

Aplicación de agroquímicos en cultivos de soja (*Glycine max* L Merr). Evaluación del efecto de diferentes técnicas sobre la eficiencia de distribución

Mur, Matilde^{1,2}; Mariano Ponce¹; Juan M. Vázquez¹; Facundo Guilino¹; Victor Merani¹;
Telmo Palancar¹; Roberto H. Balbuena¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata. Avenida 60 y 119 (1900)
La Plata, Buenos Aires, República Argentina; ²matilde_mur@hotmail.com

Mur, Matilde; Mariano Ponce; Juan M. Vázquez; Facundo Guilino; Victor Merani; Telmo Palancar; Roberto H. Balbuena (2018) Aplicación de agroquímicos en cultivos de soja (*Glycine max* L Merr). Evaluación del efecto de diferentes técnicas sobre la eficiencia de distribución. Rev. Fac. Agron. Vol 117 (1): 77-88.

Las condiciones de producción de soja en siembra directa incrementan los riesgos de enfermedades fúngicas. Se realizaron ensayos para evaluar distintas técnicas de aplicación de fungicidas a un cultivo de soja en el estadio R4. Se contrastaron pastillas de abanico plano XR110015 (AP), de cono hueco 30HCX6 (CH) y abanico plano con aire inducido 110015 (AI) y 2 volúmenes de aplicación: 90 l ha⁻¹ (BV) y 130 l ha⁻¹ (AV) con un diseño en bloques al azar. Se utilizaron tarjetas hidrosensibles dispuestas en el estrato superior (ES), medio (EM) e inferior (EI) del canopy, sobre soportes artificiales simulando el haz y el envés de las hojas. Se usó el programa CIR1.5 determinando densidad de impactos, diámetro volumétrico mediano, eficiencia y cobertura. Las pastillas CH con AV tuvieron densidad de impactos significativamente mayor que AP y AI sobre el haz en EM y en el EI en AV y que AI en el EM en BV. Las pastillas AI registraron la mayor tasa de recuperación de producto en EM (28,83 – 18,67%) y EI (11,33 - 8,78%) y EI tanto en AV como BV. Todas las pastillas tuvieron una baja eficiencia, evaluada a través del número de impactos, área de cobertura y eficiencia de recuperación de la aplicación, para alcanzar el envés de las hojas en los estratos medio e inferior del cultivo, lo cual podría limitar el control de enfermedades en dicha ubicación.

Palabras clave: abanico plano; cono hueco; inducción de aire; densidad de impactos; cobertura.

Mur, Matilde; Mariano Ponce; Juan M. Vázquez; Facundo Guilino; Victor Merani; Telmo Palancar; Roberto H. Balbuena (2018) Agrochemicals application in soybean crop (*Glycine max* L Merr). Evaluation of the effect of different techniques on distribution efficiency. Rev. Fac. Agron. Vol 117 (1): 77-88.

Soybean production conditions under no-tillage system increases the risk of developing fungal diseases. Field trials were carried out to evaluate application technologies efficiency and spray penetration in different levels of soybean canopy at R4 stage. Conventional flat fan XR110015 (AP), hollow cone 30HCX6 (HC) and air induction 110015 (AI) nozzles and two carrier volumes, 90 l ha⁻¹ (BV) and 130 l ha⁻¹ (AV) were evaluated. Water sensitive cards were placed on artificial supports in the upper (ES), middle (EM) and lower canopy (EI) levels in a randomized block design. Drops density, coverage area, efficiency and volume median diameter were recorded. AV and CH nozzles had significantly higher drops density than AP and AI in the upper side of artificial support at EM and EI levels, but differed only from AI with BV. CH nozzles had lower coverage than AI in EM and EI level with AV carrier and AI at EM level in BV. AI nozzles reach the highest product recovery rate at EM (28,83 – 18,67%) and EI (11,33 - 8,78%) in both AV and BV respectively. All nozzles had a very low efficiency to reach the underside leaves in the middle and lower level of the crop. This could be the reason of poor diseases control in those positions.

Keywords: flat fan; hollow cone; air induction; drop density; coverage.

Recibido: 21/12/2016

Aceptado: 01/12/2017

Disponible on line: 10/09/2018

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

INTRODUCCIÓN

La soja (*Glycine max* L. Merr) es el principal cultivo extensivo de la República Argentina, realizado casi exclusivamente bajo el sistema de siembra directa. Este tipo de labranza, junto con el monocultivo, han determinado un crecimiento de las enfermedades foliares causadas por hongos necrotróficos. Estos patógenos pueden estar presentes desde etapas vegetativas del cultivo, pero es a partir de los estados reproductivos donde son capaces de reducir el rendimiento y la calidad de granos y semillas. En este contexto, el control químico foliar es una alternativa disponible para el manejo de estas enfermedades, con la exigencia para su control de llegar a los estratos más bajos con la aplicación del producto fungicida, situación que no siempre es factible por la densidad y características del follaje (Ivancovich et al., 2003).

Frecuentemente en el campo la valoración de la calidad de la aplicación se efectúa por medio de la densidad de impactos. Al respecto, Bonini (2004) y Gandolfo et al., (2007) acuerdan que 60 impactos cm^{-2} son necesarios cuando se realizan tratamientos fúngicos para alcanzar eficacia biológica, mientras que 40 impactos cm^{-2} resultan suficientes para tratamientos con insecticidas, dejando de lado los efectos de cobertura, características de la población de gotas, tamaño de gotas, amplitud relativa, uniformidad de distribución y recuperación de la solución aplicada sobre el objeto de aplicación.

Sin embargo, según Legleiter & Johnson (2016), los sectores más altos del canopeo reciben más producto que los estratos inferiores. Estos autores registran, además, que la mayor cobertura se logra con el uso de pastillas de cono hueco en los tres estratos, siendo la diferencia con las pastillas de abanico plano de rango extendido (XR) de 133 % en el estrato superior, 80 % en el medio y 100 % en el estrato inferior. Hanna et al., (2009) evaluaron los efectos de diferentes diseños de pastillas, volúmenes de aplicación y técnicas de aplicación, determinando diferencias en la cobertura entre los diferentes estratos del cultivo, correspondiendo los mayores valores al superior (8 al 18%) y los menores al inferior (1 al 4%). En relación a las diferentes variables evaluadas, las mismas no tuvieron similares resultados para todos los sitios en los diferentes años. La densidad de gotas, el área cubierta y el tamaño de las gotas depositadas disminuyeron a medida que se profundiza en el cultivo. Similares resultados fueron informados por Bradley et al., (2007) para el área de cobertura y el tamaño de las gotas en ensayos en el cultivo de soja. En cuanto a las pastillas con inducción de aire, las mismas alcanzaron mayor o similar eficiencia en los estratos medios en cobertura y densidad de gotas, para los cultivos en surcos más distanciados, pero no así en los más estrechos.

Según Villalba Farinha et al., (2009), el éxito de la aplicación y el resultado del control están directamente relacionados con la adecuada selección de pastillas de pulverización, el ajuste del volumen de aplicación, junto a las condiciones operacionales y climáticas y la oportunidad de labor. En cuanto al volumen de aplicación (l ha^{-1} de caldo aplicado) Ferguson et al., (2016) encontraron mayor penetración y cobertura sobre el objetivo con mayores volúmenes, e indicaron

que este factor tuvo más incidencia que el tamaño de gotas en el incremento de la cobertura. Legleiter & Johnson (2016) encontraron más cobertura en la parte inferior del cultivo con mayores volúmenes de aplicación. Por el contrario, Domper et al., (2015), concluyen que un mayor volumen de aplicación no garantiza lograr, por sí solo, un mayor número de impactos, cobertura y eficiencia. La mayor cobertura y número de impactos en el estrato inferior de un cultivo de soja fue alcanzado por la pastilla de cono hueco, sin inducción de aire, de menor caudal y mayor volumen de aplicación. Por ello, mencionan a la pastilla que produce un menor tamaño de gotas, como la más apropiada para alcanzar penetración en el cultivo de soja.

