

Eficiencia de aplicación de pastillas de pulverización con inducción de aire en el cultivo de soja.

Domper, Gabriel N.^{1,2}; Matilde Mur¹; Roberto H. Balbuena¹

¹ Cátedra de Mecanización Agrícola, UNLP. Calle 60 y 118, CP 1900, La Plata, Argentina; ²gdomper@gmail.com

Domper, Gabriel N.; Matilde Mur; Roberto H. Balbuena (2014) Eficiencia de aplicación de pastillas de pulverización con inducción de aire en el cultivo de soja. Rev. Fac. Agron. Vol 113 (2): 202-210

Las enfermedades de fin de ciclo en soja (*Glycine max* L. Merrill) requieren de una adecuada calidad en las tecnologías de aplicación por su influencia en la cantidad de plaguicida que llega finalmente al objetivo y el control de las mismas. Se realizaron ensayos con el objeto de evaluar la eficiencia de aplicación y sus metodologías de evaluación. Por un lado se contrastaron pastillas de cono hueco 80015 y 8002 convencionales y pastillas 80015 con aire inducido, sobre un cultivo de soja en el estadio R5. Se determinó el número de impactos (imp cm⁻²), la eficiencia (%), la cobertura (%) y el DV0,5 en los estratos superiores, medios e inferiores del cultivo con tarjetas hidrosensibles, para tasas de aplicación altas y bajas. En el otro ensayo se comparó la eficiencia de la aplicación, a través del programa CIR 1,5 y el método fluorimétrico, de pastillas de cono hueco 80015 convencionales y de aire inducidas. El tratamiento con pastillas de cono hueco 80015 y mayor tasa de aplicación se destacó por sobre los demás alcanzando, en promedio, mejor prestación en cobertura (13,5%) y número de impactos (175 imp cm⁻²), como así también mayor penetración en los estratos medio e inferior. Las pastillas cono hueco con inducción de aire alcanzan un número de impactos (25-40cm⁻²) y cobertura (5,5%) en el objeto de aplicación en los estratos inferiores incompatible con la aplicación de fungicidas de contacto. En la evaluación metodológica, desprovista de cultivo, se observó que la metodología de procesamiento de imágenes sobreestima la eficiencia de aplicación, sobre todo para pastillas con inducción de aire, pero logra ser una herramienta aceptable a nivel de campo para la toma de decisiones dada su sencillez y rapidez.

Palabras claves: tarjetas hidrosensibles, enfermedades fúngicas, cobertura, fluoresceína.

Domper, Gabriel N.; Matilde Mur; Roberto H. Balbuena (2014) Air induction nozzle application efficiency in soybean. Rev. Fac. Agron. Vol 113 (2): 202-210

Late season diseases in soybean (*Glycine max* L. Merrill) requires an adequate quality of application technologies for their influence on the amount of pesticide that finally reaches the target and spray drift risk. Field tests were carried out with the aim to evaluate the efficiency of application and their assessment methodologies. On one hand conventional hollow cone nozzles, 8002 and 80015, and air induction nozzles 80015, on a soybean crop in the R5 stage were compared. Drops cm⁻², efficiency (%), coverage (%) and DV0,5 in the upper, middle and lower canopy levels was determined with water-sensitive cards, for high and low application rates. In another test the application efficiency was compared through program CIR 1.5 and the fluorimetric method, of conventional and air induction 80015 hollow cone nozzles. Conventional hollow cone nozzles at high application rate treatment was highlighted over others and reaches, in average, the best results in coverage (13.5%) and drops cm⁻² (175) and also more penetration in the middle and lower canopy levels. The air induction hollow cone nozzles achieve 25-40 drop cm⁻² and 5.5% coverage in the application object in the lower canopy level, incompatible with recommendations for contact fungicides application. In methodological assessment, the image processing methodology overestimates the efficiency of application, particularly for air induction nozzles, but it's an acceptable tool at field level for taking decisions given for its simplicity and rapidity.

Keywords: water-sensitive cards, fungal diseases, coverage, fluorescein.

Recibido: 20/12/2013

Aceptado: 13/02/2015

Disponible on line: 01/03/2015

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

INTRODUCCIÓN

La soja, (*Glycine max* L. Merrill), se cultiva en Argentina desde 1960 y ha sido el cultivo de más rápida adopción y expansión en la historia de la agricultura argentina (Escande et al., 2002). En la campaña 2011-2012 los valores de producción y exportación fueron de 40,1 y 6,3 millones de toneladas respectivamente (Yasky, 2013).

La sostenibilidad productiva de la soja depende fundamentalmente de factores bióticos, entre los que se destacan las enfermedades, malezas y plagas. Dentro de las enfermedades, que causan pérdidas de rendimiento, se destacan en los últimos años las de fin de ciclo (EFC), siendo el control químico uno de los pilares en el manejo de las mismas.

Para una aplicación eficiente del plaguicida, el primer paso es determinar el blanco u objetivo que se quiere alcanzar con el producto. Puesto que los primeros síntomas de las enfermedades de fin de ciclo se presentan en los estadios reproductivos y se manifiestan en las hojas inferiores, existe la necesidad de llegar a los estratos más bajos con la aplicación del producto fungicida (Vargas et al., 2008), situación que no siempre es posible por la densidad del follaje (Ivancovich et al., 2003; Ploper, 2004; Massaro, 2005).

Comúnmente se evalúa la eficiencia de los plaguicidas por sus dosis de principio activo y momento de aplicación (Leiva, 1995). Se asume que dicha dosis alcanza en su totalidad "el blanco" objeto del tratamiento, cuando en realidad sólo una parte de la misma lo hace.

Por otro lado, se define a la calidad de aplicación como la cantidad de principio activo pulverizada sobre el blanco con una determinada cobertura y persistencia del producto en una forma absorbible sobre la superficie foliar (Leiva, 1995). En relación a ello, se establece como parámetros de una buena aplicación un mínimo de 60 gotas.cm⁻² para fungicidas y de 40 gotas.cm⁻² para insecticidas (Balardin et al., 2001; McCracken, 2004; Bonini, 2004; Gandolfo et al., 2007).

