

## Control de malezas en pre siembra. Alternativas tecnológicas y riesgos ambientales de la aplicación

Mur, Matilde<sup>1</sup>; Mariano Ponce; Juan M. Vázquez; Facundo Guilino; Victor Merani; Telmo Palancar; Roberto H. Balbuena

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata. Avenida 60 y 119 (1900) La Plata, Buenos Aires, República Argentina; <sup>1</sup>matilde\_mur@hotmail.com

Mur, Matilde; Mariano Ponce; Juan M. Vázquez; Facundo Guilino; Victor Merani; Telmo Palancar; Roberto H. Balbuena (2017) Control de malezas en siembra directa. Alternativas tecnológicas y riesgos ambientales de la aplicación. Rev. Fac. Agron. Vol 116 (2): 267-277.

El uso de bajo volumen es habitual en la aplicación de herbicidas sistémicos en pre siembra en la Argentina. Se realizaron ensayos en campo para evaluar la eficiencia y riesgos de deriva de alternativas de aplicación de glifosato sobre barbecho. Se trabajó sobre rastrojo con dos técnicas de pulverización: Alto Volumen (AV) con pastillas TT 11002 Teejet® y 70 l ha<sup>-1</sup> y Bajo Volumen (BV) con pastillas cono hueco AD5 AC13 Albu® y 30 l ha<sup>-1</sup>. Se evaluaron 4 sectores del predio, para determinar los efectos directos de la aplicación y los de la deriva acumulada en los lugares correspondientes a las siguientes 3 pasadas (P1, P2, P3 y P4). Se evaluó la exoderiva por medio de torres verticales a 1, 2 y 3 m de altura. Mediante tarjetas hidrosensibles y el procesamiento de imágenes se cuantificaron densidad de impactos, cobertura en %, diámetro volumétrico mediano (DV<sub>0,5</sub>) y eficiencia. AV alcanzó un mayor número de impactos que BV en la primer pasada pero similar densidad de impactos en el resto. La cobertura fue del 13,28% para AV y del 6,13% en BV siendo las diferencias significativas. La eficiencia fue similar para BV y AV con valores del 38,28% y 45,97% respectivamente. La población de gotas exoderivadas presentó un DV<sub>0,5</sub> de 70 µm a 80 µm sin diferencias en el número de impactos y cobertura, pero BV liberó al ambiente significativamente más glifosato. La técnica de BV es posible de utilizar pero presenta menor uniformidad y mayor riesgo potencial de deriva.

**Palabras clave:** densidad de impactos, cono hueco, pastillas deflectoras, tarjetas hidrosensibles, deriva.

Mur, Matilde; Mariano Ponce; Juan M. Vázquez; Facundo Guilino; Victor Merani; Telmo Palancar; Roberto H. Balbuena (2017) Weed control in no - till. Technological variables and environmental application risks. Rev. Fac. Agron. Vol 116 (2): 267-277.

The use of low application rates in systemic herbicides spraying is a usual practice in Argentina. Field trials were carried out with the aim to evaluate the efficiency and drift risks of glifosato technological application alternatives. Two spraying techniques were compared: High application rate (AV) with TT 11002 Teejet® nozzles and 70 l ha<sup>-1</sup> and Low application rate (BV) with AD5 AC13 Albu® hollow cone nozzles and 30 l ha<sup>-1</sup>. Four downwind target areas of the site were evaluated to determine the direct effects of the application and those of the accumulated drift in places corresponding to the following 3 passes (P1, P2, P3 and P4). Spray drift was evaluated too by means of vertical towers at 1, 2 and 3 m in height. Droplets density, coverage, efficiency and Volume Median Diameter (DV<sub>0,5</sub>) were quantified by water sensitive paper cards and image processing software. AV reached greater droplets density than BV in the first pass but similar drops number in the rest. Coverage was 13.28% for AV and 6.13% for BV, with significant differences related to a greater DV<sub>0,5</sub>. Efficiency was similar for both techniques, with values of 38.28% and 45.97% for BV and AV respectively. Airborne drops population was homogeneous in the range of 70 µm to 80 µm without differences in the drops density and coverage, but BV released to the environment significantly more glyphosate. The BV technique is possible to use in relation to control efficiency but presents lower evenness and greater drift potential risk.

**Keywords:** droplet density, hollow cone, deflector nozzle, drift, water sensitive cards.

---

Recibido: 28/12/2016

Aceptado: 01/11/2017

Disponible on line: 01/04/2018

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

## INTRODUCCIÓN

La producción de cultivos bajo siembra directa produjo un incremento sostenido del uso de herbicidas para el control de las malezas. CASAFE (2014) informa que en los últimos 15 años el consumo de fitosanitarios en la República Argentina pasó de 924,7 millones de dólares a 2381,2 millones en el año 2012, registrándose para los últimos 22 años un incremento del 858% la aplicación de agroquímicos, para un 50% de aumento de la superficie agrícola. Dentro de los fitosanitarios, los mayores porcentajes le corresponden a los herbicidas, con un 41% del total facturado. Eleisegui (2014) indica que las ventas de glifosato representan un 65% del total del rubro herbicidas.

La pulverización hidráulica es la forma más difundida de aplicación de fitoterápicos, pero su uso es complejo, no solo desde el punto de vista agronómico, sino también por sus implicancias en la preservación del medio ambiente, los riesgos de contaminación y la salud humana (Onorato & Tesouro, 2004).

La eficiencia de control está vinculada a la cantidad de principio activo que se deposita sobre el blanco, con una cobertura dada por el número de gotas  $\text{cm}^{-2}$  y un tamaño de las mismas que resulte acorde al tipo de producto empleado. Al respecto, Márquez Delgado (2008) afirma que se recomienda para herbicidas de preemergencia alcanzar un mínimo de 20 a 30 gotas  $\text{cm}^{-2}$  con un Diámetro Volumétrico Mediano ( $DV_{0,5}$ ) de 400 – 600  $\mu\text{m}$ , mientras que para herbicidas de contacto el número de impactos asciende a 30 - 40 gotas  $\text{cm}^{-2}$  con un  $DV_{0,5}$  de 200 – 400  $\mu\text{m}$ . A veces, la masa de residuos en siembra directa constituye una barrera para alcanzar el objeto de aplicación y los productores recurren al uso de pastillas que generan gotas medias a finas (ASABE, 2009) aunque se apliquen productos sistémicos. Esta mayor eficiencia de penetración y deposición de las gotas pequeñas presenta como riesgo potencial la deriva de una parte del líquido pulverizado. La cantidad y el tamaño de gotas obtenidas es conocido como espectro de distribución (Magdalena et al., 2000). Éste resulta ideal cuando permite controlar la plaga en cuestión con la mínima cantidad de producto, preservando la seguridad de las personas y el ambiente (Smith et al., 2000). A nivel internacional existen clasificaciones tanto de las pastillas de pulverización como de la población de gotas que las mismas producen (Doble et al., 1985; ASABE, 2009). Gotas menores de 150  $\mu\text{m}$  están muy expuestas a la evaporación y deriva y aquellas mayores de 350  $\mu\text{m}$  no proveen una adecuada cobertura y caen generalmente al suelo arrastrando con ellas al agroquímico. Se considera que un adecuado balance se obtiene utilizando gotas de entre 200 y 250  $\mu\text{m}$  de diámetro (Leiva, 1995).

