

## Evaluación de la penetración del asperjado producido por diferentes boquillas en aplicaciones terrestres orientadas al

### control de la roya de la soja

M. Roberto Gálvez\*, Humberto F. Vinciguerra\*\*, Walter Rodríguez\*\*\*\*, Sebastián Sabaté\*\*\*\*, Enrique A. Soldini\*, Mario R. Devani\*\*\*\*, Ignacio L. Olea\*\*\*\* y L. Daniel Ploper\*\*.

#### Introducción

Desde la detección de la roya de la soja (*Phakopsora pachyrhizi*), en muchas regiones de Argentina, el panorama sanitario del cultivo se tornó bastante más complejo dadas las características explosivas y devastadoras de la enfermedad (alta capacidad de dispersión y gran poder de destrucción del follaje). La única herramienta a corto plazo para controlar ésta patología la constituye el uso de fungicidas durante los estados reproductivos, cuyo modo de acción requiere una precisa aplicación en los sitios donde penetra o se expresa el patógeno (Ploper *et al.*, 2004 a y b).

El primer paso para realizar una aplicación eficiente es determinar el blanco u objetivo que se quiere alcanzar con el producto. Los primeros síntomas de la roya de la soja se presentan en las hojas inferiores y por lo tanto, existe la necesidad de llegar a los estratos más bajos con la aplicación del producto fungicida, situación, que no siempre es factible por la densidad del follaje. Además, se requiere una buena cobertura en los estratos medios y superiores de la planta (Ivancovich *et al.*, 2003; Ploper, 2004; Massaro, 2005).

Un control exitoso depende de la conjunción equilibrada de tres factores, momento de aplicación, producto, y sistema de pulverización utilizado. En el caso particular de la roya, el momento de aplicación en el que la acción del producto tendrá un mejor control sobre la enfermedad, es antes de o simultáneamente con la aparición de los primeros síntomas. En lo que a productos específicos se refiere, se dispone de diversos fungicidas de muy buena efectividad, dentro del grupo de los triazoles y las estrobilurinas, así como formulaciones que combinan ingredientes de ambos grupos (Ivancovich *et al.*, 2003; Ploper *et al.*, 2004a).

En la pulverización, se debería producir una aplicación que proporcione una cobertura considerable del blanco y deposite la cantidad suficiente de producto para eliminar o controlar el problema. En este sentido, una adecuada eficiencia biológica de un fungicida requiere un nivel de cobertura de 30 a 50 gotas/ cm<sup>2</sup> (Balardin *et al.*, 2001; McCracken, 2004; Bonini, 2004; Gandolfo *et al.*, 2004).

Otro aspecto importante a tener en cuenta en la aplicación, es el tamaño de las gotas, las que deberían ser lo suficientemente grandes para que no se pierdan por evaporación y deriva,

\*Ing. Agr., \*\*Ing. Agr. Ph.D., Sección Fitopatología; \*\*\* Ing. Agr. M.Sc., \*\*\*\*Ing. Agr., \*\*\*\*\* Becario Estudiantil, Sección Manejo de Malezas; \*\*\*\*\*Ings. Agrs., Sección Granos, EEAOC

pero lo más pequeñas posibles para producir una buena cobertura del blanco.

La principal barrera a superar en una aplicación en el cultivo de soja es que las plantas, a partir del estado fenológico R4, alcanzan un desarrollo foliar con una disposición de las hojas que dificulta la penetración de las gotas hacia la parte inferior (cobertura foliar del 100%).

Las experiencias llevadas a cabo por la Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombres" (EEAOC), que se describen en este trabajo, estuvieron orientadas a determinar la influencia de diferentes tipos de boquillas y volúmenes de aplicación sobre la cobertura y penetración de la gota pulverizada en el follaje del cultivo de soja, con el objetivo de caracterizar su aptitud para la aplicación de fungicidas destinados al control de la roya de la soja.