La pulverización es la forma de aplicación más común y difundida de fitoterápicos, pero su uso es complejo, no solo desde el punto de vista agronómico, sino también por los aspectos que involucran la preservación del medio ambiente y la salud humana (Onorato & Tesouro, 2004), recayendo aquí la importancia de su seguimiento y evaluación.

La penetración en el canopeo del líquido a aplicar toma esencial importancia en el caso de la Roya de la soja (*Phakopsora pachyrhizi*). Son numerosos los trabajos que indican que las pastillas de cono hueco son las que mejor respuesta presentan en la penetración de los estratos inferiores (Olea et al., 2005; Gálvez et al., 2005), particularmente las convencionales 80015 ya que logran distribuirse más uniformemente en la superficie de la hoja debido a que su tamaño de gotas es menor, aumentando así el porcentaje de cobertura (Márquez, 2005). Además, las pastillas de cono hueco asistidas con túnel de viento y menor volumen de aplicación alcanzan mayor número de impactos (Venturelli et al., 2008). Sin embargo, en los últimos años, se han difundido diferentes diseños de pastillas que generan gotas con aire inducido en su interior, atendiendo a menores riesgos de exoderiva y termoderiva, en función de su tamaño. Según Butler et al. (2002) el aire que las gotas contienen en el interior sería, para gotas de más de 100 µm de diámetro,

relativamente constante, con una densidad en el rango de 700 a 800 kg.m⁻³ e independiente de las características principales de diseño de las pastillas. En acuerdo con la bcpc hypro online (Hypro, 2013) el DV0,5 de la población es de 500 µm por lo cual el número de gotas que llegan al objeto resultaría reducido, para el control de enfermedades fúngicas. No obstante ello, el hecho de que las gotas producidas por las pastillas de inducción de aire se rompan al impactar con el objeto de aplicación (Cid & Masiá, 2011) podrían mejorar su prestación.

Numerosos son los antecedentes en cuanto al uso de tarjetas hidrosensibles para evaluar las aplicaciones (Olea et al., 2005; Tesouro et al., 2005; Albrecht et al., 2005). En los últimos años se han desarrollado diferentes formas de procesamiento digital de tarjetas. Entre ellas, el "Cir 1.5" (Software para Análisis de Espectro de Pulverización), permite cuantificar además del número de impactos, la cobertura (%), y calcular el DV0,5 y la cantidad de producto depositado, que expresa como eficiencia (%) en relación al líquido asperjado por unidad de superficie. Sin embargo, su fiabilidad no ha sido hasta el momento documentada. Sin embargo, Casal (com. pers., 2011) indica que la metodología presentaría algunos inconvenientes en la evaluación de la eficiencia de recolección, principalmente con las pastillas de inducción de aire.

Otra forma de evaluación es por medio de trazantes fluorimétricos que tiene la desventaja de ser más complejo y costoso, pero de mayor precisión. Permite, por medio de métodos fluorimétricos, la determinación de la cantidad de producto efectivamente depositado sobre el objeto de aplicación (Cowell et al., 1988). Bulacio et al., (2005), Smith et al. (1983) y Lucero (1998) realizaron análisis sobre la deriva y evaluación de la eficiencia de aplicación, utilizando trazantes fluorimétricos en una solución acuosa en alta concentración. Por otro lado, debido a la dificultad de utilizar el sistema de tarjetas hidrosensibles en aplicaciones sobre frutales con altos volúmenes de agua, el método de evaluación por trazante fluorimétrico es de mayor difusión en este tipo de cultivos (Magdalena & Manterola, 2004).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de aplicación de las pastillas de cono hueco convencionales y cono hueco inducidas por aire en el cultivo de soja y la correlación entre la eficiencia calculada a partir de la metodología de digitalización de imágenes y la determinación analítica por fluorimetría, que determina la cantidad de caldo que llega al blanco.

METODOLOGÍA

La primera etapa del ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Julio Hirschhorn (34° 59' S, 57° 59' W) de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, ubicada en la localidad de Los Hornos. El mismo se realizó con el objeto de establecer la confiabilidad de las determinaciones de eficiencia de aplicación efectuadas a partir de tarjetas hidrosensibles. Para ello, se trabajó con una dilución acuosa de natriol sódico 3,25 g l⁻¹ en condiciones de barbecho. Se utilizaron dos tipos de pastillas, cono hueco convencional 80015 (CH015) y cono hueco con

inducción de aire 80015 (CH015i), que definieron dos tratamientos (Tabla 1). Se realizaron cuatro estaciones de muestreo y cinco repeticiones por cada estación para cada una de las pastillas evaluadas.

Tabla 1: Boquillas utilizadas y condiciones operativas del conjunto tractor pulverizadora en la primer etapa del ensayo. P: presión de trabajo de la pulverizadora; Va: Velocidad de desplazamiento del conjunto, TA: Tasa de aplicación; T: Tratamiento; CH Pastilla de cono hueco; AireCH: Pastilla de cono hueco inducida con inducción de aire.

Boquillas	P (bar)	Va (m s ⁻¹)	TA (l ha ⁻¹)	T
TeeJet TXA80015VK	4	2,05	169	CH
TeeJet AITXA80015	4	2,05	185	Aire CH

La eficiencia de aplicación fue estimada a través de dos metodologías:

1) Por medio de tarjetas hidrosensibles Syngenta® de 3" x 1" colocadas sobre varillas con soporte, a nivel del suelo, las cuales fueron digitalizadas con una resolución de 1200 dpi. y procesadas por medio del programa CIR 1.5.

