

Aplicación de herbicidas en rastrojo de sorgo. Eficiencia de técnicas de alto y bajo volumen

Mur, Matilde¹; Mariano Ponce¹; Juan M. Vázquez¹; Facundo Guilino¹; Víctor Merani¹; Telmo Palancar¹; Roberto H. Balbuena¹

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

Mur, Matilde; Mariano Ponce; Juan M. Vázquez; Facundo Guilino; Víctor Merani; Telmo Palancar; Roberto H. Balbuena (2018) Aplicación de herbicidas en rastrojo de sorgo. Eficiencia de técnicas de alto y bajo volumen). Rev. Fac. Agron. Vol 117 (2): 261-273.

Se realizaron ensayos en campo para evaluar la eficiencia y riesgos de deriva de alternativas de aplicación de glifosato sobre rastrojo de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Se trabajó con una pulverizadora de botolón con dos técnicas de pulverización: Alto Volumen (AV) con pastillas Teejet[®] TT 11002 y 70 l ha⁻¹ y Bajo Volumen (BV) con pastillas cono hueco Albuza[®] AD5 AC13 y 30 l ha⁻¹. Se evaluaron los efectos directos de la aplicación, la deriva acumulada de las siguientes 3 pasadas y la exoderiva a 1, 2 y 3 m de altura. Mediante tarjetas hidrosensibles y el programa CIR 1,5[®] se cuantificaron densidad de impactos (DI), cobertura (C), diámetro volumétrico mediano (DVM) y tasa de recuperación (TR) en el estrato superior (ES) e inferior (EI) del rastrojo. TR fue corregida por determinaciones de cromatografía de la solución recuperada en cajas de Petri. AV tuvo mayor DI que BV tanto en ES como en EI. Ambas técnicas superaron la DI recomendada para herbicidas. La C fue del 13,77% y 11,06% para AV en ES y EI, mientras que en BV solamente alcanzó registros del 3,46% y 2,36% siendo las diferencias significativas. La TR fue 51,56% en AV y 21% en BV sobre el ES. El control de malezas cercanas a la línea de cultivo puede estar comprometido en BV. La técnica de BV alcanzó niveles de pérdida de glifosato del orden de 2 l ha⁻¹ que no fueron depositados sobre el objeto de aplicación aumentando el riesgo de contaminación ambiental.

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

Mur, Matilde; Mariano Ponce; Juan M. Vázquez; Facundo Guilino; Víctor Merani; Telmo Palancar; Roberto H. Balbuena (2018) Herbicides application in sorghum stubble. Efficiency of high and low volume techniques. Rev. Fac. Agron. Vol 117 (2): 261-273.

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 (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) stubble with the aim to evaluate the efficiency and drift risks of glyphosate application alternatives. Two spraying techniques were compared: High application rate (AV) with Teejet[®] TT 11002 nozzles and 70 l ha⁻¹ and Low application rate (BV) with Albuza[®] AD5 AC13 hollow cone nozzles and 30 l ha⁻¹. Four downwind target areas were evaluated to determine the direct effects of the application and the accumulated sedimentation drift. Airborne was evaluated by vertical towers at 1, 2 and 3 m high. Droplets density (DD), coverage (C), Volume Median Diameter (VMD) were quantified by water sensitive cards and image processing software CIR 1,5[®] at the upper (ES) and lower level (EI) of sorghum cover residue. Solution recovery rate (E) 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. The coverage was 13.77% and 11.06% for VA in ES and EI, while in BV it only reached values of 3.46% and 2.36%, with significant differences between treatments. E was 51.56% in AV and 21% in BV over ES. Weeds control near sorghum row crop may be compromised by the low amount of glyphosate that reaches this location. The BV technique reached glyphosate losses around 2 l ha⁻¹ that were not deposited on the application object, increasing the risk of environmental contamination.

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

Recibido: 20/11/2018

Aceptado: 10/12/2018

Disponible on line: 01/04/2019

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

INTRODUCCIÓN

La adopción generalizada de cultivos de soja y maíz tolerantes al glifosato junto a la difusión de la siembra directa jugaron un papel determinante en el aumento del uso de herbicidas puesto que permitieron controlar y simplificar el proceso de manejo de malezas (Vila-Aiub et al., 2003). La cantidad de glifosato aplicada por año en los Estados Unidos aumentó en 27.500.000 kg de 1995 a 2005 (Young 2006). CASAFE (2014) informa tendencias similares en la República Argentina, donde el consumo de fitosanitarios pasó de 924,7 millones de dólares en 1997 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. Mientras tanto, el potencial de desarrollo de especies resistentes aumenta, particularmente en áreas donde las malezas han perdurado por exposición repetida a herbicidas con el mismo modo de acción (Burnside, 1992), confirmándose la resistencia al glifosato en 32 especies de malezas en el mundo (Heap, 2016).

La aplicación de fitoterápicos en cultivos extensivos se realiza habitualmente con máquinas pulverizadoras de botalón, siendo su uso 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 cm^{-2} y el tamaño de las mismas. Una revisión de los efectos del tamaño de gota sobre el control de malezas (Knoche, 1994) mostró 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. Al examinar el efecto del tamaño de gota en la eficacia, es fundamental considerar el modo de acción del herbicida. Mientras que el espectro de tamaños de gotas típicamente no influye en la eficacia de los herbicidas sistémicos, las gotas finas aumentan la eficacia de los herbicidas de contacto (Prokop & Veverka 2003). Sin embargo, los aplicadores pueden reducir el volumen de aplicación y / o aumentar el tamaño de gota tanto con herbicidas de contacto como sistémicos sin reducir la eficacia de los herbicidas (Ramsdale & Messersmith, 2001; Wolf, 2000). No obstante, las aplicaciones de dosis tanto sean superiores como inferiores a las recomendadas son factores que incrementan los riesgos de resistencia de diversas malezas a los herbicidas (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 la seguridad de las personas y el ambiente (Smith et al., 2000). Al respecto, Weber (1982) establece un mínimo de 20 a 30 impactos cm^{-2} como norma general, para herbicidas sistémicos con un $DV_{0,5}$ de 400-600 μm ,