### **Metodología**

El ensayo se realizó en la estancia "Las Marías", localizada en el departamento La Cocha, provincia de Tucumán. Las aplicaciones se efectuaron sobre un cultivo primaveral de soja bajo riego, cultivar A 5409 RG, sembrado el 1º de septiembre de 2004 con un distanciamiento entre líneas de 52 cm. El cultivo se encontraba al momento de aplicación en el estadio fenológico de inicio de llenado de granos (R5 según la escala de Fehr y Caviness), con una altura promedio de 90 cm y una cobertura foliar del 100% (Figura 1).

La experiencia se realizó con condiciones ambientales consideradas como desfavorables para una aplicación de fitosanitarios, pero de ocurrencia frecuente en la región. Las temperaturas oscilaron entre los 31°C y los 36°C, la humedad relativa entre 39 y 49% y la velocidad del viento de 0 a 7 km/h, detallándose las mismas para cada caso particular en el Anexo 1.



Figura 1. Vista de la cobertura del cultivo al momento de la prueba.

### **Sistemas de Pulverización**

Las aplicaciones se realizaron con una máquina autopropulsada marca Pla modelo 2004 con una barra de pulverización de 24,5 m de ancho, donde se localizaron diferentes tipos de boquillas distanciadas a 35 cm (Figura 2). En el caso de las boquillas de Cono Lleno se debió utilizar una distancia de 70 cm, ya que a 35 cm el volumen aplicado por hectárea era excesivo.



Figura 2. Calibración previa del sistema de pulverización.

Los modelos de boquillas utilizados (Spraying Systems Co., 2003) se enumeran en la Tabla 1, junto con los datos obtenidos en la calibración de la máquina para cada una de las pruebas realizadas.

Tabla 1. Listado de las boquillas utilizadas en las prueba, y los parámetros de calibración. Entre paréntesis se muestran las siglas de referencia de cada una de ellas.

Boquillas	Presión (bar)	Velocidad (km/h)	Descarga (l/ha)
Turbo TeeJet 10002 (TT120)	3	16	120
Turbo TeeJet 10002 (TT150)	3	14	150
Abanico Plano XR 11003 (XR120)	3	16	120
Abanico Plano XR 11003 (XR150)	3	14	150
Doble Abanico Plano TJ 11003 (TJ120)	3	16	120
Doble Abanico Plano TJ 11003 (TJ150)	3	14	150
Cono Hueco TX 10 (CH120)	5	12	120
Cono Hueco TX 10 (CH150)	5	10	150
Twin Cap XR 11002 + XR 11002 (TC150)	3	18	150
Cono Lleno Full Jet 5VS (CL120)	3	15	120
Cono Lleno Full Jet 5VS (CL150)	3	12	150

### **Sistema de Evaluación**

Para evaluar la penetración del asperjado, se utilizaron tarjetas hidrosensibles Syngenta, ubicadas debajo del canopeo a 20 cm (*muestreo superior*) y a 70 cm (*muestreo inferior*), realizándose 5 repeticiones en ambos niveles para cada prueba realizada.

Luego de realizado cada tratamiento, las tarjetas fueron digitalizadas a una resolución de 1200 dpi, y el conteo y tipificación de impactos se realizó con el programa CIR 1.5 de TyC S.R.L.<sup>1</sup>

Las variables estudiadas fueron el Número de gotas por cm<sup>2</sup>, Diámetro Volumétrico Mediano (DVM), Diámetro Volumétrico 0,1 (DV0,1) y Diámetro Volumétrico 0,9 (DV0,9). Los datos fueron analizados con el programa MSTAT-C Ver. 1.2 realizándose análisis estadísticos (ANOVA) y test LSD con  $\alpha = 0,05$ .

<sup>1</sup> TyC SRL, tycsrl@sinectis.com.ar.

Se define a continuación el significado de los parámetros evaluados:

DVM: es el diámetro de una gota (en  $\mu\text{m}$ ), tal que el 50% del líquido esta contenido en gotas de diámetro menor y el 50% restante en gotas de diámetro mayor que el indicado.

DV0,1: es el diámetro de una gota tal que el 10% del líquido está contenido en gotas de diámetro menor que el indicado.

DV0,9: es el diámetro de una gota, tal que el 90% del líquido está contenido en gotas de diámetro menor que el indicado

A partir de el promedio de los DV0,1 y DV0,9 de todas las tarjetas disponibles de cada tipo de boquilla, sin diferenciar los niveles de muestreo ni volúmenes de aplicación, se calculó el rango de tamaño de gota dentro del cual se encuentra el 80 % del líquido asperjado.

