Criterios para la aplicación de herbicidas en barbechos químicos.

Ing. Agr. Rubén A. Massaro
INTA EEA Oliveros. rmassaro@correo.inta.gov.ar
Trabajo publicado en CREA Siembra directa, agosto de 2009. Pág. 71-78.

Palabras claves: barbecho químico, herbicidas, pulverización, aplicación de herbicidas.

La práctica del barbecho es tan milenaria que incluso aparece en el Antiguo Testamento; sin embargo aún constituye un concepto válido en el marco de la agricultura moderna.

Según el diccionario de la Real Academia Española, barbechar significa "arar la tierra para que se meteorice y descanse". Desde el punto de vista agronómico, un suelo en barbecho se encuentra en un período de recomposición o acumulación de componentes; de este modo, se produce el reciclado de los nutrientes y el agua, a través de un silencioso proceso. Para que esto ocurra, existe la idea de mantener el suelo libre de vegetación, cubierto sólo por los rastrojos de cultivos anteriores. Pero desde hace unas décadas, esta práctica está siendo revisada y hoy se valora la presencia de organismos vivos (vegetales, animales) que permitan la emergencia de vegetación espontánea (malezas, plantas "guachas") o bien se incluye un cultivo "de cobertura". Sin embargo, antes de la siembra del próximo cultivo, es necesario detener el crecimiento y secar la vegetación existente, para evitar la competencia y el efecto negativo sobre la producción. No está bien definido, todavía, el momento en que se debe realizar esta práctica.

Hasta hace 20 años, el método utilizado para controlar las malezas durante el barbecho era el laboreo mecánico del suelo, aunque en gran parte de las áreas productivas agrícolas de nuestro país la siembra directa ha reemplazado esta práctica por el uso de herbicidas pulverizados en pre o posemergencia, técnica denominada barbecho químico.

Aplicación de herbicidas

La pulverización debería ser realizada bajo el concepto de aplicación de plaguicidas, definido como "el empleo de todos los conocimientos científicos necesarios para que un determinado fitoterápico llegue al blanco en cantidad suficiente para cumplir su cometido sin provocar contaminación ni derivas (Etiennot, 2005; citado en: Massaro, 2008). Esta exigencia implica trabajar con un enfoque sistémico, que contemple el análisis y la interacción de múltiples variables. Una interpretación integrada del proceso de aplicación de plaguicidas permite la adecuada preparación de los pulverizadores para realizar una tarea exitosa.

Entre los componentes básicos de este sistema figuran:

a) El follaje sobre el que se va a pulverizar.

b) El objetivo o blanco del trabajo de pulverización.

c) El modo de acción del plaguicida.

d) El ambiente meteorológico.

e) Calibración del equipo pulverizador.

f) La eficacia alcanzada con el tratamiento.

Follaje

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

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

Blanco de la pulverización

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

Modo de acción del herbicida

La penetración del producto en las plantas y su movilidad en los tejidos, son factores decisivos para definir la técnica de pulverización y su calidad. El concepto de calidad involucra la cobertura por alcanzar (gotas/cm^2), el tamaño de las gotas y la uniformidad de la pulverización en el ancho de trabajo.

Tabla 1. Porte de diferentes especies de malezas durante el periodo otoño-inverno-primaveral en el área pampeana.

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

Existe información elaborada de Expertos de la Food Agriculture Organization (FAO), y propia, donde se relacionan las características del herbicida con la calidad de las pulverizaciones (Tablas 2 y 3).

Condiciones meteorológicas

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

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

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

Durante la temporada del barbecho químico, las condiciones meteorológicas suelen ser buenas o muy buenas en general, excepto en regiones como el sur de la provincia de Buenos Aires, donde los vientos pueden ser intensos durante gran parte del día. Además, la pulverización de los lotes no consti-

Tabla 2. Modo de acción del plaguicida y calidad de pulverización.