Se conoce por deriva aquella parte de la aspersión que no alcanza el blanco objeto del tratamiento. Los factores que inciden sobre la deriva pueden agruparse entre aquellos que corresponden a las características de la aspersión, al equipo y técnicas de aplicación, a las condiciones de tiempo atmosférico y a los equipos y accesorios específicos (Leiva, 1995).

Las características de la aspersión influyen en la deriva debido al tamaño de la población de gotas. A menor tamaño la velocidad de caída es menor y es mayor la

evaporación tanto por el aumento del tiempo de caída como por la mayor superficie expuesta en relación al volumen transportado. El mayor tiempo que permanece suspendida, aumenta las probabilidades de ser transportada por el viento. La combinación de gotas pequeñas, viento, baja humedad relativa y temperatura ambiente elevada, puede provocar graves pérdidas de producto. Como límite de seguridad puede establecerse no efectuar tratamientos con plaguicidas líquidos a más de 25°C de temperatura y humedad relativa inferior al 60% (Walla, 1980). Etiennot & Piazza (2010) estiman que 4,17  $\text{m s}^{-1}$  (15  $\text{km h}^{-1}$ ) podría considerarse como el límite máximo de velocidad de viento en zonas próximas a urbanizaciones, cuerpos o fuentes de agua y cultivos sensibles.

Los tipos de pastillas más empleados en las pulverizaciones son las de abanico plano (incluyendo las de impacto) para la aplicación de herbicidas y las de cono hueco para la aplicación de insecticidas y fungicidas buscando una gran cantidad de impactos y penetración, en mayor medida que la uniformidad (Albuz, 2014). Sin embargo, en los últimos años se ha difundido el uso de estas pastillas para la aplicación de herbicidas en la técnica conocida como bajo volumen.

La eficiencia de aplicación puede también vincularse con la cantidad de producto que efectivamente llega al objeto de aplicación en relación a la cantidad de producto distribuido por unidad de superficie (Graham-Bryce, 1977). Martens (2012) menciona valores de eficiencias entre el 25% y el 60%, correspondiendo los menores valores a las aplicaciones sobre explotaciones arbóreas y las mayores a condiciones de barbecho y suelo desnudo. Abi Saab (2004) mencionan también que aproximadamente un 30% de los agroquímicos aplicados se pierden por deriva.

La determinación de la eficiencia considerada en los términos precedentes puede ser efectuada por distintas metodologías. Domper et al., (2015) compararon métodos fluorimétricos con procesos de digitalización de imágenes de tarjetas y establecieron coeficientes de ajuste para el sistema de análisis de imágenes ya que este sobreestima la cantidad de líquido recolectado sobre el objeto de aplicación..

En relación con la técnica de bajo volumen, Leiva & Picapietra (2012) citan experiencias de contratistas y productores que han obtenido buenos resultados con volúmenes de 40-50  $\text{L ha}^{-1}$ , tomando en cuenta la mejora en la penetración en el canopeo, por disminución del tamaño de gota, un aumento de la concentración del principio activo, la disminución en el uso de agua y la reducción de costos por un aumento en la autonomía del equipo pulverizador y la capacidad de trabajo ( $\text{ha h}^{-1}$ ) (Moltoni et al., 2008). Chorbadian & Kogan (2001) indican que el volumen de aplicación fue determinante en la actividad del glifosato, más aún con dosis baja del herbicida, dadas por un efecto de dilución del surfactante que posee el producto comercial y por el aumento de la posibilidad de formación del complejo herbicida -suelo (arcilla y materia orgánica).

En este marco la selección de las pastillas de pulverización está directamente vinculada a la relación entre el agroquímico y el objeto de aplicación (Antuniassi, 2004) y representa una de las alternativas para reducir la deriva a través del aumento del tamaño de las gotas, ya que cuanto mayor sea el porcentaje de

gotas finas del espectro producido, mayor es el riesgo de la deriva. Sin embargo, hay muchas dudas sobre el efecto final de las pastillas (Boller & Marchry, 2007; Faggion & Antuniassi, 2010). Massaro et al., (2014) evaluaron diferentes pastillas de características antideriva, deflectoras y de inducción de aire, y volúmenes de aplicación, 40 y 60 l ha<sup>-1</sup>. Determinaron una adecuada eficiencia para las 3 técnicas planteadas, con valores de control del 90,4% al 94,2%, aún con un número de impactos de 21 gotas cm<sup>-2</sup>.

En la técnica de bajo volumen Rodríguez (2011) sugiere la utilización de pastillas de cono hueco con disco y núcleo Albuz AD5 AC13, a un distanciamiento de 0,70 m entre pastillas y una altura del botalón de 0,70 m a 1,00 m en acuerdo con las condiciones de viento, para favorecer que los conos de aspersión tengan al menos dos cruces entre sí. Casal (2012) presenta estudios de caracterización de las pastillas de cono hueco con disco y núcleo de mayor difusión en la Argentina para las aplicaciones con bajo volumen de agua. La medición del tamaño de gotas, para la combinación de disco 5 y núcleo 13, a una presión de 40psi, arrojó un DV<sub>0,1</sub> de 90 µm, un DV<sub>0,5</sub> de 154 µm y un DV<sub>0,9</sub> de 247 µm. En cuanto a la uniformidad de la población de gotas, la amplitud relativa alcanzó valores de 1,01 para la combinación AD5 AC13, debiendo tenerse en cuenta que a medida que se reduce la amplitud relativa, es mayor la uniformidad de la población. Frola (2013) considera que se pueden realizar aplicaciones eficientes con bajo volumen y tamaños de gotas uniformes, entre 200 µm y 400 µm, de acuerdo al objetivo a controlar, sin grandes riesgos de afectar al cultivo adyacente. Sin embargo, advierte que uno de los mayores temores durante la aplicación es el aumento de la deriva, indicando que para minimizarla, hay que evitar las gotas menores de 100 µm cuando las condiciones del viento lo requieran.

Para mejorar la eficiencia en las aplicaciones y reducir la deriva se pueden usar coadyuvantes (Hock, 2011). Entre ellos podemos mencionar a los tensioactivos, cuyo objetivo es disminuir la tensión superficial del caldo a fin de mejorar el mojado en la superficie foliar, incrementando la adherencia por una mayor superficie de contacto (Marer, 1988). Hewitt et al., (2001) estudiaron los efectos de las propiedades del líquido y del diseño de las boquillas sobre el potencial de deriva y demostraron que el uso de adyuvantes tiene un efecto directo sobre la ruptura de la pulverización utilizando tipos comunes de boquillas, ocasionando cambios en las características de la población de gotas e incidiendo sobre su tamaño y en las posibilidades de deriva. Al aumentar la eficiencia de las aplicaciones de biocidas en el ámbito rural se reducen las pérdidas de producto obteniéndose un mayor control del objetivo a tratar.

Esto incide sobre el aspecto económico, con el real aprovechamiento de las dosis aplicadas y también sobre el marco ambiental, evitando la presencia de fitoterápicos en suelos y aguas (Mahler et al., 1997).

El objetivo de este trabajo es valorar la calidad y eficiencia de aplicación de técnicas de alto y bajo volumen en el control de malezas en presiembra, a partir del uso de pastillas de impacto y de cono hueco con disco y núcleo, así como sus riesgos de deriva.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la localidad de Fortín Olavarría, partido de Rivadavia, Provincia de Buenos Aires, Argentina, 35° 42 S, 63° 00 W, altitud 97 m.s.n.m. en un lote de un campo productivo con rastrojo de trigo/soja de segunda.