Por el contrario, Villalba Farinha et al., (2009) mencionan que los mayores depósitos se correspondieron con los mayores volúmenes de aplicación, pero los mismos tuvieron también la mayor desuniformidad entre los distintos estratos de medición, en forma similar a lo cuantificado por Martins (2004). Cunha et al., (2006) en cambio, obtuvieron mayor uniformidad con los mayores volúmenes aplicados a los 45 días después de la emergencia. Los resultados difieren para las distintas épocas de aplicación, ya que en el estadio R2 (Fehr & Caviness, 1977) del cultivo de soja no encontraron diferencias entre la aplicación de 115 l ha^{-1} y 160 l ha^{-1} . Indican también que a 75 días de la emergencia del cultivo la penetración fue menor, explicada según Bauer (2002) por las características del canopeo del cultivo.

Actualmente, se han introducido alternativas tecnológicas a nivel de pastillas de pulverización que contemplan los requerimientos de un menor impacto ambiental vinculado a los problemas de deriva. Derksen et al., (2007), indican que las pastillas con inducción de aire presentan menores riesgos de deriva pero con una distribución más desuniforme en el canopeo en relación a pastillas que producen un espectro de pulverización con gotas más fina. Por ello, su uso puede ser cuestionado para la aplicación de fungicidas de contacto, pero recomendado eventualmente para aplicaciones de mezclas de productos, con adición de herbicidas sistémicos, cuando el cultivo de soja no ha cubierto el espacio entre los surcos. Asimismo, cada vez es mayor el uso de pastillas de cono hueco a menores presiones de trabajo, generando un espectro de gotas de mayor diámetro volumétrico mediano ($DV_{0,5}$) que permita su utilización con menores riesgos de deriva.

Vinculado a la incidencia de las pastillas usadas sobre los principales parámetros de evaluación de la aplicación, Antuniassi et al., (2004) no encontraron efectos de diferentes pastillas de pulverización, cono hueco, doble abanico, rango extendido y con inducción de aire (TX, TJ, XR, AI), en el estrato superior del cultivo de soja. Sin embargo, a nivel medio e inferior las pastillas de cono hueco presentaron los mayores valores de porcentaje de cobertura de las hojas, pero con diferencias significativas únicamente con las pastillas con inducción de aire. Los porcentajes de cobertura de las pastillas de cono hueco en el estrato inferior, prácticamente duplicaron al resto de los tratamientos, explicándose la ausencia de diferencias con las pastillas TJ y XR por la variabilidad de los

registros. Dichos resultados resultan concordantes con los obtenidos por Cunha et al., (2005) en el control de enfermedades en el estrato superior para las diferentes pastillas ensayadas, de abanico plano, abanico plano antideriva y cono hueco. Por lo contrario Bonini & Balardin (2002) evaluando diferentes pastillas y volúmenes de aplicación, observaron que las pastillas que producían gotas muy finas fueron menos eficientes en el control de la roya de la soja.

Cunha et al., (2008), también indican que en la parte inferior del canopeo se registra una fuerte reducción de la cobertura, la cual no superó el 7% del área para ninguna de las pastillas ensayadas, significativamente inferior a la alcanzada sobre el estrato superior, la cual varió, según la pastilla, entre el 63% y el 31%. No existieron diferencias entre los distintos volúmenes aplicados, en ambos estratos. En relación a la densidad de impactos, la pastilla de cono hueco convencional tuvo los mayores valores en ambos estratos, aunque solamente se diferenció del resto de las pastillas en el estrato inferior en dos de las tres aplicaciones efectuadas. Pese a ello, no se registraron diferencias en el control de las enfermedades producto del uso de las distintas pastillas, atribuyéndose a la escasa cobertura del estrato inferior, determinante del éxito del control en las mismas.

Asimismo, Juliatti et al., (2010) evaluando pastillas de impacto, antideriva, de inducción de aire y cono hueco determinaron que a nivel del estrato inferior del cultivo de maíz, los mayores valores correspondieron a las pastillas de cono hueco y los menores a las de inducción de aire siendo las diferencias significativas solo entre éstas. Silva et al., (2014) evaluaron diversas pastillas en los cultivos de maíz y soja, concluyendo que el maíz presentó una mayor cobertura del objetivo en los tres estratos mientras que las pastillas con menor tamaño de gotas presentaron mayor deposición en los tres estratos en ambos cultivos, lo que se tradujo en una mayor cobertura. Relacionado a ello, de Oliveira & Antuniassi (2011) informaron que no encontraron diferencias en el control de enfermedades en soja para tratamientos efectuados con gotas finas y medias, atribuyendo dichos efectos a las características de los productos y el grado de infestación del cultivo, recomendando en función de ello la utilización de gotas medias que permitirían una mayor ventana de aplicación en estadios avanzados de la soja.

Souza Alves et al., (2009) tomaron como parámetro de uniformidad de distribución de la aplicación las relaciones de producto entre los estratos superiores e inferiores, las cuales fueron siempre mayores al 49%, sin efecto de la adición de coadyuvantes al caldo y de las pastillas de pulverización utilizadas. En este sentido, Zaidan (2012) evaluó diferentes pastillas con y sin inducción de aire en relación a su capacidad de penetración a partir de la cobertura de las hojas y el líquido recuperado, demostrando que existe una desuniformidad en la distribución del caldo en la planta, independientemente de la pastilla utilizada. Asimismo, encontraron diferencias entre pastillas solamente para el estrato superior, pero todas se comportaron de similar forma en los estratos medios e inferiores, pese a que en este último alguna pastilla duplicó en producto

recolectado a otra, lo cual debe asociarse a registros muy bajos como así también variables.

En razón de lo expuesto, la pulverización es la forma de aplicación más común y difundida de fitoterápicos, pero sus resultados son variables y complejos, no solo desde el punto de vista agronómico, sino también por los aspectos que involucran la preservación del medio ambiente y la salud humana, lo cual resalta la importancia de su evaluación. En este sentido, el uso de tarjetas hidrosensibles es una metodología de evaluación accesible y simple que permite la valoración de distintos parámetros que inciden sobre la eficiencia de control. En los últimos años se han desarrollado diferentes formas de procesamiento digital de tarjetas, que permiten cuantificar además del número de impactos, la cobertura, características de la población de gotas y la cantidad de producto depositado, que se expresa como eficiencia en relación al líquido asperjado por unidad de superficie. Al respecto, Domper et al., (2015) comparando la eficiencia de aplicación de pastillas de cono hueco 80015 convencionales y de aire inducido, encontraron que la metodología de procesamiento de imágenes sobreestima la eficiencia de aplicación para pastillas con inducción de aire principalmente, pero logra ser una herramienta adecuada a nivel de campo para la toma de decisiones dada su sencillez y rapidez.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, el presente trabajo tiene por objetivo evaluar la uniformidad de distribución y la eficiencia de penetración de diferentes técnicas de aplicación en el cultivo de soja.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en un establecimiento cercano a la localidad de Carlos Casares (35° 39' S, 61° 26' W). Las aplicaciones se efectuaron sobre un cultivo de soja (*Glycine max* L. Merrill) en el estado de R4. El cultivar utilizado fue Don Mario 3700, grupo de maduración III, con una densidad de 21 plantas por metro lineal (60 pl m⁻²) y distancia entre líneas de 0,35 m.

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, distanciamiento entre picos de 0,35 m y barra pulverizadora posicionada a 0,50 m respecto del cultivo. Se utilizó coadyuvante tensioactivo Rino[®] en una dilución del 10%v v⁻¹. Se evaluaron tres tratamientos (diseños de pastillas) y dos subtratamientos (dos volúmenes de aplicación), 90 l ha⁻¹ (Bajo volumen, BV) correspondiente a la velocidad de avance de 2,54 m s⁻¹ y 130 l ha⁻¹ (Alto volumen, AV) a la velocidad de desplazamiento de 1,67 m s⁻¹ (Tabla 1). El caudal de las pastillas fue corroborado mediante un medidor instantáneo de caudal marca SpotOn Sprayer Calibrator modelo SC-1[®], previo a la realización del ensayo.