2) Por delante de cada plataforma de tarjetas se colocaron cajas de Petri, de 90mm de diámetro donde se recogió el producto arrojado, siendo colocadas luego de la aplicación en la oscuridad. El producto recolectado en cada caja fue cuantificado por medio de un fluorímetro y a partir de dicho resultado se calculó, en función de la dilución establecida, la tasa de aplicación y la superficie de la caja, la cantidad de líquido por unidad de superficie, siendo la misma expresada como porcentaje del volumen distribuido por unidad de superficie.

Del tanque de la máquina se sacó una muestra con la dilución del trazante fluorimétrico para eliminar los errores inducidos por el tiempo transcurrido entre la recolección del producto en las cajas de Petri y su procesamiento en el laboratorio. Para la realización de la aplicación se utilizó un tractor Massey Ferguson 265 de 46,3 kW en el motor y una pulverizadora montada de tres puntos marca Emichi. Las pastillas se colocaron a 0,35 m de distancia sobre el botalón y a una altura de aplicación de 0,60 m. Sobre los resultados obtenidos se realizó un análisis de varianza, cuantificándose las diferencias a través del test de Tukey (P≤0,05).

La segunda parte de los ensayos se realizó en la localidad de Carlos Casares (35° 39' S, 61° 26' W). La aplicación se efectuó sobre un cultivo de soja (*Glycine max* L. Merrill) en el estado de R5 (Fehr & Caviness, 1977). El cultivar utilizado fue Don Mario 3700, grupo III. La siembra se hizo bajo el sistema de siembra directa con un espaciamiento entre líneas de 0,35 m y 21 plantas por metro lineal, con una densidad de 60 pl.m⁻².

Para llevar a cabo las aplicaciones se utilizó un equipo pulverizador hidráulico autopropulsado marca EPELDE modelo 2800, con suspensión neumática, 21 m de ancho

de labor, con un distanciamiento entre picos de 0,35 m y la barra pulverizadora posicionada a 0,80 m respecto del cultivo. El caldo utilizado contenía Azoxystrobin del grupo de las Estrobilurinas en una concentración de 150 g i.a. ha⁻¹ y Cyproconazole del grupo de los Triazoles en una concentración 50 g i.a ha⁻¹, ambos destinados al control fúngico. Para el control de arañuela se agregó Clorpirifós en una concentración de 360 g i.a. ha⁻¹ y un coadyuvante tensioactivo, Rino® con una dilución del 10%v v⁻¹.

Se establecieron seis tratamientos, producto de la combinación de caudales de las pastillas y velocidades de aplicación (Tabla 2) con un diseño de 3 bloques al azar y dos estaciones de medición para cada tratamiento, en cada parcela.

En las mismas se colocaron tarjetas hidrosensibles Syngenta de 3" x 1" sobre el haz de la hoja. Las tarjetas fueron ubicadas a tres alturas con respecto al suelo, en concordancia con los estratos inferiores (I), medios (M) y superiores (S) del cultivo, los cuales fueron tomados como sub-tratamientos. La forma de trabajo de la máquina fue continua, con la misma dirección en cada pasada sucesiva, retirándose las tarjetas en forma previa al siguiente pasaje para evitar los efectos de la deriva de la aplicación.

Las condiciones atmosféricas al momento de aplicación fueron: humedad relativa del 30% al 40%, temperatura ambiental de 28°C a 30°C y velocidad del viento de 5km h⁻¹.

Como umbral de número de impactos requeridos en el estrato objeto de aplicación se tomaron parámetros de 60 gotas cm⁻² para fungicidas y 40 gotas cm⁻² para insecticidas (Balardin *et al.*, 2001).

Durante el proceso de análisis, mediante el programa CIR 1.5, se realizó el conteo y cálculo de las variables respuesta sobre el promedio de cinco ventanas de medición ubicadas aleatoriamente sobre las tarjetas. Las mismas fueron: 1) Cantidad de impactos cm⁻²; 2) Diámetro Volumétrico Mediano – (DV 0,5) en µm; 3) Eficiencia (%) referida a la relación entre el volumen estimado efectivamente recogido en el objetivo y el volumen aplicado por la pulverizadora; 4) Cobertura (%) – Porcentaje del área de la tarjeta de papel sensible cubierta por manchas, tomándose como datos complementarios el DV 0,1, el DV 0,9.

Los resultados se procesaron estadísticamente mediante análisis de varianza factorial. El nivel de significación establecido fue de p≤0,05 en acuerdo con el test de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los resultados correspondientes a la comparación de metodologías utilizadas para la determinación de recuperación de líquido, indicó la existencia de interacción entre metodologías de evaluación y pastillas usadas. En virtud de ello, se procedió a particionar el análisis de las metodologías por un lado y las pastillas por otro.

Los resultados del análisis de las metodologías de evaluación indicaron que el programa CIR 1.5 tuvo mayores valores para ambas pastillas, resultando a su vez las diferencias entre las mismas metodologías significativas (p≤0,05). Estos resultados permiten aseverar que el programa sobreestima la eficiencia de

Tabla 2. Tratamientos realizados sobre el cultivo de soja. P: presión de trabajo de la pulverizadora; Q: caudal erogado por la pastilla; Va: Velocidad de desplazamiento del conjunto, T A: Tasa de aplicación; T: Tratamiento.

Boquillas	P (bar)	Q (l min ⁻¹)	Va (m s ⁻¹)	T A (l ha ⁻¹)	T
TeeJet TXA 8002VK	3	0,79	3,19	118 (Bajo)	B2
TeeJet TXA 8002VK	3	0,79	2,5	150 (Alto)	A2
Hypro TVI80015	3	0,59	3,19	88 (Bajo)	B15Aire
Hypro TVI80015	3	0,59	2,5	112,5 (Alto)	A15Aire
TeeJet TXA80015	3	0,59	3,19	88 (Bajo)	B15
TeeJet TXA80015	3	0,59	2,5	112,5 (Alto)	A15

aplicación, independientemente del tipo de pastillas usadas.

