaje; este último, en algunos casos, puede estar incluido en el costo de los sensores. Adicionalmente, los sistemas que permiten realizar aplicaciones selectivas de herbicidas exigen la implementación de una serie de tecnologías complementarias (computadoras para procesar los datos de la aplicación, antena GPS, etc.). En caso de no contar con ellas, el interesado debe contemplar su adquisición y los costos asociados.

En términos generales, el precio de un sistema de aplicación dirigida suele expresarse por metro lineal de botalón. En este punto, vale la pena señalar que la adquisición de tecnología no requiere equipar el botalón completo de la pulverizadora.

En la Argentina existen dos empresas que ofrecen esta tecnología: WEED-IT y WeedSeeker. Cada una de ellas presenta versiones con diferentes precios y funcionalidades. El proveedor “A” presenta tres modelos diferentes. Al equipar entre 15 y 40 metros de botalón, el precio por metro lineal varía en un rango que va desde 5300 hasta 5800 u\$s según el modelo elegido. El provee-

dor “B” ofrece la tecnología en un rango de precios que varía según los metros de botalón equipados: si se decide equipar hasta 15 metros, el costo es de 9000 u\$/m, pero si se equipan 36 metros, el costo cae a 7900 u\$/m.

Dos aclaraciones con respecto al costo. En primer lugar, para conocer el presupuesto final es necesario que un representante técnico de la empresa identifique la pulverizadora sobre la que se va a montar la tecnología y evalúe las modificaciones a realizar para poner en marcha el sistema (por ejemplo, el armado de “perchas”, soldaduras de soportes, etcétera). En segundo lugar, tal como se comentó en capítulos anteriores, la tecnología para realizar aplicaciones selectivas tiene un costo extra, que es el del aprendizaje: poner a funcionar el sistema y generar experiencias positivas implica tiempo y energía. El costo de ese tiempo debe ser cuantificado e incluido en la ecuación.

Período de repago de la tecnología

Se denomina período de repago al lapso necesario para recuperar la inversión efectuada, en este caso la que se hizo en tecnología. Para estimarlo, es necesario cuantificar el costo y los beneficios que reporta su uso. Para calcular el período de repago deben tenerse en cuenta diversas variables. A continuación, se presentan algunos análisis de sensibilidad que pueden resultar útiles para identificar esos costos y beneficios, y medir su impacto en el período de repago de la tecnología.

Las variables se dividen en dos grandes grupos: las vinculadas a la maquinaria y las que se relacionan con el lote de producción.

Variables asociadas a la maquinaria

Metros de botalón a equipar. La tecnología de aplicaciones selectivas permite equipar el botalón por metro, sin necesidad de tener que colocarlo en toda su longitud. Por lo tanto, la cantidad de metros a equipar será una de las principales variables a considerar, ya que incide directamente en el monto de la inversión. En caso de no equipar el botalón completo, se recomienda hacerlo hasta algún quiebre (por ej., del ala media o del alín), para facilitar las tareas cuando se trabaja cerca de los alambrados.

Costo de la tecnología (u\$/m). El costo por metro lineal del equipo para realizar aplicaciones selectivas incide directamente en el valor de la inversión inicial. *Cuanto más caro sea el equipo, mayor será la inversión inicial.* En este punto hay dos cuestiones a tener en cuenta: la primera

es que, a medida que se equipan más metros del botalón, puede producirse una “dilución” del costo de ciertos componentes y, en consecuencia, el precio por metro del equipo se reducirá. El segundo punto es que las empresas pueden cobrar la instalación del equipo por separado o incluirlo en el valor del metro lineal. Sin embargo, éste suele ser un costo menor en relación con la inversión total (i.e.: el costo de instalación ronda los u\$ 2000).

Costo extra que se genera en caso de no equipar el botalón completo. Cuando el equipo para realizar aplicaciones selectivas no se coloca en todo el botalón, es necesario contemplar el costo extra que se genera al reducirse el ancho de labor de la máquina. Hacer aplicaciones con un botalón no equipado en toda su extensión implica más pasadas y usar más combustible para trabajar la misma superficie. En los ejemplos se utilizará un valor de referencia de 1 u\$/ha de costo extra.

Costo de mantenimiento de la tecnología. En los primeros 4 a 5 años de vida útil, el costo de mantenimiento es muy bajo. Tal vez sea necesario reponer ciertos componentes por desgaste o roturas, como alguna válvula o membrana específica, pero no es algo que genere grandes erogaciones. En este caso, se utilizará un valor de 0,5 u\$/ha aplicado como costo extra de mantenimiento estimado.

Variables asociadas al lote

Porcentaje de malezas en el barbecho. Esta tecnología permite realizar aplicaciones allí donde se detecta la presencia de malezas emergidas. Por ende, cuanto menor sea el porcentaje de malezas en un lote, menor será la superficie a aplicar con herbicidas y mayor será el ahorro. Por ejemplo, en un lote de 100 hectáreas con un 30% de cobertura de malezas, un equipo para realizar aplicaciones selectivas pulverizará herbicidas sobre 30 hectáreas, lo que permitirá el ahorro del herbicida que se utilizaría en las 70 hectáreas restantes.

Costo del caldo. Este valor difiere según los herbicidas elegidos y las dosis a aplicar. Al momento de analizar el período de repago de la tecnología, hay que considerar únicamente los productos que actúan en posemergencia de las malezas (ej. glifosato, 2,4 D, Dicamba, graminicidas, desecantes, etcétera). A su vez, en los casos en los que se ingresa más de una vez al lote durante el período de barbecho, el valor del caldo a usar en los cálculos será el promedio resultante de los valores de los caldos utilizados en cada aplicación. Cuanto más caro sea el caldo usado en el barbecho, mayor será el beneficio que reporte el uso del sistema para realizar aplicaciones

selectivas. Por ejemplo, reducir en un 70% el uso de un caldo de 20 u\$/ha representará un ahorro de 14 u\$/ha, mientras que en el caso de un caldo de 35 u\$/ha, el mismo porcentaje de reducción implicará un ahorro de 24,5 u\$/ha.

Superficie a aplicar por año. El período de repago de la tecnología depende de la extensión de la superficie a trabajar. A mayor superficie trabajada, más rápido repago del equipo para realizar aplicaciones selectivas. Dos consideraciones importantes para efectuar cálculos: 1) En el caso de los dobles cultivos, si se realiza una pulverización antes de la siembra de cada uno, será necesario considerar la superficie de cada cultivo por separado. Por ejemplo, para un lote de 100 hectáreas de trigo/soja de segunda, hay que considerar las 100 hectáreas del barbecho de trigo y las 100 del barbecho de la soja de segunda; 2) Si sobre el barbecho de un mismo cultivo se realizan dos o más aplicaciones, será necesario multiplicar la superficie por la cantidad de veces que se realizó una aplicación.

Ejemplo de cálculo de repago

Supongamos un equipo con un botalón de 25 metros de ancho, donde se colocaron 20 metros del sistema para realizar aplicaciones selectivas de herbicidas:

- Costo de la tecnología (Proveedor “B”): 8500 u\$/m.
- Costo de colocación: 2000 u\$
- Costo extra por botalón equipado parcialmente: 1 u\$/ha*
- Costo de mantenimiento: 0,5 u\$/ha*
- Porcentaje de enmalezamiento promedio: 20% (en todos los lotes).
- Costo del caldo: 50 u\$/ha.
- Superficie del campo: 900 ha.
- N° de pulverizaciones por hectárea en los barbechos: 2.

**Valores estimados.*

Zidua[®] Pack
Herbicida con Axeev

El cambio para ganarle a las malezas.

E K3 Zidua[®] Pack
Inhibidor PPO y división celular

- 15 días extra de persistencia en tu lote.
- Eficacia en el control post emergente.
- Versatilidad.
- Amplio espectro de control.

BASF
We create chemistry

® Marca registrada BASF. Zidua contiene Axeev technology de Kumiai Co.

PELIGRO. SU USO INCORRECTO PUEDE PROVOCAR DAÑOS A LA SALUD Y AL AMBIENTE. LEA ATENTAMENTE LA ETIQUETA.

Costo de la inversión=metros a equipar x costo por metro+costo colocación

Beneficio por año=(superficie pulverizada total x costo del caldo x porcentaje de ahorro)-(costo extra+costo mantenimiento) x superficie pulverizada total)

$$\text{Período de repago} = \frac{(\text{Costo de la inversión inicial})}{\text{Beneficio por año}}$$

En este caso, según los supuestos del ejemplo, el costo de la inversión inicial es de u\$s 172.000, y el beneficio percibido por utilizar la tecnología es de u\$s 76.500 por año. Al dividir la inversión inicial por el beneficio anual se obtiene el período de repago de la tecnología: en este caso es de 2,2 años.

Análisis de sensibilidad

Este análisis ayuda a entender cómo las fluctuaciones en los valores de las diferentes variables pueden modificar los resultados. Supongamos dos ejemplos. En el primero se evaluó la sensibilidad del período de repago para una pulverizadora con un botalón de 20 metros equipada con la tecnología del proveedor “A” (costo: 5700 u\$s/m) ante cambios en la superficie a aplicar y el porcentaje de ahorro de herbicidas. Para realizar los cálculos, el costo del caldo se fijó en 50 u\$s/ha.

Cuadro 1. Sensibilidad del período de repago de la inversión (años) frente a variaciones en la superficie a trabajar y el porcentaje de ahorro de caldo

		Superficie (ha)									
		15,2	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000
Porcentaje de ahorro del caldo	30%	8,4	5,6	4,2	3,4	2,8	2,4	2,1	1,7	1,4	
	35%	7,1	4,8	3,6	2,9	2,4	2,0	1,8	1,4	1,2	
	40%	6,2	4,1	3,1	2,5	2,1	1,8	1,5	1,2	1,0	
	45%	5,4	3,6	2,7	2,2	1,8	1,6	1,4	1,1	0,9	
	50%	4,9	3,2	2,4	1,9	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	
	55%	4,4	2,9	2,2	1,8	1,5	1,3	1,1	0,9	0,7	
	60%	4,0	2,7	2,0	1,6	1,3	1,1	1,0	0,8	0,7	
	65%	3,7	2,5	1,8	1,5	1,2	1,1	0,9	0,7	0,6	
	70%	3,4	2,3	1,7	1,4	1,1	1,0	0,9	0,7	0,6	
	75%	3,2	2,1	1,6	1,3	1,1	0,9	0,8	0,6	0,5	
	80%	3,0	2,0	1,5	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	
	85%	2,8	1,9	1,4	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	

A medida que aumenta el porcentaje de ahorro del caldo, disminuye el tiempo de repago de la inversión. Así, con una superficie de 2000 hectáreas y un porcentaje de ahorro de caldo del 30%, el período de repago es de 4,2 años, mientras que con un porcentaje de ahorro de caldo del 75% dicho período se reduce a 1,6 años. Del mismo modo, a medida que aumenta la superficie trabajada disminuye el período de recupero de la inversión. Por ejemplo, para un porcentaje de ahorro del caldo del 70%, el período de repago en una superficie de 2000 hectáreas será de 1,7 años, mientras que en una superficie de 4000 hectáreas el período de repago será de 0,9 años.

En el segundo caso se realizó un análisis de sensibilidad para una pulverizadora con 20 metros de botalón equipada por el proveedor “B” (costo: 8500 u\$s/m) ante variaciones en el costo del caldo y la superficie a trabajar. Para el cálculo se fijó el porcentaje de ahorro de herbicidas en 60%.

Tal como se mencionó, el período de repago de la inversión disminuye a medida que el costo del caldo es mayor. En el ejemplo, con caldos con un valor promedio de 35 u\$s/ha será necesario trabajar una superficie de al menos 2000 hectáreas por año para que el período de repago de la inversión no sea mayor a 5 años. No obstante, con un costo del caldo de 50 u\$s/ha, para recuperar la inversión en menos de 5 años la superficie mínima a trabajar caería hasta 1500 hectáreas anuales.