Se utilizó un diseño factorial, con 4 repeticiones distribuidas completamente al azar y dos unidades experimentales (estaciones de medición) para cada tratamiento, en cada parcela. En las estaciones de medición se colocaron tarjetas hidrosensibles Syngenta[®] de 3" x 1" ubicadas sobre soportes metálicos

con disposición similar a las de las hojas del cultivo, disponiéndose las tarjetas sobre el haz (H) y el envés (E) de los mismos. Las tarjetas fueron ubicadas a tres alturas: 0,2 m; 0,4 m y 0,6 m con respecto al suelo, en concordancia con los estratos inferiores (EI), medios (EM) y superiores (ES) del cultivo. La máquina pulverizadora aplicó de manera continua, con la misma dirección en cada pasada, retirándose las tarjetas en forma previa al siguiente pasaje para evitar los efectos de la deriva. Durante la aplicación correspondiente a cada tratamiento se tomaron datos de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento. Las condiciones meteorológicas durante las aplicaciones fueron de cielo cubierto, temperatura promedio de 20°C, humedad relativa del 45% y velocidad del viento de 12 km h⁻¹ con ráfagas que oscilaron entre 11 km h⁻¹ y 14,5 km h⁻¹.

Como umbral de número de impactos requeridos en el estrato objeto de aplicación se tomaron 60 gotas cm⁻² concordante con las recomendaciones habituales para el tratamiento de fungicidas (Gandolfo et al., 2007). Las tarjetas fueron escaneadas con una resolución de 1200 d.p.i. y analizadas con el programa CIR 1.5[®]. Las variables respuesta fueron: 1) Densidad 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. Los valores de estas variables resultaron del promedio de cinco ventanas de medición ubicadas por el programa aleatoriamente sobre la tarjeta. Se efectuaron además dos lecturas complementarias de cinco ventanas cada una, las cuales constituyeron repeticiones de la lectura de cada tarjeta.

Los datos obtenidos se analizaron mediante un ANOVA factorial y los promedios se compararon mediante un test de DMS (diferencias mínimas significativas) de Fisher, con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidad de impactos y cobertura

El análisis de los datos mostró interacción significativa entre la posición (H y E) y los demás factores de variación (pastillas, estratos y volúmenes de aplicación) por lo cual se procedió a la partición (Tabla 2).

En primera instancia se analizaron los efectos de la posición, H y E en la densidad de impactos en los distintos estratos para ambos volúmenes de aplicación. Los impactos sobre H fueron significativamente mayores a los del E de las hojas, pero las diferentes dosis de aplicación, estratos y pastillas tuvieron un comportamiento diferencial en la cara axial y abaxial. Sobre la cara superior de las hojas existen diferencias significativas entre estratos de medición para ambos volúmenes de aplicación (Figura 1).

Independientemente de los estratos considerados y los diferentes volúmenes de aplicación, las pastillas de CH tuvieron siempre los mayores valores de densidad de impactos y las de AI los menores, mientras que las de AP fueron siempre intermedias entre ambas. Esta tendencia también fue informada por Cunha et al., (2008) en comparaciones de pastillas de cono hueco convencional, cono hueco inducido, deflectoras y antideriva. Los resultados corroboran además las dificultades para alcanzar los estratos más bajos con la aplicación del producto fungicida, vinculadas a las características del follaje de la soja, tal como mencionaran Ivancovich et al., (2003) y Cunha et al., (2008). Al respecto, tanto en el estrato superior como en el estrato medio del cultivo todas las pastillas alcanzan el número de 60 impactos cm⁻² recomendados por Bonini (2004) y Gandolfo et al., (2007) para alcanzar eficacia biológica en tratamientos fúngicos para aplicaciones de alto volumen. En el EI en cambio, solamente las pastillas CH y AP superaron las recomendaciones mientras que las pastillas AI solamente alcanzaron una media de 40 impactos cm⁻². En forma similar a lo informado por Legleiter & Johnson (2016), los sectores más altos del canopeo reciben más producto que los sectores bajos. Tal como resulta esperable, en líneas generales, el menor volumen de aplicación alcanzó una menor densidad de impactos, para todos los estratos y pastillas utilizadas. Las pastillas AI no alcanzaron en BV la densidad recomendada tanto para el EM como en el EI. Tampoco se diferencian para esta pastilla los valores del EI para ambos volúmenes de aplicación. Teniendo en cuenta estos resultados, es posible acordar con lo afirmado por Villalba Farinha et al., (2009) en cuanto a que el éxito de la aplicación y el resultado del control están directamente relacionados a la adecuada selección de pastillas de pulverización, ajuste del volumen de aplicación, junto a las condiciones operacionales, climáticas y la oportunidad de labor. El CH cubre los

Tabla 1. Pastillas utilizadas y condiciones operativas de la pulverizadora durante el ensayo. P: presión de trabajo de la pulverizadora; Q: caudal; Va: velocidad de avance; VA: Volumen de aplicación; T: tratamiento; AP: pastilla de abanico plano; CH: pastilla de cono hueco; AI: pastilla de abanico plano con aire inducido; F1: factor pastillas; F2: factor volumen de aplicación; BV: bajo volumen; AV: alto volumen.

Fabricante	Pastilla	P (kPa)	Q (l min ⁻¹)	Va (m s ⁻¹)	VA (l ha ⁻¹)	Denominación	
						F1	F2
Teejet	XR110015 [®]	300	0,59	2,54	90	AP	BV
		300	0,59	1,67	130	AP	AV
Lurmak	30HCX6 [®]	300	0,59	2,54	90	CH	BV
		300	0,59	1,67	130	CH	AV
Hypro	AI 110015 [®]	300	0,59	2,54	90	AI	BV
		300	0,59	1,67	130	AI	AV

Tabla 2. Análisis de la varianza para la variable densidad de impactos. F.V.: Fuentes de Variación; SC: Suma de cuadrados; gl: grados de libertad; CM: Cuadrado Medio; F: Fisher .

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7305612,68	35	208731,79	69,93	<0,0001
Volumen de Aplicación	332929	1	332929	111,54	<0,0001
Estrato	1361372,93	2	680686,46	228,05	<0,0001
Disposición Hoja	2729226,72	1	2729226,72	914,36	<0,0001
Pastilla	1102959,35	2	551479,67	184,76	<0,0001
Volumen de Aplicación * Estrato	78682,03	2	39341,01	13,18	<0,0001
Volumen de Aplicación * Disposición Hoja	125166,72	1	125166,72	41,93	<0,0001
Volumen de Aplicación * Pastilla	70290,11	2	35145,06	11,77	<0,0001
Estrato * Disposición Hoja	398742,62	2	199371,31	66,79	<0,0001
Estrato * Pastilla	368986,79	4	92246,7	30,9	<0,0001
Disposición Hoja * Pastilla	613327,15	2	306663,57	102,74	<0,0001
Volumen de Aplicación * Estrato * Disposición Hoja	9017,62	2	4508,81	1,51	0,2216
Volumen de Aplicación * Estrato * Pastilla	8468,03	4	2117,01	0,71	0,5858
Volumen de Aplicación * Disposición Hoja * Pastilla	24050,04	2	12025,02	4,03	0,0183
Estrato * Disposición Hoja * Pastilla	70866,62	4	17716,66	5,94	0,0001
Volumen de Aplicación * Estrato * Disposición Hoja * Pastilla	11527,95	4	2881,99	0,97	0,4258
Error	1826733,44	612	2984,86		
Total	9132346,12	647			