mientras que Texeira (2010) recomienda una densidad de 30 a 40 gotas cm^{-2} para productos sistémicos y 50 a 70 gotas cm^{-2} para herbicidas de contacto. Massaro et al., (2014) alcanzan adecuados niveles de control de *Conyza bonariensis* y *Gamochaeta spicata* con aplicaciones de 40 l ha^{-1} y densidades de impactos de 21 a 45 gotas cm^{-2} . Por otra parte, Márquez Delgado (2008) afirma que para herbicidas de contacto el número de impactos asciende a 30 - 40 gotas cm^{-2} con un $DV_{0,5}$ de 200 – 400 μm .

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 finas aunque se apliquen productos sistémicos. Esta mayor eficiencia de penetración y deposición de las gotas finas presenta como riesgo potencial la deriva de una parte del líquido pulverizado (Arvidsson et al., 2011; Gil et al., 2014).

En relación con la técnica de bajo volumen, Leiva & Picapietra (2012) citan experiencias de obtención de buenos resultados con volúmenes de 40-50 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 y capacidad de trabajo del equipo pulverizador (Moltoni et al., 2008). En la técnica de bajo volumen Rodríguez (2011) sugiere la utilización de pastillas de cono hueco con disco y núcleo Albus 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. Frola (2013) considera que se pueden realizar aplicaciones eficientes con bajo volumen y tamaños de gotas uniformes, entre 200 y 400 micrones, de acuerdo al objetivo a controlar, sin grandes riesgos de afectar al cultivo adyacente. Sin embargo, advierte que durante la aplicación debe controlarse la deriva, indicando que para minimizarla, hay que evitar las gotas menores de 100 micrones cuando las condiciones del viento lo requieran.

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 (Nuyttens, 2007). Las características de la aspersión influyen en la deriva a través del tamaño de gotas. A menor tamaño la velocidad de caída es menor y es mayor la evaporación por mayor superficie expuesta en relación al volumen transportado, por lo que aumentan las probabilidades de ser transportadas por el viento (Elliot & Wilson, 1983; Nuyttens et al., 2009). 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, humedad relativa inferior al 60% (Walla, 1980) y velocidad de viento no superior a 4,16 m s^{-1} (Etiennot & Piazza, 2010) en zonas próximas a urbanizaciones, cuerpos o fuentes de agua y cultivos sensibles. Al respecto, Larson et al. (2010) mencionan

distancias variables de deriva, según sea la hora del día, el tamaño de la gota y la velocidad del viento, estableciendo rangos de 50 m por la mañana, gota mediana y con brisa ligera y aumentando a 3000 m por la tarde y con gotas chicas. Leiva (1995) sugiere que gotas menores de 150 μm están muy expuestas a la evaporación y deriva y aquellas mayores de 350 μm 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 200 μm a 250 μm de diámetro, mientras que para Kruckeberg (2011) se encuentra entre gotas 150 μm y 400 μm .

Murphy et al., (2000) estudiaron los efectos de pastillas de pulverización de diferentes caudales a distintos distanciamientos entre las mismas sobre la deriva. Los ensayos indicaron que la máxima exoderiva se produjo en el intervalo de 0,5 m a 0,625 m para una altura de botalón de 0,5 m, para todas las pastillas de pulverización. Las distancias menores redujeron la cantidad del borde expuesto de la pluma de pulverización para la formación de vórtices y, por tanto, deriva de la pulverización. Al aumentar la superposición los abanicos se comportaron como cuerpos homogéneos y la corriente de aire se movió alrededor de los mismos extrayendo las gotas de los bordes exteriores. Con espaciamentos de boquillas más amplios, el abanico se vuelve poroso y la corriente de aire prevaleciente elimina gotas también de la parte central. La calidad de pulverización tuvo los mayores efectos sobre la deriva, correspondiendo a las pulverizaciones con gotas finas los valores mayores y a las gotas gruesas los menores. La velocidad del viento tuvo un efecto similar, aumentando la eliminación de gotas del centro y transformando al abanico en un cuerpo poroso cuando la corriente de aire supera en velocidad al aire arrastrado por las gotas de pulverización. Por su parte, Miller et al., (2011) estudiaron los efectos de diferentes alturas y ángulos de las pastillas sobre la deriva. Concluyen que las pastillas más utilizadas, de 110° de ángulo de aspersión, muestran ventajas en las aplicaciones con altura de botalón menores a 0,5 m en condiciones de laboratorio. En campo, no se encontraron diferencias a 0,5 m, pero aumentan la exoderiva con alturas mayores a los 0,70 m, en relación a las de 80° y 65° y advierten que alturas de 0,5 m son de difícil operación a campo, con máquinas de gran ancho de labor.

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. 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 caracterización de la población de gotas, para la combinación de disco 5 y núcleo 13 (AD5 AC13), a una presión de 275 kPa, arrojó un $DV_{0,1}$ de 90 μm , un $DV_{0,5}$ de 154 μm y un $DV_{0,9}$ de 247 μm , con una amplitud relativa de 1,01.

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 eficiencia del 60%, para condiciones de barbecho y suelo desnudo. Abi Saab (2004), menciona también que aproximadamente un 30% de los agroquímicos aplicados se pierden por deriva. La determinación de la tasa de recuperación de líquido es dificultosa en trabajos en campo a nivel productivo. Domper et al., (2015) compararon métodos fluorimétricos con procesos de digitalización de imágenes de tarjetas hidrosensibles 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 pastillas de cono hueco convencionales e inducidas por aire.