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

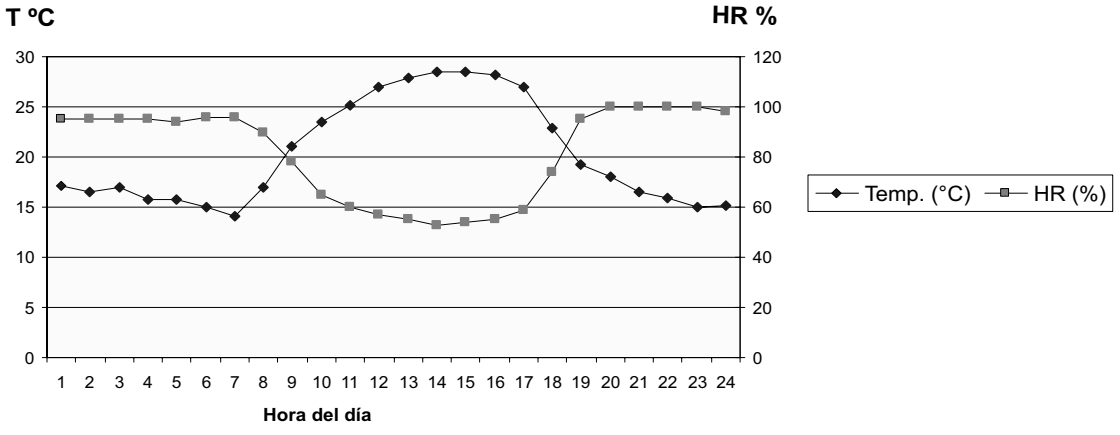
Fuente: FAO.

Tabla 3. Herbicidas utilizados en barbecho químico y exigencias de cobertura en la pulverización.

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

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

Figura 1. Temperatura y humedad relativa en Oliveros (Santa Fe), el 01-05-2009.



Fuente: Estación Agrometeorológica del INTA EEA Oliveros. Elaborado por: Ing. Agr. Rubén A. Massaro. INTA EEA Oliveros.

tuye una labor de urgencia o de elevada intensidad, y existe una conjunción de factores –modo de acción de los herbicidas, técnicas de pulverización, aditivos- que permiten realizar las aplicaciones incluso en situaciones ambientales que serían desfavorables para otros tratamientos que se realizan durante el ciclo de los cultivos.

En la Figura 1, se pueden ver los valores de temperatura y humedad relativa registrados en un día cálido de otoño. En la Figura 2, se aprecian los de un día con bajas temperaturas. Estos contrastes meteorológicos suelen presentarse y deben ser considerados cuando se usan herbicidas. Por lo general, las temperaturas superiores a 32 ºC se consideran críticas para la pulverización mientras que las temperaturas bajas son contraproducentes para la acción de los productos foliares (hormonales, glifosato), por disminución de la actividad biológica de las plantas.

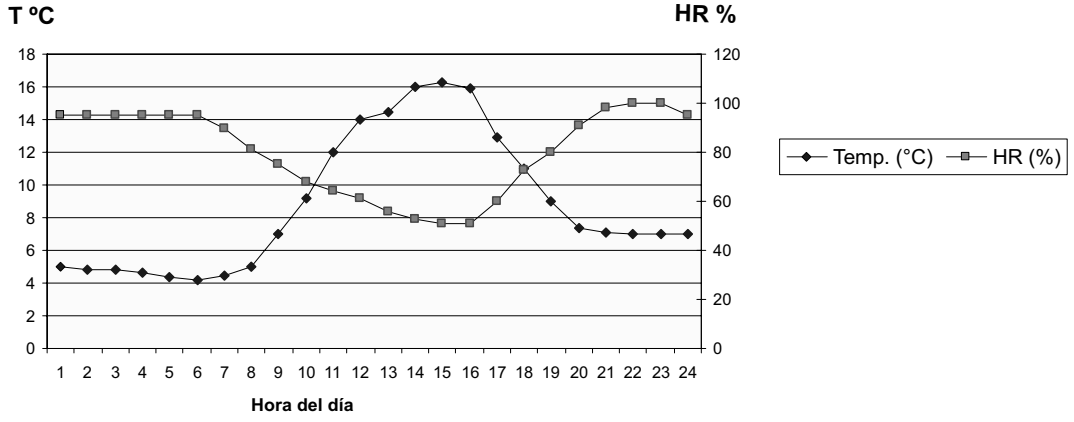
Otro aspecto por considerar es el punto de rocío, que indica la hora del día en que comienza la condensación del agua sobre las hojas de las malezas. En la Figura 1, se aprecia una disminución pronunciada de la temperatura después de la media tarde, de manera que, incluso en un día de altas temperaturas,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

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

Técnicas de pulverización

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

Figura 2. Temperatura y humedad relativa en Oliveros (Santa Fe), el 01-06-2009.



Fuente: Estación Agrometeorológica del INTA EEA Oliveros. Elaborado por: Ing. Agr. Rubén A. Massaro. INTA EEA Oliveros.

Tabla 4. Pastillas, presiones recomendadas y gotas producidas según presión de trabajo y riesgo de deriva, de acuerdo con la Norma ASAE S-572.

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

Fuente: Spraying System Co.