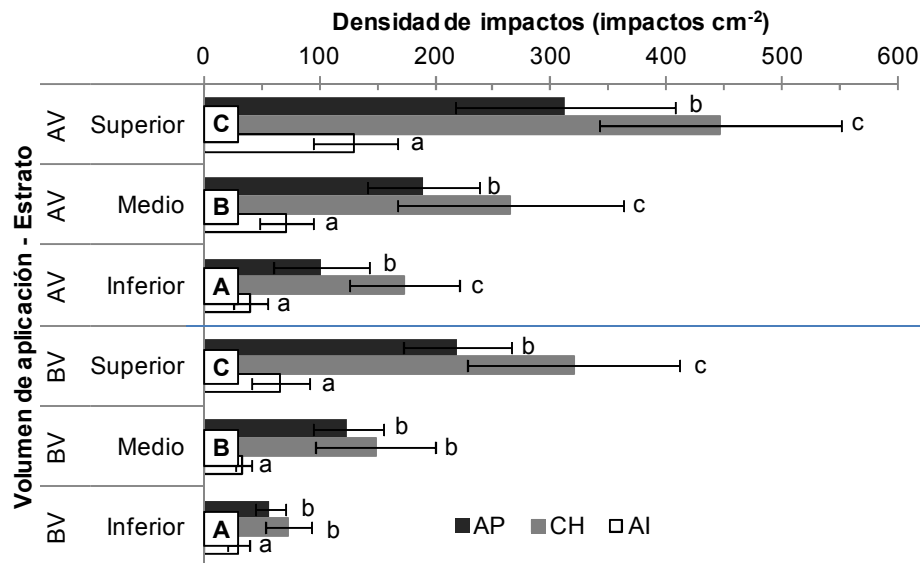


Figura 1. Densidad de impactos sobre la cara superior de las hojas para los distintos tratamientos y subtratamientos en cada estrato de medición. AP: abanico plano XR110015; CH: cono hueco 30HCX6 AI: abanico plano con aire inducido 110015 (AI). AV: 130 l ha⁻¹; BV: 90 l ha⁻¹. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas (p≤0,05) según el test de DMS de Fisher entre estratos en cada volumen de aplicación. Letras minúsculas diferentes en cada barra indican diferencias significativas (p≤0,05) según el test de DMS de Fisher entre pastillas en cada estrato de medición.

requerimientos para todos los estratos inclusive para bajos volúmenes de caldo. Las pastillas de AP, en cambio, solamente resultan adecuadas en AV pero no en BV, mientras que no pueden esperarse resultados preventivos en el EI con AI tanto en AV como BV, según este parámetro de valoración de la aplicación.

En cuanto al E de las hojas (Tabla 3), existió interacción significativa entre estratos, pastillas y volúmenes de aplicación, realizando entonces el análisis por estratos del cultivo. A nivel del estrato superior existieron diferencias significativas entre volúmenes de aplicación y pastillas. En BV solamente CH alcanzó registros compatibles con las recomendaciones de Bonini (2004) y Gandolfo et al., (2007), mientras que en AV, el movimiento del sector superior del canopeo por el viento habría favorecido el incremento de los depósitos de las técnicas con poblaciones de gotas con menor $DV_{0,5}$. En el EM y en el EI en cambio, todos los valores resultaron inferiores a las recomendaciones generales de densidad de impactos. No existieron diferencias en el EI entre volúmenes de aplicación ni pastillas usadas, pero sí en el EM, donde CH alcanzó la mayor densidad de impactos en AV y AI en BV, pero los registros en promedio no superaron los 16 impactos cm^{-2} .

En cuanto a la cobertura del objeto de aplicación para los diferentes tratamientos y subtratamientos, las tendencias resultaron semejantes a las de densidad de impactos ya que resultó significativa la diferencia entre la cobertura del H de la hoja en relación al E para todos las pastillas, estratos y dosis de aplicación. Como se observa en la Tabla 3, los valores de cobertura para el

E de las hojas fueron extremadamente bajos en todos los estratos. En el ES, al igual que en densidad de impactos, se alcanzaron diferencias entre volúmenes de aplicación y pastillas, con porcentajes de cobertura significativamente mayor en AV que en BV. Asimismo, las pastillas con AI tuvieron significativamente menor cobertura que AP y CH que no se diferenciaron entre sí. No obstante, la cobertura no superó el 0,5 % de la superficie en BV y el 2,5 % en AV.

Sobre la cara superior (Figura 2), las pastillas no tuvieron la misma prestación para los diferentes estratos.

Los resultados concuerdan con los de Legleiter & Johnson (2016) en cuanto a que se encontró más cobertura en la parte inferior del cultivo con mayores volúmenes de aplicación y con los de Villalba Farinha et al., (2009) quienes mencionan que los mayores depósitos se correspondieron con los mayores volúmenes de aplicación, pero tuvieron también la mayor desuniformidad entre los distintos estratos de medición, en forma similar a lo cuantificado por Martins (2004). También reafirman lo mencionado por Ferguson et al., (2016) sobre la mayor cobertura alcanzada para los mayores volúmenes aplicados, sin afirmar que esta variable resulte más importante que el tamaño de las gotas. Por otra parte, contradicen parcialmente los resultados de Domper et al., (2015) ya que existe una tendencia hacia mayores densidades de impactos y cobertura con el mayor volumen de aplicación sobre el H, pero no ocurre lo mismo sobre el E, principalmente en estratos medio e inferior.

Tabla 3. Densidad de impactos y porcentaje de cobertura sobre la cara inferior de las hojas para los distintos tratamientos y subtratamientos en los estratos medio e inferior. BV: 90 l ha^{-1} ; AV: 130 l ha^{-1} ; AP: pastilla de abanico plano; CH: pastilla de cono hueco; AI: pastilla de abanico plano con aire inducido. Letras minúsculas iguales indican ausencia de diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según el test de DMS de Fisher entre pastillas para cada volumen de aplicación, en los estratos medio e inferior.

Estrato	Volumen de aplicación	Pastilla	Densidad de impactos (impactos cm^{-2})		Cobertura (%)	
			Media	Desvío Estándar	Media	Desvío Estándar
Superior	BV	AI	11,33 a	5,38	0,10 a	0,07
Superior	BV	AP	17,72 b	14,20	0,28 b	0,26
Superior	BV	CH	58,11 c	33,34	0,42 b	0,50
Superior	AV	AI	23,06 a	23,42	0,96 a	0,72
Superior	AV	AP	107,67 b	125,74	2,27 b	3,22
Superior	AV	CH	127,22 c	110,07	2,05 b	1,96
Medio	BV	AI	15,67 b	8,79	0,04 a	0,08
Medio	BV	AP	7,44 a	2,36	0,09 a	0,05
Medio	BV	CH	11,33 ab	9,18	0,11 a	0,08
Medio	AV	AI	6,50 a	3,71	0,03 a	0,05
Medio	AV	AP	9,78 a	8,30	0,12 a	0,22
Medio	AV	CH	15,22 b	12,53	0,17 a	0,17
Inferior	BV	AI	11,33 a	6,56	0,08 a	0,06
Inferior	BV	AP	9,87 a	15,97	0,06 a	0,11
Inferior	BV	CH	9,28 a	7,07	0,07 a	0,09
Inferior	AV	AI	8,61 a	4,60	0,03 a	0,05
Inferior	AV	AP	7,61 a	1,45	0,02 a	0,06
Inferior	AV	CH	9,67 a	7,94	0,07 a	0,09

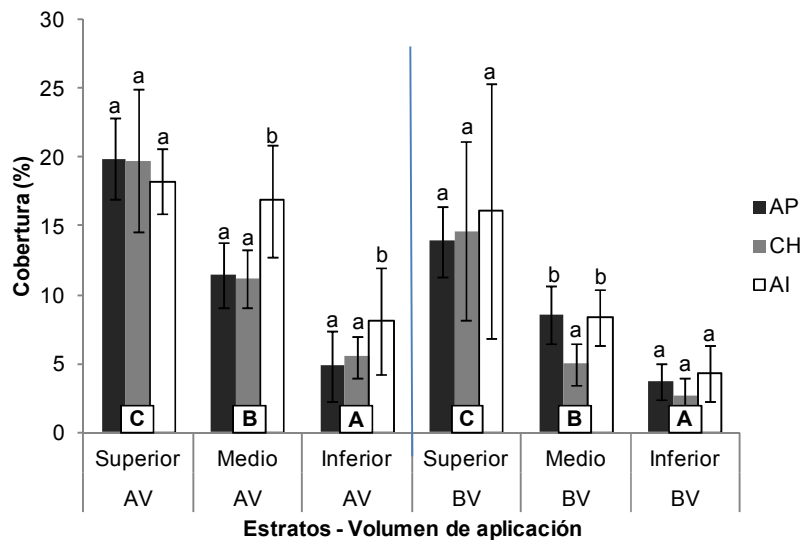


Figura 2. Porcentaje de cobertura sobre la cara superior de las hojas para los distintos tratamientos y subtratamientos en cada estrato de medición. AP: abanico plano XR110015; CH: cono hueco 30HCX6 AI: abanico plano con aire inducido 110015 (AI). AV: 130 l ha⁻¹; BV: 90 l ha⁻¹. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según el test de DMS de Fisher entre estratos en cada volumen de aplicación. Letras minúsculas diferentes en cada barra indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según el test de DMS de Fisher entre pastillas en cada estrato de medición.