Se usó un pulverizador autopropulsado, marca Metalfor Múltiple 2800 de 23 m de ancho de labor. El herbicida utilizado fue Sulfosato Touchdown® (glifosato 62%), en una dosis de 2,5 L ha<sup>-1</sup>. Al mismo tiempo se utilizó fertilizante foliar Complex Plus® como corrector de agua y coadyuvante Novadox® en dosis de 0,8 L ha<sup>-1</sup> y 0,070 L ha<sup>-1</sup> respectivamente. Las pastillas, presiones de trabajo, velocidades y tasas de aplicación empleadas en cada tratamiento (Tabla 1) y se corresponden con las técnicas de aplicación utilizadas por el productor en los últimos 4 años.

El caudal de las pastillas fue ajustado para erogar la dosis deseada por medio de la variación de la presión de trabajo, en el rango estipulado por tablas del fabricante.

La toma de muestras se realizó en cuatro sectores diferentes para determinar los efectos directos de la aplicación y los correspondientes al pasaje de la máquina pulverizadora y la deriva acumulada en los sectores correspondientes a las próximas 3 pasadas, siendo su ubicación establecida en el lote según la dirección del viento predominante al momento del ensayo.

En cada pasada, en correspondencia con cada uno de los 4 sectores de medición (P1, P2, P3, P4) se establecieron 5 repeticiones, dentro de cada una de las cuales se colocaron 2 tarjetas distanciadas unos 0,50 m entre sí, en el sector medio del botalón contrario a la dirección principal del viento predominante. En función de ello en el segundo sector (P2) se determinó el efecto acumulado de la deriva de una pasada, en la tercera pasada (P3) 2 derivas y en la cuarta (P4) 3 derivas, más la aspersión correspondiente a la pasada (Figura 1). La distancia entre pasadas y sectores de medición fue de 23 m en correspondencia con el ancho del botalón.

Tabla 1. Técnicas de aplicación. AV: alto volumen; BV: bajo volumen. TT 11002: pastilla turbo Teejet®. AD5 AC13: Cono hueco combinación de discos y núcleos Albuz®.

Boquillas	Presión (kPa)	Velocidad de avance (m s <sup>-1</sup> )	Tasa de aplicación (L ha <sup>-1</sup> )	Nomenclatura
TT 11002	250	5,25	70	AV
AD5 AC13	450	5	30	BV

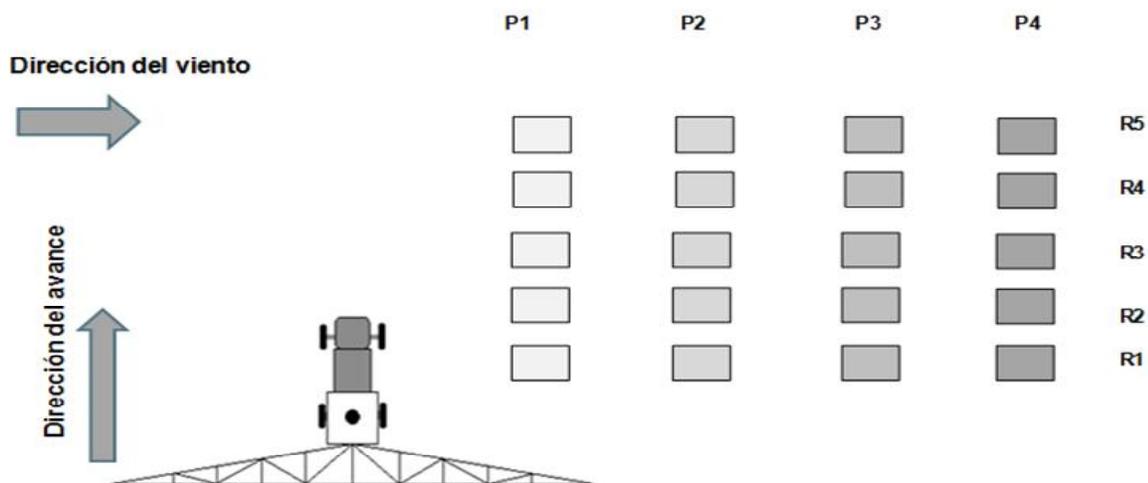


Figura 1. Diagrama de ubicación de las tarjetas. P1: primer pasada; P2: segunda pasada más 1 deriva; P3: tercera pasada más 2 derivas; P4: 4 pasada más 3 derivas. R1 a R5 sectores de medición de cada repetición en cada pasaje.

Se usaron con tarjetas Syngenta® sensibles al agua de 25,4 mm de ancho y 76 mm de largo, sostenidas por soportes de alambre ubicados por encima del residuo remanente, a una altura de 0,12 m sobre el nivel del suelo. Todas las pasadas fueron realizadas en el mismo sentido y los tratamientos fueron realizados uno después de concluido el otro.

La deriva se evaluó a través de soportes verticales, sobre los cuales se colocaron tarjetas en posición vertical a 1 m, 2 m y 3 m sobre el nivel del suelo, debiéndose tener en cuenta que la misma colecta solamente una parte de las pérdidas por este factor. Los soportes fueron ubicados a 5 metros de la punta del botalón de la cuarta y última pasada. Las pasadas se hicieron en forma perpendicular al viento dominante en el momento de realizar el ensayo.

En cada aplicación se tomaron datos de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, proporcionados por una estación meteorológica portátil Kestrel 3000.

Para la determinación de los parámetros de evaluación, las tarjetas hidrosensibles fueron escaneadas a una resolución de 1200 d.p.i. y procesadas con software de imágenes CIR 1,5.®, estableciendo cinco ventanas ubicadas en "V".

Las variables respuesta fueron: Densidad de impactos (DI) expresada como gotas cm<sup>-2</sup>, Área de Cobertura (AC) en (%), Eficiencia (E) referida a la relación entre el cálculo del volumen recogido sobre el objetivo y el volumen de aplicación (%) y Diámetro volumétrico mediano (DV<sub>0,5</sub>).

Las condiciones atmosféricas al momento de realizar el ensayo fueron: Temperatura 11°C, Humedad relativa 61% y velocidad media de viento de 2,5 m s<sup>-1</sup> (9 km h<sup>-1</sup>) inferior a los 4,16 m s<sup>-1</sup> (15 km h<sup>-1</sup>) mencionados por Etiennot & Piazza (2010) como el límite máximo en zonas próximas a urbanizaciones, cuerpos o fuentes de agua y cultivos sensibles.

Sobre los datos relevados se efectuó un análisis factorial siendo la significancia de las diferencias establecidas por el test de LSD (p≤0,05)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Densidad de Impactos

El análisis de los datos presenta diferencias significativas entre técnicas de aplicación, correspondiendo a AV los mayores valores (Figura 2). No se encontró significancia del efecto de la deriva de pasajes anteriores sobre las diferentes pasadas realizadas, como así tampoco significancia de la interacción entre técnicas y pasadas.

