

Pulverización con alto y bajo volumen en rastrojo de sorgo. Eficiencia y riesgos ambientales de la aplicación

High and low volume sprayer technologies in sorghum stubble.

Application efficiency and environmental risks

Pulverização em alto e baixo volume de aplicação no restolho de sorgo.

Eficiência e riscos ambientais da aplicação

**Matilde MUR; Mariano PONCE; Facundo GUILINO; Victor MERANI;
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
E-mail: matilde_mur@hotmail.com

Resumen

El uso de volúmenes reducidos de solución en aplicación de herbicidas sistémicos es una práctica común en la Argentina. Se realizaron ensayos en campo para evaluar la eficiencia, homogeneidad de distribución y riesgos ambientales de alternativas de aplicación de glifosato sobre rastrojo de sorgo. Se trabajó con una pulverizadora autopropulsada y dos técnicas de pulverización: Alto Volumen (AV) con pastillas TT 11002 Teejet® y 70 l ha⁻¹ y Bajo Volumen (BV) con pastillas cono hueco AD5 AC13Albuz® y 30 l ha⁻¹. Se realizaron 8 repeticiones y se evaluaron la aplicación en tres sectores: el estrato superior (ES), el estrato inferior (EI) y la entrelínea (EL), mediante tarjetas hidrosensibles y el programa CIR 1,5®. Se determinaron densidad de impactos (DI), cobertura (C), diámetro volumétrico mediano (DVM) y tasa de recuperación (TR). La TR fue corregida por determinaciones de cromatografía de la solución recuperada en cajas de Petri. Ambas técnicas superaron la DI recomendada para herbicidas, pero fue significativamente superior en AV ($p \leq 0,05$). La C fue del 13,77% y 11,06% para AV en ES y EI y solamente alcanzó registros del 3,46% y 2,36% en BV siendo las diferencias significativas, pero resultó similar para EL. La deposición de solución sobre ES y EI fueron significativamente mayores para AV en relación a BV, pero fueron iguales en EL. La técnica de BV presenta reducida eficiencia en DI, C, y TR sobre ES y EI comprometiendo el control de malezas y aumentando los riesgos ambientales de la aplicación.

Palabras clave: densidad de impactos - cono hueco - tarjetas hidrosensibles

Introducción

La adopción generalizada de cultivos de soja (*Glycine max* L Merr) y maíz (*Zea mays* L) tolerantes al glifosato® bajo siembra directa jugaron un papel determinante en el aumento del uso de herbicidas, ya que permitieron controlar y simplificar el manejo

Summary

The use of low application rates in systemic herbicides spraying is a usual practice in Argentina. Field trials were carried out with a self propelled boom sprayer in sorghum stubble with the aim of evaluating the efficiency and environmental risks of glyphosate® application alternatives. Two spraying techniques were compared: High application rate (AV) with TT 11002 Teejet® nozzles and 70 l ha⁻¹, and Low application rate (BV) with AD5 AC13 Albuz® hollow cone nozzles and 30 l ha⁻¹. Droplets density (DD), coverage (C), and Volume Median Diameter (VMD) were quantified by water sensitive cards and image processing software CIR 1,5® at three locations: between row crops (EL), near row crop (EI) and above sorghum cover residue (ES). Efficiency was calculated from droplets stains and corrected by chromatography determination of solution recovery on Petri dishes. Both techniques exceeded the recommended droplet density for herbicides, but AV was significantly higher. Coverage was 13.77% and 11.06% for AV in ES and EI, while in BV it only reached values of 3.46% and 2.36%, with significant differences between treatments. In EL there were no differences. Solution recovery rate was 51.56% in AV and 21% in BV over ES. BV had low efficiency values in DD, C and TR. Weeds control near sorghum row crop may be compromised by the low amount of glyphosate that reaches this location and increase environmental risk contamination.

Keywords: droplet density- hollow cone-water sensitive cards

Resumo

O uso de baixas taxas de solução na aplicação de herbicidas é uma prática usual na Argentina. Os ensaios de campo foram realizados com o objetivo de avaliar a eficiência, a homogeneidade de distribuição e os riscos ambientais da aplicação de glifosato no restolho de sorgo. Trabalhamos com um pulverizador autopropelido e duas técnicas de pulverização: alta taxa de aplicação (AV) com bicos TT 11002 Teejet® e 70 l ha⁻¹ e baixa taxa de aplicação (BV) com bicos cônicos vazios AD15 AC13 Albuz®, e 30 l ha⁻¹. Utilizando cartões hidro-sensíveis e o programa CIR 1,5®, a aplicação foi avaliada em três setores: estrato superior (ES), camada inferior (EI) e entre linhas (EL). Realizaram-se 8 repetições e foram determinados: densidade de gota (DG), cobertura (C), diâmetro mediano volumétrico (DMV) e taxa de recuperação (TR). A TR foi corrigida por determinações de cromatográfica da solução recuperada em caixas de Petri. Ambas as técnicas excederam a DI recomendada para herbicidas, mas AV foi significativamente maior ($p \leq 0,05$). A cobertura foi de 13,77% e 11,06% para AV em ES e EI, enquanto que na BV só atingiu valores de 3,46% e 2,36%, marcando diferenças significativas, mas foi semelhante para EL. A deposição de solução em ES e EI foi significativamente maior para AV em relação a BV, mas foi a mesma em EL. A técnica BV reduziu a eficiência em DI, C e TR sobre ES e EI, comprometendo o controle de ervas daninhas e aumentando os riscos ambientais da aplicação.

Palavras chave: densidade de gota - bico cônico vazio - papéis hidro-sensíveis

de malezas (Vila-Aiub *et al.*, 2003). La cantidad de glifosato aplicada por año en EE.UU aumentó en 27.500.000 kg de 1995 a 2005 (Young, 2006), siendo la tendencia similar en la República Argentina (CASAFE, 2014). Mientras tanto, el potencial de

desarrollo de especies resistentes aumentó, por exposición repetida a herbicidas con el mismo mecanismo de acción (Burnside, 1992), confirmando la resistencia al glifosato en 329 especies de malezas en el mundo (Heap, 2017).

La eficiencia de control está vinculada a la cantidad de principio activo que se deposita sobre el blanco. Knoche (1994) indicó que la disminución del tamaño de gota generalmente produce una mayor penetración en el canopeo, mejoras en la deposición y retención de herbicidas y aumentos en la eficiencia de la respuesta biológica, con menor relevancia con herbicidas sistémicos y mayor efecto con los de contacto (Prokop y Veverka, 2003). Sin embargo, los aplicadores pueden reducir y/o aumentar el volumen de aplicación y el tamaño de gota tanto con herbicidas de contacto como sistémicos sin disminuir la eficacia de los mismos (Ramsdale y Messersmith, 2001). No obstante, las aplicaciones de dosis superiores e inferiores a las recomendadas son factores que incrementan los riesgos de resistencia de diversas malezas (Diez de Ulzurrun, 2013). La cantidad y el tamaño de gotas obtenidas resultan ideales cuando permiten controlar la plaga en cuestión con la mínima cantidad de producto, preservando el ambiente (Smith *et al.*, 2000).