Por otra parte el método fluorimétrico no presentó diferencias estadísticas significativas entre las dos pastillas utilizadas (Figura 1), lo cual indica en parte la confiabilidad de la metodología de control a través de un trazante fluorimétrico. Además, la expresión del parámetro eficiencia como una relación entre el volumen recolectado y el arrojado, permite independizarse de pequeñas variaciones en el caudal aplicado que fueron establecidas al realizar el control de las pastillas utilizadas, a pesar de que el caudal de las pastillas era teóricamente el mismo, de 0,6 l.min⁻¹ a 3 bar.

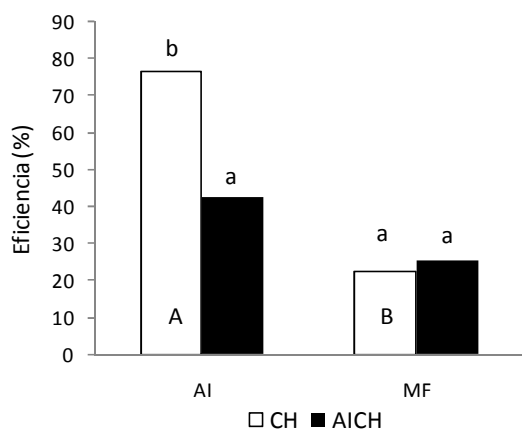


Figura 1. Evaluación de la eficiencia. AI: por tarjetas hidrosensibles y análisis de imágenes (CIR1.5); MF: Método fluorimétrico. Letras mayúsculas diferentes en cada metodología indican diferencias significativas entre metodologías de evaluación ($p \leq 0.05$). Letras minúsculas diferentes en cada metodología indican diferencias significativas entre boquillas en cada sistema de evaluación ($p \leq 0.05$). CH: cono hueco; AireCH: cono hueco con inducción de aires.

En cambio, para la metodología de análisis de imagen existieron diferencias altamente significativas entre la pastilla CH y AireCH siendo los valores medios de esta última aproximadamente 3,34 veces mayor al registrado por el método fluorimétrico (Figura 1) y un 80,38%

mayores a los correspondientes a la pastilla CH con la misma tecnología de análisis de imágenes. Estas diferencias no pueden ser adjudicadas únicamente al mayor volumen de la gota como consecuencia del aire inducido en las pastillas AireCH si se tienen en cuenta los resultados informados por Butler *et al.* (2002) ya que el aire en el interior sería, para gotas de más de 100 μm de diámetro relativamente constante, con una densidad en el rango de 700 a 800 kg.m^{-3} e independiente de las características principales de diseño de las pastillas. En función de ello, podría existir la posibilidad de que el efecto de arrastre de la gota inducida con aire al impactar sobre la tarjeta, haya incidido también aumentando la eficiencia calculada por el programa (Figura 2), al presuponer en virtud de la magnitud de la marca sobre la misma que procede de una gota de mayor diámetro y por lo tanto, de mayor volumen.

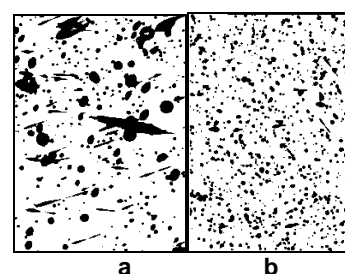


Figura 2. Numero de impactos en el haz de la hoja del estrato superior. a) Tratamiento A15Aire; b) Tratamiento A15.

Además, Cid & Masiá (2011) afirman que las gotas producidas por las pastillas de inducción de aire se rompan al impactar con el objeto de aplicación, siendo posible establecer como hipótesis ad-hoc que ello generaría que el mismo líquido calculado en el primer impacto vuelve a ser contabilizado por las nuevas improntas que producen.

Pese a ello, el ensayo efectuado no permite ahondar en las razones técnicas de dicha sobreestimación. El software comercial no indica la metodología de cálculo para la estimación del volumen recolectado sobre las

tarjetas hidrosensibles, aunque es lógico pensar que se basa en el cálculo del volumen de líquido a partir de la impronta de las gotas sobre el papel. En función de ello, resulta crítico para esta metodología la relación entre la impronta de cada gota, afectada por el coeficiente de expansión del líquido sobre el papel, y el volumen de la misma, siendo este aspecto una de las posibles fuentes de error. Por otro lado, el propio producto a aplicar en conjunto con los coadyuvantes utilizados puede ser otra posible fuente de variación. También se descartó la posibilidad de que las cajas de Petri hayan captado menor producto que las tarjetas hidrosensibles debido al posicionamiento de las mismas en relación con la ubicación de las tarjetas, ya que fueron colocadas en lugares muy cercanos, con las cajas en línea con el soporte y por delante del mismo. En función de lo expuesto es posible afirmar que la metodología de análisis digital de las tarjetas hidrosensibles sobreestima la eficiencia de recuperación de líquido.

Ensayo sobre cultivo de soja

Número de impactos

El análisis de los resultados, no arrojó interacción entre tratamientos y estratos. En la Figura 3 se observan los resultados del número de impactos para los distintos tratamientos, promedio de los distintos estratos de medición.

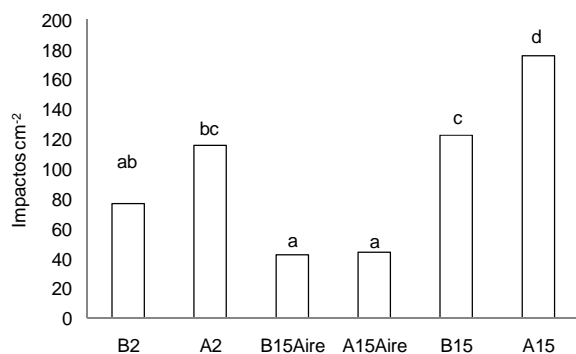


Figura 3. Número de impactos sobre las hojas para los diferentes tratamientos, promedio de los distintos estratos del cultivo. Letras diferentes significan diferencias significativas ($p \leq 0,05$) del test de Tukey. A: mayor tasa de aplicación; B: menor tasa de aplicación; 2: CH8002; 15: CH80015; 15 Aire: TVI80015.