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

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

La Norma ASAE S-572 clasifica el riesgo de deriva de la aspersión de acuerdo con el tamaño de las gotas producidas, el tipo de pastilla utilizada y la presión de trabajo. Este riesgo está establecido por bandas de colores: el rojo señala el mayor peligro de deriva que resulta de la emisión de gotas muy pequeñas. También se indica que se llega al objetivo con menor riesgo, con gotas extremadamente grandes. Como ejemplo, se utiliza la información provista por Spraying System Co. acerca de algunas de sus pastillas de aspersión (Tabla 4).

Esta información es de gran utilidad para preestablecer las condiciones y minimizar, especialmente en la práctica de barbecho químico, los riesgos de deriva y daño a cultivos vecinos y a la salud de los pobladores de comunidades rurales (fotos 1 y 2).

El volumen pulverizado (lt/ha) es un dato muy relativo. Pueden utilizarse volúmenes muy diferentes y, sin embargo, obtener resultados similares, que dependerán de la cobertura necesaria en el blanco (gotas/cm^2), del tamaño de las gotas producidas, del follaje de las malezas y de la proporción del follaje que se desea alcanzar con las gotas (%).

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

De los datos de la Tabla 5, se desprende que si se utilizan pastillas de abanico plano con aire inducido (APAI) de diferentes marcas comerciales, y si se seleccionan la distancia entre picos, la presión de

Foto 1. Pulverización de baja deriva: prácticamente parece no estar pulverizando.

Foto 2. Pulverización con gota muy pequeña, innecesaria para barbecho químico.

Tabla 5. Resultados obtenidos en pulverizaciones con boquillas hidráulicas de abanico plano con aire inducido a diferentes presiones en condiciones de campo.

Nº	Velocidad (Km./hora)	Presión (bar)	Pastilla	Distancia entre picos (cm)	Volumen (l/ha)	Cobertura (gotas/cm^2)
1	19	3	AI11002	35	70	26
2	24	4	AI11002	70	35	24
3	15	3.5	AI11002	52	83	55
4	21	5.5	AI11002	52	67	73
5	18	3.5	AI11002	35	60	18
6	22	4.2	AI11002	70	33	42
7	24	4.7	AI110015	35	52	78

Fuente: Massaro, R.A. INTA EEA Oliveros, 2006.

trabajo y el volumen de pulverización, es posible optimizar este proceso. El objetivo del trabajo debe ser lograr 20 a 30 gotas por centímetro cuadrado en el follaje de las malezas o en el suelo, cuando se utilizan herbicidas que son absorbidos por el sistema radical. Esta información indica que es posible obtener la misma cobertura (casos 1 y 2) o aumentarla notablemente (casos 5 y 6), mediante la reducción a la mitad del volumen asperjado. Luego, se puede alcanzar una cobertura mayor si se reduce parcialmente el volumen pulverizado (casos 3 y 4). También se puede mejorar o asegurar una buena cobertura con bajos volúmenes (casos 4, 6 y 7).

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

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

El control de calidad de la pulverización a través de la cobertura (gotas/cm^2), el tamaño de las gotas y la uniformidad de la distribución debe realizarse por medio de tarjetas hidrosensibles ubicadas en el blanco; en este caso, el suelo, el rastrojo o el follaje de las malezas (foto 3).

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

Carga de los herbicidas en el pulverizador

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

Tabla 6. Técnicas de pulverización para barbechos químicos.

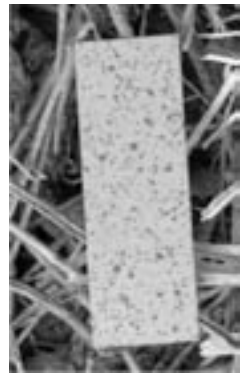
Situación de aplicación	Blanco	Producto	Ambiente meteorológico	Penetración en el follaje	Cobertura (gotas/cm^2)	Tamaño de la gota	Pastillas	Presión	Litros/ hectárea
Barbecho	Suelo	Atrazina	Bueno/ Muy bueno	Nada	20-30	Muy grande/Grande	AI/AP	Baja/Media	40-50
Barbecho	Malezas	Glifosato y 2,4-D	Bueno/ Muy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

Referencias: AP = pastilla abanico plano baja deriva. AI = pastilla AP con Aire Inducido.

Foto 3.

Pastilla APAI a presión baja

Pastilla APAI a presión media



Pastilla AP baja deriva a presión baja.

la mitad; luego activar el agitador del pulverizador; a continuación agregar los siguientes componentes:

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

Si fuera necesario corregir la calidad química del agua con un secuestrante de cationes para asegurar la actividad biológica del glifosato, el aditivo correspondiente debería ser agregado en primer lugar y dejarlo actuar el tiempo indicado por el proveedor.