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) siendo el aumento del tamaño de las gotas una de las alternativas más relevantes para reducir la deriva, pero se generan dudas sobre el efecto final de la eficiencia de control de las malezas (Boller & Machry, 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^{-1} . 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 & Villalba (2013) contrastaron los efectos de pastillas deflectoras con y sin inducción de aire. 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 diferencias en la cobertura para ambas pastillas, alcanzando 13,2% para 165 l ha^{-1} y 20,3% para 250 l ha^{-1} . En cambio, Fietsam et al., (2004) analizaron los efectos de diferentes tipos de pastillas sobre la deriva y la eficiencia de control, en aplicaciones con glifosato y diferentes agentes antiderivantes, determinando que la eficiencia de control se relacionaba principalmente con el aumento del porcentaje de cobertura sobre el objeto de aplicación.

Papa (2007) analiza los problemas de las características del agua utilizada, indicando que cuando la misma es superficial puede contener arcilla y materia orgánica en suspensión las cuales pueden afectar negativamente a herbicidas como el glifosato. También los cationes pueden incidir negativamente sobre la eficacia de herbicidas salinos, por lo que ambos efectos se verían reducidos cuando se trabaja con bajos volúmenes de aplicación. A las mismas conclusiones arriban Chorbajian & Kogan (2001).

Al aumentar la eficiencia de las aplicaciones de biocidas en el ámbito rural se reducen las pérdidas de producto obteniéndose un mayor control. Esto incide

sobre el aspecto económico, por 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). 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. Sarubbi et al., (2014) constataron una reducción del tamaño de las gotas, de la velocidad de caída y un aumento de la velocidad de evaporación por la adición de un surfactante depresor de la tensión superficial. Ello implica la posibilidad de aumentar la eficiencia de control y aumento de la cobertura del objeto de aplicación, como también favorecer el riesgo potencial de deriva. Al aumentar la cobertura del objeto, también se interfiere en los cálculos de la tasa de recuperación de líquido

El objetivo de este trabajo es valorar la calidad y eficiencia de aplicación de técnicas de alto y bajo volumen utilizadas para el control de malezas en condiciones de un alto volumen de residuos, 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 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 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 concentración de 2,5 l ha⁻¹. Al mismo tiempo se utilizó fertilizante foliar Complex Plus® como corrector de agua y coadyuvante Novadox® en concentraciones de 0,8 l ha⁻¹ y 0,070 l ha⁻¹ 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 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.

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 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.

Se usaron con tarjetas sensibles al agua Syngenta® de 25,4 mm x 76 mm 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. 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 (gotas cm⁻²), Área de Cobertura (%), Diámetro Volumétrico Mediano (DV_{0,5} en µm) y Eficiencia (%) referida a la relación entre el volumen efectivamente recogido en el objetivo y la tasa de 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 Albuz®.

Boquillas	Presión (kPa)	Distancia entre pastillas (m)	Velocidad de avance (m s ⁻¹)	Tasa de aplicación (l ha ⁻¹)	Nomenclatura
TT 11002	285	0,35	5,25	70	AV
AD5	450	0,70	5	30	BV

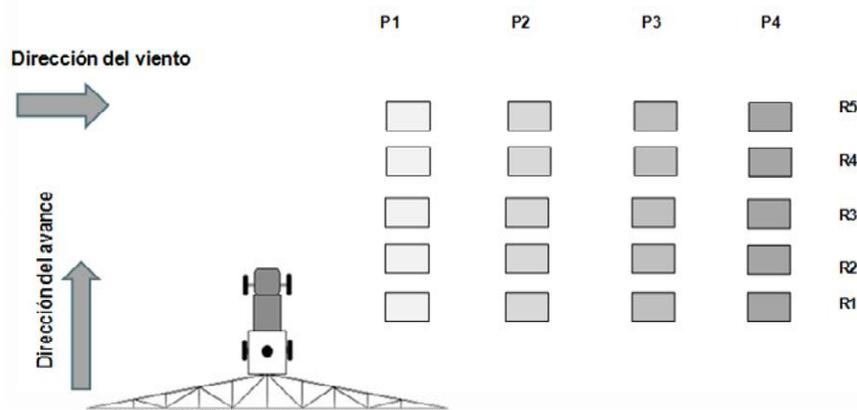


Figura 1. Diagrama de ubicación de las tarjetas. P1: primer pasada; P2: segunda pasada más 1 deriva; P3: tercera pasada más 2 derivas; P4: 4 pasada más 3 derivas. R1 a R5 sectores de medición de cada repetición en cada pasaje.

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). Las condiciones atmosféricas 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 registrada 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 ($p \leq 0,05$)

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. Esto indicaría que los procesos de deriva de sedimentación no fueron importantes a distancias superiores a los 23 m, correspondientes al ancho de cada pasada, siendo posible que las condiciones de viento favorecieran en mayor medida la exoderiva, como también que la altura de los residuos remanentes impidió el desplazamiento lateral de las gotas cerca de la superficie del terreno (Figura 3).

La densidad de impactos resultó para ambas técnicas, tanto en el estrato superior como en el inferior, superior a lo indicado para herbicidas sistémicos por Weber (1982), quien establece un mínimo de 20 a 30 impactos

cm^{-2} , con un $DV_{0,5}$ de 400-600 μm y por Teixeira (2010) que recomienda una densidad de 30 a 40 gotas cm^{-2} . Además, supera los registros de Massaro et al., (2014) quienes alcanzan adecuados niveles de control de *Conyza bonariensis* y *Gamochaeta spicata* con aplicaciones de 40 l ha^{-1} y densidades de impactos de 21 a 45 gotas cm^{-2} . También alcanza el rango recomendado por Márquez Delgado (2008) y Weber (1982) para herbicidas de contacto, de 30 - 40 gotas cm^{-2} y 50 a 70 gotas cm^{-2} respectivamente.