El rango de valores medios es ligeramente superior a los medidos por Hanna et al., (2009) para diferentes diseños de pastillas, volúmenes de aplicación y técnicas de aplicación. Las coberturas, fueron de 14 a 20 % aproximadamente para el ES y de 2,5% a 8% para el EI, en comparación a registros de 8 a 18% para el ES y de 1 a 4% para el EI. Dichos valores son inferiores a los medidos por Cunha et al., (2008) quienes también indican que en la parte inferior del canopeo se registra una fuerte reducción de la cobertura, significativamente inferior a la alcanzada sobre el ES, la cual no superó para ninguna de las cuatro pastillas ensayadas el 7% del área en promedio, con máximos del orden del 10% para la aplicación de 200 l ha⁻¹ y mínimos del 1,9% para 150 l ha⁻¹ según la pastilla y momento fenológico de la aplicación. Asimismo, manifiestan que dicha reducción de la cobertura entre el ES y EI del cultivo de soja, informada también por Bauer (2002), pondría en riesgo el control temprano de aquellas enfermedades que comienzan su desarrollo a partir de la parte más baja de la planta. En el ES del cultivo de soja, al igual que lo informado por Cunha et al., (2005), en ensayos para evaluar el control de enfermedades en poroto, no se encontraron diferencias de porcentaje de cobertura para las diferentes pastillas ensayadas, de abanico plano, abanico plano antideriva y cono hueco. También son concordantes para el ES con lo expuesto por Antuniassi et al., (2004) sobre el cultivo de soja. Sin embargo, los resultados difieren a nivel medio e inferior ya que no fueron las pastillas de cono las de mejor prestación sino que por lo contrario, las pastillas AI fueron las de mayor cobertura en AV, con diferencias significativas con las

de CH y AP. En BV las de CH tuvieron significativamente menor cobertura en el EM y en el EI la cobertura fue similar para todas las alternativas de pastillas. Lo antedicho se contrapone con lo determinado por Zaidan (2012) quien concluye que a nivel del EI no se encuentran diferencias entre las distintas alternativas de pastillas. Esto contradice también, parcialmente, a Domper et al., (2015) en relación a la importancia de la penetración de las gotas de menor DV_{0,5}, en sus ensayos con pastillas de CH con diferente caudal y volúmenes de aplicación. Dichas diferencias podrían deberse a la mayor exoderiva que podría haberse producido en las condiciones de este ensayo con velocidades de viento que podrían haber afectado en mayor medida a las pastillas que producen la población con menor DV_{0,5}. Si se toma como criterio de uniformidad de distribución la propuesta de Cunha et al., (2006) los resultados corroboran las afirmaciones del mismo para la primera instancia de medición, en cuanto a que se obtuvo una distribución más uniforme entre estratos para el mayor volumen aplicado. Esta concordancia puede atribuirse a que el cultivo, de soja tardío en surcos estrechos (0,35 m), presentaba pese a hallarse en R4 un escaso desarrollo foliar. Los mayores valores de uniformidad en cobertura se encontraron para las pastillas AI con AV y los menores para el CH en BV, lo cual no coincide con lo observado para los valores de densidad de impactos. Esto se debe a que en dicho parámetro las únicas pastillas que alcanzaron los límites recomendados fueron las pastillas de CH, lo cual debería atribuirse a la diferencia en el DV_{0,5} de ambos diseños. Estos resultados se

contraponen con los hallados por Juliatti et al., (2010) quienes evaluando pastillas de impacto, antideriva, de inducción de aire y cono hueco determinaron que a nivel del EI del cultivo de maíz, los mayores valores correspondieron a las pastillas de cono hueco y los menores a las de inducción de aire siendo las diferencias significativas solo con éstas. También difieren con los resultados de da Silva et al., (2014) puesto que en sus evaluaciones sobre cultivos de maíz y soja, concluyeron que las pastillas con menor tamaño de gotas presentaron mayor deposición en los tres estratos en ambos cultivos, lo que se tradujo en una mayor cobertura. En cambio, como se dijo anteriormente, las pastillas AI alcanzaron registros de cobertura mayores a las demás tanto en AV como en BV, lo cual podría relacionarse a condiciones atmosféricas desfavorables para las gotas de menor DMV producidas por el CH, que podrían haber sido derivadas más fácilmente que las producidas por la AP y la AI las cuales con mayor $DV_{0,5}$ se adaptaron mejor a la ventana de operación existente al momento de aplicación (de Oliveira & Antunias, 2011).

En la Figura 3 se visualizan las relaciones entre el número de impactos correspondientes a cada estrato en relación al total de impactos, para AV y BV. Es posible observar que las tendencias y valores resultan homogéneos para ambos volúmenes de aplicación, lo cual permitiría aseverar que si bien existe una mayor densidad de impactos para el mayor volumen aplicado en general ello responde en mayor medida a la cantidad de líquido más que a una mejora en la penetración del caldo aplicado en el cultivo.

En cuanto a los estratos, el ES recoge entre el 50% y el

60% de las gotas, el EM valores cercanos al 30% y el EI valores medios del 16,9% al 17,7%. Por lo tanto, sería esperable que un aumento del volumen de aplicación, independientemente de la pastilla utilizada, aumente el número de impactos en todos los estratos. Así también, es posible relacionar que aquellas pastillas que producen menor tamaño de gotas y por ende mayor número de gotas para un mismo volumen de aplicación pudiesen lograr una mejor cobertura, a expensas de contar con una situación meteorológica que no aumente los riesgos de exoderiva.

En la Figura 4, en cambio, se muestran las relaciones de cobertura entre estratos para las diferentes pastillas y volúmenes de aplicación. Puede a través de la misma visualizarse que la uniformidad de cobertura entre estratos de la pastilla de CH decrece en forma clara con el menor volumen de aplicación. En el EM alcanza menos del 35% de la cobertura medida para el ES y en el inferior no llega al 19 % relativo del superior. La pastilla AI encuentra un mejor desempeño en AV y la de AP en BV, sin mayores diferencias con AI. Esto se opone a lo afirmado por Ferguson et al., (2016), ya que el mayor volumen de aplicación no garantiza la mayor cobertura en distintos estratos, en forma independiente de la pastilla utilizada para la aplicación.

En función de lo anterior, la desuniformidad de distribución entre los diferentes estratos, tanto en cobertura del objeto de aplicación como en densidad de impactos no es dependiente de un diseño de pastillas, sino de las características de las aplicaciones y del cultivo de soja, corroborando las afirmaciones de Bradley et al., (2007).