La DI resultó para ambas técnicas superior a lo recomendado por Márquez Delgado (2008) quien afirma que se requieren para herbicidas de preemergencia un mínimo de 20 a 30 gotas cm<sup>-2</sup> con un DV<sub>0,5</sub> de 400 – 600 µm. No obstante ello, el número de impactos resultó un 277% mayor para AV con respecto a BV, para un incremento del 133 % en la tasa de aplicación. Tomando en cuenta únicamente esta primera pasada sería cuestionable la afirmación de Etiennot (1993), en cuanto a que a igualdad de volumen es menor la DI que se puede lograr con gotas grandes, puesto que el número de impactos de AV con respecto a BV presenta una relación mayor que la relación de volúmenes aplicados, lo cual podría vincularse en parte al espectro de gotas y los procesos de exoderiva.

En acuerdo con los antecedentes de la técnica de BV, este tratamiento podría en parte ser perjudicado en la primer pasada sobre el terreno, ya que no es posible el aprovechamiento de una parte de la deriva, restringiéndose la misma a lo exoderivado por el sector contrario del botalón en el mismo pasaje. Por el contrario, AV generaría una menor proporción de gotas con tamaño inferior a los 100 µm, factibles de ser

derivadas. En cuanto a la uniformidad de aplicación de ambas técnicas, las mismas muestran diferencias importantes entre las diferentes repeticiones. Si bien el desvío estándar del tratamiento AV es mayor, el coeficiente de variación es significativamente menor. Esto implica que en algunos sectores, el número de impactos para BV se encuentra apenas por encima del límite establecido para herbicidas sistémicos indicado por Márquez Delgado (2008). No obstante, aún en un solo pasaje de la máquina, la DI lograda por la técnica de BV es suficiente para alcanzar un adecuado control en la aplicación de herbicidas sistémicos.

La variación de la DI en las diferentes pasadas realizadas se muestra en la Figura 3.

Si bien no se encontró interacción significativa entre técnicas y pasadas ( $p \leq 0,12$ ) la tendencia general del comportamiento en cada una de ellas fue diferente. En AV la densidad de impactos varió en un 35% entre el mayor y el menor registro. En BV en cambio, los efectos acumulados producto de los procesos de la deriva de sedimentación se incrementan hasta 69 m de distancia de la primera pasada, con registros que superan al mismo hasta un 110% a 46 m de distancia.

La variabilidad de los resultados característica de las aplicaciones hidráulicas explicaría la ausencia de significancia, lo cual se habría favorecido por variaciones en la velocidad instantánea del viento. Los resultados, para la técnica de BV confirman en parte lo dicho por Frola (2013), en cuanto a que el arrastre del producto asperjado mejora la DI para las pasadas sucesivas, pero no se limita al ancho de un botalón. En la evaluación de impactos acumulados, tiene validez lo aseverado por Etiennot (1993) cuando afirma que a igualdad de volumen la DI de AV, con gotas grandes, resultaría inferior a la de BV.

La variabilidad encontrada en BV implicaría a nivel productivo la necesidad del uso de un mayor número de tarjetas, debiendo además, efectuarse el control en sectores correspondientes a la tercera o a la cuarta pasada sobre el terreno, para valorar el efecto aditivo de la deriva de las pasadas anteriores, relacionado con el espectro de la población de gotas de este tratamiento, su menor  $DV_{0,5}$  y la cantidad de gotas menores a  $100 \mu m$ . En AV con pastillas de impacto sería suficiente el control con menor número de tarjetas que en BV, en el área del pasaje del botalón.

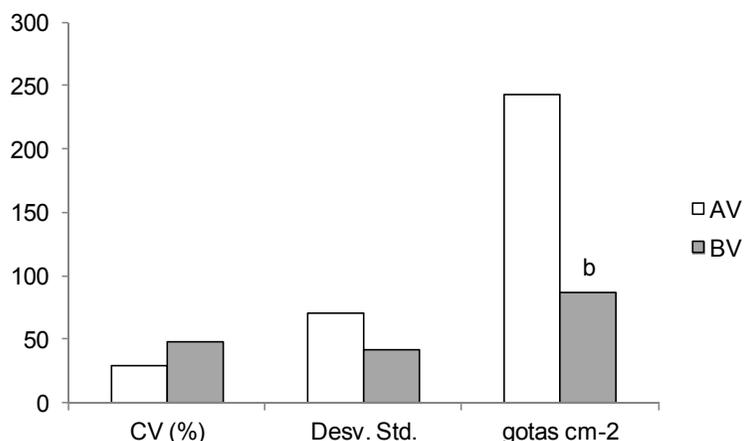


Figura 2. Densidad de impactos (DI) en el primer pasaje de la aplicación. gotas  $cm^{-2}$ ; Desv. Std.: desvío estándar del número de impactos; CV (%): coeficiente de variación del número de impactos; AV: alto volumen; (BV) bajo volumen. Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas según el test de LSD ( $p \leq 0,05$ ).

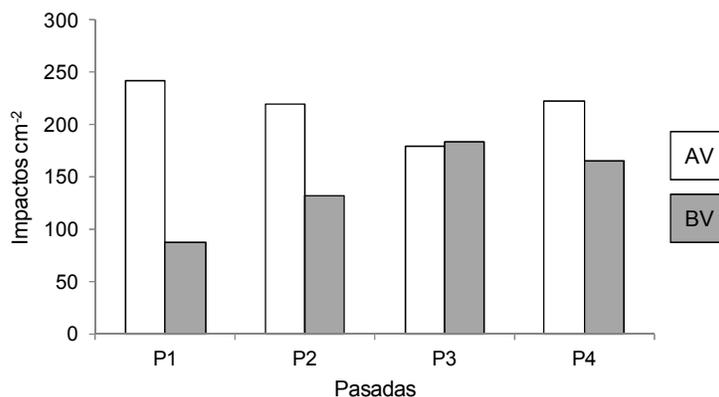


Figura 3. Impactos para las distintas técnicas de aplicación. AV: Alto volumen; BV: Bajo Volumen. P1: primer pasada; P2: segunda pasada más 1 deriva; P3: tercera pasada más 2 derivas; P4: 4 pasada más 3 derivas.

A partir de los resultados obtenidos, es posible aseverar que la técnica de BV alcanza una DI suficiente para tratamientos con herbicidas sistémicos en ausencia de residuos de cosecha que interfieran con el objeto de aplicación, pero con una variabilidad que pondría en riesgo la eficiencia de control en caso de optarse por una menor tasa de aplicación que la utilizada en este ensayo. Respecto a la elevada DI con AV podría hipotetizarse que se alcanzarían resultados adecuados con menores volúmenes de aplicación.

### Cobertura

En la figura 4 se observan los valores de AC para las distintas técnicas y pasadas sobre el terreno. Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre AV y BV como consecuencia de la mayor tasa de aplicación. No se encontraron en cambio efectos significativos del número de pasadas, como así tampoco significancia de la interacción de técnicas de aplicación y pasadas sobre el terreno.

La mayor AC en AV es debida a una mayor DI con una población de gotas de mayor  $DV_{0,5}$  que la correspondiente a BV (Figura 5).

La técnica de AV presenta una disminución del AC con el aumento del número de pasadas pero la misma no es significativa. No existieron diferencias entre pasadas en la DI, pero se produjo una disminución en el tamaño de las gotas de la tercera y la cuarta pasada que fue explicado por el aporte de gotas derivadas de menor diámetro, pero ello no explicaría la menor cobertura encontrada con el aumento de las pasadas, existiendo la posibilidad de sobre posición de gotas que no hayan sido correctamente diferenciadas por el programa de análisis de imágenes.