Cuadro 2. Sensibilidad del período de repago de la inversión (años) frente a variaciones en la superficie a trabajar y el costo del caldo

		Superficie por aplicar (ha)									
		0,7	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000
Costo del caldo (u\$s/ha)	35	8,8	5,9	4,4	3,5	2,9	2,5	2,2	1,8	1,5	
	40	7,6	5,1	3,8	3,1	2,5	2,2	1,9	1,5	1,3	
	45	6,7	4,5	3,4	2,7	2,2	1,9	1,7	1,3	1,1	
	50	6,0	4,0	3,0	2,4	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	
	55	5,5	3,6	2,7	2,2	1,8	1,6	1,4	1,1	0,9	
	60	5,0	3,3	2,5	2,0	1,7	1,4	1,2	1,0	0,8	
	65	4,6	3,1	2,3	1,8	1,5	1,3	1,1	0,9	0,8	
	70	4,2	2,8	2,1	1,7	1,4	1,2	1,1	0,8	0,7	
	75	4,0	2,6	2,0	1,6	1,3	1,1	1,0	0,8	0,7	
	80	3,7	2,5	1,8	1,5	1,2	1,1	0,9	0,7	0,6	
	85	3,5	2,3	1,7	1,4	1,2	1,0	0,9	0,7	0,6	
	90	3,3	2,2	1,6	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7	0,5	

Hasta el momento, se analizó la inversión en un sistema para realizar aplicaciones selectivas de herbicidas desde el punto de vista de una empresa productora de granos que analiza la posibilidad de adquirir la tecnología. Sin embargo, este análisis también puede realizarlo una empresa que brinda servicios de aplicaciones. En ese caso, las variables más relevantes al momento de analizar la inversión serán: 1) las relacionadas con la maquinaria, como el costo de la tecnología, los metros de botalón a equipar y los costos extra generados por el mantenimiento y el uso de la tecnología; 2) la superficie a trabajar, y 3) el costo del servicio de pulverización.

A continuación, se presenta el análisis de sensibilidad del período de repago de la inversión para una pulverizadora con 20 metros de botalón equipada por el proveedor “B” (costo: 8500 u\$s/m) ante variaciones en el costo del servicio y la superficie a trabajar.

En el análisis se advierte que, a medida que la superficie a trabajar se incrementa, menor es el período de recupero de la inversión. Así, al considerar un costo del servicio de 8 u\$s/ha y una superficie de 5000 hectáreas, el período de repago de la inversión se alcanza en 5,3

años. Pero si la superficie a trabajar fuera de 10.000 hectáreas, el período de repago descendería a 2,6 años. Del mismo modo, el plazo disminuye en la medida en que el costo del servicio es mayor: si se trabajan 8000 hectáreas

Cuadro 3. Sensibilidad del período de repago de la inversión (años) frente a variaciones en la superficie a trabajar y el costo del servicio

		Superficie a trabajar (ha)								
		3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000
Costo del servicio (u\$s/ha)	4	22,9	17,2	13,8	11,5	9,8	8,6	7,6	6,9	6,3
	5	16,4	12,3	9,8	8,2	7,0	6,1	5,5	4,9	4,5
	6	12,7	9,6	7,6	6,4	5,5	4,8	4,2	3,8	3,5
	7	10,4	7,8	6,3	5,2	4,5	3,9	3,5	3,1	2,8
	8	8,8	6,6	5,3	4,4	3,8	3,3	2,9	2,6	2,4
	9	7,6	5,7	4,6	3,8	3,3	2,9	2,5	2,3	2,1
	10	6,7	5,1	4,0	3,4	2,9	2,5	2,2	2,0	1,8
	11	6,0	4,5	3,6	3,0	2,6	2,3	2,0	1,8	1,6

Financiación Galicia Rural
Impulsemos juntos tu producción
con soluciones 100% digitales

Siempre junto al campo

Galicia

con un costo del servicio de 8 u\$/ha, el período de recuperado de la inversión será de 3,3 años, pero si el costo del servicio trepara a 10 u\$/ha, el período de repago se reduciría a 2,5 años.

¿Cuál es el ahorro?

El uso de aplicaciones selectivas permite ahorrar una importante cantidad de herbicidas posemergentes. En promedio, se obtienen ahorros del 70-75%, aunque son muy frecuentes ahorros en el orden del 80-95%. De esta forma, un menor uso de herbicidas reduce de manera notable el costo de los barbechos químicos y las cantidades de agua y bidones que se utilizan. Así, la adopción de esta tecnología repercute con fuerza en las dimensiones económica y ambiental de las empresas adoptantes.

Ahorros por zona y por cultivo

Existen diversas variables que modifican el nivel de uso de herbicidas, el ahorro de dinero y el impacto que, eventualmente, podría generar la incorrecta aplicación de los agroquímicos. Muchas de estas variables fueron detalladas en la sección anterior (el porcentaje de enmalezamiento, los herbicidas utilizados y su costo, etcétera). A continuación, se presentan casos de estudio para diferentes zonas y cultivos. Es importante aclarar que, si bien son casos representativos, existe gran variabilidad entre las empresas en lo relativo al portfolio de cultivos sembrados, herbicidas utilizados y cantidad de aplicaciones de barbecho, entre otros factores.

Caso 1. Región CREA Mar y Sierras

Para la región sur de la provincia de Buenos Aires se presenta el caso de un establecimiento de 2300 hectáreas dedicado a la producción de trigo, soja, maíz y girasol. En el cuadro 4 se comparan los costos de los barbechos

realizados con aplicaciones convencionales versus los que se efectúan con aplicaciones selectivas.

En el caso del doble cultivo trigo/soja de segunda, el porcentaje de caldo ahorrado fue, en promedio, del 67,9%, lo que se tradujo en un ahorro de aproximadamente 34,3 u\$/ha por cada pasada realizada en el barbecho.

En el caso del maíz, el porcentaje de ahorro promedio de herbicidas fue de 63,7%, lo que representa 32,6 u\$/ha menos en cada aplicación. Por último, en el cultivo de girasol el porcentaje de ahorro fue del 67,5%, con un ahorro en el costo del barbecho de unos 28,2 u\$/ha. Si se tiene en cuenta la superficie destinada a cada cultivo, el ahorro general del establecimiento en herbicidas posemergentes fue de aproximadamente 158.290 dólares (cuadro 5).

La tecnología para realizar aplicaciones selectivas generó un ahorro en el uso de herbicidas y produjo, además, una disminución en la cantidad de principios activos aplicados por unidad de superficie (gráfico 1). En el caso de esta empresa, dicha reducción fue de 57,9, 57,1 y 55,6%, para el doble cultivo trigo/soja, el maíz y el girasol, respectivamente.

Cuadro 5. Cantidad de hectáreas por cultivo, número de pasadas en los barbechos, ahorro obtenido por pasada realizada con pulverizadora equipada con tecnología para realizar aplicaciones selectivas (u\$/ha) y ahorro total (u\$) para cada cultivo.

Cultivo	Hectáreas por cultivo	Número de pasadas por hectárea	Ahorro (u\$/ha)	Ahorro total (u\$)
Trigo/Soja de segunda	1000	2	34,3	68.500
Maíz	400	3	32,6	39.120
Girasol	900	2	28,2	50.670
Total				158.290

Cuadro 4. Costo del caldo asperjado en cada pasada de barbecho y promedio en aplicaciones convencionales y selectivas

Cultivo	Aplicaciones convencionales (u\$/ha)				Aplicaciones selectivas (u\$/ha)				Ahorro promedio (u\$/ha)
	Primera	Segunda	Tercera	Promedio	Primera	Segunda	Tercera	Promedio	
Trigo/Soja de segunda	68,8	45,2	-	57,0	20,6	24,9	-	22,8	34,3
Maíz	51,6	64,0	46,2	53,9	25,8	12,8	25,4	21,3	32,6
Girasol	60,9	44,1	-	52,5	24,4	24,3	-	24,4	28,2

Los herbicidas utilizados en los distintos cultivos fueron:

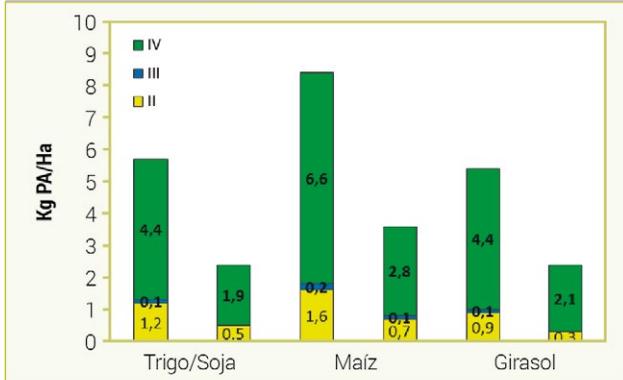
Trigo/soja de segunda: Glifosato, 2,4 D, Saflufenacil, Paraquat y Cletodim (1a); Glifosato, 2,4 D (2da).

Maíz: Glifosato, 2,4 D y Cletodim (1a); Glifosato, 2,4 D, Cletodim, Saflufenacil (2a); Glifosato y 2,4 D (3a);

Girasol: Glifosato, 2,4 D, Carfentrazone y Cletodim (1a); Glifosato, 2,4 D (2a)

Esta reducción en la cantidad de herbicidas aplicados trajo aparejada una disminución de los Coeficientes de Impacto Ambiental (EIQ) en los barbechos (gráfico 2). El uso de tecnologías para realizar aplicaciones selectivas produjo caídas en los valores de EIQ del orden de 59% en el doble cultivo trigo/soja, de 58,1% en el maíz, y de 53,3% en girasol.

Gráfico 1. Cantidad de principio activo aplicado por unidad de superficie según banda toxicológica para el doble cultivo trigo/soja, y los cultivos de maíz y girasol



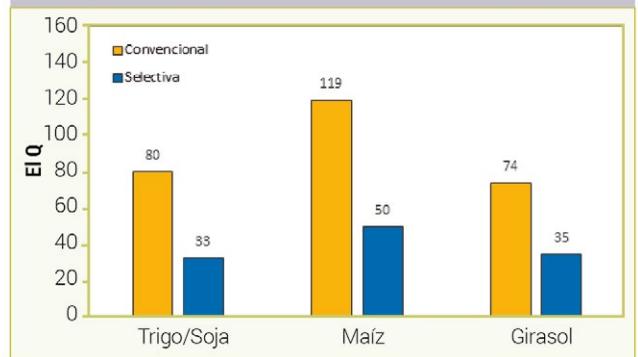
Referencias: Banda toxicológica: II –amarillo–: moderadamente peligroso; III –azul–: ligeramente peligroso; IV –verde–: productos que normalmente no presentan peligro.

Caso 2. Región CREA Centro

Se presenta el caso de un establecimiento de 2300 hectáreas dedicado a la producción de soja y maíz en la provincia de Córdoba. En el cuadro 6 se comparan los costos de los barbechos realizados con aplicaciones convencionales versus los barbechos con aplicaciones selectivas.

Para el cultivo de maíz, la reducción promedio en el uso de herbicidas fue de 67,2%, lo que permitió un aho-

Gráfico 2. Valores de EIQ en barbechos realizados con aplicaciones de herbicidas en cobertura completa (naranja) y con aplicaciones selectivas (azul) en el doble cultivo trigo/soja y en los cultivos de maíz y girasol



Cuadro 6. Costo del caldo asperjado en cada pasada de barbecho y promedio en aplicaciones convencionales y selectivas

Cultivo	Aplicaciones convencionales (u\$s/ha)				Aplicaciones selectivas (u\$s/ha)				Ahorro promedio (u\$s/ha)
	Primera	Segunda	Tercera	Promedio	Primera	Segunda	Tercera	Promedio	
Maíz	51,6	59,6	52,5	54,6	25,8	11,9	15,8	17,8	36,7
Soja	59,6	50,4		55,0	23,8	5,0		14,4	40,6

Los herbicidas utilizados en los distintos cultivos fueron: Maíz: Glifosato, 2,4D y Cletodim (1ra); Glifosato, 2,4D, Saflufenacil (2da); Glifosato, 2,4D y Saflufenacil (3ra). Soja: Glifosato, 2,4D y Saflufenacil (1ra); Glifosato, 2,4D y Saflufenacil (2da).