No obstante ello, el número de impactos resultó aproximadamente un 70% mayor para AV con respecto a BV, en ambos estratos de medición para un incremento del 133 % en la tasa de aplicación. La variabilidad de la densidad de impactos fue mayor para AV que para BV, lo cual puede atribuirse a la variabilidad en la velocidad del viento, que incidió en mayor medida sobre la densidad de impactos en el estrato superior que en el estrato inferior. Pese a ello, los valores registrados para AV siempre superaron los mínimos requeridos y solamente para BV se encontraron 2 mediciones dentro de las especificaciones de Márquez Delgado (2008) y 1 medición por debajo de dicho rango. La densidad de impactos 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.

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 residuos de cosecha que interfieran con el objeto de aplicación, pero sin lograr la capacidad de AV para alcanzar tanto el ES como el EI del residuo del cultivo de sorgo precedente. La distancia entre líneas de 0,52 m habría permitido la llegada de la población de gotas producidas por las pastillas de impacto.

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

	T (°C)	HR (%)	V (m s ⁻¹ / km h ⁻¹)		
			Media	Máxima	Mínima.
BV	11	76	2,78-3,33 / 10-12	3,89 / 14	1,39 / 5
AV	10	74	3,61-3,89 / 13-14	5 / 18	2,22 / 8

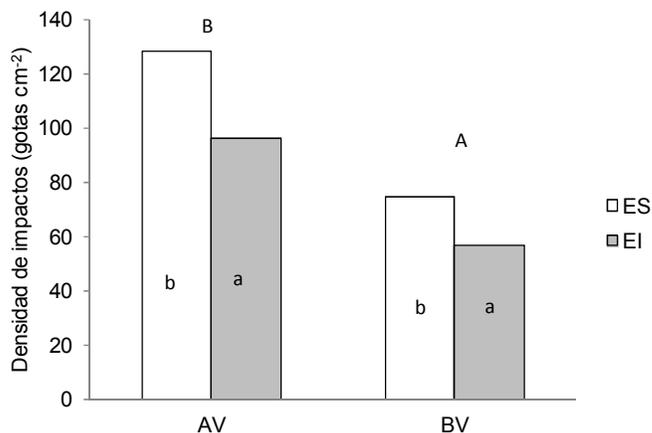


Figura 2. Densidad de impactos para las distintas técnicas de aplicación. AV: Alto volumen; BV: Bajo Volumen. ES: estrato superior; EI: estrato inferior. Letras mayúsculas sobre las columnas indican diferencias significativas entre técnicas de aplicación según el test de LSD Fisher. Letras minúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre estratos en cada técnica de aplicación según el test de LSD Fisher.

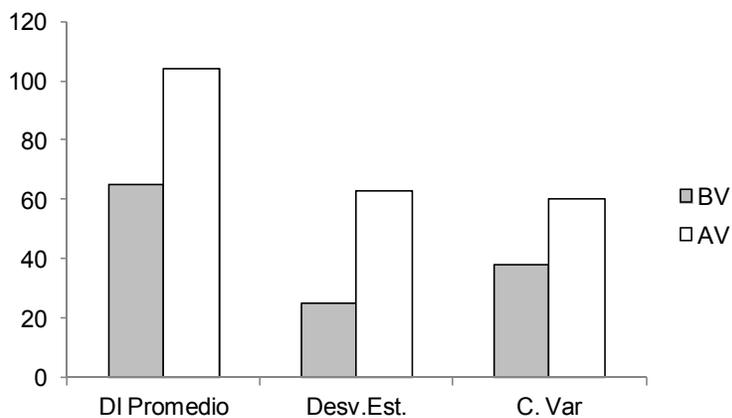


Figura 3. Densidad de impactos (gotas cm⁻²) promedio de pasadas y estratos para alto volumen (AV) y bajo volumen (BV): número de impactos/cm²; Desv.Std: desvío estándar del número de impactos; C.Var (%): coeficiente de variación del número de impactos; Letras diferentes en las columnas indican diferencias significativas según el test de LSD (p ≤ 0,05).

Cobertura

En la tabla 3 se observan los valores de cobertura para las distintas técnicas y estratos de medición. Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre AV y BV y significancia de la interacción entre tratamientos y estratos. No se encontraron en cambio efectos significativos de la deriva producto de las pasadas sucesivas sobre la cobertura tanto de las técnicas de aplicación como de los estratos de medición.

Los valores de cobertura 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 (94 l ha⁻¹) utilizado por el mismo, como posiblemente 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. La mayor cobertura en AV es atribuible a un conjunto de factores de las técnicas de aplicación utilizadas, colaborando en dicho sentido tanto la mayor tasa de aplicación, la generación de una población de gotas con mayor DV_{0,5} (440 µm y 346 µm para ES y EI) como también la menor deriva que se puede generar en la misma en las condiciones ambientales existentes durante la aplicación. Para la técnica de BV, los valores medios de cobertura para ambos estratos fueron muy bajos, producto de un número de impactos reducido, con gotas de DV_{0,5} también bajo, con valores de 202 µm y 215 µm para ES y EI respectivamente (Figura 4). No obstante ello, los tamaños de gotas generados por ambas técnicas se encuentran cercanos a los recomendados por Kruckeberg (2011) y solamente en BV a los concluidos por Leiva (1995).