El tratamiento A15, tuvo significativamente mayor número de impactos que el resto de los tratamientos. En el conjunto de los estratos, las mayores tasas de aplicación en cada pastilla, produjeron un mayor número de impactos que sus pares con baja tasa. Sin embargo, el tratamiento A2 (con mayor tasa de aplicación general) no fue el que obtuvo el mayor valor de impactos cm⁻², ya que obtuvo similar comportamiento al B15, el cual aplicó un volumen por hectárea 41,3% inferior al del A2, con el consiguiente aumento de la eficiencia operativa y

reducción de uso de agua. Ello indicaría que la pastilla tendría una mayor incidencia en esta variable que la tasa de aplicación.

En la Figura 4 se aprecia que los tratamientos B15Aire y A15Aire presentan un número de impactos significativamente menor a los demás tratamientos en todos los estratos, los cuales no superan los 60 impactos cm⁻² que es lo recomendado para tratamientos fúngicos, alcanzando valores cercanos a los 40 impactos cm⁻² que es lo recomendado para tratamientos con insecticidas (Balardin et al., 2001; McCracken, 2004; Bonini, 2004; Gandolfo et al., 2007). Por lo dicho, las pastillas cono hueco con inducción no resultan adecuadas por su escasa penetración para tratamientos fúngicos en los estratos medios e inferiores del cultivo de soja.

Únicamente las pastillas de cono hueco sin inducción logran el número de impactos requerido al generar gotas más pequeñas con mayor capacidad de moverse en los diferentes estratos del cultivo, avalando lo informado por Olea et al., (2005) y Gálvez et al., (2005) debido a su tamaño de gotas menor, lo cual aumenta según Márquez, (2005) el porcentaje de cobertura.

Diámetro Volumétrico Mediano

Los valores de DVM de los tratamientos A15Aire y B15Aire, fueron significativamente mayores que en el resto de los tratamientos (Figuras 2 y 5), duplicando prácticamente los registros de los mismos. Esta relación se mantiene en los distintos estratos del cultivo. Las gotas de menor tamaño lograron penetrar más profundo en el cultivo que las gotas más grandes, concordando con lo expuesto por McCracken (2004). Además, para los conos convencionales no se registraron variaciones en los DVM de las gotas de las diferentes pastillas, para cada estrato (Figura 5).

En cambio, la pastilla con inducción de aire tuvo un mayor DVM para la mayor tasa de aplicación con una diferencia de aproximadamente 100 μm , tomando en cuenta la totalidad de los estratos de medición.

Las pastillas de cono inducidas con aire a la mayor dosis de aplicación presentaron diferencias importantes en el DVM entre los estratos, siendo los mayores valores para los estratos superiores y medios. En dichos tratamientos, salvo escasas situaciones, todas las gotas fueron gruesas a muy gruesas y teniendo en cuenta que el número de impactos fue reducido, se puede arribar que alcanzan al objetivo pocas gotas de tamaño grueso, poniendo en riesgo la eficiencia de aplicación y control.

Cobertura

Al analizar la cobertura del producto asperjado (Figura 6), se encuentra que únicamente el tratamiento A15 se diferenció estadísticamente del B2, pero no lo hizo del resto de los tratamientos. Las pastillas convencionales 80015 logran distribuirse más uniformemente en la superficie de la hoja debido al mayor número de impactos y a que su tamaño de gotas es menor, aumentando así el porcentaje de cobertura (Márquez, 2005).

El porcentaje de cobertura varió aproximadamente entre el 8 al 13,5 % para la totalidad de los tratamientos y estratos, manteniendo concordancia con lo informado por Tesouro et al. (2006), quienes determinan en su trabajo valores de cobertura que rondan el 12,5%.

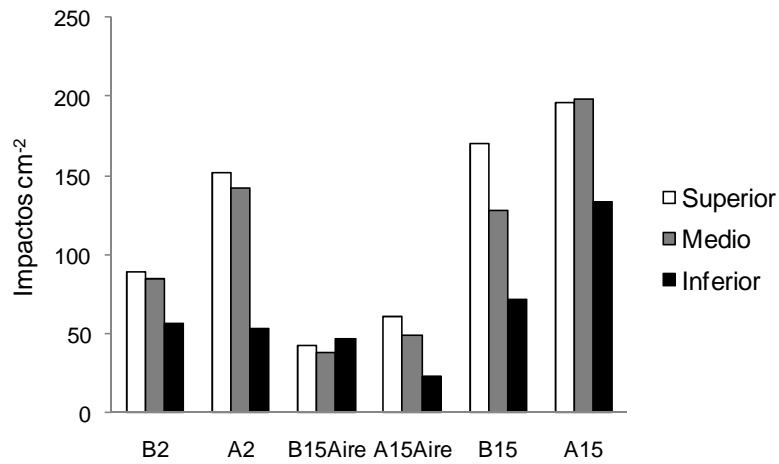


Figura 4. Número de impactos sobre el haz de las hojas para los diferentes tratamientos en los distintos estratos del cultivo. A: mayor tasa de aplicación; B: menor tasa de aplicación; 2: CH8002; 15: CH80015; 15Aire: TVI80015.