## Resultados y Discusión

En el Anexo 1 se resumen las características de la aplicación y los resultados obtenidos en cada uno de los tratamientos realizados. Dada las características de difusión del presente trabajo, se incluye en cada caso la información necesaria para una mejor comprensión del sistema de pulverización utilizado.

El análisis de la varianza y la comparación de medias realizado para los parámetros N<sup>o</sup> de gotas por  $\text{cm}^2$  y Diámetro Volumétrico Mediano, indican que existen diferencias significativas entre las pruebas (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados de Número de gotas por  $\text{cm}^2$  y DVM obtenidos para cada prueba, y de los test de comparación de medias.

Boquillas	Muestreo Superior		Muestreo Inferior	
	Nº gotas/ $\text{cm}^2$	DVM	Nº gotas/ $\text{cm}^2$	DVM
TT120	74 cde	238 bcd	20 cde	335 a
TT150	27 f	447a	13 e	317 ab
XR120	54 f	271 bc	35 bcde	257 bc
XR150	77 cde	301 b	36 bcde	256 bc
TJ120	112 bcd	221 cde	33 cde	215 cde
TJ150	62 de f	254 bc	18 de	204 cde
CH120	101 cde	161 de	61 b	177 e
CH150	199a	156 e	123a	167 e
TC150	158ab	296 bc	47 bc	250 bcd
CL120	117 bc	231 bcd	14 e	271 abc
CL150	87 cde	229 bcd	43 bcd	185 de
DV	41,5	23,8	54,4	22,4

### 1.- Número de Gotas por $\text{cm}^2$

Considerando el parámetro N<sup>o</sup> de gotas por  $\text{cm}^2$ , la boquilla CH150 se diferenci<sup>2</sup>ó significativamente del resto de las boquillas en ambos niveles de muestreo. Por otra parte, un grupo de boquillas (XR120, XR150, TC150 y CH120 CL150) mostró un comportamiento similar

en el muestreo inferior sin diferencias significativas entre ellas, pero con un menor desempeño que la de CH 150.

Contrariamente a lo esperado, las pastillas de doble abanico no presentaron una mayor penetración después de los 20 cm del canopeo.

En el caso de las boquillas XR, los resultados difieren con los obtenidos en Brasil por Bonini (2004), quien menciona a esta boquilla como una mejor opción al compararla con las CH, ya que con la misma se habían logrado gotas pequeñas y mayor penetración en aplicaciones con mochila de CO<sub>2</sub>. Bonini también menciona la posibilidad de disminuir el volumen de aplicación si se cuenta con condiciones ambientales favorables al momento de aplicación, siendo consideradas mejores las aplicaciones realizadas a la mañana y últimas horas de la tarde. De la misma manera señala la posibilidad de utilizar volúmenes menores si las condiciones de cobertura vegetal son menores del 100%.

El porta boquillas TC utilizado en esta experiencia, brinda la posibilidad de colocar dos boquillas del tipo XR o TJ en un mismo cuerpo. Los mejores resultados con dicho porta boquillas se lograron en esta experiencia, mediante la utilización de dos boquillas de abanico plano XR. No se obtuvieron mejoras en la penetración del asperjado, cuando el mismo fue producido por boquillas TT colocadas en diferentes posiciones para generar distintos ángulos de incidencia en el follaje.

En las condiciones de la experiencia, teniendo en cuenta la penetración del asperjado en el nivel superior (primeros 20 cm del canopeo), se observó que en solo uno de los tratamientos no se cumplió con el requisito de contar con un número de gotas superior a 50 impactos por cm<sup>2</sup> (Figura 3). Esto indicaría que objetivos hasta dicha profundidad pueden ser alcanzados sin mayores dificultades.