En los últimos años, se incrementó el uso de bajo volumen de solución en las aplicaciones de herbicidas sistémicos por la disminución en el uso de agua, la menor inactivación del producto (Papa, 2007) y aumento en la capacidad de trabajo del equipo (Moltoni *et al.*, 2008) entre otras razones. Rodríguez *et al.* (2011) evaluaron volúmenes de aplicación de 8,8 a 467 l ha⁻¹ de glifosato sobre un cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) y tuvieron similares niveles de control con el menor y mayor volumen aplicado. Leiva y Picapietra (2012) relacionaron el logro de adecuado control con 40-50 l ha⁻¹ a mejoras de penetración en el canopeo; Ramsdale *et al.* (2003), vincularon las mejoras en el control en trabajos con 23 a 47 l ha⁻¹ en contraste con volúmenes de 94 a 190 l ha⁻¹ por el aumento de la concentración del principio activo. Camolese y Rojo Baio (2016) analizaron los depósitos de producto sobre el estrato superior e inferior de un cultivo de algodón en aplicaciones de 40 y 70 l ha⁻¹. No existieron diferencias en el estrato superior en horario vespertino pero se alcanzaron mayores depósitos para el menor volumen en aplicaciones nocturnas, en contraposición a lo ocurrido en el inferior con adición de coadyuvante.

Márquez Delgado (2008) recomienda valores de 20 a 30 impactos cm⁻² para herbicidas de pre-emergencia y de 30 a 40 impactos cm⁻² para herbicidas de contacto. Mur *et al.* (2017) evaluaron la aplicación de 30 l ha y 70 l ha con pastillas de cono hueco y deflectoras. Determinaron significativamente mayor densidad de impactos y cobertura para el mayor volumen de aplicación. Álvarez (2016) no encuentra diferencias en la densidad de impactos entre la pulverización con 30 l ha⁻¹ y 60 l ha⁻¹ pero sí con 100 l ha⁻¹ sobre el estrato superior de un cultivo de soja. En la técnica de bajo volumen Rodríguez (2011) sugiere la utilización de pastillas de cono hueco con disco y núcleo Albus® AD5 AC13, a 0,70 m entre pastillas y una altura de 0,70 m a 1,00 m de acuerdo con las condiciones de viento, para favorecer un mayor solapamiento. Frola (2013) considera que se alcanza eficacia con bajo volumen y tamaños de gotas uniformes, entre 200 µm y 400 µm, pero advierte que debe controlarse la deriva. Casal (2012) presenta estudios de caracterización de las pastillas de cono hueco AD5 AC13, que establecieron un diámetro volumétrico mediano (DV_{0,5}) de 154 µm con una amplitud relativa de 1,01 a una presión de 275 kPa.

Los residuos en siembra directa constituyen una barrera para alcanzar el objetivo y los productores recurren al uso de pastillas de cono hueco con productos sistémicos, que generan gotas

finas, buscando aumentar la cantidad de impactos y la penetración, en mayor medida que uniformidad (Albus, 2014), aumentando el riesgo de deriva (Arvidsson *et al.*, 2011; Gil *et al.*, 2014). Los factores que inciden sobre la deriva pueden agruparse en los que corresponden a las características de la aspersión, al equipo y técnicas de aplicación, a las condiciones meteorológicas y a los equipos y accesorios específicos (Nuyttens, 2007). Las características de la aspersión influyen en la deriva a través del tamaño de gotas (Nuyttens *et al.*, 2009), que incide en la velocidad de caída y la evaporación, por lo que aumentan las probabilidades de ser transportadas por el viento (Elliot y Wilson, 1983). Spillman (1984) determinó que gotas menores a 150 µm tienen una tasa de evaporación 27% más rápida que las gotas de tamaño mayor al mismo, porque el flujo de aire se halla en contacto con toda la superficie de la gota. Por otra parte, PISC (2002) indica que las gotas finas, de 145 µm a 225 µm (ASABE, 2013) pueden tener dificultades para depositarse sobre el objeto de aplicación ya que tienden a seguir la corriente de aire que se mueve alrededor del mismo. Se considera que un adecuado balance se obtiene con gotas de DV_{0,5} de 200 µm a 250 µm (gotas finas a medianas, ASABE 2013) según Leiva (1995), mientras que para Kruckeberg (2011) se encuentra entre 150 µm y 400 µm (finas a gruesas en acuerdo con ASABE, 2013).

Murphy *et al.* (2000) registraron que la máxima exoderiva se produjo con distancias entre pastillas de 0,5 m a 0,625 m para una altura de totalón de 0,5 m. Las distancias menores redujeron la exoderiva por la mayor superposición y la menor cantidad de borde expuesto del abanico. Con espaciamientos más amplios, el abanico se tornó poroso y la corriente de aire prevaleciente eliminó gotas también de la parte central, en mayor medida con gotas finas. Miller *et al.* (2011) mencionaron que las pastillas más usadas, de 110° de ángulo de aspersión, tuvieron ventajas en aplicaciones con alturas menores a 0,5 m en laboratorio pero no en campo y presentaron mayor exoderiva que las de 80° y 65° con alturas mayores a 0,70 m. Advirtieron que alturas de 0,5 m son de difícil operación a campo, con máquinas de gran ancho de labor.

Por lo tanto, el aumento del tamaño de las gotas es una de las opciones más relevantes para reducir la deriva, pero existen dudas sobre la eficiencia de control de malezas (Faggion y Antuniassi, 2010). Evaluaciones de pastillas antideriva Teejet® AI110015 y Teejet® TT11003 con 40 l ha⁻¹ y 60 l ha⁻¹ (Massaro *et al.*, 2014) 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⁻². López y Villalba (2013) concluyeron que las gotas más grandes produjeron un control más uniforme entre los distintos horarios de aplicación. Pitty *et al.* (2010) no encontraron diferencias en el control de malezas con glifosato y paraquat, pese a las diferencias en el tamaño de gotas y la cobertura de las pastillas de rango extendido y de aire inducido utilizadas, 14,5% y 18,9% respectivamente. El volumen de aplicación produjo también diferencias en la cobertura para ambas pastillas, alcanzando 13,2% para 165 l ha⁻¹ y 20,3% para 250 l ha⁻¹. Fietsam *et al.* (2004) analizaron los efectos de diferentes pastillas sobre la deriva y la eficiencia de control y determinaron que la eficiencia de control se relacionaba principalmente con el aumento del porcentaje de cobertura.

La eficiencia de aplicación puede, también, vincularse con la cantidad de producto que llega al objetivo de aplicación, en relación a la distribuida por unidad de superficie (Graham-Bryce, 1977). Martens (2012) menciona valores de eficiencia del 60%, para condiciones de barbecho y suelo desnudo, mientras que Abi Saab (2004), indica que aproximadamente un 30% se pierde por deriva. La determinación de la tasa de recuperación de

líquido es dificultosa a nivel productivo. Domper *et al.* (2015) establecieron que algunos programas de análisis de tarjetas hidrosensibles sobreestiman la tasa de recuperación y propusieron coeficientes de ajuste para su corrección, siendo posible que las diferencias entre metodologías se deban a la expansión y arrastre de las gotas sobre las tarjetas (Marçal y Cunha, 2008).