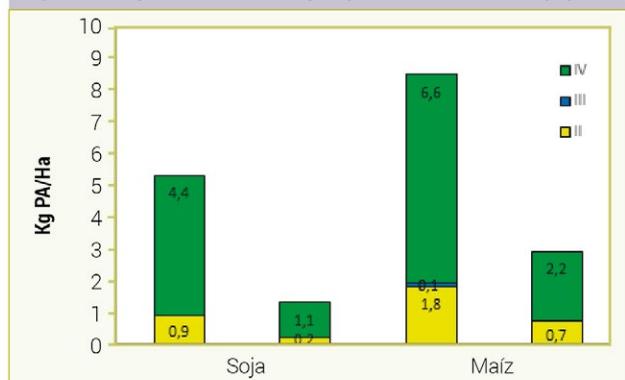


ro de 36,7 u\$s/ha. En el cultivo de soja, la disminución promedio fue de 72,7%, generando un ahorro promedio en el costo de los barbechos de 40,6 u\$s/ha. Según la superficie destinada a cada cultivo, el ahorro total del establecimiento en herbicidas posemergentes ascendió a u\$s 220.110 (cuadro 7).

Cuadro 7. Cantidad de hectáreas por cultivo, número de pasadas en los barbechos, ahorro obtenido por pasada realizada con pulverizadora equipada con tecnología para realizar aplicaciones selectivas (u\$s/ha) y ahorro total (u\$s) para cada cultivo.

Cultivo	Hectáreas por cultivo	Número de pasadas por hectárea	Ahorro (u\$s/ha)	Ahorro total (u\$s)
Maíz	1.150	3	36,7	126.730
Soja	1.150	2	40,6	93.380
Total				220.110

Gráfico 3. Cantidad de principio activo aplicado por unidad de superficie según banda toxicológica para los cultivos de soja y maíz



Referencias: Banda toxicológica: II –amarillo-: moderadamente peligroso; III –azul-: ligeramente peligroso; IV –verde-: productos que normalmente no presentan peligro.

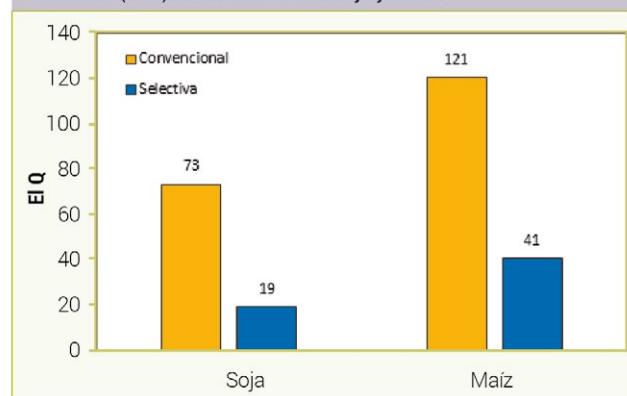
En esta empresa, el ahorro logrado en el uso de herbicidas en los cultivos de soja y maíz determinó una reducción en la cantidad de principios activos aplicados por unidad de superficie en el orden del 75,5% y del 65,9%, respectivamente (gráfico 3).

Esa reducción en la cantidad de herbicidas aplicados se tradujo en menores Coeficientes de Impacto Ambiental (EIQ) en las aplicaciones de barbecho (gráfico 4). Los sistemas para realizar aplicaciones selectivas de herbicidas en los cultivos de soja y maíz generaron caídas de los valores de EIQ del 73,8 y 66,3%, respectivamente.

Caso 3. Región CREA Chaco Santiaguense

Se presenta el caso de un establecimiento de 3000 hectáreas de la región Chaco Santiaguense dedicado a la producción de trigo, soja y maíz. En el cuadro 8 se comparan los costos de los barbechos realizados con aplica-

Gráfico 4. Valores de EIQ en barbechos realizados con aplicaciones de herbicidas en cobertura completa (naranja) y con aplicaciones selectivas (azul) en los cultivos de soja y maíz.



Cuadro 8. Costo del caldo asperjado en cada pasada de barbecho y promedio en aplicaciones convencionales y selectivas

Cultivo	Aplicaciones convencionales (u\$s/ha)					Aplicaciones selectivas (u\$s/ha)					Ahorro promedio (u\$s/ha)	
	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Promedio	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta		Promedio
Trigo/soja de segunda	3,0	25,1	37,5	47,6	28,3	9,2	14,3	11,2	47,7	-	20,6	7,7
Soja	36,6	36,4	47,7	-	40,2	9,4	6,3	3,8	47,7	-	16,8	23,4
Maíz	36,6	36,4	28,0	49,8	37,7	9,4	6,3	58,1	12,5	49,8	27,2	10,5

Los herbicidas utilizados en los distintos cultivos fueron:

Trigo/soja de segunda: cletodim, glifosato y 2,4 D (1ra); metsulfuron y glifosato (2da); cletodim, glifosato y 2,4 D (3ra); flumioxazin, sulfentrazone y glifosato (4ta).

Soja: cletodim, glifosato y 2,4 D (1ra); glifosato y 2,4 D (2da); cletodim, glifosato y 2,4 D (3ra); flumioxazin, sulfentrazone y glifosato (4ta).

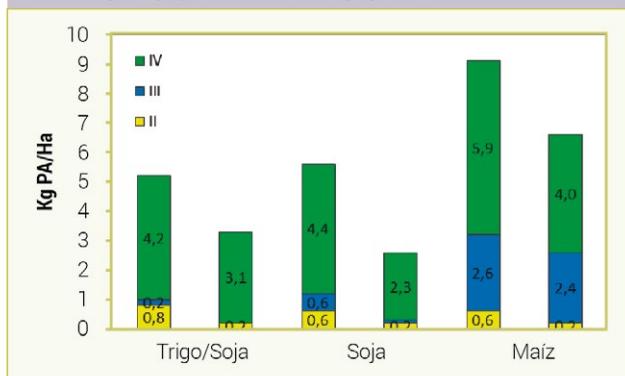
Maíz: cletodim, glifosato y 2,4 D (1ra); glifosato y 2,4 D; glifosato y adengo (3ra); glifosato, atrazina y metolaclo (4ta); glifosato, atrazina y metolaclo (5ta).

ciones convencionales versus los efectuados con aplicaciones selectivas.

En el caso del doble cultivo trigo/soja de segunda, el porcentaje de ahorro promedio de herbicidas fue de 22,3%. Esta reducción se tradujo en una disminución del costo por hectárea de los barbechos de aproximadamente 7,7 u\$/ha. En el caso del cultivo de soja de primera, el porcentaje de ahorro promedio de herbicidas fue del 45,5%, y generó una reducción en el costo de los barbechos de unos 23,4 u\$/ha. Finalmente, el porcentaje de ahorro de herbicidas promedio registrado en el cultivo de maíz fue del 23,3%, generando una disminución en el costo de los barbechos de unos 10,5 u\$/ha. Si se toma en consideración la superficie sembrada con cada cultivo, el ahorro total de herbicidas registrado en esta empresa fue de u\$ 178.012 (cuadro 9).

En esta empresa, el ahorro de herbicidas generó una reducción en la cantidad de principios activos aplicados por hectárea de 36,5% en el doble cultivo trigo/soja; de 53,6% en el cultivo soja, y de 27,5% en el cultivo maíz (gráfico 5).

Gráfico 5. Cantidad de principio activo aplicado por unidad de superficie (Kg PA/ha), según banda toxicológica para el doble cultivo trigo/soja y los cultivos de soja y maíz



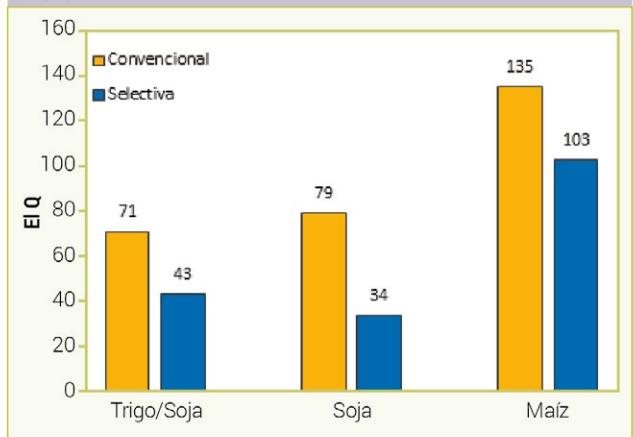
Referencias: Banda toxicológica: II –amarillo–: moderadamente peligroso; III –azul–: ligeramente peligroso; IV –verde–: productos que normalmente no presentan peligro.

En este caso, los Coeficientes de Impacto Ambiental (EIQ) se redujeron 39,3% en el doble cultivo trigo/soja; 57,4% en soja y 24,1% en maíz (gráfico 6).

Cuadro 9. Cantidad de hectáreas por cultivo, número de pasadas en los barbechos, ahorro obtenido por pasada realizada con pulverizadora equipada con tecnología para realizar aplicaciones selectivas (u\$/ha) y ahorro total (u\$) para cada cultivo.

Cultivo	Hectáreas por cultivo	Número de pasadas por hectárea	Ahorro (u\$/ha)	Ahorro total (u\$)
Trigo/ Soja de segunda	1050	4	7,7	32.415
Soja	1050	4	23,4	98.430
Maíz	900	5	10,5	47.167
Total				178.012

Gráfico 6. Valores de EIQ en barbechos realizados con aplicaciones de herbicidas en cobertura completa (naranja) y con aplicaciones selectivas (azul) en el doble cultivo trigo/soja y en los cultivos de soja y maíz.



3

Aprendizajes, virtudes y debilidades de la tecnología



Aplicación selectiva en el norte argentino (NOA y NEA)

■ Ing. Agr. Luis Robles Terán

Asesor privado.

Este capítulo relata el camino del autor en la búsqueda de sistemas de control de malezas más eficientes. En 2014, Luis Robles Terán se incorporó como asesor al CREA Guayacán, con la intención de enfocar su actividad profesional y generar conocimientos en la aplicación de nuevas tecnologías. En el presente capítulo se describe la realidad de productores, técnicos responsables

de producción, asesores y maquinistas. Las vivencias y aprendizajes decantaron en la conformación de equipos de trabajo altamente profesionalizados y en sistemas de producción más sostenibles.

En 2014, el grupo CREA Guayacán contaba con los dos primeros equipos de pulverización selectiva trabajando a campo en el Movimiento CREA. En 2015, durante la JAT Agrícola de la región CREA Chaco Santiagueño, se analizaron dos tecnologías “innovadoras” en materia de aplicación selectiva de fitosanitarios: WeedSeeker 1 y WEED-IT Ag. Lograr que el grupo adoptara correctamente la tecnología

era, por entonces, un verdadero desafío. Desde aquel momento, los técnicos y miembros CREA de las zonas NOA y Chaco Santiaguense han trabajado para cumplir con este objetivo y lograr sistemas productivos más eficientes, económicos y amigables con el ambiente.

Barbechos: que las malezas no se lleven el agua

Por definición, una maleza es una planta pionera en una sucesión primaria. Siempre que se produzca una alteración del sistema habrá especies vegetales buscando aprovechar la oportunidad que ese disturbio pudo haber generado. Para entender la dinámica del problema del enmalezamiento en un lote hay que entender el sistema de producción y el impacto de las decisiones en las que estamos involucrados: es vital diagnosticar los problemas, y evaluar qué parte de ellos puede ser la causa —o bien la consecuencia— de nuestro accionar. Identificar las especies de malezas presentes en los lotes, conocer su biología y momento de aparición, y cuantificar el número de individuos son cuestiones necesarias para el diseño de cualquier estrategia que permita llevar a cabo su control de forma eficaz y eficiente.

En la región norte del país se siembra por lo general un único cultivo al año, en rotaciones que pueden tener

entre un 35% y un 65% de soja como cultivo principal, acompañado de maíz como cultivo secundario. En algunos casos, durante el período que transcurre entre un cultivo y otro (cosecha de soja/siembra de maíz), un lote puede permanecer desnudo (sin vegetación cultivada) hasta cerca de 10 meses.