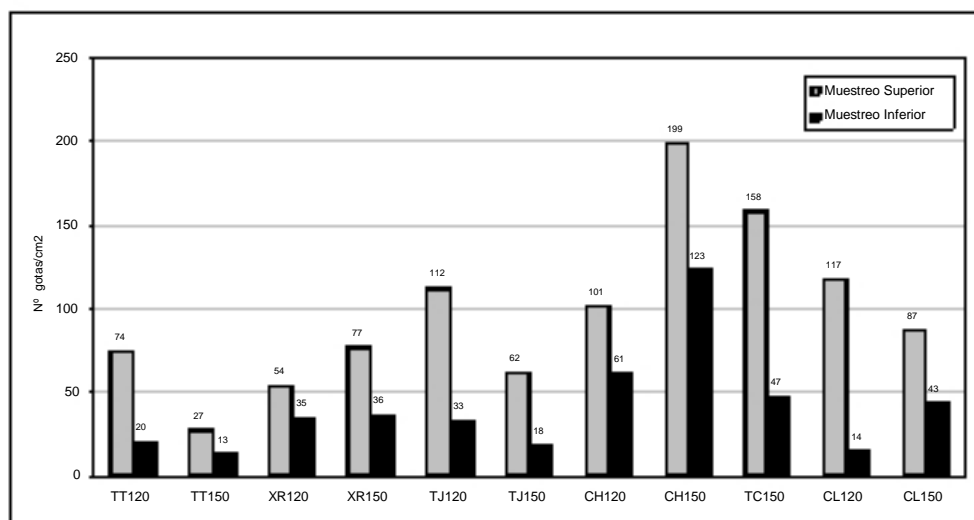


Figura 3. Gráfico comparativo del Número de gotas por cm<sup>2</sup> entre las diferentes boquillas.

La penetración a 70 cm de profundidad en el canopeo resultó más difícil de alcanzar, observándose que en tan solo 3 de los tratamientos, principalmente el que incluyó la boquilla de CH, se obtuvieron resultados próximos o superiores a los 50 impactos.

En la Figura 3 puede apreciarse que un mayor volumen de aplicación no representó, por si mismo, una garantía de un alto número de impactos dentro del canopeo, sino que este comportamiento estuvo relacionado con las características de la boquilla en cuanto al modo de generación de las gotas. Por ello, se observó en el CH, un mejor desempeño con el incremento de volumen aplicado.

## 2.- Diámetro Volumétrico Mediano

Con respecto al análisis del Diámetro Volumétrico Mediano del muestreo superior, las boquillas que mostraron gotas más finas y que se diferenciaron significativamente del resto fueron CH120, CH150 y TJ120 (Figura 4).

Para el estrato inferior, las boquillas que mostraron gotas más finas y que se diferenciaron significativamente del resto fueron, CH120, CH150, TJ150 y CL150.

En la mayoría de los tratamientos se generaron gotas mayores a los 200 µm de diámetro, considerado el tamaño ideal de gota. Sin embargo, en el caso del CH, el DVM se encontró por debajo de este valor, lo que mostró que la penetración profunda en el canopeo estuvo relacionada a un tamaño de gota más fino, aspecto citado también por McKraken (2004). En este sentido, se deber tener en cuenta que a pesar que las condiciones climáticas fueron desfavorables para la aplicación, se logró alcanzar el nivel inferior con un alto número de impactos.