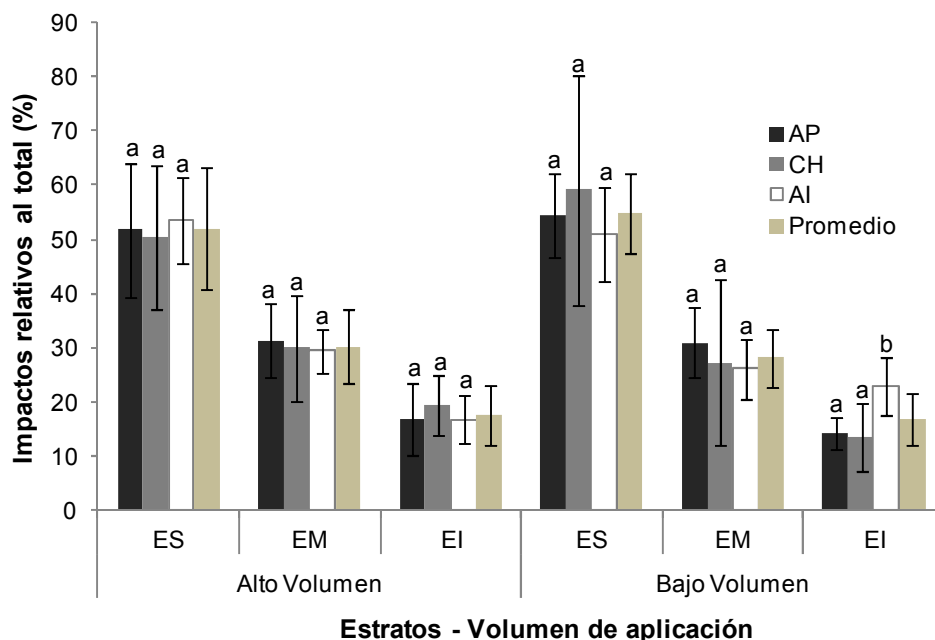


Figura 3. Porcentaje de impactos por estrato en relación al total de impactos para los distintos tratamientos y subtratamientos. AP: abanico plano XR110015; CH: cono hueco 30HCX6 AI: abanico plano con aire inducido 110015 (AI); Promedio: promedio de las relaciones de impactos de las tres pastillas para cada estrato y volumen de aplicación. AV: alto volumen de aplicación, 130 l ha^{-1} ; BV: bajo volumen de aplicación, 90 l ha^{-1} . ES: estrato superior; EM: estrato medio; EI: estrato inferior. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según el test de DMS de fisher entre estratos en cada volumen de aplicación. Letras minúsculas diferentes en cada barra indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según el test de DMS de Fisher entre pastillas en cada estrato de medición.

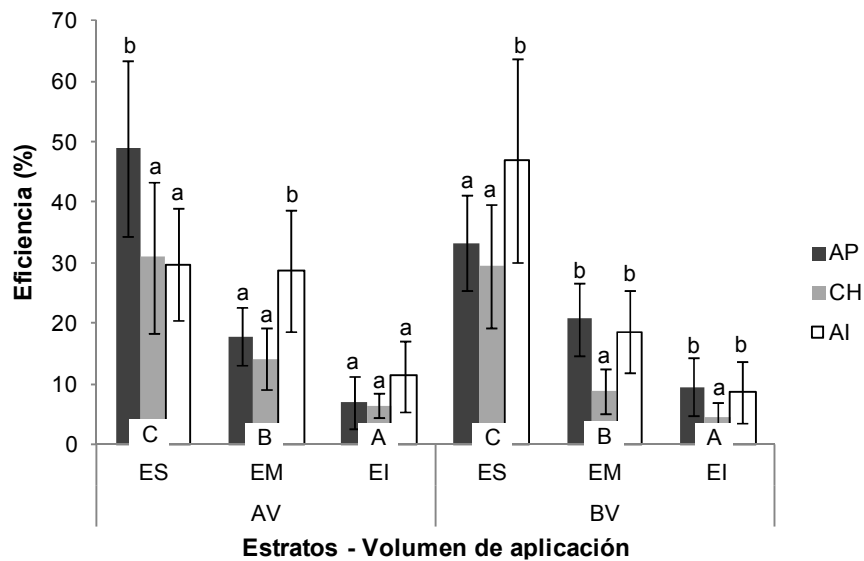


Figura 4. Cobertura de los diferentes estratos en relación a la cobertura del estrato superior en porcentaje para los distintos tratamientos y subtratamientos. AP: abanico plano XR110015; CH: cono hueco 30HCX6; AI: abanico plano con aire inducido 110015; AV: alto volumen de aplicación, 130 l ha⁻¹; BV: bajo volumen de aplicación, 90 l ha⁻¹; ES: estrato superior; EM: estrato medio; EI: estrato inferior. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre estratos en cada volumen de aplicación. Letras minúsculas diferentes en cada barra indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según el test de DMS de Fisher entre pastillas en cada estrato y volumen de aplicación.

Así también resulta claro, a partir de las distintas figuras (1, 2, 3 y 4) que el número de impactos no puede tomarse como la única variable a determinar en campo, puesto que no guarda una relación directa con el porcentaje de cobertura, existiendo para las diferentes pastillas diferencias de prestación entre los restantes parámetros. Estas diferencias de prestación en cobertura y densidad de impactos podría atribuirse a las diferencias en el DV_{0,5} de la población de gotas de cada diseño.

Eficiencia (%)

En lo referente a la recuperación del producto sobre el objeto de aplicación, luego de efectuada la corrección indicada por Domper et al., (2015) para evitar la sobreestimación de los valores de eficiencia del programa utilizado, el análisis estadístico detectó significancia de la interacción entre tipo de pastilla y la cara de las hojas, como así también estratos y caras de las hojas, por lo que se particionó por caras y estratos para el análisis.

Se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) entre las caras de las hojas, no superando los depósitos sobre el envés el 1,5 %, con valores medios del 0,36 %, mientras que sobre la cara superior se obtuvo en promedio una eficiencia de recuperación del 20% y valores máximos, del orden del 49% correspondiente a la pastilla de AP en el estrato superior.

Todas las pastillas tuvieron la mayor cantidad de producto recuperado en el ES y la menor en el EI, con diferencias significativas entre ambos estratos para todas las pastillas ensayadas. Esto resulta coincidente con lo expuesto por Souza Alves et al., (2009), Antunias et al., (2004), Hartmann Schmidt (2006) y

Zaidan (2012).

En general, los valores de eficiencia fueron levemente mayores pero cercanos a los informados por Souza Alves et al., (2009), quienes para el ES alcanzaron registros de 24,67% a 27,67%, mientras que en el EI variaron en promedio entre 8% y 10,66% según el adyuvante y la pastilla utilizada, sin diferencias significativas entre las mismas. Ello resulta diferente de los resultados del presente ensayo, ya que la pastilla AP con mayor tasa de aplicación se diferenció tanto de AI como de CH en el ES. También difiere de lo expuesto por Hartmann Schmidt (2006), quien encuentra diferencias a favor del CH en el EM del cultivo en relación a pastillas de abanico plano simples, dobles y de aire inducido, mientras que CH prácticamente tuvo los menores registros de recuperación de caldo en todos los estratos. Esto podría fundamentar lo dicho por Bonini & Balardin (2002), quienes comparando puntas de abanico plano rango extendido, cono hueco, impacto, doble abanico y con inducción de aire (XR, TX, TT, TJ 60 y AI), con volúmenes de 100 y 150 l ha⁻¹, observaron que las pastillas que producían las gotas muy finas fueron menos eficientes en el control de la roya de la soja.

La prestación de las pastillas de AP muestra tendencias similares en ambos volúmenes de aplicación, pero la recuperación en los distintos estratos resultó más homogénea para 90 l ha⁻¹, alcanzando niveles de eficiencia mayores para la misma que para 130 l ha⁻¹ en los estratos inferiores y medios. Esto implicaría que el aumento del volumen fue retenido en mayor medida en el estrato superior, lo cual avalaría lo dicho por Domper et al., (2015) que no siempre el aumento del volumen de aplicación garantiza una mejora en la totalidad de

los parámetros que inciden sobre la calidad de aplicación.