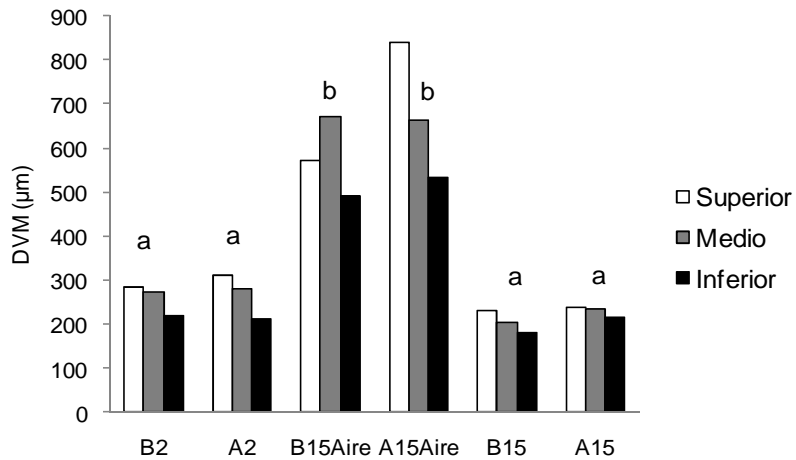


Figura 5. DVM de las gotas sobre el haz de las hojas para los diferentes tratamientos en los distintos estratos del cultivo. A: mayor tasa de aplicación; B: menor tasa de aplicación; 2: CH8002; 15: CH80015; 15Aire: TVI80015. Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

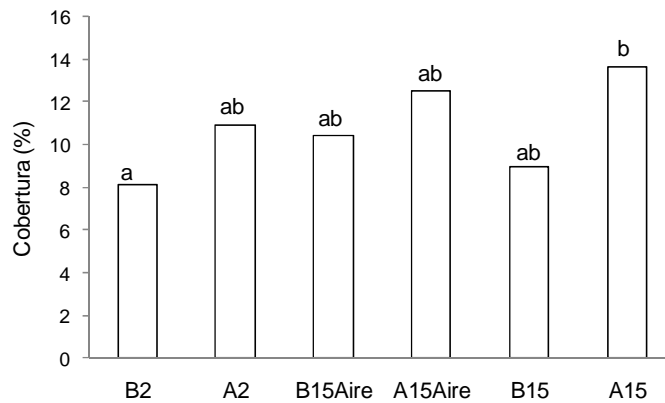


Figura 6. Cobertura sobre el haz de las hojas para los diferentes tratamientos, promedio de los distintos estratos del cultivo. Las letras diferentes significan diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) del test de Tukey. A: mayor tasa de aplicación; B: menor tasa de aplicación; 2: CH8002; 15: CH80015; Aire: TVI80015. Letras diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

Las pastillas A2 y B2 tuvieron una baja prestación en cobertura, permitiendo que las pastillas con aire inducido alcancen al menos igual cobertura que las mismas en la totalidad de los estratos del cultivo.

Aún a tasas de aplicación que superan casi en un 70% a las pastillas 80015 de alto volumen, las mismas no alcanzan siquiera el porcentaje de cobertura de las de aire inducido en el estrato inferior del cultivo. Aunque sin diferencias significativas los mayores porcentajes alcanzados por las pastillas A15 aire pueden adjudicarse al mayor DV05 de este tratamiento con respecto al A2, puesto que el número de impactos fue menor y a las características de la rotura de las gotas al llegar al objeto de aplicación.

En la Figura 7 es posible observar las características de la cobertura sobre las tarjetas hidrosensibles de los tres tratamientos contrastantes sobre el haz de las hojas del estrato inferior. En la imagen central, la presencia de gotas pequeñas cercanas a las gotas de mayor tamaño, identificarían el proceso mencionado anteriormente.

A simple vista se evidencia, que el tratamiento A15 cumple lo expresado por Vargas *et al.* (2008) para el control fúngico, en cuanto a la necesidad de contar con capacidad de penetración para alcanzar una adecuada cobertura en los estratos inferiores.

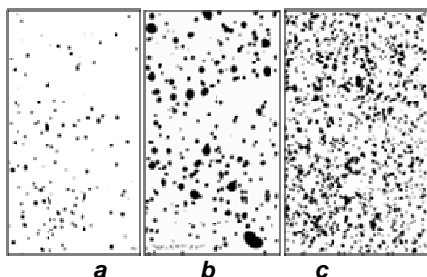


Figura 7. Cobertura del estrato inferior en el Haz de la hoja. a) Tratamiento A2 b) Tratamiento A15Aire. c) Tratamiento A15

Eficiencia

La eficiencia de cada tratamiento, promedio de los distintos estratos, se visualiza en la Figura 8. Como se ve en el mismo, el promedio de mediciones de los tratamientos del grupo Aire, fueron significativamente más eficientes. Sin embargo, individualmente presentan valores superiores al 100%, lo que indica que el programa utilizado tal como fuera informado por Casal (2011) y corroborado en la evaluación metodológica efectuada, sobrestima el volumen de líquido sobre las tarjetas analizadas. Si bien los resultados que superan el 100% se encuentran en los estratos superiores y medios del cultivo, los errores de sobrestimación de la eficiencia se deberían aplicar a todos los estratos y a todas las pastillas pero de manera diferencial según corresponda o no a la presencia de inducción de aire. Tal como fuese analizado en forma precedente, la impronta de la gota responde al volumen de líquido y de aire incluido en la misma, pero se entiende que los cálculos se efectúan en función de una gota "llena". Si se toman en cuenta las determinaciones

de la densidad de las gotas cuantificadas por Butler *et al.* (2002) las mismas alcanzan valores de 700 a 850 kg m⁻³, las mismas permiten inferir una sobreestimación de al menos un 15% a un 30% en el volumen de líquido recuperado.

Por otra parte, en las aplicaciones con este tipo de pastillas, la redistribución de las gotas por rotura en el momento del impacto y generación de gotas de menor tamaño tendría un efecto aditivo para el cálculo del volumen recuperado ya que éste sumaría la impronta de una gota sobredimensionada más las producidas luego del golpe primario contra el objeto de aplicación.