El coeficiente de variación de la cobertura tuvo mayores registros para BV 31,5 % 40,5% en el ES y el EI, con respecto a AV, cuyos valores variaron del 22,4 % al 29,4 % respectivamente. La escasa cobertura del objeto de aplicación, principalmente en el estrato inferior en conjunto con una población de gotas de menor diámetro reducirían las posibilidades de control de malezas cercanas a la línea del cultivo precedente, en función de los resultados de López & Villalba (2013) puesto que implicaría una menor dosis de aplicación efectiva sobre el objetivo. En forma contraria a lo expresado por Knoche (1994) la disminución del tamaño de gota no produjo una mayor penetración en los estratos del residuo remanente, lo cual sería explicado por la reducción del volumen de aplicación y

la distancia entre las líneas del cultivo precedente, que habría favorecido la llegada al estrato inferior del tratamiento con mayor volumen y con gotas de mayor tamaño, que en dichas circunstancias no resultarían mayormente interferidas en su trayectoria. Si bien el espectro de tamaños de gotas típicamente no influye en la eficacia de los herbicidas sistémicos y aumenta la eficacia de los herbicidas de contacto (Prokop & Veverka 2003) la reducción que los aplicadores suelen efectuar en el volumen de aplicación con herbicidas podría, en contraposición a lo afirmado por Ramsdale & Messersmith (2001) y Wolf (2000), favorecer el aumento de resistencia en diversas malezas, ya que la exposición reiterada a bajas dosis de aplicación es uno de los factores desencadenantes de su aparición (Diez de Ulzurrun, 2013) en conjunto con la ausencia de rotación de principios de acción (Burnside 1992).

Eficiencia de recuperación y pérdidas de producto

La tasa de recuperación de líquido calculada por el programa de análisis de imágenes utilizado sobrestimó los valores para ambas técnicas de aplicación, tal como fuera informado por Domper et al., (2015). Los coeficientes utilizados para la corrección a partir de la determinación colorimétrica del líquido recolectado en las cajas de Petri fueron de 1,67 para las pastillas de cono hueco y de 2,0 para las de impacto. El uso del coadyuvante depresor de la tensión superficial explica en parte la sobrestimación del líquido recuperado por la mayor expansión de la gota sobre el papel hidrosensible. Los valores de eficiencia corregidos, a partir de los coeficientes obtenidos por colorimetría fueron para AV, 51,56 % y 34,52 % para ES y EI respectivamente. En BV los registros disminuyeron al 21% por encima del residuo remanente y 14,5% en el sector inferior cercano a la línea de cultivo. Estos valores son inferiores a los indicados por Martens (2012) quien menciona eficiencias del 60%, en condiciones de barbecho y suelo desnudo, como así también a los mencionados por Abi Saab (2004), quien describe pérdidas de aproximadamente un 30% de los agroquímicos aplicados por deriva. La magnitud de las pérdidas estimadas se puede relacionar principalmente al efecto de la velocidad del viento (Tabla 2).

Ambas técnicas de aplicación podrían calificarse como ineficientes, en concordancia con lo afirmado por Graham-Bryce (1977). 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.

Tabla 3. Cobertura (%) para las distintas técnicas de aplicación y estratos de evaluación. AV: alto volumen; BV: bajo volumen; ES: Estrato superior; EI: Estrato inferior. Letras mayúsculas diferentes en cada columna indican diferencias significativas entre técnicas de aplicación (p≤0,05) según el test de LSD Fisher. Letras minúsculas diferentes en cada fila indican diferencias significativas entre estratos en cada técnica de aplicación (p≤0,05) según el test de LSD Fisher.

	Promedio	Desv.Est.		C.Var.		Mínimo		Máximo			
		EI	ES	EI	ES	EI	ES	EI	ES		
BV	2,91 A	2,36 a	3,46 a	0,95	1,09	40,53	31,53	0,3	2,1	4,1	6,1
AV	12,41 B	11,06 a	13,77 b	3,25	3,09	29,41	22,44	6,3	8,4	17,6	19,3

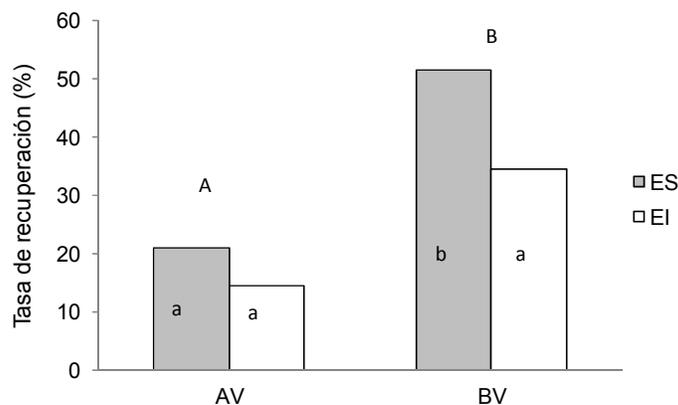


Figura 4. Tasa de recuperación de líquido aplicado corregida para las distintas técnicas y estratos de medición. AV: alto volumen; BV: bajo volumen; ES: Estrato superior; EI: Estrato inferior. Letras mayúsculas diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre técnicas de aplicación ($p \leq 0,05$) 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.

Las pérdidas podrían haber sido influenciadas por la adición del coadyuvante tensoactivo, 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; Sarubbi et al., 2014) que incrementan la deriva y la evaporación. La velocidad media del viento, variable entre $2,78 \text{ m s}^{-1}$ y $3,89 \text{ m s}^{-1}$ también habría incidido en las pérdidas de glifosato (figura 5), en mayor medida para BV por el menor $DV_{0,5}$ de las gotas, pese a la mayor intensidad determinada en AV.

Considerando los conceptos de Antuniassi (2004) el uso de las pastillas deflectoras aplicando 70 l ha^{-1} , resulta una mejor alternativa por adaptarse en mayor medida a las características del cultivo y condiciones ambientales de la aplicación con respecto a la técnica de BV, ya que redujo significativamente la cantidad de producto que no se deposita sobre el objeto de aplicación. A ello se suma que AV en general brindó una mayor homogeneidad en la aplicación tanto en número de impactos, cobertura y eficiencia ya que también en este parámetro el coeficiente de variación de BV supera en más del 100% al de AV. Pese a ello, los mejores resultados no contradicen las dudas manifestadas por Boller & Machry, (2007) y Faggion & Antuniassi, (2010), resultando preocupante la cantidad de producto que se pierde por diferentes causas. La velocidad de las ráfagas de viento, en este caso, serían las causantes principales de las pérdidas detectadas, para pastillas con un $DV_{0,5}$ de $259 \mu\text{m}$, gotas medianas, $DV_{0,1}$ de $127 \mu\text{m}$ y una amplitud relativa de 1,64 (Teejet, 2016).