Las pastillas de AI en cambio tuvieron un comportamiento opuesto, alcanzando en el EM, para la mayor tasa, similar eficiencia que en el ES. El CH, contrariamente a lo esperado, tuvo siempre los menores registros para 90 l ha^{-1} y significativamente menores valores que AI en todos los estratos para el menor volumen de aplicación y que AP en los estratos medios e inferiores. Para el mayor volumen de aplicación, por lo contrario, el CH solamente se diferenció significativamente con menores valores que AP en el ES y de AI en EM.

Estos resultados pueden asociarse para su análisis con el $DV_{0,5}$ de la población de gotas que alcanza el objetivo en los diferentes estratos. A nivel del E de las hojas no se encontraron efectos del volumen de aplicación ni del tipo de pastillas, ya que los resultados fueron homogéneos para todas las variables analizadas. La población de gotas fue en promedio, para el EI, de $69,5 \mu\text{m}$. Esto, asociado a una reducida densidad de impactos en EM y EI ($5 \text{ a } 17 \text{ impactos cm}^{-1}$), determinó la ineficiencia de la aplicación para todas las pastillas, en todos los estratos. En función de ello, puede descartarse la mayor eficiencia de las pastillas de CH para producir gotas que pudiesen cumplir con dicha expectativa.

Los mayores valores de $DV_{0,5}$ se encontraron sobre el H de las hojas (Figura 6) y se detectó significancia de la interacción entre las variables volumen de aplicación y cara de las hojas y entre esta última y el tipo de pastillas.

En general, existieron diferencias significativas en la población de gotas que llega al objetivo sobre H,

estrechamente vinculadas a las características de diseño de las pastillas, entre todos los diseños en cada volumen de aplicación. En los estratos EM y EI, las gotas de CH tuvieron un $DV_{0,5}$ de $150 \text{ a } 175 \mu\text{m}$, las de AP de $210 \mu\text{m}$ a $280 \mu\text{m}$ y las de AI de $470 \mu\text{m}$ a $580 \mu\text{m}$. Estos resultados ayudan a la comprensión de que pese a valores muy bajos de densidad de impactos para AI, tanto la cobertura como la eficiencia alcancen valores similares en EM y EI, a los de las pastillas de CH y AP. En el estrato superior del canopeo, las tres pastillas tuvieron mayor $DV_{0,5}$ para la mayor tasa de aplicación, a diferencia de lo que ocurre en EM y EI, donde las diferencias se reducen o desaparecen.

La Figura 7 muestra las imágenes digitalizadas de las tarjetas ubicadas en el EI, siendo notable la diferencia de impactos y cobertura alcanzados por la pastilla de AI con el mayor volumen de aplicación. Esto no sucede de similar forma con la cobertura lograda por las pastillas AP y CH, pudiendo causar una mejora en el control de enfermedades fúngicas en condiciones de cultivos de escaso crecimiento, con entre surcos no totalmente cerrados al momento de aplicación.

Estos resultados muestran las dificultades para lograr aplicaciones que controlen de enfermedades fúngicas que inicien su desarrollo en los estratos inferiores y medios del cultivo de soja. Del mismo modo se analizan las ineficiencias de las distintas alternativas evaluadas (tipos de pastillas y volúmenes de aplicación) para alcanzar valores de densidad de impactos, cobertura y producto recuperado sobre el E de las hojas suficientes para dicho objetivo. Estos inconvenientes pueden relacionarse a los problemas para la penetración en el canopeo, aún cuando el cultivo no haya cubierto totalmente el entresurco.

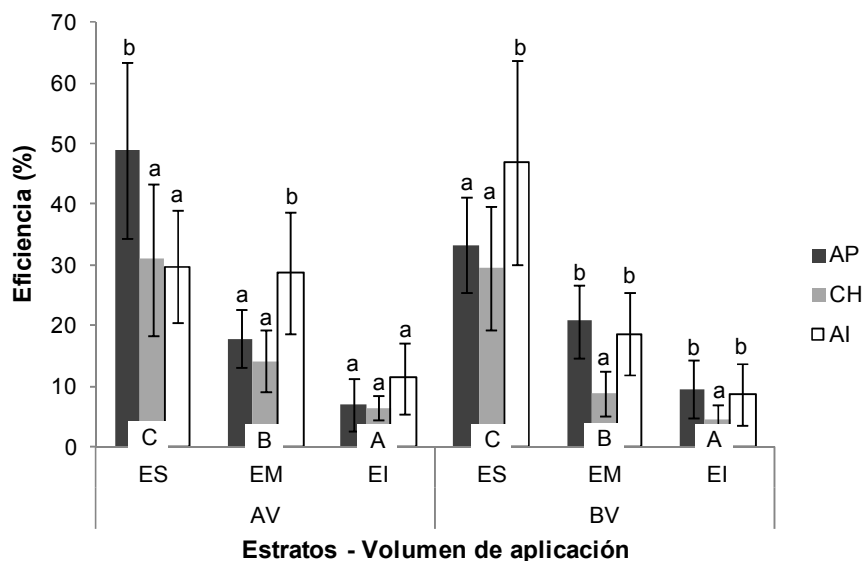


Figura 5. Eficiencia de recuperación de caldo para los distintos tratamientos y subtratamientos en cada estrato de medición. AP: abanico plano XR110015; CH: cono hueco 30HCX6; AI: abanico plano con aire inducido 110015; AV: alto volumen de aplicación, 130 l ha^{-1} ; BV: bajo volumen de aplicación, 90 l ha^{-1} . Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre estratos en cada volumen de aplicación según el test de DMS de Fisher. Letras minúsculas diferentes sobre cada barra indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre pastillas en cada estrato de medición según el test de DMS de Fisher.

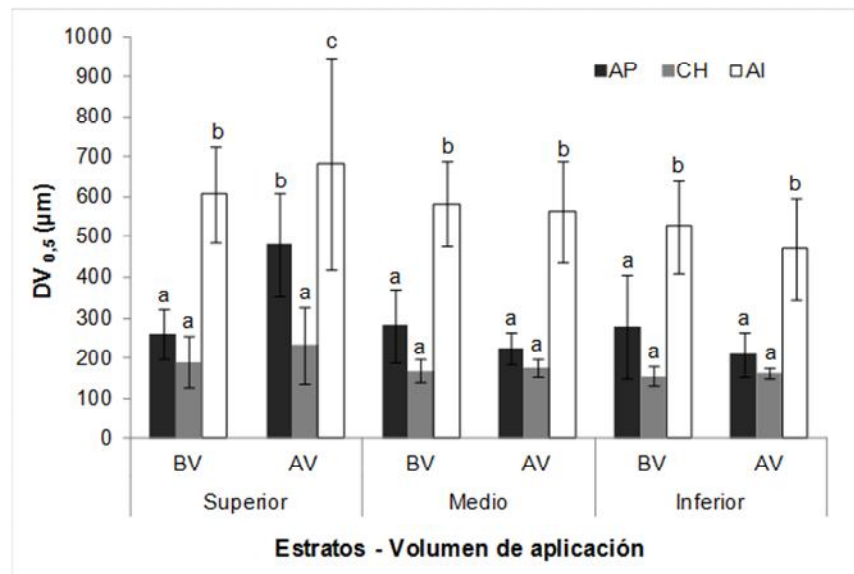


Figura 6. Diámetro Volumétrico Mediano ($DV_{0,5}$). AP: abanico plano XR110015; CH: cono hueco 30HCX6; AI: abanico plano con aire inducido 110015; AV: alto volumen de aplicación, 130 l ha^{-1} ; BV: bajo volumen de aplicación, 90 l ha^{-1} . Letras minúsculas diferentes en cada barra indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) según el test de DMS de Fischer entre pastillas en cada estrato de medición para cada volumen de aplicación.