Cuando se considera el norte de Salta, la soja puede ser reemplazada por poroto, mientras que la superficie de maíz varía en función de los precios de cada campaña. Es necesario considerar que las distancias al puerto son mayores y que el costo del flete puede tornar inviable el cultivo, lo que genera la necesidad de producir gramíneas de otra manera (pastizales naturales de verano, como cultivo de servicio).

Por otro lado, en algunos sitios en particular (zonas con napa o con altas probabilidades de ocurrencia de lluvias) o en campañas especiales se generan situaciones en que la disponibilidad de humedad en invierno es elevada. En esos casos, se realiza entre un 10% y un 35% de cultivos de invierno —principalmente trigo, algo de avena y cebada— y luego se siembra un segundo cultivo durante el verano. En esta línea, desde el año 2018 la presencia relativa de cultivos de cobertura —hoy denominados “cultivos de servicios”— se ha incrementado, con lo cual la ventana invernal puede contar con lotes que confor-

Figura 1. Esquema de una rotación tradicional del norte argentino



Cuadro 1. Esquema de rotación de cultivos para distintas zonas del norte argentino

Se indica el porcentaje de barbecho largo y corto en cada una de ellas.

Zona	Verano			Barbecho largo (%)	Invierno-primavera				Barbecho corto (%)
	Soja (%)	Maíz (%)	Poroto (%)		Trigo (%)	Girasol (%)	Garbanzo (%)	Cultivos de servicio (centeno y vicia) (%)	
El norte en general	50	50		100					
	65	35		70	20			10	30
Chaco	50	45		70	10	15		10	30
Santiago del Estero	50	45			15	5		10	30
Salta	40	20	40	100				5	5
Tucumán	50	40	10		10		10		20

man puentes “verdes”, aunque éstos nunca superan el 20% de la superficie total.

Este sistema de producción, con extensos períodos sin cultivo en activo crecimiento, fue una de las principales causas del establecimiento de las malezas que hoy

dominan el sistema. Entre ellas podemos encontrar desde especies perennes o bienales que ocupan los lotes en el período invierno-primaveral, hasta otras anuales que aparecen con la llegada de las lluvias.

En estos sistemas de producción con períodos de barbecho tan extensos se requieren grandes volúmenes de herbicidas para manejar los problemas de malezas, algo que eleva los costos (gráfico 1) e incrementa el impacto sobre el entorno. A su vez, las condiciones ambientales de la región (baja humedad relativa y temperaturas de moderadas a altas) no siempre permiten realizar aplicaciones en tiempo y forma en grandes extensiones.

Como puede observarse en el gráfico 1, el gasto promedio en herbicidas (sin tener en cuenta aplicaciones ni coadyuvantes) oscila entre 87 y 133 u\$s/ha por año, lo que evidencia una gran variabilidad en una zona donde el manejo de malezas se realiza de forma similar.

En este sentido, la campaña 2014/15 fue una de las más onerosas para el grupo CREA Guayaacán en lo que respecta al costo asociado al manejo de malezas en barbecho. Ese año generó una honda preocupación por reducir los costos económicos y ambientales, finalmente se decidió adoptar sistemas para la aplicación selectiva en la mayor superficie posible (ver gráficos 2 y 3).

Gráfico 1. Gastos de herbicidas por empresa ordenados según la superficie en producción
CREA Guayaacán, campaña 2014/2015.



Gráfico 2. Superficie trabajada con aplicación selectiva de herbicidas vs. aplicación de herbicidas en cobertura total por campaña
CREA Guayaacán

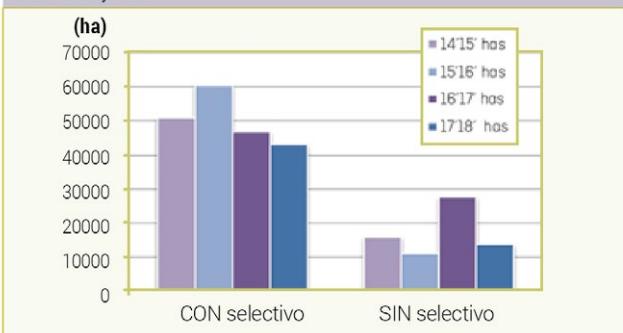
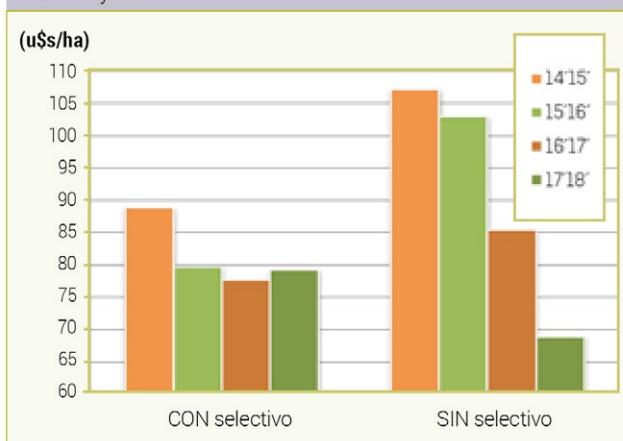


Gráfico 3. Evolución de los costos de control de malezas en barbecho en lotes manejados con aplicación selectiva de herbicidas vs. lotes manejados con aplicación de herbicidas en cobertura total por campaña
CREA Guayaacán



Fotos 1 y 2. Imágenes típicas de un lote en barbecho de la región norte



La aparición de malezas (rebrote o nacimientos) tiene lugar en los meses previos a la siembra del cultivo.

En este punto, cabe destacar que, por cuestiones de operatividad y logística, la aplicación selectiva de herbicidas se prioriza en aquellos lotes donde la necesidad de llevar a cabo este tipo de controles es mayor. Debe comprenderse que el uso de esta tecnología afecta a todo el sistema de forma dinámica; por ende, lotes que un año son la prioridad pueden dejar de serlo con el paso del tiempo.

Posibilidades de la tecnología

Planteado el escenario productivo, de la mano de la tecnología se comenzaron a diagramar estrategias de

Cuadro 2. Costos de herbicidas en función del número de pasadas en cobertura total (eje vertical) y con aplicación selectiva (eje horizontal)

CREA Guayacán. Campaña 2016/17.

		Aplicación selectiva (WEED-IT-WeedSeeker)							
		N° pasadas	0	1	2	3	4	5	6
Cobertura total	1								
	2			55.3	59.8	52	42.7	77.6	69.4
	3			73.7	60.2	59.8	74	67.1	72.3
	4	74.6	69.8	62.7	104	104.4			
	5	87.4	94.3	85	88.2	99.7			
	6	109	99	99	79.73				
	7	123	105	97			Promedio		81

Cuadro 3. Costos de control de malezas (herbicidas + labores) en función del número de pasadas en cobertura total (eje vertical) y con aplicación selectiva (eje horizontal)

CREA Guayacán. Campaña 2016/17.

		Aplicación selectiva (WEED-IT-WeedSeeker)							
		N° pasadas	0	1	2	3	4	5	6
Cobertura total	1								
	2			73.3	87	88	87.7	131.6	132.4
	3			96.2	91.7	100.3	123.5	125.6	139.8
	4	92.6	96.8	98.7	149	158.4			
	5	109.9	125.8	125.5	137.7	158.2			
	6	136	135	143.6	133.7				
	7	154.5	145.5	146.4			Promedio		121

manejo de malezas que permitieran intercalar el uso de ambas tecnologías (pulverización selectiva y en cobertura total). Ya que era posible combinarlas de forma eficiente, comenzaron a controlarse malezas emergidas con aplicaciones selectivas (utilizando productos posemergentes, de contacto y/o sistémicos, con o sin acción residual) anticipando el nacimiento (picos de emergencia) de nuevas malezas con el uso de productos residuales en cobertura total.

Este planteo debía lograr un equilibrio entre el gasto que supone el uso de herbicidas y el uso de la maquinaria; es decir, el costo operativo de la labor. Así, de las 4 a 7 pasadas de herbicidas que se realizaban de manera convencional desde el primer barbecho hasta el cierre del surco, 1 a 3 fueron reemplazadas por controles selectivos, con costos por debajo del promedio. Esta información se detalla en los cuadros 2 y 3, que ayudan a entender cuáles son las necesidades de maquinaria en función del objetivo, ya que permiten cuantificar la cantidad óptima de pasadas para mejorar el control de malezas y, en consecuencia, reducir los costos en el corto o mediano plazo.

En el cuadro 3 se observa la erogación total de herbicidas más las labores en un manejo de malezas con distintas combinaciones de aplicación selectiva y en cobertura total. Cada valor es el resultado medio por aplicación de una estrategia con una combinación determinada de ambos tipos de aplicaciones.

En la campaña 2016/17 no existían métricas que permitieran evaluar las ventajas derivadas de la adopción de tecnología para realizar aplicaciones selectivas de herbicidas. La información que se muestra en los cuadros 2 y 3 permitió avanzar en el entendimiento de esta técnica y ponderar el impacto en situaciones reales de manejo. Así, mientras que antes era habitual hacer seis pasadas en cobertura completa, tras la adopción de esta tecnología, dos de esas seis pasadas comenzaron a realizarse en forma dirigida. De esta forma, el costo de herbicidas más labores, que era de 136 u\$/ha, se redujo a 98 u\$/ha, generando un ahorro de 38 u\$/ha.

Sin embargo, en aquellos lotes que entraban en un proceso de “erradicación” de malezas, las pasadas no se reemplazaban, sino que se adicionaban: en esos casos, en más de una ocasión –y contrariamente a lo esperado– no se lograba reducir el costo del control de malezas. No obstante, esta posibilidad redundaba en una mejora, determinando un ahorro de insumos en el largo plazo.

Para alcanzar el éxito en el manejo de esta tecnología, es necesario pensar en términos estratégicos y ser pacientes durante el proceso de incorporación de la tec-

nología para capitalizar el aprendizaje que deriva de su uso. Con el tiempo, las estrategias se adaptan al sistema en función del modo en que se planifique la campaña. De esta manera, será necesario contemplar el esquema de rotación (y la posibilidad de hacer dobles cultivos, según la humedad disponible), el nivel de infestación de malezas y la incorporación de nuevos lotes (alquiler, aumento de escala, etcétera), así como el precio de los herbicidas y el valor de las labores, entre otros factores.

De todos modos, el manejo no siempre será el mismo. Cada año, la decisión puede e incluso debe ser diferente. Un manejo óptimo surge de la combinación entre la capacidad operativa de la empresa, su agilidad para tomar decisiones y la necesidad o posibilidad de disponer de la máquina y servicios en tiempo y forma. Es importante entender que cada campaña es diferente y que el uso que se le da a la tecnología es dinámico, entre años y entre lotes (cuadro 4).

Cuadro 4. Número de pasadas en cobertura total (CT) y con aplicación selectiva (W y WS), por empresa (N₁, ..., N₇) y por campaña. CREA Guayacán.

Superficie sembrada por empresa	Pasadas de máquina por empresa según campaña						Máquina
	2018/19		2019/20		2020/21		
	CT	Wl y WS	CT	Wl y WS	CT	Wl y WS	
N5-20.000 has.	4.1	1.1	3.0	1.3	3.1	1.5	Propia
N9-15.000 has.	4.2	0.7	3.6	0.3	2.5	0.8	Propia
N1-10.000 has.	3.0	2.6	3.0	2.2	1.8	1.8	Propia
N2-6000 has.	3.8	1.6	3.1	1.0	3.3	1.3	Propia
N3-6000 has.	3.6	1.7	4.2	0.9	3.2	0.5	Contratada
N7-2000 has.	3.7	2.0	2.4	1.1	3.6	1.3	Contratada
Promedio	3.5	2.0	3.2	1.3	3.0	1.2	



Otros aspectos a tener en cuenta al incorporar la tecnología de aplicaciones selectivas:

Costo de los insumos: en las últimas campañas, el valor de los insumos fue decreciendo, lo que determinó que el ahorro total de herbicidas sea menor. El más utilizado es el glifosato, que es también el producto más desvalorizado. Sin embargo, en la campaña 2021/22, el costo de los principales insumos aumentó en más del 50%.