Al aumentar la eficiencia de las aplicaciones se reducen las pérdidas de producto evitando la presencia de fitoterápicos en suelos y aguas (Mahler *et al.*, 1997). Para mejorar la eficiencia y reducir la deriva se pueden usar coadyuvantes (Hock, 2011), los

Materiales y Métodos

El ensayo se llevó a cabo en un predio productivo cercano a la localidad de América, partido de Rivadavia, Provincia de Buenos Aires, Argentina, 35° 35' 05" S, 62° 59' 41" 00 W, altitud 99 m.s.n.m. en un lote con rastrojo de sorgo.

Se utilizó un equipo pulverizador autopropulsado marca Metalfor® Múltiple 2800 de 23 m de ancho de labor (Figura 1). El herbicida utilizado fue Sulfosato Touchdown® (glifosato concentración del 62%), en una dosis de 2,5 lha⁻¹. Se utilizó fertilizante foliar Complex Plus® como corrector de agua y coadyuvante Novadox® en concentración de 0,8 lha⁻¹ y 0,070 lha⁻¹ respectivamente.

Las pastillas, presiones de trabajo, velocidades y volúmenes de aplicación empleados en cada tratamiento (Tabla 1) se corresponden con las técnicas de aplicación utilizadas por el productor en los últimos 5 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 para las pastillas turbo Teejet TT 11002® (Teejet, 2016) y de cono hueco Albus disco y núcleo AD5 AC13® (Albus, 2014).

Se establecieron 8 repeticiones, dentro de cada una de las cuales se colocaron tarjetas sensibles al agua marca Syngenta® de 25,4 mm x 76 mm en 2 sectores distanciados 0,50 m entre sí, en la parte media del botalón contrario a la dirección principal del viento. Las tarjetas se ubicaron sobre soportes metálicos para la valoración de la deposición de la solución por encima del rastrojo de sorgo (ES) y a 0,12 m del suelo en la línea del cultivo (EI) y

Figura 1: Imagen de la máquina pulverizadora y del rastrojo de sorgo al momento de realizar la aplicación.



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 Albus®

Boquillas	Presión (kPa)	Distancia entre boquillas (m)	Velocidad (m s ⁻¹)	l ha ⁻¹	Denominación
TT 11002	2,5	0,35	5,25	70	AV
AD5 AC13	4,5	0,7	5	30	BV

cuales pueden modificar el tamaño de la población de gotas (Hewitt *et al.*, 2001). Sarubbi *et al.* (2014) constataron una reducción del tamaño de las gotas y de la velocidad de caída, como también un aumento de la velocidad de evaporación por la adición de un surfactante depresor de la tensión superficial.

El objetivo del trabajo es valorar la uniformidad de distribución, la eficiencia de aplicación y potencial de riesgo de técnicas de alto y bajo volumen utilizadas para el control de malezas en condiciones de abundantes residuos de la cosecha, a partir del uso de pastillas de impacto y de cono hueco con disco y núcleo.

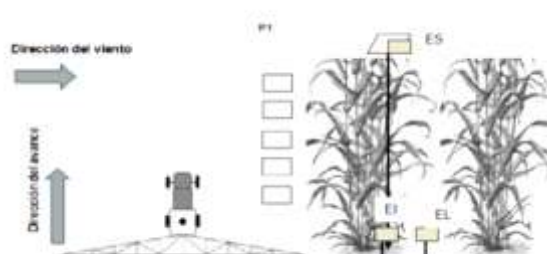
en el sector medio entre dos líneas de cultivo (EL). Todas las pasadas fueron realizadas en el mismo sentido y los tratamientos fueron realizados uno después de concluido el otro (Figura 2).

En cada aplicación se tomaron datos de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, proporcionados por una estación meteorológica portátil marca Kestrel 3000® ubicada a 1,8 m de altura desde el suelo.

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 de medición fijas, de 1 cm² cada una de ellas, ubicadas en "V".

Las variables respuesta obtenidas a partir del análisis de imágenes fueron: Densidad de impactos (DI en gotas cm⁻²), Área de Cobertura (C en %), Diámetro Volumétrico Mediano (DV_{0,5} en µm) y Tasa de recuperación de la solución asperjada (E en %) referida a la relación entre el volumen efectivamente recogido en el objetivo y el volumen de aplicación. En forma complementaria, se agregó colorante azul brillante al líquido pulverizado y se efectuaron contrastes entre los cálculos de los valores de líquido sobre las tarjetas y sobre cajas de Petri de 0,14 m de diámetro. Las cajas de Petri fueron acondicionadas en heladera, protegidas de la luz y posteriormente lavadas siendo la solución valorada por cromatografía para la corrección de los volúmenes. Como patrón se utilizó una muestra de la solución del tanque, la que fue sometida al mismo procedimiento (Domper *et al.*, 2015).

Figura 2: Sectores de medición de cada repetición en cada pasada y diagrama de ubicación de las tarjetas en cada uno de los sectores de medición. P1: ubicación de los sectores de medición. ES: Estrato superior; EI: Estrato inferior; EL: Entre líneas.



Las condiciones meteorológicas al momento de realizar el ensayo se visualizan en la tabla 2

Las diferencias de velocidad del viento se relacionaron con ráfagas que incidieron en menor medida sobre la media registra-

da, pero afectaron a las velocidades mínimas y máximas

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

Tabla 2. Condiciones meteorológicas al momento de realizar los tratamientos. T: temperatura; HR: humedad relativa; V: velocidad del viento.

	T (°C)	HR (%)	Velocidad (m s ⁻¹)		
			media	Máx	Mín.
BV	11	76	10-12	14	5
AV	10	74	12-15	18,5	8,3

Resultados y Discusión

Densidad de impactos

La técnica de AV presentó significativamente mayor DI que la aplicación con BV (Figura 3), lo cual puede atribuirse al mayor volumen de aplicación.

En todos los sectores se superaron las recomendaciones de Márquez Delgado (2008) para el trabajo tanto con herbicidas sistémicos como de contacto (Figura 3). En cuanto a la distribución entre ES, EI y EL, el comportamiento fue similar para AV y BV, alcanzando el ES significativamente mayor DI que EI y EL. No obstante, se manifiestan algunas diferencias entre tratamientos; En AV hubo mayor desuniformidad entre los sectores inferiores y el ES, correspondiendo a los mismos un 74,67% y 58,98% de lo medido sobre el ES, para EI y EL respectivamente. Solamente para BV se encontraron 2 mediciones dentro del rango indicado por Márquez Delgado (2008) y dos mediciones por debajo del mismo. La DI fue para ambas técnicas superior a la medida por Massaro *et al.* (2014) para distintas pastillas con tamaño de gota gruesa y muy gruesa, lo que puede relacionarse al mayor volumen de aplicación y menor caudal erogado para las pastillas deflectoras en AV y al menor tamaño de gota para el tratamiento con pastillas de cono hueco. La cantidad de impactos de BV sobre el estrato superior fue similar a la informada por Mur *et al.* (2017) para el efecto directo de la pulverización con 30 l ha⁻¹ sobre rastrojo de soja y por Álvarez (2016) en la parte superior del canopeo de un cultivo de soja con igual volumen de aplicación y tipo de pastilla. En AV la densidad de impactos fue seme-

jante a la obtenida por Álvarez (2016) con 100 l ha⁻¹ y mayor a la de 60 l ha⁻¹ pero inferior a la registrada por Mur *et al.* (2017) atribuible a una velocidad de viento superior.