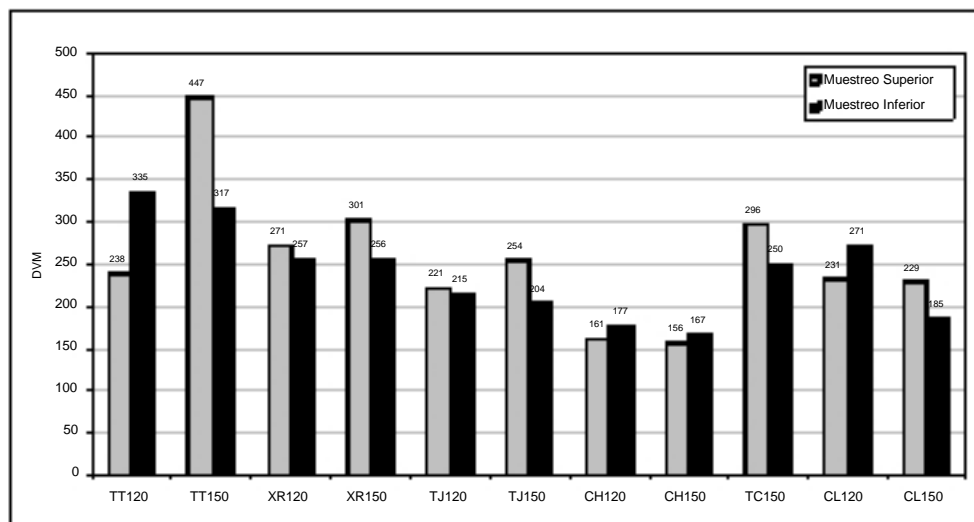


Figura 4. Gráfico comparativo del Diámetro Volumétrico Mediano de las distintas pruebas.

En la Figura 5 se muestran los rangos dentro de los cuales se encontraba el 80% de las

gotas asperjadas por cada tipo de boquilla. Este espectro estuvo comprendido entre los valores de DV 0,1 y DV 0,9 antes definidos, tomando el total de los datos de las tarjetas hidrosensibles analizadas para cada tipo de boquilla. Si tomamos como ejemplo la pastilla CH, observamos que el 80% de las gotas asperjadas estuvo dentro de los valores de diámetro 105  $\mu\text{m}$  y 241  $\mu\text{m}$ , con un DVM de 166  $\mu\text{m}$ . Por otro lado, si analizamos la boquilla XR, el 80% del líquido asperjado estuvo contenido entre los diámetros de 166  $\mu\text{m}$  y 516  $\mu\text{m}$  con un DVM de 261  $\mu\text{m}$ . De este modo, el gráfico muestra que las boquillas CH, CL y TJ producen un espectro de gotas finas a medianas, mientras que las boquillas XR y TT concentran su masa de gotas en medianas a grandes con un amplio rango de tamaños.

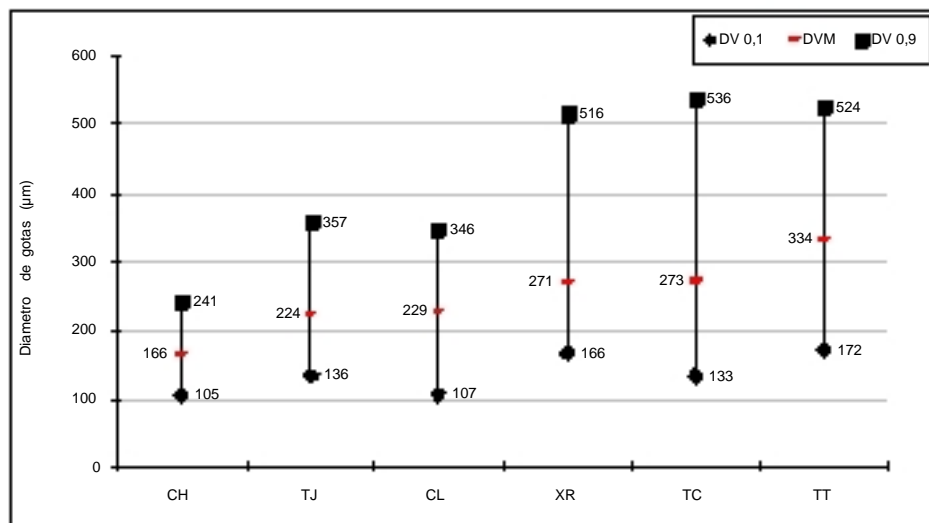


Figura 5. Gráfico de distribución del tamaño de gotas generadas por cada tipo de pastillas. Dentro del rango comprendido entre DV 0,1 y DV 0,9 se encuentra el 80% de las gotas asperjadas por cada boquilla.

### 3.- Variación de Volúmenes

Al analizar el muestreo inferior, solo con boquillas CH y CL se logró incrementar el N° de gotas por  $\text{cm}^2$  al incrementar el volumen de aplicación de 120 a 150 l/ha. En el caso del muestreo superior, se logró más impactos al aumentar el volumen con las boquillas XR y CH.