El coeficiente de variación del AC fue del 20% para AV y del 80% para BV lo cual podría afectar la eficiencia de control de esta técnica de aplicación. Las diferencias entre AV y BV vuelven a ser relevantes en cuestiones asociadas a la uniformidad de la aplicación. La variabilidad del AC supera en BV lo indicado por Márquez Delgado (2008) para las aplicaciones de herbicidas, aunque dicho autor relaciona el límite del 30% con el parámetro de DI.

### Eficiencia

Los cálculos de volúmenes de líquido recogido sobre las tarjetas son significativamente mayores para AV, pero no ocurre lo mismo para la variable E teniendo en cuenta el volumen de aplicación de cada técnica, correspondiéndose los mayores valores a AV, pero con diferencias inferiores al 6%. Los valores de E fueron 77% para AV y 71% para BV superiores al 70% lo cual se explica por la poca interferencia entre las pastillas y las tarjetas dada por el residuo remanente. Estos valores son superiores a los indicados por Martens (2012) quien menciona eficiencias del 60%, en condiciones de barbecho y suelo desnudo. También superan lo afirmado por Abi Saab (2004), quien menciona que aproximadamente un 30% de los agroquímicos aplicados se pierden por deriva.

Si se corrige la E en función de los resultados obtenidos por Domper et al. (2015), la cantidad de producto que es recolectada sobre las tarjetas, es mucho menor a la estimada por el programa (Tabla 2), lo que aumenta de manera importante la cantidad de producto que no alcanza el objeto de aplicación y, por lo tanto, debería generar mayores problemas de exoderiva.

Los valores medios de E afectados por el factor de corrección de 1,67 determinado por Domper et al. (2015) alcanzarían el 46% para la técnica de AV y del 38% en BV, lo que implica que se habrían liberado al ambiente  $1,35 \text{ L ha}^{-1}$  y  $1,55 \text{ L ha}^{-1}$  de glifosato respectivamente. Ambas técnicas de aplicación podrían calificarse como ineficaces en concordancia con lo afirmado por Graham-Bryce (1977) y las pérdidas de producto y los riesgos de daño y contaminación son altos para cualquiera de los dos tipos de pastillas y técnicas de aplicación evaluadas. Las pérdidas podrían haber sido influenciadas por la adición del coadyuvante tensioactivo, que si bien puede mejorar la cobertura y la retención del producto sobre el objeto de aplicación (Hock, 2011), puede también modificar las condiciones del líquido y favorecer una mayor fragmentación del mismo, al formar gotas de menor tamaño (Hewitt et al., 2001) que incrementan la deriva y la evaporación.

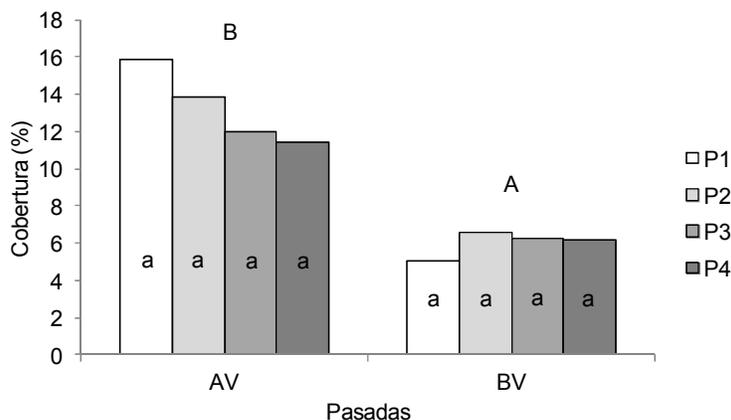


Figura 4. Área de cobertura para las distintas técnicas de aplicación y pasadas sobre el terreno. AV: alto volumen; BV: bajo volumen; P1: primer pasada; P2: segunda pasada más 1 deriva; P3: tercera pasada más 2 derivas; P4: 4 pasada más 3 derivas. Letras mayúsculas diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre técnicas de aplicación ( $p \leq 0,05$ ) según el test de LSD. Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre pasadas en cada técnica de aplicación ( $p \leq 0,05$ ) según el test de LSD.

Tabla 2. Valores de volumen recuperado, eficiencia corregida y glifosato recuperado para las distintas técnicas de aplicación y pasajes sobre el terreno. AV: alto volumen; BV: bajo volumen. P1: primer pasada; P2: segunda pasada más 1 deriva; P3: tercera pasada más 2 derivas; P4: 4 pasada más 3 derivas. Letras mayúsculas diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre técnicas de aplicación ( $p \leq 0,05$ ) según el test de LSD. Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre pasadas en cada técnica de aplicación ( $p \leq 0,05$ ) según el test de LSD.

	Volumen recuperado L ha <sup>-1</sup>		Eficiencia corregida (%)		glifosato recuperado L ha <sup>-1</sup>	
	AV	BV	AV	BV	AV	BV
P1	69,82a	16,80a	59,73a	33,53a	1,49a	0,84a
P2	55,29a	25,07a	47,30a	50,05a	1,18a	1,25a
P3	47,38a	18,43a	40,53a	36,79a	1,01a	0,92a
P4	42,47a	25,06a	36,33a	50,03a	0,91a	0,82a
□	53,74B	21,34A	45,97A	38,28A	1,15A	0,96A

La menor E lograda por la técnica de BV podría tener una relación directa con el tamaño de gota y las condiciones ambientales existentes al momento del ensayo. Las ráfagas de viento podrían haber arrastrado con facilidad las gotas más pequeñas y livianas, aumentando la exoderiva, para este tratamiento. En función del tamaño de gota de ambos tipos de pastillas y las condiciones de viento existentes al momento de aplicación era posible prever una mayor E para la pastilla TT11002. No obstante, se ha encontrado que en condiciones ambientales adversas, no alcanza con la selección de una pastilla de menor potencial de deriva, cuando el volumen de aplicación es lo suficientemente bajo como para reducir el DV<sub>0,1</sub> a valores susceptibles de exoderivarse, sino que también habría que modificar caudales y tamaños de gota por medio de la presión de trabajo para limitar la exoderiva, aspectos que podrían eventualmente afectar al AC y la DI. Teejet (2016) indica valores de DV<sub>0,1</sub> de 126 µm a 250 kPa y de 135 µm a 200 kPa inferiores a los mencionados por Sarubbi (2010) de 203 µm para 200 kPa de presión. No obstante, los valores de DV<sub>0,1</sub> obtenidos a partir de las tarjetas promedian 144µm, lo que podría deberse también a la sobreestimación del volumen mencionado anteriormente. El tratamiento de BV presentó un tamaño de gota para el DV<sub>0,1</sub> de 114 µm, inferior y de mayor riesgo de exoderiva que el de AV.

No hubo diferencias significativas en los valores de E por pasada y las sucesivas derivas para ambos tratamientos. En AV en los pasajes sucesivos no se alcanzó la E del primer pasaje por lo que habrían prevalecido los procesos de exoderiva sobre los de deriva de sedimentación. En BV se visualizan aumentos de la E para el 2º y 3º pasaje con respecto al primero explicado seguramente por ambos procesos. Los riesgos ambientales, sobre suelos y aguas relacionados a la eficiencia en los términos expuestos por Mahler et al. (1997) tendrían en estas condiciones de trabajo límites que excederían los 50 m para BV, en razón del aumento en la DI de las derivas acumuladas y los 25 m para AV.