A partir de los resultados obtenidos, es posible aseverar que la técnica de BV alcanza un número de impactos suficiente para tratamientos con herbicidas sistémicos en presencia de rastrojo de sorgo, pero sin lograr la DI de AV tanto en el ES como en el EI del residuo del cultivo de sorgo precedente, que pudo ser favorecida por la distancia entre líneas del residuo de sorgo de 0,52 m permitiendo la llegada de las gotas producidas por las pastillas de impacto. La mayor concentración del producto en BV asistiría también al control del objetivo de aplicación (Ramsdale *et al.* 2003).

Cobertura de gotas

En la Figura 4 se observan los valores de C para las distintas técnicas y lugares de medición. Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre AV y BV y significancia de la interacción entre tratamientos y estratos.

Los valores de C de AV fueron inferiores a los informados por Fietsam *et al.* (2004) para las pastillas de impacto, lo cual puede atribuirse en parte al mayor volumen de aplicación utilizado por el mismo (94 l ha⁻¹), como también a diferencias en la metodología de procesamiento digital de las tarjetas hidrosensibles. Los registros también fueron menores a los determinados por Pitty *et al.* (2010) para pastillas de inducción de aire y semejantes a las

Figura 3: Densidad de impactos para las distintas técnicas de aplicación. AV: Alto volumen; BV: Bajo Volumen. ES: estrato superior; EI: estrato inferior; EL: Espacio central entre líneas de cultivo. Letras mayúsculas sobre las columnas indican diferencias significativas entre técnicas de aplicación según el test de LSD Fisher ($p \leq 0,05$). Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre estratos en cada técnica de aplicación según el test de LSD Fisher ($p \leq 0,05$).

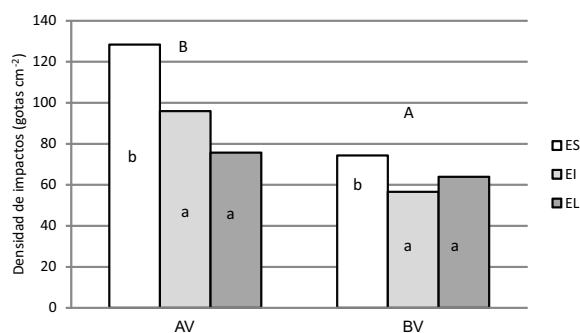
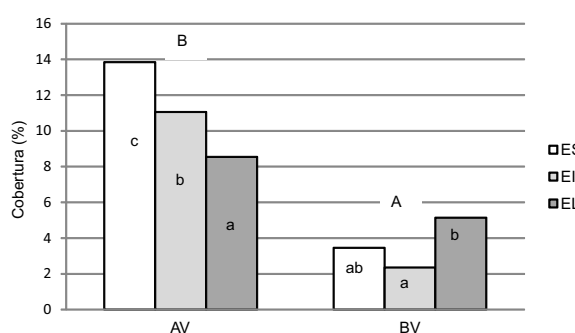


Figura 4. Cobertura (%) para las distintas técnicas de aplicación y estratos de evaluación. AV: alto volumen; BV: bajo volumen; ES: Estrato superior; EI: Estrato inferior; EL: Espacio central entre líneas de cultivo. Letras mayúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre técnicas de aplicación ($p \leq 0,05$) según el test de LSD Fisher. Letras minúsculas diferentes en cada fila indican diferencias significativas entre lugares de medición en cada técnica de aplicación ($p \leq 0,05$) según el test de LSD Fisher



de rango extendido para un volumen de aplicación de 165 l ha⁻¹. En la figura 5 se muestran las tarjetas del ensayo.

Densidad de impactos

La técnica de AV presentó significativamente mayor DI que la aplicación con BV (Figura 3), lo cual puede atribuirse al mayor volumen de aplicación.

En todos los sectores se superaron las recomendaciones de Márquez Delgado (2008) para el trabajo tanto con herbicidas sistémicos como de contacto (Figura 3). En cuanto a la distribución entre ES, EI y EL, el comportamiento fue similar para AV y BV, alcanzando el ES significativamente mayor DI que EI y EL. No obstante, se manifiestan algunas diferencias entre tratamientos; En AV hubo mayor desuniformidad entre los sectores inferiores y el ES, correspondiendo a los mismos un 74,67% y 58,98% de lo medido sobre el ES, para EI y EL respectivamente. Solamente para BV se encontraron 2 mediciones dentro del rango indicado por Márquez Delgado (2008) y dos mediciones por debajo del mismo. La DI fue para ambas técnicas superior a la medida por Massaro *et al.* (2014) para distintas pastillas con tamaño de gota gruesa y muy gruesa, lo que puede relacionarse al mayor volumen de aplicación y menor caudal erogado para las pastillas deflectoras en AV y al menor tamaño de gota para el tratamiento con pastillas de cono hueco. La cantidad de impactos de BV sobre el estrato superior fue similar a la informada por Mur *et al.* (2017) para el efecto directo de la pulverización con 30 l ha⁻¹ sobre rastrojo de soja y por Álvarez (2016) en la parte superior del canopeo de un cultivo de soja con igual volumen de aplicación y tipo de pastilla. En AV la densidad de impactos fue semejante a la obtenida por Álvarez (2016) con 100 l ha⁻¹ y mayor a la de 60 l ha⁻¹ pero inferior a la registrada por Mur *et al.* (2017) atribuible a una velocidad de viento superior.

A partir de los resultados obtenidos, es posible aseverar que la técnica de BV alcanza un número de impactos suficiente para tratamientos con herbicidas sistémicos en presencia de rastrojo de

sorgo, pero sin lograr la DI de AV tanto en el ES como en el EI del residuo del cultivo de sorgo precedente, que pudo ser favorecida por la distancia entre líneas del residuo de sorgo de 0,52 m permitiendo la llegada de las gotas producidas por las pastillas de impacto. La mayor concentración del producto en BV asistiría también al control del objetivo de aplicación (Ramsdale *et al.* 2003).

Cobertura de gotas

En la Figura 4 se observan los valores de C para las distintas técnicas y lugares de medición. Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre AV y BV y significancia de la interacción entre tratamientos y estratos.

Los valores de C de AV fueron inferiores a los informados por Fietsam *et al.* (2004) para las pastillas de impacto, lo cual puede atribuirse en parte al mayor volumen de aplicación utilizado por el mismo (94 l ha⁻¹), como también a diferencias en la metodología de procesamiento digital de las tarjetas hidrosensibles. Los registros también fueron menores a los determinados por Pitty *et al.* (2010) para pastillas de inducción de aire y semejantes a las de rango extendido para un volumen de aplicación de 165 l ha⁻¹. En la figura 5 se muestran las tarjetas del ensayo.

La menor variabilidad de la C se registró para el ES en ambas técnicas (23,28% y 25,45% para AV y BV). La mayor variación fue algo superior para la EL en BV (36,71%) y el EI en AV (31,68%) lo cual se corresponde con los mayores y menores valores medios tanto de DI como de C. La mayor C y DI en AV es atribuible a un mayor volumen de aplicación, con una población de gotas de mayor DV_{0.5} (427 µm, 380 µm y 328 µm para ES, EL y EI). Estos resultados difieren de los obtenidos por Rodrigues *et al.* (2011) y Álvarez (2016) quienes no encuentran diferencias de control entre altos y bajos volúmenes de aplicación, como tampoco en la cantidad de producto depositado sobre las hojas

En la Figura 6 se esquematizan las relaciones de distancias entre picos, altura del botalón y ubicación de las líneas del cultivo de

Figura 5: Tarjetas hidrosensibles correspondientes a las distintas técnicas y sectores de medición. AV: alto volumen; BV: bajo volumen; ES: Estrato superior; EI: Estrato inferior; EL: Espacio entre líneas de cultivo remanente.