Capacidad operativa: Máquinas “siempre listas” permiten aprovechar distintas ventanas de aplicación. Por ejemplo, en el cuadro 4, la empresa 9 no logró tener lista la pulverizadora con la tecnología para realizar aplicaciones selectivas en las épocas de mayor necesidad, por lo que aplicó menos hectáreas de lo deseable (no alcanzó a hacer una pasada a todo el campo). A su vez, la empresa 3 no contaba con máquina propia, por lo cual debió realizar las aplicaciones selectivas sólo cuando hubo maquinaria disponible, reduciendo la superficie con este sistema de aplicación. Por el contrario, la empresa 7 siempre tuvo a disposición las máquinas para realizar los servicios necesarios, aunque en la última campaña requirió un menor nivel de uso, a diferencia de lo sucedido en el ciclo 2018/19.

Clima: en años lluviosos hay mayor cantidad de malezas, lo que implica más pasadas de pulverización. A su vez, la humedad mejora la calidad de los controles al reducir las dosis de herbicidas requeridos.

Rotación: los lotes con más ocupación reducen entre 1 y 2 pasadas de pulverizadora (cobertura total + selectivas) o bien alteran los momentos de uso, ya que el control de malezas perennes/bienales se realiza antes de la implantación del cultivo para aprovechar mejor las herramientas químicas (por ejemplo, control de nabo y cardo antes de implantar garbanzo o control de rebrotes de *Chloris* antes de la implantación de trigo).

Regiones centro y sur del país

■ Ings. Agrs. Agustín y Esteban Bilbao

Asesores privados, co-fundadores de Viento SUR SRL.

Desde el año 2015 la problemática de malezas se complejizó en forma progresiva en las distintas áreas productivas del país, registrándose un aumento de poblaciones resistentes de especies como raigrás, yuyo colorado, nabolza, gramíneas de verano y rama negra,

entre otras. Esta situación trajo aparejado un aumento en el costo que implica su control, el cual ascendió desde unos 40 u\$s/ha/año a un promedio de 60-90 u\$s/ha/año. Incluso se registraron casos que llegan hasta los 160 u\$s/ha/año en lotes con raigrás resistente, nabolza y yuyo colorado.

Entre estos costos, sólo aquellos que corresponden a la aplicación de herbicidas posemergentes sobre la maleza en barbecho ya alcanzan los 40-60 u\$s/ha/año en gran parte de los casos, mientras que en aquellas zonas donde se manejan costos inferiores es factible pensar que todo empeorará si no comienzan a utilizarse otras herramientas de manejo.

Sumado a este aumento en los costos de producción, también ocurre que no se están alcanzando niveles de control satisfactorios: es decir que continúan en aumento los problemas generados por la presencia de malezas resistentes en los modelos productivos. En ocasiones, los controles deficientes tienen origen en malas elecciones de modos de acción y dosis de los productos. En otros casos, cuando se trabaja en cobertura total, el control químico no se efectúa en el momento oportuno debido al elevado costo de los barbechos; es decir, el control no se realiza cuando las malezas tienen un estadio de desarrollo y/o un tamaño adecuado, sino que se espera a que el lote se enmalezca aún más para “justificar” el costo del control. Finalmente, en algunos casos la baja efectividad de los controles responde a una falta de *timing* por problemas operativos y/o de logística.

Por estos motivos, entre otros, se incrementa el uso de herbicidas, lo que genera problemas de orden productivo, económico y ambiental, además de reclamos sociales. El avance de esta problemática *jaquea* a los sistemas productivos desde el punto de vista empresarial por el aumento de costos; desde la perspectiva ambiental, por el impacto de la actividad sobre el entorno, y desde lo social, porque se reclama una mayor eficiencia. Mientras tanto, las malezas evolucionan a un ritmo más acelerado que el de nuestras estrategias de manejo.

Las aplicaciones dirigidas están llamadas a solucionar gran parte de esos problemas. La adopción de esta tecnología ha permitido realizar los controles con el herbicida correcto cuando el tamaño de las malezas es el adecuado, mejorando la eficacia de los controles e incrementando la sostenibilidad de los sistemas de producción. A modo de ejemplo, en las fotos 3 y 4 puede observarse el nivel de control de una planta de rama negra 10 días luego de la aplicación. En esa ocasión se utilizó un equipo WEED-IT Ag, y se aplicó una mezcla de Glifosato + 2,4 D + Dicamba + Rinaxipyr. Pero lo más importante es que sólo se utilizó un 15% del

volumen de los herbicidas que se habrían utilizado en cobertura total.

Durante las campañas 2019/20 y 2020/21, los grupos de usuarios de WEED-IT Ag del Centro-Sur del país (centro y sur de Córdoba, sur de Santa Fe y provincia de Buenos Aires) y del Sudeste de Buenos Aires registraron ahorros que llegaron hasta el 70% de los herbicidas utilizados en posemergencia de malezas en los barbechos, equivalentes a unos 28 u\$s/ha/año. Estas reducciones trajeron aparejadas disminuciones del Índice EIQ¹ del orden del 70%. Adicionalmente, esta tecnología ha generado una fuerte reducción en el uso de glifosato y otros herbicidas, especialmente en lotes cercanos a zonas consideradas críticas (periurbanas, escuelas, etcétera), morigerando la conflictividad social.

Implementación

A la hora de analizar la adopción de esta tecnología en nuestro sistema de producción deberán contemplarse distintas dimensiones de análisis y responderse diversos interrogantes.

Perspectiva empresarial

- ¿Es mejor contratar a alguien que brinde el servicio o ayudarlo a comprar el equipo?
- ¿Es preferible equipar la propia pulverizadora o sumar una nueva?
- ¿Debería optar por WEED-IT Quadro o Weed-Seeker 2?
- ¿Con qué pulverizador voy a trabajar (marca y modelo)? ¿Qué ancho de botalón será necesario? ¿Utilizo una pulverizadora con un tanque y una línea de aplicación o sumo la línea de aplicación dirigida a la de cobertura total?
- ¿Conviene utilizar doble tanque con doble línea para realizar aplicaciones en cobertura total (con una dosis mínima o con residuales) y dirigida en una misma pasada?
- ¿Cuáles son los créditos disponibles y cómo los voy a amortizar?

Logística

- ¿El equipo sale armado de fábrica o debo encontrar a alguien que lo instale en mi pulverizadora?
- ¿Es necesario colocar una protección para que las cañas del maíz no dañen los picos?

Fotos 3 y 4. Control de rama negra con WEED-IT, 10 días después de la aplicación
Lobería, provincia de Buenos Aires.



- ¿Voy a colocar algún tipo de patines, ruedas o topes para estabilizar la altura de trabajo en lotes desparejos?

Monitoreo del problema y usos de la tecnología

La adopción de esta tecnología afecta a todos los procesos vinculados a la aplicación de herbicidas, incluyendo el monitoreo. Para utilizarla correctamente, es prioritario identificar las malezas presentes en el lote y relevar su cantidad y tamaño, para así definir el objetivo que se pretende controlar con la aplicación de barbecho.

A menudo ocurre que las malezas cuyo tamaño no supera los cinco centímetros “no preocupan tanto”. Incluso en el caso de que las malezas gramíneas sean de trigo guacho, se puede tolerar su presencia para controlarlas cuando sean más grandes. Por otra parte, no es lo mismo un barbecho corto que uno largo. En los barbe-

¹ EIQ es un índice que cuantifica el impacto ambiental de los distintos agroquímicos, para ayudar a los productores a tomar mejores decisiones. Considera factores como la toxicidad (dérmica, ariar, crónica, abeja, pez, artrópodo beneficioso), la vida media en suelo, el potencial de lixiviación, la vida media de la superficie de la planta, el potencial de pérdida de la superficie y los efectos sobre los trabajadores agrícolas y consumidores, entre otros.

chos largos, tal vez sea posible tolerar el escape de alguna maleza pequeña, del mismo modo que en uno corto destinado a fina se podrían tolerar bajas densidades de *Sonchus* o *capiquí* de pequeño tamaño. No obstante, no ocurriría lo mismo si la maleza en cuestión fuera raigrás.

En ese momento es necesario preguntarse si la aplicación a realizar debe ser dirigida o en cobertura total, o si acaso se puede esperar y luego trabajar con el equipo, utilizando una mayor sensibilidad (sacrificando ahorro). En el caso de WEED-IT Quadro, el nivel de sensibilidad más usado es el número 2 (esta tecnología ofrece una escala que va de 1 a 5), mientras que en el caso de WeedSeeker 2 se utiliza un índice entre 10 y 12 (esta escala va desde 0 –más sensible– hasta 30 –menos sensible–). Sin embargo, esta decisión depende de la maleza objetivo y de su tamaño: por ejemplo, si se desea controlar gramíneas como raigrás será necesario ajustar aún más el nivel de sensibilidad.

En cualquier caso, el concepto que no se debe perder de vista es que hay que actuar cuando las malezas tienen el tamaño adecuado. Con rama negra, las dosis de marbete recomiendan realizar las aplicaciones cuando la maleza se encuentra en estado de roseta y tiene un diámetro de hasta 10 centímetros, ya que el costo de entrar a tiempo siempre será menor que el que implica ingresar al lote para una aplicación en cobertura total, esperando a que “se enmalezca un poco más”. En esta situación es muy probable que las malezas se vuelvan

incontrolables por su nivel de desarrollo y acaben escapando para luego semillar.

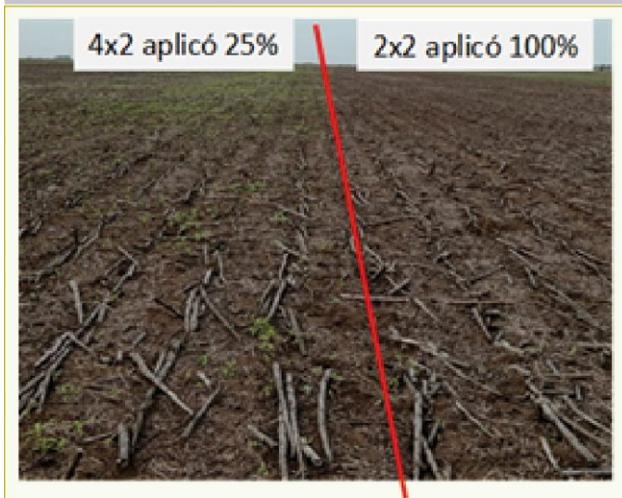
Recapitulando, es necesario usar los herbicidas y las dosis adecuadas considerando el tamaño de las malezas que se quiere controlar. Este criterio es el más importante, aunque en algunos casos también se puede analizar la conveniencia de aumentar la dosis. En esta línea, ciertas experiencias realizadas a campo y los aprendizajes obtenidos del trabajo realizado en el norte argentino indican que con WeedSeeker las dosis suelen incrementarse entre un 30 y un 50%, debido la superposición entre picos y la dificultad de regularlas al variar la velocidad de avance, algo que no sucede con WEED-IT.

Al reducir la superficie aplicada (y, por lo tanto, los costos de las aplicaciones), se pueden mejorar las mezclas de herbicidas a utilizar al combinar distintos modos de acción, e incluso utilizando productos específicos que, aplicados en cobertura total, resultarían muy onerosos.

Otro de los usos que habilita esta nueva tecnología es la posibilidad de sumar productos residuales en tratamientos aplicados únicamente en las zonas donde se registre la presencia de malezas, para controlar futuros pulsos de emergencia (por ejemplo, adición del herbicida residual pyroxasulfone en una aplicación para realizar un doble golpe en lugares con mayor presencia de raigrás).

Actualmente, incluso se están recopilando mapas de aplicaciones selectivas, pensando en la aplicación de herbicidas residuales o post cultivo con prescripción, apuntando a los sectores donde hubo mayor presencia de malezas durante el período de barbecho. Estas estrategias no sólo sirven para controlar mejor las malezas con un menor uso de herbicidas, sino que además permiten disminuir el riesgo de fitotoxicidad por carry over en el cultivo posterior.

Foto 5. Izquierda. Trabajo con sensibilidad 4 y margen 2 (dejando que escapen malezas de menos de 5 centímetros de diámetro). La meta es lograr un ahorro del 75% de una mezcla de herbicidas para controlar malezas de gran tamaño que quedaron en el lote luego de la cosecha.



Fuente: Experiencia con WEED-IT Quadro, abril 2021, Lobería, provincia de Buenos Aires.