Deriva de la aplicación

En la figura 6 se visualizan los resultados de las determinaciones de número de impactos 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 exoderiva en

el tratamiento BV que produce gotas más finas, pero la mayor tasa de aplicación en AV, junto con las condiciones de viento, de mayor velocidad y variabilidad durante la realización de los pasajes podrían explicar la ausencia de diferencias entre ambas técnicas.

El número de impactos a cualquier altura supera ampliamente los valores indicados como recomendables para controlar malezas a través de herbicidas sistémicos (Figura 7). 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.

En ambos tratamientos el tamaño de los impactos de las gotas a las distintas alturas fue muy uniforme para BV en el rango de $70 \mu\text{m}$ - $80 \mu\text{m}$, y de mayor variabilidad, $90 \mu\text{m}$ a $140 \mu\text{m}$ en AV, lo cual reafirma la incidencia de las ráfagas de viento para los resultados de este tratamiento. El aporte de cada una de las pasadas fue en promedio del 57%, 20%, 15% y 8% en AV y del 51%, 23%, 16% y 10% en BV para los pasajes a 5 m, 28 m, 51m y 74 m de distancia con respecto a la ubicación de las torres de deriva, lo cual se encuentra supera el límite indicado por Lanson et al., (2010) para aplicaciones realizadas por la mañana por la mayor intensidad del viento.

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. Resulta claro que las características de la población de gotas para el tratamiento de AV no fue lo suficientemente grande para limitar la exoderiva con ráfagas de 5 m s^{-1} del viento. En estas condiciones, la distancia entre pastillas deflectoras TT11002 en el botalón de 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.

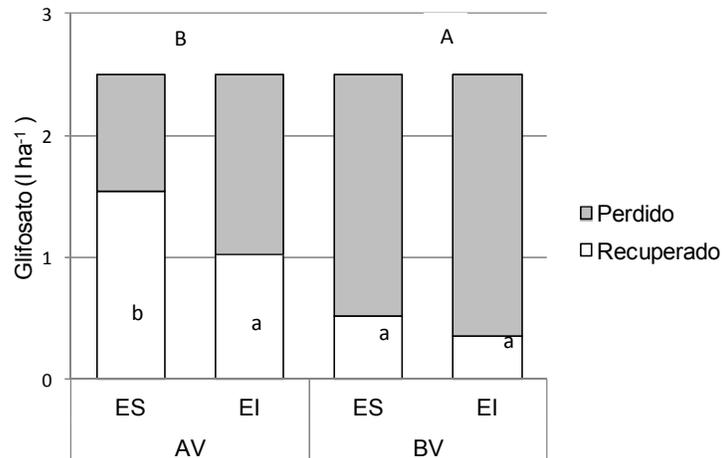


Figura 5. Glifosato recolectado para las distintas técnicas de aplicación y estratos de medición. AV: alto volumen; BV: bajo volumen; ES: Estrato superior; EI: Estrato inferior. Letras mayúsculas diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre técnicas de aplicación ($p \leq 0,05$) 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.

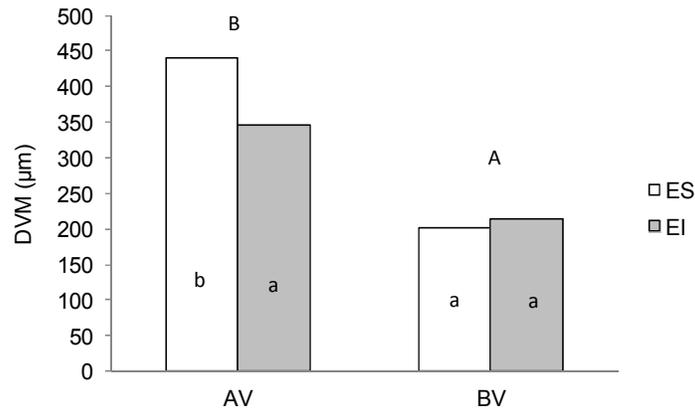


Figura 6. Diámetro volumétrico mediano (DMV) de los impactos para las distintas técnicas de aplicación y estratos de medición. AV: alto volumen; BV: bajo volumen; ES: Estrato superior; EI: Estrato inferior. Letras mayúsculas diferentes sobre las columnas indican diferencias significativas entre técnicas 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.

Esto se podría atribuir a la diferencia del espectro de pulverización y mayor ángulo de aspersion que colabora en la reducción de la generación de vórtices y por lo tanto de la exoderva según Murphy et al. (2000). Asimismo, la velocidad de avance del equipo y el viento aparente generado por la misma, habría producido que el abanico se hubiese comportado como un cuerpo poroso, que favoreció la extracción de gotas del centro del abanico de pulverización, aumentando las pérdidas de producto, pese a que al aumentar la superposición las abanicos se comportarían como cuerpos

homogéneos y la corriente de aire se debería mover alrededor de los mismos extrayendo las gotas de los bordes exteriores. No obstante, la altura de trabajo de 0,7 m resultaría contraproducente para la pastilla con ángulo de aspersion de 110 °, que encuentra su mayor eficiencia a altura 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) lo cual implica un aumento del potencial

de evaporación (Walla, 1980; Sarubbi, 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 botolón de 0,7 m, ya que en acuerdo con Murphy et al. (2000) el abanico se vuelve poroso por la menor superposición, menor velocidad de las gotas más chicas y mayor velocidad de avance con respecto al aire arrastrado que permite la generación de vórtices, pero suma que la corriente de aire prevaleciente elimina gotas también de la parte central del líquido asperjado.