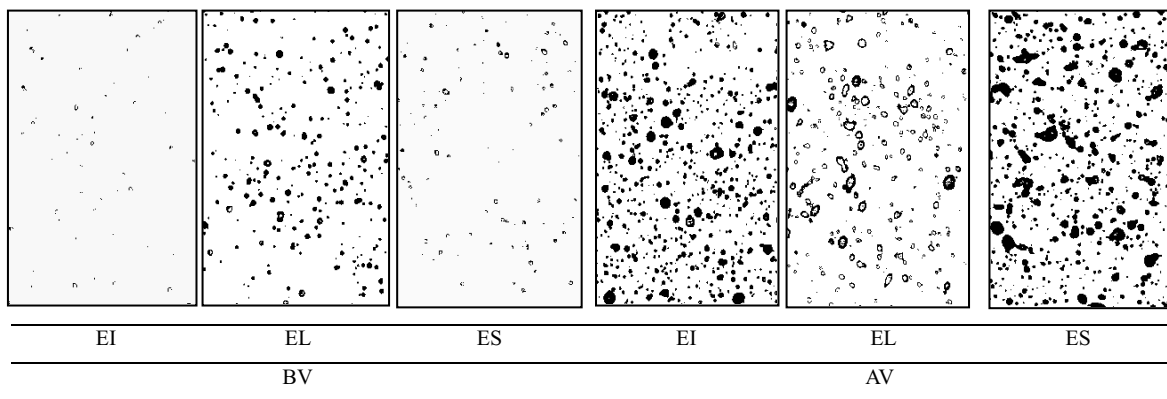
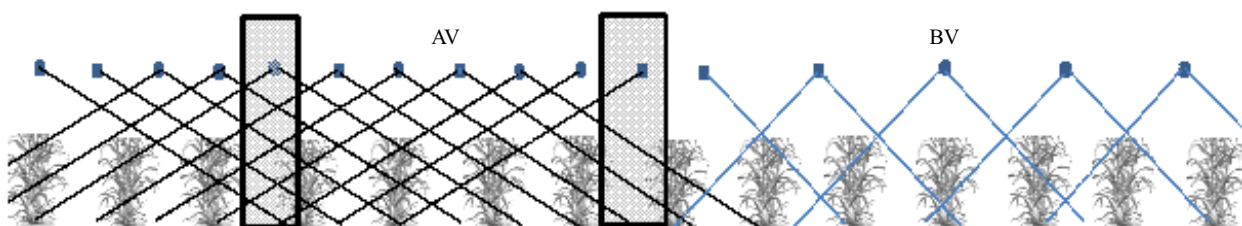


Figura 6: Esquema de las relaciones de distancias entre pastillas, ángulos de aspersión, líneas de cultivo y altura del botalón. AV: alto volumen y pastillas deflectoras TT11002 a 0,35 m; BV y pastillas AD5AC13 con 80° de ángulo de aspersión. Líneas de cultivo remanente a 0,52 m.



sorgo en AV y BV. Las pastillas deflectoras con 110° de ángulo de aspersión a 0,35 m presentan una mejor ubicación relativa para la pulverización sobre la parte superior del residuo, pero la altura del residuo no permite aprovechar la superposición doble o triple posible de alcanzar en el estrato inferior y la entrelínea. En BV, con mayores distancias entre pastillas y ángulo de aspersión de 80°, se compromete la cantidad y uniformidad de producto distribuido en distintos sectores del botalón, afectando al EI y al ES.

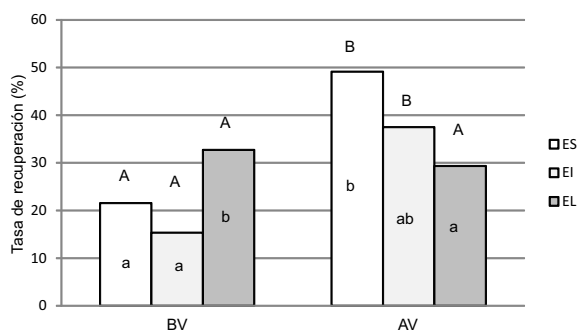
La escasa superposición que se logra en BV en la parte superior del residuo podría mejorarse con una mayor altura del botalón, pero se generarían mayores riesgos de deriva y pérdidas de producto.

La cobertura sobre el objetivo de aplicación, principalmente en el EI en BV, en conjunto con una población de gotas de menor diámetro reducirían las posibilidades de control de malezas cercanas a la línea del cultivo precedente puesto que implicaría una menor dosis de aplicación efectiva sobre el objetivo (López y Villalba, 2013). La mayor C que se obtuvo en la entrelínea podría explicarse según PISC (2002) por la dinámica de las gotas finas en presencia de un residuo denso. En dichas circunstancias, las gotas tienden a seguir la corriente de aire que rodea al rastrojo de sorgo y a no depositarse sobre el mismo, lo cual se contraponen con la mayor capacidad de penetración informada por Leiva y Picapietra (2012) y Domper *et al.*, (2015).

Los menores valores de $DV_{0,5}$ en BV (202 μm para ES, 215 μm para EI y 247 μm para EL) favorecieron una mayor homogeneidad en la distribución de la solución pulverizada entre los distintos objetivos planteados, por mejor penetración relativa (Knoche, 1994; Albus, 2014) pero con registros menores que AV. Esto podría explicarse por la reducción del volumen de aplicación y la distancia entre las líneas del cultivo precedente, que habría favorecido en AV lograr un nivel de C adecuado por la llegada al estrato inferior de gotas de mayor tamaño, en un marco de bajos valores de DI y C.

Si bien el espectro de gotas no influye habitualmente en la eficacia de los herbicidas sistémicos y aumenta la de los herbicidas de contacto (Prokop y Veverka, 2003), la reducción en el volumen de aplicación y en el tamaño de gotas en BV aumenta el potencial de exoderiva (Nuyttens, 2007; Nuyttens *et al.*, 2009) y reduce la cantidad de producto sobre el objetivo. Esto podría, en contraposición a lo afirmado por Ramsdale y Messersmith (2001), favorecer el aumento de resistencia de diversas malezas, por exposi-

Figura 7: Tasa de recuperación corregida para las distintas técnicas y estratos de medición. AV: alto volumen; BV: bajo volumen; ES: Estrato superior; EI: Estrato inferior; EL: Espacio central entre líneas de cultivo. Letras mayúsculas diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre técnicas de aplicación para cada estrato ($p \leq 0,05$) según el test de LSD Fisher. Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre estratos en cada técnica de aplicación ($p \leq 0,05$) según el test de LSD Fisher.



ción reiterada a bajas dosis de aplicación (Diez de Ulzurrun, 2013) en conjunto con la ausencia de rotación de principios de acción (Burnside, 1992).