En función del análisis efectuado, es posible afirmar que la técnica de bajo volumen con pastillas de disco y núcleo alcanza similar E que la de alto volumen con pastillas de impacto, con una reducción importante del

agua utilizada y en consecuencia la duplicación de la capacidad de trabajo del equipo. En contraposición, la técnica de AV en general brinda una mayor homogeneidad en la aplicación tanto en DI, AC y E ya que también en este parámetro el coeficiente de variación de BV supera en más del 100% al de AV.

#### Diámetro volumétrico mediano

Las características de la población de gotas para los las distintas técnicas de aplicación y pasajes sobre el terreno se visualizan en la Figura 5. El análisis estadístico encontró diferencias significativas para tratamientos y para subtratamientos, sin que exista interacción entre los mismos.

El DV<sub>0,5</sub> con AV fue significativamente mayor que el de BV, con valores medios de 315,5 µm y 227,1 µm respectivamente. Dichos valores corresponden a la categoría de gotas gruesas para el tratamiento de AV y a gotas medianas para el tratamiento de BV en acuerdo con la clasificación establecida en la Norma ASAE S-572-1 (ASABE, 2009) y se encuentran dentro del rango recomendado por Frola (2013), entre 200 µm y 400 µm, para disminuir las pérdidas por deriva de la aplicación. Los valores de DV<sub>0,5</sub> de ambas técnicas, registrados sobre las tarjetas, fueron superiores a los indicados por Teejet (2016) y Casal (2012) para el primer pasaje sobre el terreno, aunque las diferencias fueron mucho mayores para las pastillas de cono hueco con disco y núcleo. Asimismo, en ambas técnicas se produjo una reducción significativa del DV<sub>0,5</sub> del tercer y el cuarto pasaje sobre el terreno con respecto al primero, debido posiblemente a la deriva de gotas pequeñas provenientes de las pasadas previas.

Las pastillas de impacto produjeron una población de gotas que alcanza el objetivo, de tamaño mediano a grueso, lo cual se corresponde con la información del fabricante, quien especifica gotas medianas a 250 kPa (de 249µm) y gruesas a 200 kPa (de 365 µm) en acuerdo con la clasificación de Doble et al. (1985) y gruesa según ASABE (2009). Esto indicaría para este tipo de pastillas una adecuada aptitud para la prevención de los riesgos de exoderiva pero mayores riesgos de endoderiva para gotas de 350 µm que sería parcialmente contrarrestada por el tensioactivo usado (Marer, 1988). Por el contrario, las pastillas de cono hueco en BV presentan un tamaño dentro del rango

recomendado por Leiva (1995) de 200 µm a 250 µm para la mayoría de las aplicaciones de productos agroquímicos. No obstante ello, si dicho tamaño surge como consecuencia de deriva y o evaporación de gotas pequeñas constituye una señal de alerta de la deriva generada. Además, el análisis siempre se efectúa sobre lo que se deposita sobre el objeto de aplicación ya afectado por los procesos de evaporación y exoderiva. Estos aspectos no son tenidos en cuenta por Rodríguez (2011) y Frola (2013) que se refieren a lo registrado sobre las tarjetas, principalmente basados en la DI, sin relacionar el espectro de distribución (Magdalena et al., 2000) ni los posibles efectos de la deriva sobre la población de gotas.

Tomando en cuenta el conjunto de resultados, es posible hipotetizar que resulta posible la disminución de la tasa de aplicación para las pastillas TT 11002, en acuerdo con los resultados de Massaro et al. (2014) ya que los mismos registraron para volúmenes de aplicación de 40 y 60 L ha<sup>-1</sup> eficiencias de control del 90,4% al 94,2%, aún con un número de impactos de 21 gotas cm<sup>-1</sup>. Dicha reducción implicaría posibilidades de

que se produzca una menor inactivación del producto, como así también un aumento de la capacidad de trabajo del equipo (Leiva & Picapietra, 2012; Moltoni et al., 2008) sin modificar el tamaño de gota producido. No obstante, tal como remarca Antuniassi (2004) tanto la selección de las pastillas como tasas y variables de la aplicación deberán ajustarse a la relación entre el agroquímico y el objeto de aplicación, ya que surgen muchas dudas sobre el efecto final de las pastillas (Boller & Marchry, 2007; Faggion & Antuniassi, 2010) ante diferentes condiciones ambientales y de trabajo.

**Deriva de la aplicación**

En la Figura se visualizan los resultados de las determinaciones de la DI, producto de la deriva acumulada luego de efectuadas las 4 pasadas, a diferentes alturas. No se encontraron diferencias significativas entre técnicas de aplicación a ninguna de las 3 alturas. Se hubiera esperado mayor deriva en el tratamiento BV que produce gotas más finas pero la tasa de aplicación de AV que duplica la de BV ha compensado este efecto.

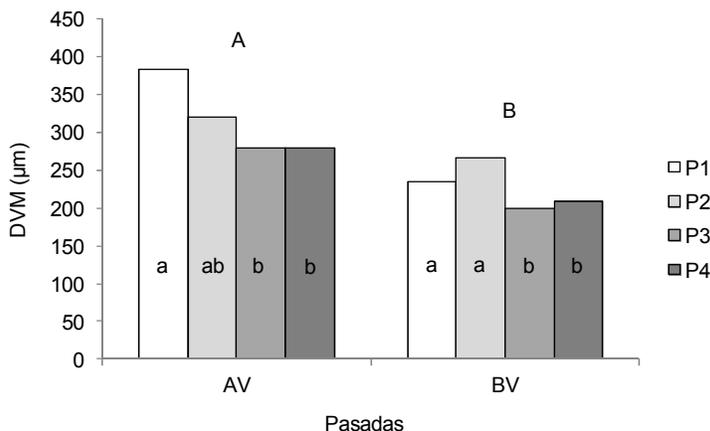


Figura 5. Características de la población de gotas para las distintas técnicas de aplicación y pasajes sobre el terreno. DV<sub>0,5</sub>: diámetro volumétrico mediano ; AV: alto volumen; BV: bajo volumen; P1: primer pasada; P2: segunda pasada más 1 deriva; P3: tercera pasada más 2 derivas; P4: 4 pasada más 3 derivas. Letras mayúsculas diferentes indican diferencias significativas entre técnicas de aplicación (p≤0,05) según el test de LSD. Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre pasadas en cada técnica de aplicación (p≤ 0,05) según el test de LSD.

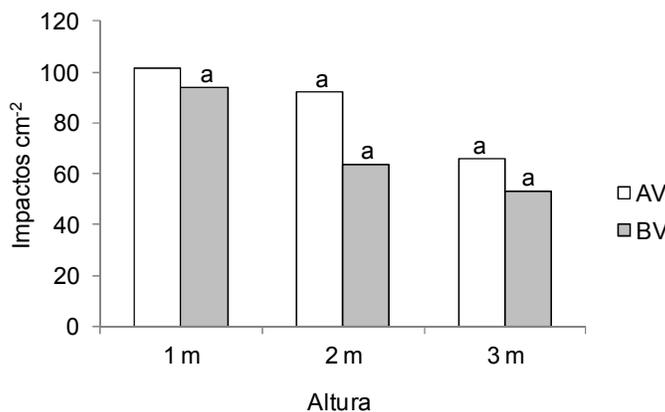


Figura 6. Cantidad de impactos acumulados después de haber realizado las cuatro pasadas. AV: alto volumen; BV: bajo volumen. Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre tratamientos para cada altura de medición (p≤0.05) según el test de LSD.