Aspectos a considerar antes de realizar la aplicación

Para lograr el correcto funcionamiento del equipo es necesario limpiar los sensores y chequear que todo funcione bien. También es importante revisar la estabilidad del botalón, ya que grandes oscilaciones durante la labor pueden determinar que el producto no dé en el blanco o que la maleza reciba una subdosis de herbicida.

Otro aspecto fundamental cuando se usa WeedSeeker es mantener una velocidad de trabajo constante, ya que el equipo no tiene la capacidad de regular la dosis ante variaciones en la velocidad de avance: si se circula rápidamente se aplicará una dosis menor a la deseada, mientras que si se va más lento la dosis será mayor. Con WEED-IT las variaciones de velocidad de avance

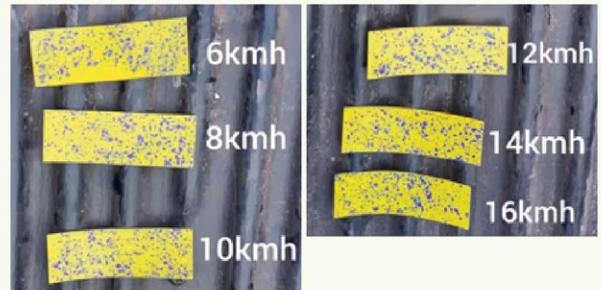
se compensan automáticamente a través de las válvulas PWM, que permite mantener constante la dosis, sin importar la velocidad de avance de la pulverizadora (foto 6).

Por otra parte, es necesario tener cuidado con el viento, ya que las endoderivas (derivas de producto dentro del lote) determinan que el producto aplicado no dé en el blanco. En nuestra experiencia con WEED-IT es posible trabajar tranquilos con ráfagas de hasta 20 km/h. Superado ese umbral, los resultados dependerán de la condición en la que se lleva a cabo la aplicación, de la altura de trabajo del botalón, del tipo de gotas generadas y de la intensidad del viento.

En cuanto a la carga a preparar, se puede hacer una primera pasada para estimar cuánto se está utilizando realmente. Otra posibilidad es cargar menos de lo necesario para la superficie en cuestión: algunos usuarios suelen considerar el 10% del área a tratar y después

ajustan. Finalmente, no hay que dejar de considerar la posibilidad de efectuar una pasada en cobertura total para contar con un testigo.

Foto 6. Tarjetas hidrosensibles obtenidas a diferentes velocidades de avance con WEED-IT Quadro.



El ejemplo muestra cómo se puede trabajar con las válvulas PWM a diferentes velocidades de avance manteniendo la calidad de aplicación.

Ahorrá 48% del costo
de pulverización evitando
incompatibilidades de mezclas

¡Escribinos!



Bien acompañado llegás más lejos
www.agrospray.com.ar


AgroSpray

Además, es conveniente llevar siempre un poco más de herbicida, para prevenir eventuales errores de cálculo en la preparación de la cantidad de caldo de aspersión a utilizar (con la práctica esto se va ajustando).

WeedSeeker lee NDVI: así, al llegar al lote hay que elegir una superficie que posea cobertura de rastrojo (sin malezas) para calibrar el equipo e indicarle que esa es su situación con NDVI “0”, para que la aplicación sólo se efectúe en aquellos sectores donde se detecten valores de NDVI mayores. Si las condiciones del rastrojo cambian mientras se efectúa la aplicación (por ejemplo, su humedad), será necesario recalibrar el equipo.

En aplicaciones en verde sobre verde, la calibración debe realizarse en un sector representativo del cultivo donde no se registre la presencia de malezas. Con WEED-IT, al llegar al lote sólo deben seleccionarse la sensibilidad y el margen a utilizar. Luego habrá que realizar un ajuste de sensibilidad posterior y verificarlo a campo mediante el uso de tarjetas, para comprobar que la aplicación está dando en el blanco.

Luego de la aplicación se deben evaluar los controles, teniendo siempre presente cuál era el objetivo de ese barbecho, para seguir con el ajuste y mejora del proceso.

Mientras que en las aplicaciones en cobertura total lo más habitual es que se escapen malezas de gran porte por el herbicida seleccionado y/o la dosis aplicada, en las aplicaciones selectivas las malezas que escapan a los controles suelen ser las más pequeñas, que pueden ser controladas más adelante.

En nuestra experiencia, con los equipos WEED-IT se logra un mejor control de malezas que el alcanzado en aplicaciones en cobertura total, básicamente porque se elige con más cuidado el momento de control, los herbicidas y las dosis a utilizar.

Este cambio de paradigma implica más trabajo y más agronomía, pero conlleva una mejor comunicación entre asesor, productor y contratista para tomar deci-

siones más precisas. En definitiva, los beneficios que reporta el uso de esta tecnología son mucho mayores que los esfuerzos extra que demanda.

Errores habituales

Es cierto que en algunos lotes se han registrado controles deficientes. Las principales causas registradas fueron las siguientes:

- Utilización de equipos que no regulan dosis aplicada. Estas situaciones se presentan generalmente en lotes chicos o desparejos, que impiden a la pulverizadora mantener una velocidad de avance constante.

- Dificultades a la hora de calibrar/configurar los equipos. En general, se trabaja mejor con el botalón a 60 centímetros del suelo y pastillas con ángulos que superponen el 40 a 60%.

- Utilización de equipos en condiciones distintas a las que fueron configurados (i.e.: trabajo con el botalón a una altura diferente a la que fue configurado para trabajar con pastillas con un ángulo de aspersión determinado).

- Utilización de equipos configurados sin margen de seguridad en función de la altura del botalón y el ángulo de aspersión de las pastillas.

- Calibración deficiente de los equipos. Esto puede deberse a distracciones de los operarios, aunque hay equipos que necesitan ser calibrados al momento de cambiar de lote o cuando se modifica la humedad del rastrojo. En esos casos, se recomienda la presencia de un encargado para auxiliar al operario.

- Utilización de los equipos con vientos superiores a los 20 km/h. Esta situación produce endoderrivas que determinan que las aplicaciones no alcancen el blanco.

- Errores de comunicación entre asesor y operario sobre el margen y la sensibilidad del equipo a utilizar para realizar la aplicación.

4

El futuro de las tecnologías para el control de malezas

■ **Ing. Agr. Gabriel Tinghitella**
Líder del Área de Innovación de CREA



Durante la década de 1990 el sector agropecuario argentino atravesó un proceso de grandes transformaciones. En 1996, la aprobación del uso de la soja resistente al herbicida glifosato puso al alcance del productor una alternativa económica y eficaz para controlar malezas (Satorre, 2005). La fórmula soja + glifosato, potenciada por la adopción masiva de la siembra directa, favoreció la expansión de la frontera agrícola a zonas hasta entonces consideradas marginales para la producción de cultivos agrícolas, y el reemplazo de las labranzas por la aplicación de herbicidas en cobertura total a gran escala.

Diez años después, en la campaña 2006/2007, el área sembrada con soja genéticamente modificada había crecido un 141,5%, superando los 16 millones de hectáreas (Serie de tiempo de soja, Datos.gob.ar). En esos años, el uso del glifosato en grandes extensiones en las que predominaba el cultivo de la oleaginosa ejerció una presión de selección sostenida sobre las poblaciones de malezas, dando lugar a la aparición de las primeras especies resistentes a dicho herbicida (Papa y García, 2020). Hacia el año 2005 se confirmaba la aparición de la primera especie de maleza resistente al glifosato. Actualmente se informan, de manera oficial, veintidós especies resistentes

y cinco tolerantes a cuatro principios activos distintos (REM 2021. Aapresid).

En consecuencia, en los últimos años se registró un deterioro en la eficacia de los controles realizados con herbicidas, y su costo se incrementó de forma notable. En la campaña 2017/18, en lotes de productores CREA, el costo del control de malezas con especies resistentes y/o tolerantes a herbicidas fue, en promedio, 22 u\$s/ha superior al costo de los controles en lotes sin malezas problemáticas. Este incremento pudo tener su origen en múltiples causas: la necesidad de una mayor cantidad de controles, el refuerzo de las dosis y/o la inclusión de productos más caros en los caldos que se asperjan en los lotes.

De este modo, los productores estaban interesados en reducir el nivel de uso de insumos y mejorar los niveles de eficacia para llevar a cabo el control de malezas, lo que configuró el escenario ideal para el desembarco de los primeros sistemas para realizar aplicaciones selectivas de herbicidas. La posibilidad de estas aplicaciones a escala extensiva llegó a la Argentina de la mano de dos desarrollos comerciales: WEED-IT y WeedSeeker.

Desde las primeras pruebas realizadas en 2012 hasta el año 2020 se pusieron en funcionamiento en el país más de 450 equipos (Robles Terán, Jornada de Malezas CREA 2020). El impacto positivo generado por el uso de esta tecnología en las aplicaciones de barbecho se expresó de diversas formas. En función de las estrategias de control y de los niveles de enmalezamiento, el ahorro de herbicidas informado osciló entre el 65% y más del 90% (Bilbao, Agroactiva Virtual 2020). Estos niveles de ahorro permitieron incrementar la cantidad de aplicaciones y utilizar principios activos específicos, cuyo costo determinaba que fuera prohibitivo utilizarlos en aplicaciones en cobertura total (Chaco Santiagueño. Revista CREA N°463). Es así que la tecnología permitió mejorar el *timing*, la especificidad y la eficacia de los con-

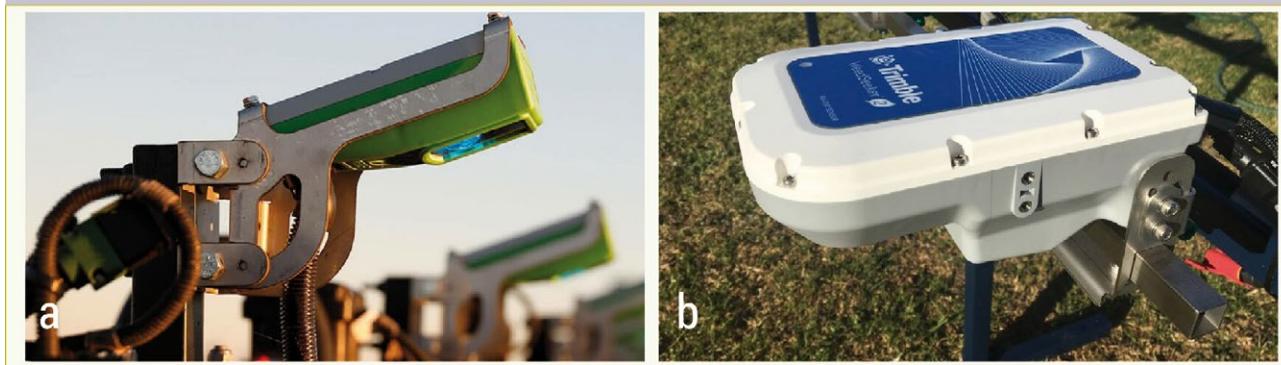
troles. Adicionalmente, el ahorro en el uso de agroquímicos trajo aparejadas reducciones de los Coeficientes de Impacto Ambiental (EIQ). Se han citado reducciones de EIQ que oscilaron entre el 60% (Farragó y Galdeano 2018) y el 78% (Bilbao, Agroactiva Virtual 2020) cuando se compararon aplicaciones selectivas contra aplicaciones en cobertura total.

En la actualidad, ya se encuentra disponible una nueva generación de sistemas que permiten realizar aplicaciones selectivas de herbicidas en barbechos. Se trata de los sistemas WEED-IT Quadro y WeedSeeker 2 (fotos 1 y 2). Sus particularidades y los beneficios que reporta su uso ya fueron descritos en el primer capítulo de este manual.