Eficiencia de recuperación y pérdidas de producto

El contraste de los valores de E entre metodologías de análisis de imágenes y cromatografía, corroboró la sobreestimación del programa CIR 1,5[®] informada por Domper *et al.* (2015). Los coeficientes fueron 1,67 para las pastillas de cono hueco, similar a la informada por el mismo, y 2 para la pastillas deflectoras. Esto puede relacionarse con los $DV_{0,5}$ de una población de gotas desuniformes, de diferentes masas (Marçal y Cunha, 2008), al coadyuvante y al producto usado para el control.

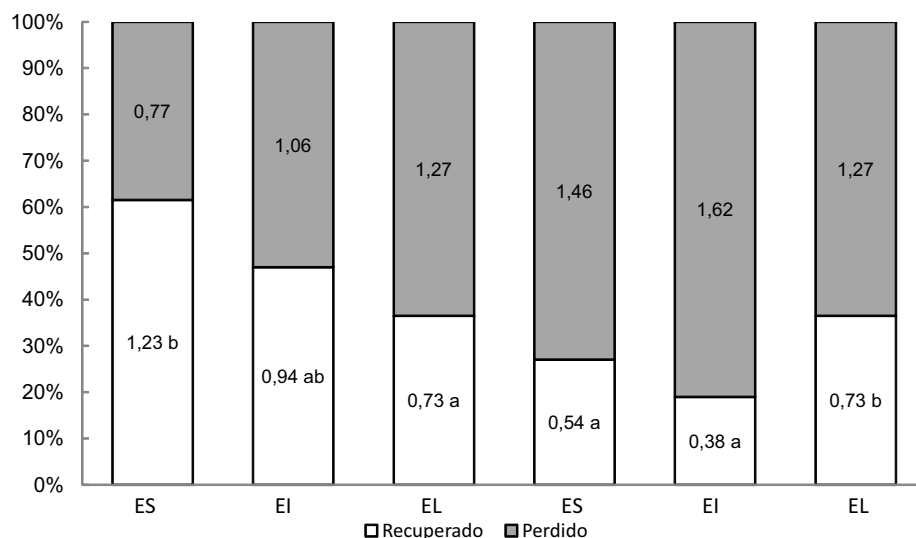
Los valores de eficiencia corregidos, a partir de los coeficientes obtenidos por colorimetría, (Figura 7) fueron particionados para su análisis, dada la significancia de la interacción entre técnicas de aplicación y sectores de medición. En AV el ES recuperó significativamente mayor solución que EL, sin diferencias con EI (49,15 %, 37,48 % y 29,35 para ES, EI y EL respectivamente). En BV en cambio, la EL alcanzó una tasa mayor a ES y EI, en forma similar a lo ocurrido con la cobertura. Estos valores son inferiores a los indicados por Martens (2012) ya que en ningún caso se alcanza el 60% de eficiencia. Las pérdidas de producto por deriva fueron superiores al 30% mencionado por Abi Saab (2004). Los resultados difieren de los obtenidos por Rodrigues *et al.* (2011) quienes no encuentran diferencias de control y producto depositado sobre las hojas entre altos y bajos volúmenes de aplicación. Tampoco coinciden con lo informado por Camolese y Rojo Baio (2016) para aplicaciones vespertinas, ya que se registró significativamente mayor deposición de producto para AV en relación a BV tanto en ES como EI, atribuible a las características del residuo remanente, la técnica de aplicación y las condiciones ambientales.

La solución recuperada corregida por los coeficientes determinados y las pérdidas de producto calculadas (Figura 8) indican altos riesgos de daño y contaminación para las dos técnicas de aplicación, por lo que pueden considerarse ineficientes (Graham-Bryce, 1977). El balance entre cobertura y deriva indicado como posible de ser alcanzado por Leiva (1995), con gotas de 200 μm a 250 μm y de 150 μm y 400 según Kruckeberg (2011) no se adecua a las condiciones ambientales existentes durante el ensayo. De todas formas, la ineficiencia es afectada según el objetivo de aplicación considerado. Si el objetivo es el control de malezas en la EL, no existen diferencias entre AV y BV y las pérdidas de producto (1,27 l ha⁻¹) podrían considerarse altas lo que indicaría que ambas técnicas resultan igualmente ineficientes. Si, en cambio, se toma la cantidad de solución recuperada en el estrato superior, las diferencias resultan significativas entre técnicas de aplicación ya que en AV solamente se perderían 0,77 l ha⁻¹ mientras que en BV resultarían de 1,46 l ha⁻¹. Por lo tanto, se recomienda que se evalúen también otros blancos para tener una visión más completa del destino de la aplicación.

En relación a la variabilidad en los distintos sectores, ambas técnicas tuvieron los menores valores de coeficiente de variación en ES (24,4% y 26,16% en AV y BV) y la mayor variabilidad en los sectores inferiores (44,6% en EL para AV y 34,81% para EI en BV). Los valores mínimos fueron 0,18 l ha⁻¹ para el EI de BV y de 0,33 l ha⁻¹ para EL en AV; esto debe relacionarse a la intercepción del residuo de sorgo y la movilidad del follaje ante las variaciones en la velocidad del viento.

Las pérdidas podrían haber sido favorecidas por la adición del coadyuvante tensioactivo, que si bien mejora la cobertura y la retención del producto (Hock, 2011), pudo favorecer una mayor fragmentación del mismo, al formar gotas de menor tamaño

Figura 8: Glifosato recuperado y perdido ($l\ ha^{-1}$) y en porcentaje de la dosis distribuida por hectárea para las distintas técnicas de aplicación y estratos de medición. AV: alto volumen; BV: bajo volumen; ES: Estrato superior; EI: Estrato inferior; EL: Espacio central entre líneas de cultivo. Letras mayúsculas diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre técnicas de aplicación ($p \leq 0,05$) según el test de LSD Fisher. Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre estratos en cada técnica de aplicación ($p \leq 0,05$) según el test de LSD Fisher.



(Hewitt *et al.*, 2001; Sarubbi *et al.*, 2014) que incrementan la exoderiva y la evaporación. La velocidad media del viento, también habría incidido en las pérdidas (Elliot y Wilson, 1983), en mayor medida para BV por el menor $DV_{0,5}$ de las gotas y la distribución espacial de las pastillas (Murphy *et al.*, 2000) pese a la mayor intensidad determinada en AV.

Los resultados indican que el uso de pastillas deflectoras, a $0,35\ m$ entre las mismas, con un volumen de aplicación de $70\ l\ ha^{-1}$ es una buena alternativa con respecto a la técnica de BV, basado en el mayor número de impactos, cobertura, tasa de recuperación, menores pérdidas de producto, adaptación a las características del cultivo y condiciones meteorológicas de la aplicación en un análisis global de los distintos sectores de medición. Pese a ello, persisten las dudas manifestadas por Faggion y Antuniassi, (2010), por la cantidad de producto que se pierde. Las ráfagas de viento serían las causantes principales de las pérdidas detectadas en AV, para pastillas con gotas medianas, con $DV_{0,5}$ de $259\ \mu m$ (Teejet, 2016). Las pastillas AD5 AC13, con un $DV_{0,5}$ a $280\ kPa$ de $154\ \mu m$ (Casal, 2012), habrían favorecido una tasa de evaporación mayor, puesto que el flujo de aire circundante estaría en contacto con la totalidad de la superficie de la gota, reduciendo su tiempo de caída y maximizando el potencial de exoderiva (Spillman, 1984).