La DI a cualquier altura supera ampliamente los valores indicados como recomendables para controlar a través de herbicidas sistémicos. En función de ello, ambas técnicas resultan riesgosas ante la presencia de cultivos susceptibles en lotes cercanos. En acuerdo con lo afirmado por Leiva & Picapietra (2012) la solución exoderivada en BV sería de mayor potencial de riesgo, por la concentración del producto y por menor inactivación del mismo (Chorbadjian & Kogan, 2001).

En ambos tratamientos el tamaño de las gotas a las distintas alturas fue muy uniforme y se encontró en el rango de 70  $\mu\text{m}$  y 80  $\mu\text{m}$ , por lo que es posible afirmar que el tamaño de las gotas que se derivan es independiente de la técnica de aplicación y dependiente fundamentalmente de las condiciones ambientales.

Lo antedicho implica la necesidad de disminuir tanto la cantidad como la proporción de gotas fácilmente derivables a través de la técnica de aplicación y de la disminución de la tasa de aplicación sin recurrir a las variables que reducen el tamaño de gota. Esto resultará efectivo cuando la reducción en el número de gotas derivadas supere el relativo aumento de la concentración de producto en las gotas.

Debe recordarse además, que cuanto mayor tiempo permanece suspendida, mayor es la probabilidad de ser transportada por el viento. Walla (1980) indica que una gota de 100  $\mu\text{m}$  tarda sólo 14 s en evaporarse completamente y una de 200  $\mu\text{m}$  demora 42 s en reducirse a la mitad con 50% de humedad relativa y 30°C de temperatura. El viento desplazó las gotas pequeñas no menos de 50 m, tiempo durante el cual las gotas pueden haber reducido su tamaño y aumentar la concentración de producto, ya que frecuentemente la tensión de vapor del agua es menor a la del producto aplicado aumentando el riesgo de la deriva.

Dada la conjunción de una población de gotas por debajo de los 80  $\mu\text{m}$  junto a una DI inferior a lo determinado sobre el objeto de aplicación, se produjo una baja AC sobre las tarjetas, pero potencialmente de alto riesgo. El AC no mostró diferencias significativas entre tratamientos pero la técnica de BV alcanzó una mayor AC en todas las alturas (5,5 %, 2,9 % y 2,5 % a

1, 2 y 3m de altura en BV y 2,7 %, 1,9 % y 1,3 % respectivamente en AV). Tampoco se registraron diferencias entre alturas, aunque a 1 m los valores fueron superiores a los de 2 y 3 m, posiblemente por los procesos de deriva en el pasaje cercano a las torres de medición.

En el cálculo de la cantidad de glifosato que se deriva (Figura ) se registraron valores significativamente mayores de producto para BV con respecto a AV, sin que exista interacción de técnicas y alturas. Si bien no se alcanzó significancia de los resultados para la altura de medición, se visualiza una tendencia lógica de mayores valores a menores alturas, dado que las tarjetas de medición recolectaron la deriva acumulada desde 5 m de distancia hasta aproximadamente 100 m. La cantidad de glifosato exoderivada resulta de alto riesgo principalmente en el tratamiento de BV, si se tiene en cuenta no solamente la cantidad sino también su concentración. Las estimaciones efectuadas, además, son meramente indicadoras del potencial de riesgo, pero no pueden asumirse como valores reales absolutos derivados ya que las tarjetas capturan solamente una parte de las gotas que se desplazan del área de aplicación. Si el proceso de evaporación de las gotas hace que primariamente se evapore el agua antes que el producto, sería lógico pensar que las gotas recogidas tengan una concentración de producto mayor a la del tanque, lo que implicaría un aumento de su potencial de daño. Lo antedicho reafirma que resultan inadecuadas las valoraciones parciales comúnmente realizadas de número de impactos, ya que las mismas no contemplan los efectos sobre el ambiente (Smith et al., 2000).

Tomando en cuenta el conjunto de datos vinculados a la deriva de sedimentación y de exoderiva, resulta importante la incidencia y valoración de los distintos factores mencionados por Leiva (1995), como las características de la aspersion, el equipo, las técnicas de aplicación y las condiciones de tiempo atmosférico, puesto que eficiencia de control no se corresponde con los riesgos de deriva potencial que producen distintas técnicas de aplicación.

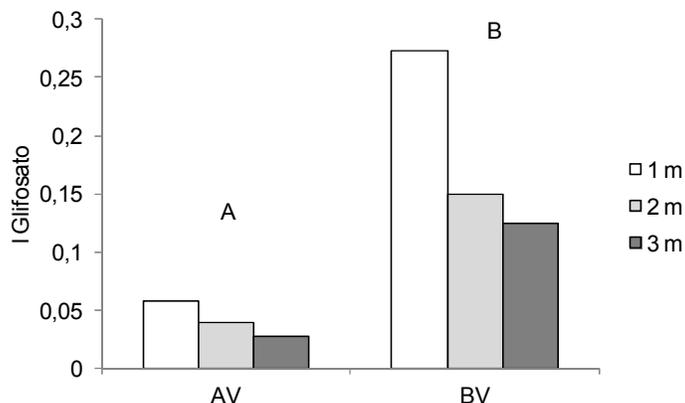


Figura 7. Cantidad de glifosato recogido sobre las tarjetas de deriva a distintas alturas de medición luego de 4 pasadas de la pulverizadora. AV: alto volumen; BV: bajo volumen. 1, 2, 3, alturas de medición con tarjetas hidrosensibles a partir de la superficie del terreno. Letras mayúsculas diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre técnicas de aplicación según el test de LSD ( $p \leq 0,05$ ).

## CONCLUSIONES

La técnica de bajo volumen alcanza similar eficiencia que el sistema de aplicación convencional con alto volumen para el control de malezas en presiembr sobre rastrojo de soja.

La mayor tasa de aplicación presenta una mayor cobertura del objeto de aplicación en tratamientos de control de malezas.

Ambas técnicas de aplicación resultan adecuadas para el control de malezas en barbecho con productos sistémicos ya que las mismas exceden el número de impactos recomendado para este tipo de tratamiento.

La técnica de bajo volumen presenta mayores riesgos de pérdidas de producto por exoderiva y una mayor liberación del mismo al ambiente, de acuerdo con las condiciones climáticas y de operación de la pulverizadora, por lo que resulta relevante que la reducción del volumen de aplicación se realice sin recurrir a las variables que reducen el tamaño de gota.

El tamaño de las gotas que se derivan por el viento es muy uniforme, relativamente independiente de la técnica de aplicación y dependiente fundamentalmente de las condiciones ambientales.

## BIBLIOGRAFÍA

**Abi Saab, O. J. G.** 2004. Indicador de velocidad de viento. Semina: Ciências Agrárias, v. 25, n. 1, p. 21- 26

**Albuz.** 2014. Albuz boquillas de pulverización. Catálogo CoorsTek 2014. COORSTEK Advanced Materials France. Zone industrielle N°1, rue de l'industrie 27000 Evreux – France. 36 pp

**Antuniassi, U.R.** 2004. Tecnología de aplicação de defensivos. Rondonópolis: Fundação de Apoio a Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso – Fundação MT, Boletim Técnico de Soja N°8: 165-177.