Sin embargo, la innovación y el desarrollo tecnológico no se detienen. Son varias las empresas que trabajan en una nueva generación de soluciones que buscan realizar aplicaciones selectivas de herbicidas en cultivos emergidos. Se trata de sistemas inteligentes que, mediante el uso de imágenes, pueden diferenciar plantas de malezas de aquellas de cultivos, y aplicar herbicidas de forma selectiva y en tiempo real. Cámaras de video montadas sobre el botalón de la pulverizadora capturan imágenes que son procesadas por un algoritmo previamente entrenado para diferenciar los distintos tipos de plantas. Cada vez que el algoritmo detecta una maleza, envía una señal para que el actuador, que comanda el accionamiento del pico de la pulverizadora sobre la maleza identificada, se abra y permita aplicar el herbicida en tiempo real. Tal como ocurre con los sistemas de primera y segunda generación que permiten realizar aplicaciones selectivas de herbicidas en barbechos, estos sistemas se adaptan a cualquier botalón, no requieren conectividad a internet y funcionan de manera autónoma.

Dos de las empresas que trabajan activamente en el desarrollo de este tipo de soluciones son argentinas: se trata de las firmas DeepAgro y Plantium. SprAI, la

Fotos 1 y 2. Segunda generación de sistemas para realizar aplicaciones selectivas de herbicidas: a) Sensores del sistema WEED-IT Quadro. b) Sensores del sistema WeedSeeker 2

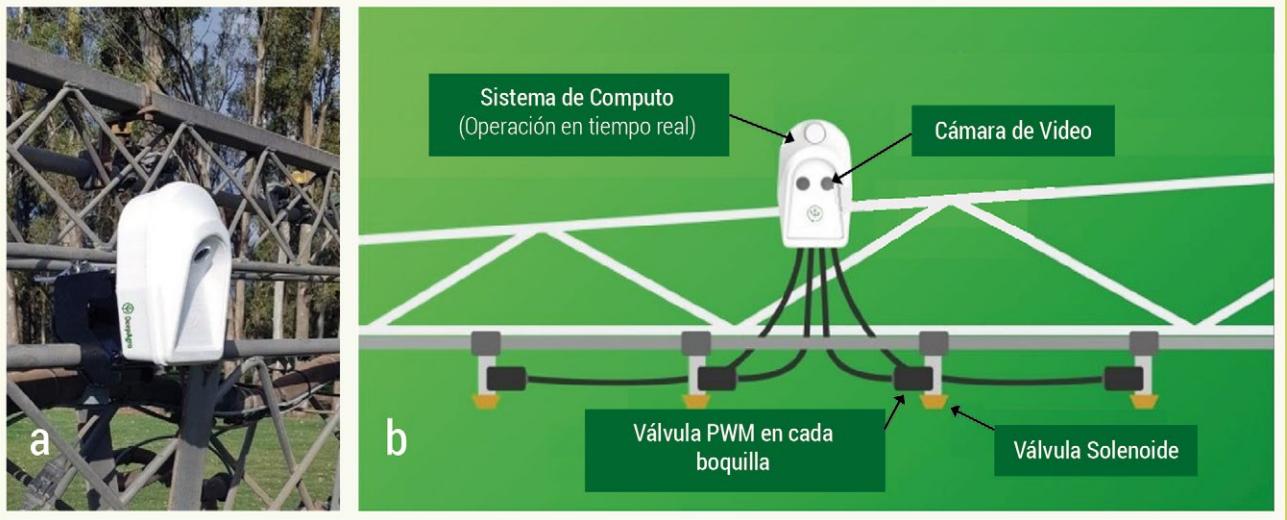


solución que ofrece la empresa DeepAgro, permite detectar malezas de tres centímetros cuadrados sobre barbechos y cultivos de soja en siembra directa. Este sistema, que opera sobre pulverizadores que se desplazan a una velocidad de hasta 15 km/h y puede procesar hasta 20 imágenes por segundo, posee una efectividad de detección de malezas informada del orden del 90%. El plan de desarrollo tecnológico de la empresa indica

que en los próximos dos años la detección de malezas se extenderá a diversos tipos de cultivos (maíz, algodón, maní, etc.) y podrá realizarse con velocidades de desplazamiento del pulverizador de hasta 25 km/h.

El sistema Ocuweed de la empresa Plantium aún se encuentra en fase de desarrollo. En este caso, el algoritmo que procesa las imágenes capturadas por las cámaras de video efectúa el geoposicionamiento de cada

Fotos 3 y 4. Sistema de aplicación selectiva de herbicidas DeepAgro. a) Dispositivo instalado en el botalón; b) Componentes del sistema.



Adaptado de <https://www.deepagro.co/>

Fotos 5, 6 y 7. Sistema de aplicación selectiva de herbicidas Ocuweed. a) Cámaras de video; b) Procesamiento de imágenes mediante algoritmos de inteligencia artificial; c) Aplicación selectiva de agroquímicos sobre las malezas detectadas.



Adaptado de <https://ocuweed.com/>

una de las malezas identificadas y la aplicación del herbicida es realizada por el pico que pasa sobre los puntos georreferenciados. Es decir que el trabajo de las cámaras no se encuentra relacionado con una sección específica del botalón. Esta particularidad permite operar con precisión en recorridos curvos.

En paralelo, en el mundo se trabaja en el desarrollo de sistemas de control selectivo que proponen directamente el reemplazo de los productos de síntesis química. Este nuevo tipo de soluciones permitiría superar las limitaciones impuestas por la aparición de tolerancias y resistencias a la aplicación de herbicidas. En todos esos sistemas, el mecanismo de detección de malezas es similar al descrito previamente: cámaras de video registran imágenes que luego son procesadas por algoritmos de inteligencia artificial para identificar malezas y enviar las señales que accionan los actuadores para que se efectúe el control selectivo en tiempo real. La diferencia central entre estos sistemas reside en los tipos de actuadores y los mecanismos que emplean para realizar el control.

El primer gran grupo reúne sistemas de control selectivo basados en actuadores mecánicos. Dentro de este conjunto existe una gran variedad de alternativas. Entre ellas se encuentran los sistemas que permiten realizar el control selectivo de malezas por extracción o estampado. Ambos realizan una mínima remoción del suelo, por lo tanto, potencialmente podrían ser adaptados para implementarlos en sistemas de producción basados en siembra directa.

Un ejemplo de un mecanismo de control selectivo mediante la extracción de plantas individuales de male-

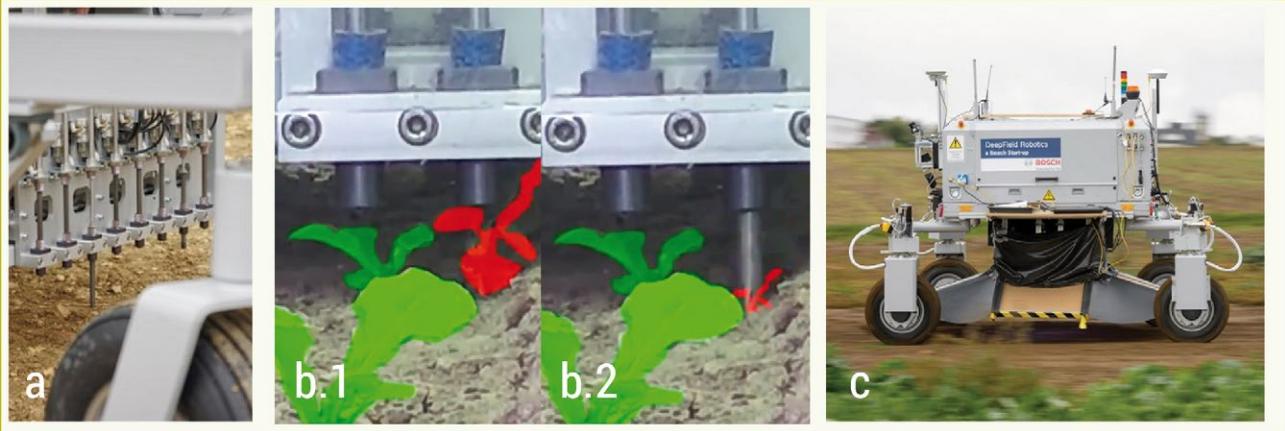
zas es el que propone la empresa neerlandesa Odd.bot. Se trata de un brazo delta, similar a los que se observan en algunos tipos de impresoras 3D, que en su extremo aloja un cabezal extractor. Dicho cabezal consiste en tres dedos que pueden abrirse y cerrarse para tomar plantas individuales. Una vez que los algoritmos de inteligencia artificial identifican las plantas de malezas a partir de las imágenes capturadas por las cámaras de video, el brazo delta posiciona el cabezal sobre ellas, mientras sus dedos se abren y cierran para tomarlas y extraerlas de forma individual a gran velocidad.

El mecanismo de control selectivo mediante el estampado de malezas fue testeado en el marco del proceso de desarrollo de BoniRob, una plataforma agrícola autónoma multipropósito desarrollada por la firma Deepfield Robotics. Inicialmente, el actuador se presentó como un brazo delta que portaba en su extremo el mecanismo de control: un tubo de impacto con borde afilado. Luego evolucionó hacia un cabezal móvil equipado con un set de tubos de impacto. En ambos casos, el principio de funcionamiento era el mismo: cuando el sistema de detección identificaba una planta de maleza a partir del procesamiento de las imágenes capturadas por las cámaras de video, el actuador (brazo delta o cabezal móvil) posicionaba un tubo de impacto sobre ella. Acto seguido, el tubo descendía velozmente para que su borde afilado dañara la parte aérea de la maleza sobre la que estaba impactando. En pruebas de campo, Langsenkamp et al. documentaron en 2014 eficacias de control superiores al 90%, señalando que se trataba de un desarrollo promisorio con mucho margen de mejora.

Fotos 8 y 9. Sistemas de control selectivo mecánico por extracción: a) Actuador con cabezal de control por extracción; b) Robot Odd.bot equipado con el sistema de control selectivo mecánico por extracción en un cultivo extensivo.



Fotos 10, 11, 12 y 13. Sistemas de control selectivo mecánico por estampado: a) Cabezal móvil equipado con una batería de tubos de estampado; b1) Maleza (en rojo) y tubo de estampado retraído antes de impactarla, b2) tubo de estampado desplegado impactando la maleza; c) Plataforma BoniRob equipada con el sistema de control selectivo mecánico por estampado.



YPF
agro

YPF AGRO, ESTAMOS EN CADA MOMENTO, PARA QUE TODO VUELVA A EMPEZAR.

Acompañarte siempre es acercarnos con el portfolio de insumos más completo, asesoría y análisis especializados y soluciones integrales pensadas para cada necesidad. Desde antes de la siembra hasta el después de la cosecha.

sistema
integra
YPF agro

summa
YPF agro

ILLINOIS

Y-TERRA
BIOLÓGICO

INFINIA DIESEL

EXTRAVIDA

📺
📷
f
🐦
@ypfagro

Impulsando lo nuestro **YPF**

El segundo grupo engloba a los sistemas de control selectivo basados en la aplicación de pulsos láser y de electricidad. Una de las empresas que impulsa el control selectivo de malezas mediante la aplicación de pulsos láser es Carbon Robotics. La solución que propone es una plataforma autónoma dotada de 12 cámaras de alta resolución que se ocupan de identificar las plantas de malezas, y 8 módulos de desmalezado independientes, cada uno de los cuales está equipado con un láser de CO₂ de 150 watts de potencia. Las cámaras identifican las plantas de malezas, fijan su posición y realizan el control a partir de la aplicación de pulsos láser (energía térmica) sobre el ápice de crecimiento de las plantas. Esta solución permite efectuar un disparo cada 50 milisegundos. La capacidad de trabajo de la plataforma oscila entre 6 y 8 hectáreas por día. Actualmente, esta solución está siendo testeada en campos de EE.UU. en los que se producen especialidades.

Pero este no es el único caso. La herramienta de control láser diseñada para equipar la plataforma multipropósito Thornvald (desarrollada por la Norwegian University of Life Sciences), la *startup* lituana Weedbot y el proyecto We Laser, impulsado por la Unión Europea, son sólo algunos ejemplos entre la creciente cantidad de equipos que trabajan en el desarrollo de una solución de este tipo alrededor del mundo.