Es necesario reducir la cantidad de gotas fácilmente derivables a través de las técnicas de aplicación, sin recurrir a las variables que reducen el tamaño de gota. Las características de la población de gotas para AV no fueron suficientes para limitar las pérdidas con ráfagas de $18\ km\ h^{-1}$ del viento. En estas condiciones, la distancia entre pastillas TT11002 a $0,35\ m$ habría favorecido una menor pérdida de producto para AV que en BV, por generar una pulverización con gotas medianas y con menor borde expuesto según Murphy *et al.* (2000). Asimismo, la velocidad de avance del equipo y el viento aparente generado, habría producido que el abanico no se hubiese comportado como un cuerpo homogéneo, pese a la superposición de los abanicos. También, la altura de trabajo de $0,7\ m$ resultaría contraproducente para la pastilla con ángulo de aspersión de 110° , que encuentra su mayor eficiencia a alturas de trabajo no mayores a $0,5\ m$ (Miller *et al.*, 2011).

Las mayores pérdidas de producto para BV con pastillas AD5 AC13 se pueden atribuir, principalmente, al menor tamaño de gotas producido por las mismas (Casal, 2012; Arvidsson *et al.*, 2011; Gil *et al.*, 2014) lo cual implica un aumento del potencial de evaporación (Spillman, 1984; Sarubbi *et al.*, 2014) y exoderiva (Miller *et al.*, 2011). Esto resulta de mayor relevancia para espaciamientos de boquillas más amplios, de $0,7\ m$ y altura de botalón de $0,7\ m$ (Figura 6), ya que el abanico se vuelve poroso por la menor superposición (Murphy *et al.*, 2000), la menor velocidad de las gotas más chicas (Sarubbi *et al.*, 2014) y mayor velocidad de avance que permiten la generación de vórtices y que la corriente de aire prevaleciente elimine gotas también de la parte central del líquido asperjado (Murphy *et al.* (2000).

Sería recomendable en ambos casos reducir la velocidad de avance del equipo y la altura de trabajo del botalón. Esto afectaría la capacidad de trabajo (Moltoni *et al.*, 2008), dificultaría el trabajo con máquinas de gran ancho de labor (Miller *et al.*, 2011).

Los resultados obtenidos condicionan las recomendaciones de Rodríguez (2011) y Frola (2013) y avalan los recaudos de dicho autor en relación a los riesgos de deriva (Smith *et al.*, 2000). La reducida tasa de recuperación de líquido asperjado, contradice las experiencias que citan Leiva y Picapietra (2012), si se tiene en cuenta la pérdida de producto fuera del objeto de aplicación. La concentración del producto es mayor en la solución, lo cual aumenta su riesgo potencial, por la menor dilución e inactivación del producto en herbicidas como el glifosato (Papa, 2007).

Los datos vinculados a número de impactos, cobertura, producto sobre el objetivo de aplicación en distintos estratos y pérdidas de producto, indican que la técnica de BV resulta de menor calidad y eficiencia y mayor riesgo potencial de deriva en las condiciones de aplicación planteadas, (Mahler *et al.*, 1997). La combinación de mayores distanciamientos entre pastillas y gotas finas (Murphy *et al.* 2000), junto a una elevada altura del botalón y alta velocidad de avance incide en forma altamente negativa sobre los parámetros analizados.

Conclusiones

La baja eficiencia de recuperación del producto aplicado con la técnica de BV compromete las posibilidades de control de malezas en rastros de sorgo.

La técnica de AV con pastillas deflectoras, aún en condiciones límites para la aplicación de herbicidas, alcanza una mejor prestación, considerando el número de impactos, la cobertura y la cantidad de producto sobre el objeto de aplicación.

El rastreo de sorgo dificulta lograr una cantidad de producto compatible con el control de malezas en la entrelinea del cultivo remanente, para ambas técnicas de aplicación.

El potencial de daño ambiental de ambas alternativas de aplicación es alto. La técnica de Bajo volumen presenta mayores riesgos y exige, por la cantidad de glifosato liberado al ambiente, condiciones meteorológicas y ajustes de las variables de aplicación de mayor cuidado.

Bibliografía

1. **ABI SAAB, O.J.G.** (2004) Indicador de velocidad de viento. Semina: Ciências Agrárias, 25 (1), 21-26.
2. **ALBUZ.** (2014) Albul boquillas de pulverización. Catálogo Coorstek 2014. COORSTK Advanced Materials France. Zone industrielle N°1, rue de l'industrie 27000 Eyreux - France, 36 p.
3. **ÁLVAREZ, I.J.M.** (2016) Manejo y uso eficiente del tamaño, uniformidad y distribución de la gota de pulverización en cultivo de soja (*Glycine max* L. Merrill). Tesis de Maestría. Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ciencias Agrarias. 120 p. Disponible en <<http://www.repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/478.pdf>>. [consulta: 8 de mayo de 2018].
4. **ARVIDSSON, T.; BERGSTRÖM, L.; KREUGER J.** (2011) Spray drift as influenced by meteorological and technical factors. Pest. Manag. Sci. 67, 586-598.
5. **ASABE** (2013) Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra, ANSI/ASAE Standard S572.1 w/correction March 2009 (R2013); American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, MI; <<http://elibrary.asabe.org/standards.asp>> [consulta: 8 de mayo de 2018]
6. **BURNSIDE, O.C.** (1992) Rationale for developing herbicide-resistant crops. Weed Technology 6:621-625.
7. **CAMOLESE, H.; ROJO BAILO, F.H.** (2016). Deposição de calda aplicada em volume reduzido no período noturno na cultura do algodoeiro Revista Agrarian 34 (9): 365-373.
8. **CASAFE.** (2014) Mercado Argentino de Productos Fitosanitarios 2012. Disponible en: <<http://www.casafe.org/publicaciones/estadisticas>> [consulta: 10 de agosto 2016].
9. **CASAL, G.A.** (2012) Aspectos de tecnología de aplicación de agroquímicos. Simposio Internacional CIDETER. Las Parejas, provincia de Santa Fé, Argentina. Agosto 2012, 12 p.
10. **DIEZ DE ULZURRUN, P.** (2013) Resistencia a herbicidas. En REM - AAPRESID (Ed) Manejo de malezas problema. Modos de acción herbicida. Rosario, Santa Fe, Argentina, 2-7.
11. **DOMPER, G.N.; MUR, M.; BALBUENA, R.H.** (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.
12. **ELLIOT, J.G.; WILSON, B.J.** (1983) The influence of the weather on the efficiency and safety of pesticide application: The drift of herbicides. BCPC Occasional Pub. No. 3. Alton, U.K.: British Crop Protection Council.
13. **FAGGION, F.; ANTUNIASSI, U.R.** (2010) Desempenho de pontas de pulverização quanto a indução de ar nas gotas. Energia na Agricultura, 25 (4), 72-82.
14. **FIETSAM, J.F.W.; YOUNG, B.G.; STEFFEN, R.W.** (2004) Differential response of herbicide drift reduction nozzles to drift control agents with glyphosate. Transactions of the ASAE, 47 (5), 1405-1411.
15. **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>> [consulta: 5 diciembre 2015].
16. **GIL, E.; BALSARI, P.; GALLART, M.; LLORENS, J.; MARUCCO, P.; ANDERSEN, P.G.; FÁBREGAS, X.; LLOP, J.** (2014) Determination of drift potential of different flat fan nozzles on a boom sprayer using a test bench. Crop protection, 56, 58-68.
17. **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, 281:163-179.
18. **HEAP, I.** (2017) The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. Disponible en <www.weedscience.org> [consulta: 28 de diciembre 2017]
19. **HEWITT, A.J.; MILLER, P.C.H.; BAGLEY, W.E.** (2001) Interaction of Tank Mix and Nozzle Design on Spray Performance and Drift Potential. American Society for Agricultural Research. ASAE Paper No: 01-011081. 7 p.
20. **HOCK, W.K.** (2011) Spray Adjuvants. Pesticide Safety Fact Sheet. The Pennsylvania State University. Disponible en <<http://pubs.cas.psu.edu/freepubs/pdfs/uo221.pdf>>. Último acceso: diciembre 2015. 4 p.
21. **KNOCHE, M.** (1994). Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides. Crop Protection, 13:163-178.
22. **KRUCKEBERG, J.P.** (2011) An automated nozzle controller for self-propelled sprayers. M. Sc. Thesis. Iowa State University. Ames, Iowa. 181 pp.
23. **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 p.
24. **LEIVA, P.D.; PICAPIETRA, P.** (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.gob.ar/documentos/compatibilidad-para-mezclas-de-tanque-de-tres-herbicidas-utilizados-en-barbecho-quimico/>>. [consulta: 29 de enero 2014]
25. **LÓPEZ, F.; VILLALBA, J.** (2013) Efecto del horario de aplicación y el tamaño de gota en la eficiencia de glifosato. Canqué, 13: 19-24
26. **MAHLER, R.L.; HOMAN, H.W.; CARPENTER, G.P.** (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>>. [consulta: 29 de enero 2014].