No obstante, en acuerdo con los datos obtenidos a partir de los ensayos realizados con el trazador, la evaluación con tarjetas hidrosensibles sobrestima en forma diferencial la eficiencia para pastillas convencionales y con inducción de aire (1,67 y 3,38 respectivamente). Si se corrigen los resultados de cada tratamiento, según sea inducido o no con los coeficientes correspondientes, no existen diferencias significativas entre los mismos, en promedio de todos los estratos, independientemente de la tasa de aplicación de cada pastilla, tal como puede observarse en la Figura 8.

Aplicando los factores de corrección correspondientes, para cada estrato en particular, no existieron diferencias entre todos los tratamientos en los estratos superiores y medios, pero por lo contrario, si hubo diferencias significativas en el estrato inferior entre los tratamientos A15 y A2 (Figura 9), siendo atribuibles los resultados obtenidos a la combinación de los factores tasa de aplicación y tamaño de gotas, los cuales en conjunto permitieron una mejor penetración en el canopeo y, como consecuencia, que un mayor porcentaje del líquido pulverizado alcance el estrato inferior.

CONCLUSIONES

Las pastillas como hueco 80015 convencionales con alta tasa de aplicación (A15) tienen una mayor aptitud para el tratamiento preventivo de enfermedades fúngicas que se desarrollan en los estratos medios e inferiores del cultivo de soja.

La metodología de tarjetas hidrosensibles y procesamiento de imágenes sobrestima la eficiencia de aplicación, sobre todo para las pastillas con inducción de aire.

Las pastillas de cono hueco con inducción de aire no alcanzan un número de impactos y cobertura del objeto de aplicación en los estratos inferiores, compatibles con la aplicación de fungicidas de contacto.

Las pastillas de inducción de aire presentan adecuada prestación en el estrato medio del cultivo de soja en base a los niveles de cobertura logrados a pesar de valores relativamente bajos del número de impactos que son compensados por el mayor DV0,5 de las mismas.

El aumento de la tasa de aplicación no garantiza una mayor calidad de aplicación, cuantificada a través del número de impactos, cobertura y eficiencia de recuperación de producto, para la totalidad de las pastillas utilizadas y estratos del cultivo.

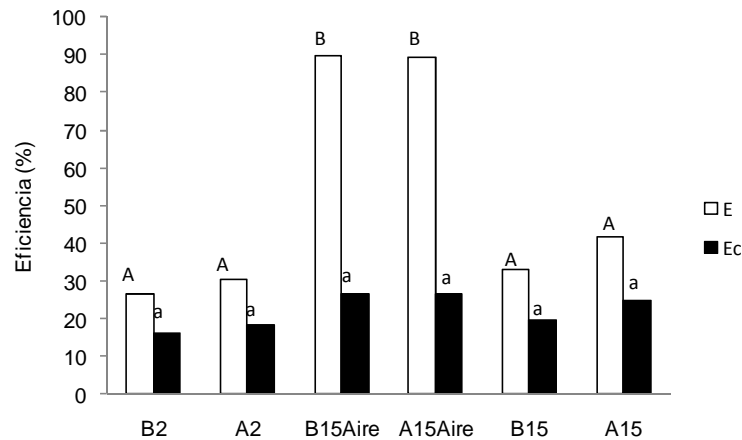


Figura 8. Eficiencia sobre el haz de las hojas para los diferentes tratamientos, promedio de los distintos estratos del cultivo. B2: CH8002 con menor tasa de aplicación; A2: CH8002 con mayor tasa de aplicación; B15Aire: TVI80015 con menor tasa de aplicación; A15Aire: TVI80015 con mayor tasa de aplicación; B15: CH80015 con menor tasa de aplicación; A15: CH80015 con mayor tasa de aplicación. E: Eficiencia; Ec: Eficiencia corregida. Letras mayúsculas diferentes sobre las columnas indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) según el test de Tukey para E. Letras minúsculas diferentes sobre las columnas indican diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) según el test de Tukey para Ec.

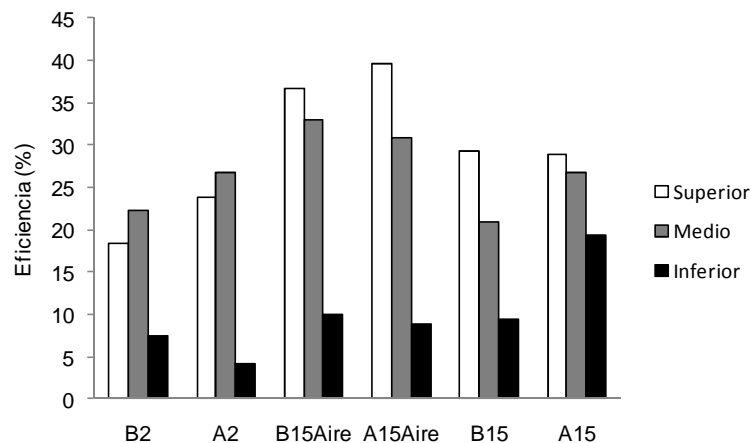


Figura 9. Eficiencia sobre el haz de las hojas para los diferentes tratamientos en los distintos estratos del cultivo. A: mayor tasa de aplicación; B: menor tasa de aplicación; 2: CH8002; 15: CH80015; 15Aire: TVI80015.

La evaluación de la aplicación por medio de tarjetas hidrosensibles constituye una herramienta aceptable a nivel de campo para la toma de decisiones dada su sencillez y rapidez, basada en el número de impactos, parámetros de caracterización de la población de gotas y cobertura del objeto de aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

Albrecht, J., M. Sillon & D. Escobar. 2005. Evaluación del uso de adyuvantes en la eficiencia de aplicación de fungicidas con diferentes tecnologías de aplicación en el control de la roya de la soja y enfermedades de fin de ciclo. En: *Aplicar eficientemente los agroquímicos*. Ediciones INTA. pp: 194-197.

Balardin, R.S., J.V. Bonini, A.F. Bici, E. Boligon & 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.