Sistema de agitación

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

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

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

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

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

Uniformidad de distribución en el terreno

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

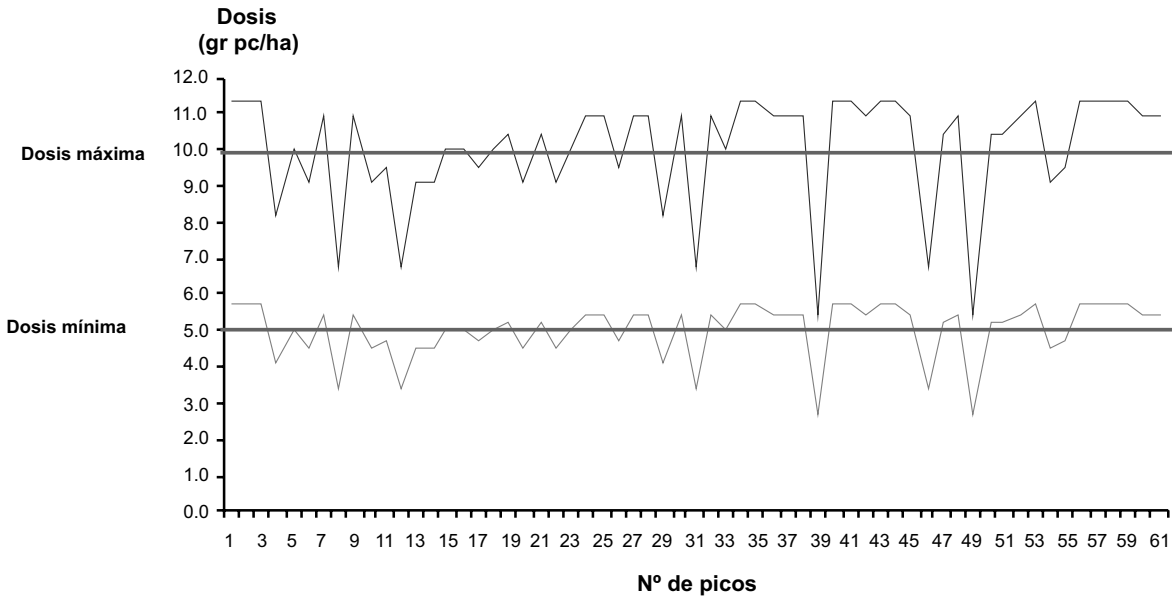
Sin embargo, la experiencia de trabajar con operarios de equipos pulverizadores revela que muy pocos recurren al control de caudal de los picos y, menos aún, lo utilizan como rutina de trabajo. A pesar de ello, en muy pocas situaciones se detecta o se atribuye fitotoxicidad o falta de control de malezas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

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

La Figura 3 representa la distribución del caldo en el botalón del equipo y, por ende, del producto pulverizado en su ancho de trabajo, a las dosis extremas del herbicida metsulfurón metil. A la dosis máxima de uso (10 gr. de p.c./ha), buena parte de la superficie

mojada recibe una sobredosis; a la dosis mínima (5 gr. de p.c./ha) una proporción recibe una subdosis. Esta distribución puede verse aún más distorsionada si la altura del botalón no está bien regulada. Por esta razón, es posible observar a campo sectores de control deficiente de malezas y casos de fitotoxicidad, cuando el cultivo siguiente es soja.

Gráfico 3. Variación de la dosis de metsulfurón metil en un equipo pulverizador.



Elaborado por: Ing. Agr. Rubén A. Massaro, INTA EEA Oliveros.

Bibliografía.

- CASAFE. Guía de Productos Fitosanitarios para la República Argentina, 2005.
- Massaro, R.A. 2004. Tecnología para la aplicación de fungicidas foliares en soja con equipos terrestres. INTA EEA Oliveros, Informe para Extensión 103, 7 pág.
- Massaro, R.A y Papa, J.C. 2005. Herbicida metsulfurón metil. Condiciones de uso y aplicación con equipos terrestres. INTA EEA Oliveros, Informe para Extensión 104, 1ª Edición, 8 pág.
- Massaro, R.A. 2006. Componentes exitosos de los pulverizadores. MundoAgro, Tecnología y Sustentabilidad. Buenos Aires, 22 y 23 de junio. Pág. 23-31.
- Massaro, R.A. 2008. Aplicación de plaguicidas con pulverización terrestre en trigo: condiciones operativas y aportes del desarrollo de la maquinaria. INTA EEA Oliveros, revista PMP 37 Trigo, pág. 70-75.
- Spraying Systems Co. 2001. Productos para aspersión Teejet, Guía del Comprador 201-E. 29 pág.