Sería recomendable en ambos casos reducir la velocidad de avance, pero la misma se incrementa para conseguir mayor capacidad de trabajo (Moltoni et al., 2008), cuando las condiciones del terreno lo permiten. También sería conveniente disminuir la altura de trabajo del botolón pero resulta dificultoso con máquinas de gran ancho de labor (Murphy et al., 2000) a gran

velocidad de labor. Como consecuencia de ello, las recomendaciones de pastillas y bajo volumen de aplicación, como así también la reducida tasa de recuperación de líquido asperjado, contradicen las afirmaciones de Rodríguez (2011) y Frola (2013) y avalan los recaudos que dicho autor manifiesta en relación a los riesgos de deriva.

En el cálculo de la cantidad de glifosato que se deriva (Figura 8) se registraron valores mayores de producto para BV con respecto a AV, sin que se alcancen diferencias significativas entre tratamientos y alturas, como así tampoco interacción entre ambos factores. Asimismo, la concentración del producto es mayor en la solución, lo cual aumenta su riesgo potencial, puesto que según lo informado por Papa (2007) la menor dilución del producto podría afectar en menor medida a herbicidas como el glifosato, por una menor inactivación del mismo.

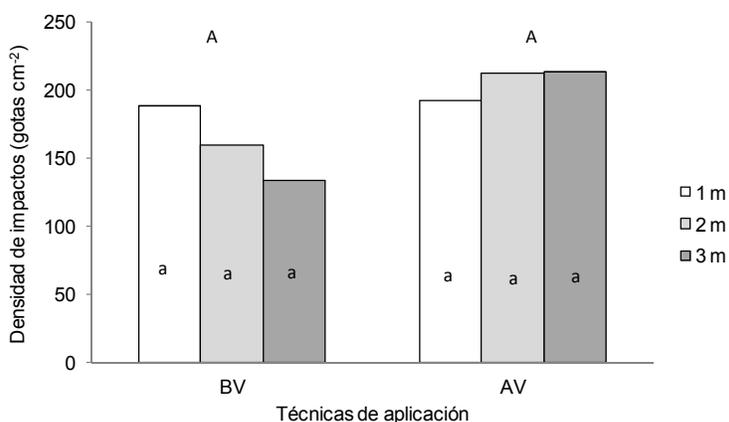


Figura 7. Cantidad de impactos acumulados después de haber realizado las cuatro pasadas. AV: alto volumen; BV: bajo volumen. Letras mayúsculas iguales sobre las columnas indican ausencia de diferencias significativas entre técnicas de aplicación ($p \leq 0,05$) según el test de LSD. Letras similares en cada columna indican ausencia de diferencias significativas entre altura de medición dentro de cada técnica de aplicación ($p \leq 0,05$) según el test de LSD.

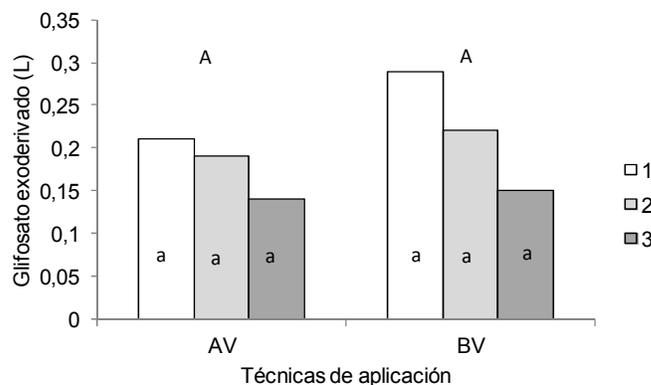


Figura 8. Cantidad de glifosato recogido sobre las tarjetas de deriva a distintas alturas de medición luego de 4 pasadas de la pulverizadora. AV: alto volumen; BV: bajo volumen; 1, 2, 3, alturas de medición con tarjetas hidrosensibles a partir de la superficie del terreno. Letras mayúsculas iguales sobre las columnas indican ausencia de diferencias significativas entre técnicas de aplicación ($p \leq 0,05$) según el test de LSD Fisher. Letras similares en cada columna indican ausencia de diferencias significativas entre alturas de medición dentro de cada técnica de aplicación ($p \leq 0,05$) según el test de LSD Fisher.

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 pérdidas de producto, producto sobre el objeto de aplicación en distintos estratos, número de impactos y cobertura, la técnica de BV resulta de menor calidad y eficiencia en las condiciones de aplicación planteadas, como así también de un riesgo potencial de deriva mayor (Mahler et al., 1997). La combinación de amplios distanciamientos entre pastillas, gotas finas, gran altura del botalón y alta velocidad de avance requeridas para trabajar con bajo volumen de aplicación incide en forma altamente negativa sobre los parámetros analizados.

CONCLUSIONES

La eficiencia de recuperación del producto aplicado con la técnica de bajo volumen es baja, comprometiendo las posibilidades de control de malezas en rastrojos de sorgo.

La técnica de Alto volumen con pastillas deflectoras alcanza, aún en condiciones límites para la aplicación de herbicidas, una adecuada prestación tomando en cuenta el número de impactos, la cobertura y la cantidad de producto sobre el objeto de aplicación, tanto en el estrato superior como en el inferior del rastrojo de sorgo.

El potencial de daño ambiental de ambas alternativas de aplicación es alto, pero la técnica de Bajo volumen es excesivamente riesgosa por la cantidad de glifosato liberado al ambiente, exigiendo condiciones meteorológicas y ajustes en la determinación de las variables de aplicación de mayor cuidado, teniendo en cuenta el conjunto de las pérdidas de producto que son liberadas al ambiente

BIBLIOGRAFÍA

Abi Saab, O.J.G. 2004. Indicador de velocidade de vento. *Semina: Ciências Agrárias*, 25(1):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. Tecnologia de aplicação de defensivos. Rondonópolis: Fundação de Apoio a Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso – Fundação MT, Boletim Técnico de Soja N°8: 165-177.