27. **MARÇAL, A.R.S.; CUNHA, M.** (2008) Image processing of artificial targets for automatic evaluation of spray quality. *Transactions of the ASABE*, 51 (3), 811-821.
28. **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 p. Disponible en <<http://www2.fepep.es/archivos/publico/Fitosanitarios/Fitosanitarios-%20Texto.pdf>> [consulta: 30 de enero 2014].
29. **MARTENS, F.** (2012) Guía para el uso adecuado de plaguicidas y la correcta disposición de sus envases. *Boletín de divulgación* N° 41, 26 p.
30. **MASSARO, R.A.; GARCÍA, A.; MAGNANO, L.** (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-evaluacion-tnicas-pulverizacion-antideriva-barbec.pdf>>, 147-150.
31. **MILLER, P.C.H.; BUTLER ELLIS, M.C.; LANE, A.G.; O'SULLIVAN, C.M.; TUCK C.R.** (2011) Methods for minimising drift and off-target exposure from boom sprayer applications. *Crop Protection in Southern Britain. Aspects of Applied Biology*, 106: 281-288.
32. **MOLTONI, L.; MASIA, G.; MOLTONI, A.** (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 p.
33. **MUR, M.; PONCE M.; VÁZQUEZ, J. M.; GUILINO, F.; MERANI, V.; PALANCAR, T.; BALBUENA, R.H.** (2017) Control de malezas en pre siembra. Alternativas tecnológicas y riesgos ambientales de la aplicación. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 116 (2), 267-277.
34. **MURPHY, S.D.; MILLER, P.C.H.; PARKIN, C.S.** (2000) The Effect of Boom Section and Nozzle Configuration on the Risk of Spray Drift. *J. Agric. Engng Res.*, 75: 127-137.
35. **NUYTTENS, D.** (2007) Drift from field crop sprayers: the influence of spray application technology determined using indirect and direct drift assessment means. PhD thesis no. 772, Katholieke Universiteit Leuven. 293 pp.
36. **NUYTTENS, D.; DE SCHAMPHELEIRE, M.; VERBOVEN, P.; BRUSSELMAN, E.; DEKEYSER, D.** (2009) Droplet size and velocity characteristics of agricultural sprays. *Transactions of the ASABE*, 52(5), 1471-1480.
37. **PAPA, J.C.** (2007) El modo de acción de los herbicidas. En jornadas de actualización: Elementos fundamentales para el buen uso de fitoterápicos: dosis, modo de acción y prevención de deriva. *Sociedad Rural de Tucumán, Tucumán*, 2 al 4 de octubre de 2007, 14-17.
38. **PISC.** (2002) Spray application Technology. En *Spray drift management. Principles, strategies and supporting information. PISC (Scarm) report 82. SCIRO Publishing Collingwood. Victoria 3066, Australia*, 71 p.
39. **PITTY, A.; BARRIOS, E.E.; RECONCO, R.** (2010) Boquillas de Abanico Plano de Amplio Espectro y por Aire Inducido en la Eficacia de Glifosato y Paraquat. *Ceiba* 51(2), 54-60.
40. **PROKOP, M.; VEVERKA, K.** (2003) Influence of droplet spectra on the efficiency of contact and systemic herbicides. *Plant Soil and Environment*, 49 (2), 75-80.
41. **RAMSDALE, B.K.; MESSERSMITH, C.G.** (2001) Drift-reducing nozzle effects on herbicide performance. *Weed Tech.*, 15 (3), 453-460.
42. **RAMSDALE, B.K.; MESSERSMITH, C.G.; NALEWAJA, J.D.** (2003). Spray volume, Formulation, Ammonium Sulfate and Nozzle Effects on Glyphosate efficacy. *Weed Technology* 17 (3): 589-598.
43. **RODRIGUES, E.B.; ABI SAAB, O.J.G; GANDOLFO, M.A.** (2011) Cana de açúcar: Avaliação da taxa de aplicação e deposição do herbicida glifosato. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15 (1):90-95.
44. **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.agriculturaconsiente.com/admin/content/materiales/material_12062013165540.pdf>. 26 p. [consulta: 4 de noviembre 2015].
45. **SARUBBI, C.A.; NARDÓN, G.; BELGORODSKY, L.** (2014) Effect of surfactants on the formation of drops in agricultural spraying. *SNS* 3:18-24.
46. **SMITH, D.B.; ASKEW, S.D.; MORRIS, W.H.; SHAW, D.R.; BOYETTE, M.** (2000) Droplet size leaf morphology effects on pesticide spray deposition. *Transactions of the ASAE*, 43 (2), 255-259.
47. **SPILLMAN, J.J.** (1984) Evaporation from freely falling droplets. *Aeronautical Journal*. May 84: 181-185.
48. **TEEJET.** (2016) Turbo Teejet flat spray tips dropsize (micrometers) capacities TT11001-VP thru TT11008-VP spraying water at 70 F. Disponible en <<http://www.teejet.it/media/292203/ds37043-14m.pdf>> [consulta: 26 de diciembre 2016].
49. **VILA-AIUB, M.M.; MARTINEZ-GHERSA, M.A.; GHERSA, C.M.** (2003) Evolution of herbicide resistance in weeds: vertically transmitted fungal endophytes as genetic entities. *Evolutionary Ecology* 17:441-456.
50. **YOUNG, B.G.** (2006). Changes in herbicide use patterns and production practices resulting from glyphosate-resistant crops. *Weed Technology* 20:301-307.