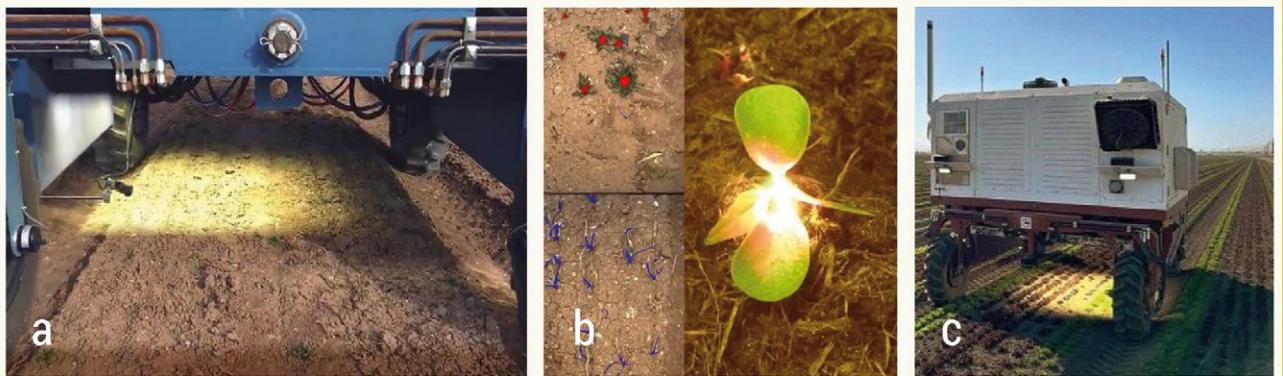
Respecto de los sistemas de control selectivo de malezas basados en la aplicación de pulsos eléctricos citaremos el caso de la *startup* inglesa Small Robot Company. La solución que impulsa esta firma propone la identificación de las plantas de malezas y su control en tres fases diferenciadas. En la primera, una plataforma autónoma equipada con cámaras se desplaza por

el campo detectando y geoposicionando las plantas de malezas. En la segunda fase, la información recolectada es volcada a una plataforma y procesada mediante algoritmos de inteligencia artificial y *data analytics*. Su procesamiento permite identificar las especies a la que pertenece cada planta de maleza identificada y, en función del perjuicio que podrían ocasionarles a los cultivos, elegir distintos modelos de control (i.e.: modelos recomendados, más conservadores, más agresivos). Por último, en la fase final otra plataforma autónoma se desplaza por el campo y aplica los pulsos eléctricos sobre las malezas previamente geoposicionadas utilizando los modelos de control previamente elegidos. Nuevamente, el actuador consiste en un brazo delta que porta un cabezal equipado con el mecanismo que permite aplicar el pulso eléctrico.

En la actualidad, la mayor parte de estos nuevos sistemas para el control selectivo de malezas siguen siendo prototipos o productos precomerciales desarrollados para reemplazar el control manual o químico de malezas en cultivos hortícolas. No obstante, quienes impulsan el desarrollo de estas soluciones en sus planes de trabajo de mediano plazo declaran su intención de adaptarlas para que puedan ser utilizadas en cultivos de legumbres, cereales y oleaginosas. El proceso de ajuste de este tipo de soluciones a las particularidades de nuestros sistemas de producción no será simple y demandará sortear múltiples y variados desafíos.

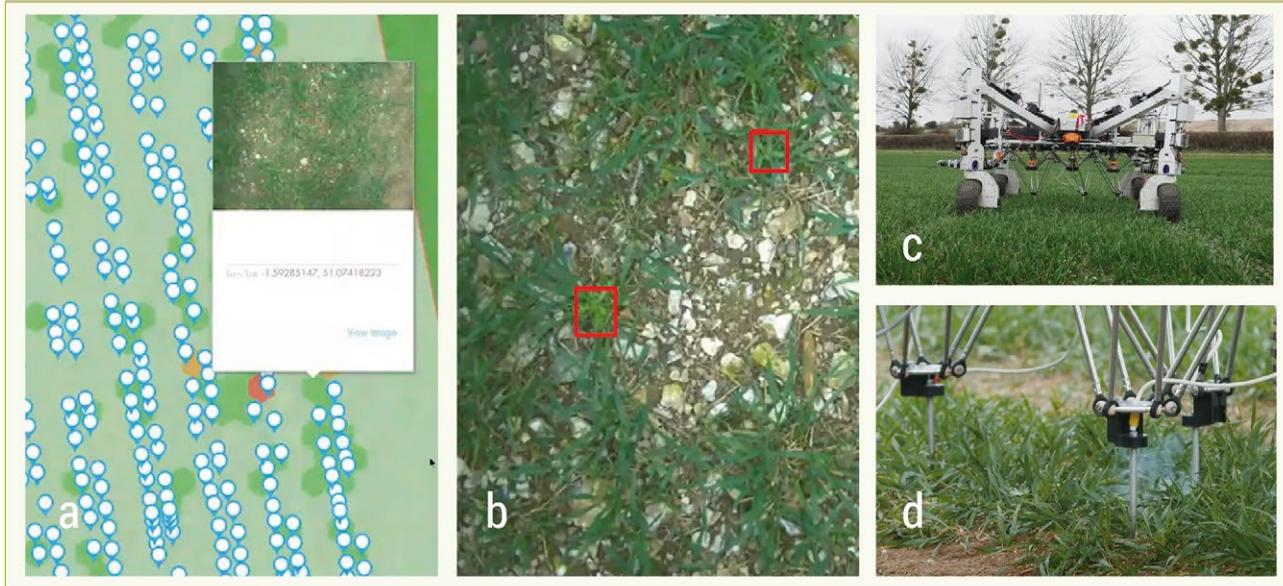
Para empezar, estas nuevas tecnologías deberán contemplar las dificultades y limitaciones impuestas por la cobertura de rastrojos que genera la siembra directa. Detectar malezas e identificar especies en lotes en siembra directa será más difícil que hacerlo en lotes condu-

Fotos 14, 15 y 16. Sistema de control selectivo de malezas mediante la aplicación de pulsos láser: a) Escaneo de la superficie del lote para detectar malezas. b) Control de malezas mediante la aplicación de pulsos láser. (En la imagen más grande se observa la aplicación de un pulso láser sobre la plántula de una maleza. En las imágenes más pequeñas, las plantas coloreadas de azul son plantas de cultivos y los puntos rojos son plantas de malezas. c) Plataforma autónoma portando el sistema de control láser.



Adaptado de <https://carbonrobotics.com/>

Fotos 17, 28, 29 y 20. Sistema autónomo para realizar control eléctrico selectivo de malezas: a) Plataforma de gestión de datos; detalle de imágenes capturadas georreferenciadas; b) Detalle de malezas identificadas y georreferenciadas; c) Robot para realizar el control eléctrico selectivo de malezas; y d) Cabezales aplicando los pulsos eléctricos.



Adaptado de <https://www.smallrobotcompany.com/>

FMC
An Agricultural Sciences Company

El portfolio más completo de herbicidas para la protección de cultivos

Capaz
HERBICIDA

Finesse WG
HERBICIDA

Shark
HERBICIDA

Command 36 CS
HERBICIDA

Teliron 50 SC
HERBICIDA

Pelican
HERBICIDA

Capaz ELITE
HERBICIDA

Loop
HERBICIDA

Próximamente

Azugro®
Isoflex® active
HERBICIDA

fmcargentina.com.ar

Capaz, Capaz Elite, Command 36 CS, Finesse WG, Pelican, Shark, Teliron 50 SC, Loop, Azugro y FMC son marcas registradas de FMC Corporation.

cidos en labranza convencional, que es el sistema más difundido en la mayor parte de los países en los que se desarrollan estos nuevos tipos de soluciones. A su vez, los actuadores eléctricos y láser deberán garantizar que el riesgo de provocar incendios sea mínimo, especialmente en sitios con condiciones ambientales cálidas, secas y ventosas como las que suelen presentarse en la mayor parte de las regiones productivas de nuestro país durante los veranos.

Adicionalmente, la mayor parte de estas nuevas soluciones se integran en plataformas autónomas que, hasta el momento, se desplazan a menor velocidad y tienen menores anchos de trabajo que la maquinaria convencional. Por lo tanto, su inserción efectiva en nuestros sistemas de producción dependerá de la resolución de una compleja ecuación que deberá contemplar el costo de la tecnología, su capacidad operativa y la magnitud de los beneficios que reporta su implementación respecto de los procesos y tecnologías convencionales. No obstante, existen una serie de cuasi certezas que vale la pena comentar.

En los próximos años, las tecnologías continuarán evolucionando y la conectividad mejorará. La capacidad de procesamiento de las computadoras y la capacidad de almacenaje de las baterías y su velocidad de recarga seguirán incrementándose, al tiempo que su costo continuará disminuyendo. Por lo tanto, cabe esperar que

los actuadores y los robots sean cada vez más veloces y económicos, potenciando los beneficios diferenciales que reportarán las nuevas soluciones respecto de los procesos y tecnologías tradicionalmente empleadas en el sector.

Por otro lado, independientemente de la robustez científica en la que se sustenten sus argumentos, cada vez más instituciones y una proporción creciente de la sociedad seguirá incrementando el nivel de presión para impulsar el desarrollo de sistemas de producción que, entre otras cosas, reemplacen el uso de productos de síntesis química para realizar el control de adversidades.

Por lo tanto, es probable que en un futuro de mediano plazo algunas de estas nuevas soluciones se inserten de forma efectiva en nuestros sistemas productivos. Si bien la postal en la que se observan flotas de robots patrullando lotes en forma coordinada para detectar y controlar adversidades no se verá en forma generalizada dentro de nuestros campos en el corto plazo, no debería ser considerada como una imagen de ciencia ficción. Es un concepto que actualmente están desarrollando muchos actores en diversas partes del mundo (fotos 21 y 22). En todo caso, esa imagen debería servir como un estímulo para analizar nuestras empresas y relevar su nivel de adecuación de cara a los desafíos que, eventualmente, podría demandar la adopción de este nuevo tipo de soluciones tecnológicas.

Fotos 21 y 22. Flotas de plataformas autónomas equipadas con distintos sistemas para realizar control selectivo de malezas: a) Deepfield Robotics (Alemania), b) Swarmfarm (Australia)



Bibliografía

“Aplicaciones Selectivas”. Esteban Bilbao, *Agroactiva Virtual* 2020.

Aplicación selectiva. Un ida y vuelta por la tecnología y los sistemas. 2014 a 2020. Luis Robles Terán. Jornada de Malezas CREA 2020.

Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual. Emilio H. Satorre Facultad de Agronomía, UBA. Ciencia Hoy. Volumen 15, N° 87 (2005).

“Evaluación económica y ambiental de diferentes manejos de barbechos para la producción de maíz en el sudoeste del Chaco”. Tarragó, J.R.; Galdeano, M.J. Reunión de Comunicaciones Científicas Técnicas y de Extensión. Facultad de Ciencias Agrarias UNNE. 2018.

“Innovación en el Chaco Santiagueño. Nuevos usos de la tecnología de pulverización selectiva”. Chaco Santiagueño. Revista CREA N° 463. 2019.

Reflexionando sobre las malezas ¿En qué estamos fallando que no podemos resolver los problemas y cada vez tenemos más? Papa J.C.M. y García A.V., Asociación Argentina de Ciencia de las Malezas (ASACIM), N°3. Junio 2020.

Serie de Tiempo de Soja. Datos Agroindustriales. Dataset Soja Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. <https://www.datos.gob.ar/>

“Tube Stamp for mechanical intra-row individual Plant Weed Control”. Frederik Langsenkamp, F. Sellmann, M. Kohlbrecher, A. Kielhorn, W. Strothmann, A. Michaels, A. Ruckelshausen, D. Trautz. Conference: *18th World Congress of CIGR.* September 2014.

<https://www.deepagro.co/>

<https://ocuweed.com/>

<https://www.odd.bot/>

<https://www.aapresid.org.ar/rem>

<https://carbonrobotics.com/>

<https://www.smallrobotcompany.com/>

<https://www.nmbu.no/en/faculty/realtek/research/groups/roboticsandcontrol/research/agriculture/thorvald>

<https://weedbot.eu/>

<https://welaser-project.eu/>

<https://www.smallrobotcompany.com/>

<https://www.deepfield-robotics.com/>

<https://www.swarmfarm.com/>

<https://turf.cals.cornell.edu/pests-and-weeds/environmental-impact-quotient-eiq-explained>