### Conclusiones

Del análisis de esta experiencia, se considera que de las boquillas probadas la más adecuada para los objetivos buscados fue la de Cono Hueco, especialmente con un volumen de aplicación de 150 l/ha. También se observó que las tapas porta pico doble Twin Cap con boquillas de Abanico Plano pueden tener un desempeño aceptable.

A pesar que en el caso del Cono Hueco, el DVM estuvo por debajo del valor ideal de 200  $\mu\text{m}$ , los resultados obtenidos mostraron que las gotas finas generadas por estas boquillas fueron las que mejor comportamiento presentaron con respecto a la penetración.

A partir de los resultados de este trabajo, se observa la importancia que presenta la cobertura foliar alcanzada por el cultivo, la cual limita la eficiencia de penetración del asperjado. Por esto se considera importante evaluar dispositivos que ayuden a un mayor alcance del objetivo, como por ejemplo el uso de la tecnología de túnel de viento. Otros dispositivos, como los caños de bajada, han sido descartados por la imposibilidad operativa que los mismos presentan en el cultivo de soja.

Se debe tener en cuenta que estos resultados corresponden sólo a la evaluación de la penetración del asperjado medido a través de tarjetas hidrosensibles. Los mismos deberán ser complementados en otros ensayos con datos de evaluaciones del control de la enfermedad, así como indicadores de rendimiento del cultivo luego del tratamiento con fungicidas específicos.

### **Agradecimientos**

Los autores expresan su agradecimiento por la colaboración brindada en la fase operativa, al personal y propietarios de Finca "Las Marías", al Ing Agr. Eduardo Dietrich, al Ing José Fermoselle, a la firma Agro Tiun y al Sr. Fernando Peñalva. También realizan una especial mención por el asesoramiento brindado para la planificación de la experiencia por parte de los Ings. Mario Bogliani (Instituto de Ingeniería Agrícola, INTA Castelar) y Gustavo Casal y Cia (representante Spraying Systems en Argentina).

### **Bibliografía Citada**

- Balardin, R.S., J.V. Bonini, A.F. Bici, E. Boligon y A. A. Maffini. 2001. Influencia do volume de calda e pontas de pulverização sobre o controle das doenças de final de ciclo em duas cultivares de soja. XXIX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul. Atas e Resumos
- Bonini, J.V. 2004. Tecnologia de aplicação de fungicidas na cultura da soja. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil. 62 pp. Inédito.
- Gandolfo, M.A., J. Bueno, J. Torres Pereira, W. Sánchez, B. Zanni y R. Velan. 2004. Avaliação da qualidade de pulverização com diferentes pontas e volumes de aplicação na soja. Universidade Estadual do Paraná Fundação Faculdades Luiz Meneghel Bandeirantes. Paraná.
- Ivancovich, A., G. Botta, S. Vallone, N. Formento, G. Guerra, e I. Bonacic. 2003. Roya de la soja en la Argentina. Ediciones INTA.
- Massaro, R. 2005. Tecnologia: Aplicaciones De Fungicidas En Soja. Roya: preparando la metralla. Suplemento Rural Diario Clarín 05-02-05.
- McCracken, A. 2004. Aplicaciones de agroquímicos. En nombre de la Roya. En <http://www.e-campo.com/sections/news/index.php/catUuid.91D0DC54-E269-11D3-A5140006292E2740/>. Fecha de Consulta: 30-12-04.
- Ploper, L.D. 2004. Principales conclusiones del Panamerican Soybean Rust Workshop. Publicación



Especial EEAOC N° 24. 24 pp.

Ploper, L. D., M. R. Devani, M. R. Galvez, F. Ledesma, V. González, M. A. Zamorano, y J. M. Lenis.

2004a. Propuestas para el manejo de la roya de la soja en el noroeste argentino. Avance Agroindustrial 25(2):11-15. ISSN 0326-1131.

Ploper, L. D., V. Gonzalez, M. R. Galvez, N. V. de Ramallo, M. A. Zamorano, G. Garcia y A. P.

Castagnaro. 2004b. Detección de la roya "asiática" en cultivos de soja del noroeste argentino. Avance Agroindustrial 25(2):4-10. ISSN 0326-1131.

Spraying Systems Co. 2003. Productos para Aspersión TeeJet. Guía del Comprador 202-E. 36 pp.