Bulacio, L. G., C. S. Sarubbi, M.S. Panelo, A. Etiennot. 2005. Pastillas pulverizadoras: Análisis de deriva. En: *Bogliani M., Hilbert J. (eds.), Aplicar eficientemente los agroquímicos*. Castelar: Ediciones INTA. PP: 56-60.

Butler Ellis, M.C., T. Swan, P.C.H. Miller, S. Waddelow, A. Bradley & C.R. Tuck. 2002. Design Factors affecting Spray Characteristics and Drift Performance of Air Induction Nozzles. *Biosystems Engineering*. 82 (3). pp: 289-296.

- Cid, R. & G. Masiá.** 2011. Manual para agroaplicadores. Uso responsable y eficiente de fitosanitarios. p.37.
- Cowell, C., A. Lavers & W. Taylor.** 1988. A preliminary evaluation of a surface deposit fluorimeter for assessing spray deposition in the field. *Annales International Symposium on pesticide application*. París, ANPP. Session 1: 19-29.
- Escande, A.R., F.S. Laich & M.V. Pedraza.** 2002. *Plant Pathology* 51(3): 346-350.
- Fehr W. & C. Caviness.** 1977. Stages of soybean development. Ames: State University of Science and Technology. 11 p. (Special report, 80).
- Gálvez, M.R., H.F. Vinciguerra, W. Rodríguez, S. Sabaté, E.A. Soldini, M.R. Devani, I.L. Olea & L.D. Ploper.** 2005. Evaluación de la penetración del asperjado producido por diferentes boquillas en aplicaciones terrestres orientadas al control de la roya de la soja. Estación Experimental agroindustrial Obispo Colombes, Tucumán Argentina. Publicación especial n° 27, 12 pp.
- Gandolfo, M.A., J. Bueno, J. Torres Pereira, W. Sánchez, B.F. Zanni & R.B. Belani.** 2007. Avaliação da qualidade da aplicação com diferentes pontas de pulverização e diferentes volumes de aplicação na soja. In: I simposio em Engenharia Rural, Bandeirantes. I SER - anais. v. 01. p. 43-47
- Hypro.** 2013. Disponible en: www.hypropumps.com (Consulta Diciembre de 2013).
- Ivancovich, A., G. Botta, S. Vallone, N. Formento, G. Guerra & I. Bonacic.** 2003. *Roya de la soja en la Argentina*. Ediciones INTA.
- Leiva, P.D.** 1995. Manejo de la deriva en la aplicación de agroquímicos. Carp. Produc. Vegetal. INTA, EEA Pergamino, SERIE: Generalidades, Tomo XIV (Información N° 139, Septiembre, Ed: Puig,R). 6 pp.
- Lucero, E.** 1998. Trabajo de tesis. Análisis comparativo de la deriva producida por pastillas pulverizadoras hidráulicas e hidroneumáticas tipo abanico plano. Cátedra de Maquinaria Agrícola, Buenos Aires.
- Magdalena, J. & L. Manterola** 2004. Efecto de la utilización de pulverizadores de flujo transversal e hidroneumático tradicional sobre la calidad de los tratamientos Fitosanitarios en manzanos (*Malus domestica*, Borkh). Disponible en: <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/2668/tesisUPV2104.pdf> (Consulta: Octubre 2012)
- Marquez, L.** 2005. El control de la deriva en la aplicación de fitosanitarios. Las boquillas de baja deriva. *Agrotécnica* 4: 38-43
- Massaro, R.A.** 2005. Tecnología: 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: 5-09-12.
- Olea, I.L., L. D. Ploper, M.R. Gálvez, H.F. Vinciguerra, S. Sabaté & M. Bogliani.** 2005. Estudios sobre penetración de gotas en canopeos cerrados del cultivo de soja orientados al manejo de la roya asiática. En *Bogliani M., Hilbert J. (eds.), Aplicar eficientemente los agroquímicos*. Castelar: Ediciones INTA. pp. 137-149
- Onorato, A.A. & M.O. Tesouro.** 2004. Desempeño antideriva de una pastilla de pulverización agrícola de cono hueco inducida por aire. *Revista de investigaciones agropecuarias*. 33-1, pp: 3-13.
- Ploper, L.D.** 2004. Principales conclusiones del Panamerican Soybean Rust Workshop. Publicación Especial EEAOC N° 24, 24 pp.
- Smith, D.B., D.D. Plumier, F.D. Harris & E.E. Pickett.** 1983. Recovery of fluorescent tracer dyes. *Transactions of the ASAE* 26: 1308-1311
- Tesouro, M.O., G. Masiá, L. Venturelli & A.M. Fuica.** 2005. Respuesta biológica de tensioactivos en aplicaciones de fungicidas en trigo. En *Aplicar eficientemente los agroquímicos et*. Bogliani M. & J.Hilbert. Ediciones INTA. pp 117-1128
- Tesouro, M.O., G. Masiá, L. Venturelli & A.M. Fuica.** 2006. Ensayo de tecnologías de aplicación de fungicidas para roya de la soja. Centro de investigación en agroindustrias Centro nacional de investigaciones agropecuarias. 35 pp.
- Vargas, A.P.T., L.G. Ascencio & S.P. García.** 2008. Control químico de la Roya Asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) en la Soya. Disponible en: http://www.oleaginosas.org/art_245.shtml (Consulta: septiembre 2012)
- Venturelli, L., G. Masiá, A. Fuica, R. Cid & S. Duro.** 2008. Efecto de la asistencia de aire sobre la penetración de las gotas en un cultivo de soja. CIGR - International Conference of Agricultural Engineering, XXXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Brazil, Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/iir/info/documentos/pulverizacion/respenetracion.htm> (Consulta septiembre del 2011)
- Yasky, M.** 2013. Estimaciones agrícolas informe mensual a noviembre de 2013. Ministerio de agricultura de la Nación. Disponible en: http://dev.siiia.gov.ar/informes/Estimaciones_Agrícolas/ Mensual/131121, 10pp. Consulta: diciembre de 2014.