**ASABE.** 2009. Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra. S572.1. 2009. American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, MI., 4 pp

**Boiler, W. & M. Marchry.** 2007. Efeito da pressão de trabalho e de pontas de pulverização sobre a eficiência de herbicidas de contato em soja. Engenharia Agrícola, v. 27, n. 3, p. 722-727.

**CASAFE.** 2014. Mercado Argentino de Productos Fitosanitarios 2012. Disponible en: <http://www.casafe.org/publicaciones/estadisticas/> Último acceso: agosto 2016.

**Casal, G.A.** 2012. Aspectos de tecnología de aplicación de agroquímicos. Simposio Internacional CIDETER. Las Parejas, provincia de Santa Fé, Argentina. Agosto 2012. 12 pp.

**Chorbadjian R. & M. Kogan.** 2001. Pérdidas de actividad del glifosato debido a la presencia de suelo en el agua de aspersión. Ciencia e investigación agraria. 28(2): 83-87.

**Doble, S.J., G.A. Matthews, I. Rutherford & E.S.E Southcombe.** 1985. A System for classifying hydraulic nozzles and other atomizers into categories of spray quality. p. 1125–1133. In: Proc. Brighton Crop Protection Conf. – Weeds. Brighton, UK, 18–21 November 1985, 1300 pp.

**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 113 (2) 202-210

**Eleiseigui, P.** 2014. Mercado de agroquímicos en la argentina: baja el uso de glifosato, crecen los productos más potentes y los plaguicidas llegan a toda la agricultura. Disponible en: <http://el-galo.blogspot.com.ar/2014/05/mercado-de-agroquimicos-en-argentina.html> Último acceso: Julio 2016

**Etiennot, A.E.** 1993. Pulverizaciones terrestres. Segundo Congreso Nacional de Siembra Directa. Septiembre 1993. Huerta Grande, Córdoba, Argentina. pp. 163 - 173.

**Etiennot A.E. & A. Piazza.** 2010. Buenas prácticas de aplicación en cultivos planos extensivos. Distancias a zonas urbanas. Criterios y soluciones. Acta toxicológica Argentina 18 (2): 40 – 53.

**Faggion, F. & U.R. Antuniassi.** 2010. Desempenho de pontas de pulverização quanto a indução de ar nas gotas. Energia na Agricultura, 25 (4): 72-82.

**Frola, E.** 2013. Manejar tamaño, número y distribución de impactos para lograr aplicaciones de calidad. Disponible en: <http://www.todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=25566>. Último acceso: diciembre de 2015.1pp.

**Graham-Bryce, I.J.** 1977. Crop protection: a consideration of the effectiveness and disadvantages of current methods and of the scope for improvement. Philosophical Transactions of the Royal Society, London B, 281, 163-179.

**Hewitt, A.J., P.C.H. Miller & W.E. Bagley.** 2001. Interaction of Tank Mix and Nozzle Design on Spray Performance and Drift Potential. American Society for Agricultural Research. ASAE Paper No: 01-011081. 7pp.

**Hock, W.K.** 2011. Spray Adjuvants. Pesticide Safety Fact Sheet. The Pennsylvania State University. Disponible en: <http://pubs.cas.psu.edu/freepubs/pdfs/u0221.pdf>. Último acceso: diciembre 2015. 4 pp.

**Leiva, P.D. & P. Picapietra.** 2012. Compatibilidad para mezclas de tanque de tres herbicidas utilizados en barbecho químico. Grupo Protección Vegetal - INTA, Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Disponible en: <http://inta.gov.ar/documentos/compatibilidad-para-mezclas-de-tanque-de-tres-herbicidasutilizados-en-barbecho-quimico/> . Último acceso: Enero 2014.

**Leiva, P.D.** 1995. Manejo de la deriva en la aplicación de agroquímicos. Carpeta de Producción Vegetal. INTA, EEA Pergamino, SERIE: Generalidades, Tomo XIV, Información N° 139, Septiembre, Ed: Puig, R. 6 pp.

**Magdalena, J.C., R. Balbuena, A. Di Prinzio & J. Capurro.** 2000. Equipos para aplicación de agroquímicos. Propuestas de unificación de denominación y clasificación. En: Avances en Ingeniería Agrícola 1998/2000".Ed. Facultad de Agronomía de Buenos Aires. pp. 150-156.

**Mahler, R.L., Homan, H.W. & G.P. Carpenter.** 1997. Pesticides and their movement in soil and water. University of Idaho. Cooperative extension system. Disponible en: <http://www.uiweb.uidaho.edu/wq/wqpubs/cis865.html>. Último acceso: enero de 2014.

**Marer, P.J.** 1988. The safe and effective use of pesticides. Univ. of California Statewide Integrated Pest

Management Project, Div. of Agricultural and Natural Res., Publ. 3324. 329 pp.

**Márquez Delgado, L.** 2008. Buenas Prácticas Agrícolas en la Aplicación de los Fitosanitarios. Ed. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Secretaría General Técnica. Madrid, España. 124 pp. Disponible en: <http://www2.fepex.es/archivos/publico/Fitosanitarios/Fitosanitarios-%20Texto.pdf>. Último acceso: enero de 2014.

**Martens, F.** 2012. Guía para el uso adecuado de plaguicidas y la correcta disposición de sus envases. Boletín de divulgación N° 41. ISSN 0328-3380. 26 pp.

**Massaro, R.A., A. García & L. Magnano.** 2014. Evaluación de técnicas de pulverización antideriva para el control de malezas en barbecho químico. En Para mejorar la producción 52 - INTA EEA Oliveros 2014: <http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-evaluacin-tnicas-pulverizacin-antideriva-barbec.pdf> 147-150

**Moltoni, L., G. Masiá & A. Moltoni.** 2008. Cost and income analysis of agricultural labors: the role of agricultural machinery services providers in Argentina. International Conference of Agricultural Engineering - XXXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Foz do Iguaçu, Brasil. 4 pp.

**Onorato A.A. & M.O. Tesouro.** 2004. Desempeño antideriva de una boquilla de pulverización agrícola de cono hueco inducida por aire. Revista de Investigaciones Agropecuarias INTA, 33 (3): 3-13.

**Rodríguez, J.F.** 2011. Calidad de aplicación de productos Fitosanitarios y su influencia en el efecto de control de plagas, malezas y enfermedades. Disponible en: [http://www.agriculturaconsciente.com/admin/content/material/material\\_12062013165540.pdf](http://www.agriculturaconsciente.com/admin/content/material/material_12062013165540.pdf). . 26 pp. Último acceso: noviembre de 2015

**Sarubbi, C.A.S.** 2010 Tecnología de aplicación de productos fitosanitarios en equipos pulverizadores terrestres. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. 290pp.

**Smith, D.B., S.D. Askew, W.H. Morris, D.R. Shaw & M. Boyette.** 2000. Droplet size leaf morphology effects on pesticide spray deposition. Transactions of the ASAE 43 (2): 255-259.

**Teejet.** 2016. Turbo Teejet flat spray tips dropsizes (micrometers) capacities TT11001-VP thru TT11008-VP spraying water at 70 F. Disponible en <http://www.teejet.it/media/292203/ds37043-14m.pdf>. Fecha de última consulta: 26 de diciembre de 2016

**Walla, W.J.** 1980. Aerial Pesticide Application. Texas A & M University. Texas, USA. 26 pp.