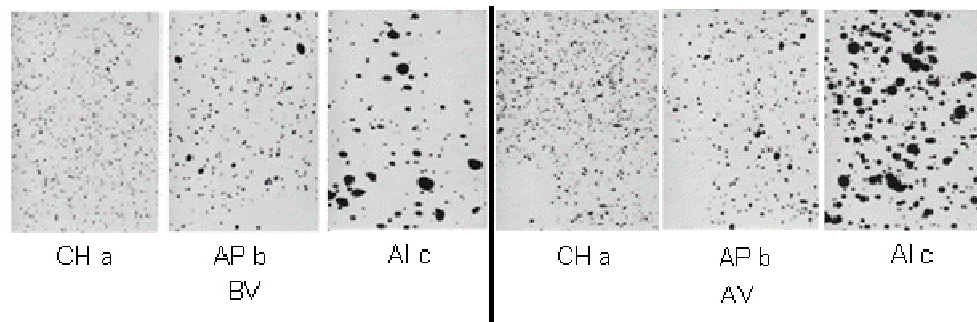


Figura 7. Tarjetas hidrosensibles sobre el haz de las hojas en el estrato inferior. CH: cono hueco 30HCX6; AP: abanico plano XR110015; AI: abanico plano con aire inducido 110015; AV: alto volumen de aplicación, 130 l ha^{-1} ; BV: bajo volumen de aplicación, 90 l ha^{-1} . Letras minúsculas diferentes debajo de cada tarjeta indican diferencias significativas entre pastillas según el test de DMS de Fischer ($p \leq 0,05$) en cada volumen de aplicación.

CONCLUSIONES

Todas las pastillas tuvieron una baja eficiencia para alcanzar el envés de las hojas en los estratos medios e inferiores del cultivo, lo cual limitaría las estrategias de control de plagas y enfermedades en dicha ubicación.

La densidad de impactos no evidenció una relación directa con el área de cobertura y la eficiencia de recuperación del caldo aplicado.

Un incremento en el volumen de aplicación determinó una mayor densidad de impactos sin modificar la eficiencia de penetración a los estratos medios e inferiores.

Las pastillas con aire inducido presentaron aptitud para tratamientos en estadios tempranos del desarrollo del cultivo con alto volumen de aplicación, en función del porcentaje de cobertura y la eficiencia de recuperación de caldo.

BIBLIOGRAFÍA

Antuniassi, U.R., T.V. Camargo, A.P.O. Bonelli & H.W.C. Romagnole, 2004. Avaliação da cobertura de folhas de soja em aplicações terrestres com diferentes tipos de pontas. In: Anais III Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos. 48-51.

- Bauer, F.C.** 2002. Distribuição e deposição da pulverização sobre diferentes condições operacionais na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Tese Doutorado em Agronomia (Proteção de Plantas)-Faculdade de Ciências Agrônomicas. Universidade Estadual Paulista. Bolucalu, SP. 130 p.
- 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.
- Bonini, J. V. & R. S. Balardin.** 2002. Pontas de pulverização utilizadas na aplicação de fungicidas para controle de doenças. Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul 30 110.
- Bradley, C. A., C. D. Chesrown, & V. L. Hofman.** 2007. Evaluation of foliar fungicide application methods on soybean. Canadian J. Plant Path. 29 (2): 197-202.
- Cunha, J.P.A.R da, M.T. Martins & R.F. Vieira.** 2005. Avaliação de pontas de pulverização hidráulicas na aplicação de fungicida em feijoeiro. Ciencia Rural 35 (5) 1069-1074.
- Cunha, J.R.A, da, E.F. dos Reis & R. de Oliveira Santos.** 2006. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. Ciencia Rural, 36. (5), 1360-1366.
- Cunha, J.P.A.R. da, E.A.C. Moura, J.L. Silva Júnior, F.A. Zago, & F.C. Juliatti.** 2008. Efeito de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, 28 (2) 283-291.
- de Oliveira, M.A.P. & U.R. Antuniassi.** 2011. Eficácia do flutriafol e do flutriafol + tiofianato metílico aplicados com gotas finas ou médias no controle da ferrugem asiática da soja. Revista Energia na Agricultura. Botucatu. 26 (1) 94-112.
- Derksen, R.C., S. Vitanza, C. Welty, C., Miller, S., Bennett, N. & H. Zhu.** 2007. Field evaluation of application variables and plant density for bell pepper pest management. Trans. ASABE 50 (6): 1945 - 1953.
- Domper, G.N., M. Mur & R.H. Balbuena.** 2015. Eficiencia de aplicación de pastillas de pulverización con inducción de aire en el cultivo de soja. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata. 113 (2): 202-210
- Fehr W. & C. Caviness.** 1977. Stages of soybean development. Iowa State University of Science and Technology. Ames Iowa: Special report, 80. Cooperative Extension Service. 11 pp.
- Ferguson, J.C., R.G. Chechetto, A.J. Hewitt, B.S. Chauhan, S.W. Adkins, G.R. Kruger & C.C O'Donnell.** 2016. Assessing the deposition and canopy penetration of nozzles with different spray qualities in an oat (*Avena sativa* L.) canopy. Crop protection 81:14-19.
- Gandolfo M.A., Bueno J., Torres Pereira J., Sánchez, W., Zanni B.F. & Belani, R.B.** 2007. Avaliação da qualidade da aplicação com diferentes pontas de pulverização e diferentes volumes de aplicação na soja. In: Anais I Simpósio em Engenharia Rural, 2007, Universidade Estadual do Paraná Bandeirantes. I SER v. 01. pp. 43-47
- Hanna H. M., A. E. Robertson, W. M. Carlton & R. E. Wolf.** 2009. Nozzle and carrier application effects on control of soybean leaf spot diseases. Applied Engineering in Agriculture 25(1): 5-13
- Hartmann Schmidt, M.A.** 2006. Deposição da calda de pulverização na cultura de soja em função do tipo de ponta e do volumen aplicado. Universidad Estadual do Oeste do Paraná. Disertación para obtención del Título de Posgrado. Tesis de Maestría. Disponible en <http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/1345/1/Michele%20Aparecida%20Hartmann%20Schmidt.pdf>. Último acceso: diciembre de 2016
- Ivancovich, A., G. Botta, S. Vallone, N. Formento, G. Guerra & I. Bonacic.** 2003. Roya de la soja en la Argentina. Ediciones INTA. Publicación miscelánea N° 100. 3 pp.
- Juliatti, F.C., C. Nascimento & A. A. Rezende.** 2010. Avaliação de diferentes pontas e volumes de pulverização na aplicação de fungicida na cultura do milho. Summa Phytopathologica, 36 (3) 216-2221.
- Legleiter, T.R. & W.G Johnson.** 2016. Herbicide coverage in narrow row soybean as influenced by spray nozzle design and carrier volume. Crop Protection. 83: 1– 8.
- Martins, D.** 2004. Deposição de calda de pulverização em cultivares de batata. Botucatu, SP. Tese (Livro docência em Agricultura/Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista. 249 p.
- Silva, B.M. da, R.A. Alves Ruas, D. Sichocki, L. Dezordi & L. Fideles Caixeta.** 2014. Deposição da calda de pulverização aplicada com pontas de jato plano em diferentes partes da planta de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*) Engenharia na agricultura, Viçosa - MG. 22 (1): 17-24.
- Souza Alves G., J.P.A.R. da Cunha & R.G.C. Araujo.** 2009. Efeito de adjuvantes e pontas de pulverização no controle químico da ferrugem asiática na soja. IX Encontro interno & XIII Seminário de iniciação científica. 6 p.: Disponible en <https://ssl4799.websitesequero.com/swge5/seg/cd2009/PDF/IC2009-0086.pdf>. Último acceso: diciembre de 2016
- Villalba Farinha J., D. Martins, N. Vilanova Costa & V.D. Domingos.** 2009. Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no estágio R1. Ciencia Rural. Santü Maria, v,39. (6) 1738-1744.
- Zaidan, S.E.** 2012. Influência de diferentes pontas de pulverização nas aplicações terrestres em alta velocidade na cultura de soja (*Glycine max*). Dissertação Mestrado. Escola Superior de Agricultura. Luiz de Queiroz. Universidade de São Pablo. Piracicaba. 78p.