Arvidsson, T., L. Bergström & J. Kreuger. 2011. Spray drift as influenced by meteorological and technical factors. *Pest. Manag. Sci.* 67, 586-598.

Boller, W. & M. Machry. 2007. Efeito da pressão de trabalho e de pontas de pulverização sobre a eficiência de herbicidas de contato em soja. *Engenharia Agrícola*, 27(3):722-727.

Burnside, O.C. 1992. Rationale for developing herbicide-resistant crops. *Weed Technology* 6:621–625.

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. A. & M. Kogan. 2001. Pérdida de actividad del glifosato debido a la presencia de suelo en el agua de aspersión. *Cien. Inv. Agr.* 28(2): 83-87.

Diez de Ulzurrun, P. 2013. Resistencia a herbicidas. En Manejo de malezas problema. Modos de acción herbicida. Editora Responsable – REM – AAPRESID. Rosario, Santa Fe, Argentina, ISSN N°: 2250-5342 (versión papel) / 2250-5350 (versión on-line) pp 2-7.

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.

Eleisegui, 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.

Elliott, J. G. & B. J. Wilson. 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.

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.

Fietsam, J.F.W., B.G. Young & R.W. Steffen. 2004. Differential response of herbicide drift reduction nozzles to drift control agents with glyphosate. *Transactions of the ASAE.* 47 (5):1405–1411.

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.

Gil, E., P. Balsari, M. Gallart, J. Llorens, P. Marucco, P. G. Andersen, X. Fábregas & J. Llop. 2014. Determination of drift potential of different flat fan nozzles on a boom sprayer using a test bench. *Crop protection*, 56, 58-68.

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.

Heap, I. 2016. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. Internet. Friday, January 29, 2016. Retrieved from www.weedscience.org

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.

Disponiblen:

<http://pubs.cas.psu.edu/freepubs/pdfs/uo221.pdf>. Último acceso: diciembre 2015. 4 pp.

Knoche, M. 1994. Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides. *Crop Protection* 13:163-178.

Kruckeberg, J.P. 2011. An automated nozzle controller for self-propelled sprayers. M. Sc. Thesis. Iowa State University. Ames, Iowa. 181 pp.

Lanson, D.E., L. Schein & M. Miglioranza. 2010. Aportes para la comprensión de la incidencia de los factores climáticos y tecnológicos sobre la deriva de agroquímicos aplicados a cultivos de soja y sus respectivos efectos sobre la población potencialmente expuesta. En: Seminario Internacional "La tecnología satelital de observación de la tierra en la evaluación, monitoreo y manejo de desastres naturales en la agricultura. Retos y perspectivas". Edición Especial Vol.3 5-14.

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.gob.ar/documentos/compatibilidad-para-mezclas-de-tanque-de-tres-herbicidas-utilizados-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.

López, F. & J. Villalba. 2013. Efecto del horario de aplicación y el tamaño de gota en la eficiencia de glifosato. *Canqué* 13: 19-24.

Mahler, R.L., H.W. Homan & 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.

Massaro, R.A., A. García & L. Magnano. 2014. Evaluación de técnicas de pulverización antideriva para el control de malezas en barbecho químico. INTA EEA. Para mejorar la producción 52 - Oliveros. 147-152

Miller, P. C. H., M. C. Butler Ellis, A. G. Lane, C. M. O'Sullivan & C. R. Tuck. 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.

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.

Murphy, S. D., P. C. H. Miller & C. S. Parkin. 2000. The Effect of Boom Section and Nozzle Configuration on the Risk of Spray Drift. *J. Agric. Engng. Res.* 75: 127-137.

Nuytens, 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.

Nuytens, D., M. De Schampheleire, P. Verboven, E. Brusselman & D. Dekeyser. 2009. Droplet size and velocity characteristics of agricultural sprays. *Transactions of the ASABE*, 52(5), 1471-1480.

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.

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. pp 14 - 17

Pitty, A., E.E. Barrios & R. Reconco. 2010. Boquillas de Abanico Plano de Amplio Espectro y por Aire Inducido en la Eficacia de Glifosato y Paraquat. *Ceiba*, Vol 51(2):54-60.

Prokop, M. & K.Veverka. 2003. Influence of droplet spectra on the efficiency of contact and systemic herbicides. *Plant Soil and Environment*. vol. 49 (2) : 75-80.

Ramsdale, B.K. & C.G. Messersmith. 2001. Drift-reducing nozzle effects on herbicide performance. *Weed Tech.* 15(3): 453-460.

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/materiales/material_12062013165540.pdf. 26 pp. Último acceso: noviembre de 2015.

Sarubbi C. A., G. Nardón & L. Belgorodsky. 2014. Effect of surfactants on the formation of drops in agricultural spraying. *SNS* 3:18-24.

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 droplet size (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.

Texeira, M. M. 2010. Estudio de la población de gotas de pulverización. En: Tecnología de aplicación de

agroquímicos. Edit Magdalena, J.C, Castilo Herrán, B., Di Prinzio, A., Homer Bannister, I., Villalba, J. Capítulo 5: 67-76

Vila-Aiub M.M., M.A. Martinez-Ghersa & C.M. Ghersa. 2003. Evolution of herbicide resistance in weeds: vertically transmitted fungal endophytes as genetic entities. *Evolutionary Ecology* 17:441–456.

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

Weber, R. 1982. La quatrième session du panel FAO

sur la mécanisation agricole : matériels et méthodes pour l'application de pesticides pour la préparation des sols et la protection des cultures. *Machinisme Agricole Tropical* (77): 54-63.

Wolf, T.M. 2000. Low-drift nozzle efficacy with respect to herbicide mode of action. *Aspects Appl. Biol.* 57: 29-34.

Young, B.G. 2006. Changes in herbicide use patterns and production practices resulting from glyphosate-resistant crops. *Weed Technology* 20:301–307.