

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTOS DE DISTINTAS TECNOLOGÍAS DE APLICACIÓN EN LA  
DEPOSICIÓN Y CONTROL DE HERBICIDA PARAQUAT

por

Jonathan BALBUENA OVIEDO

Guillermo STÁBILE FERREIRA

TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo.

MONTEVIDEO

URUGUAY

2018

Tesis aprobada por:

Director: \_\_\_\_\_

Ing. Agr. Dra. Juana Villalba

\_\_\_\_\_  
Ing. Agr. Dra. Grisel Fernández

\_\_\_\_\_  
Ing. Agr. Dr. Juan José Olivet

\_\_\_\_\_  
Ing. Agr. Edwin Borghi

Fecha: 8 de mayo de 2018

Autores: \_\_\_\_\_

Jonathan Balbuena Oviedo

\_\_\_\_\_  
Guillermo Stábile Ferreira

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a nuestra tutora Dra. Ing. Agr. Juana Villalba por la oportunidad de poder realizar esta tesis y el apoyo brindado para la realización de la misma, además de a la Dra. Ing. Agr. Grisel Fernández por habernos acercado a Juana y así terminar haciendo este trabajo.

También queremos agradecer a todo el equipo de trabajo que hizo posible que se cumpliera en tiempo y forma con las tareas de campo. Vayan los agradecimientos para Lorena, Macarena, Josefina, Ivana y Darío.

Un agradecimiento especial a quienes brindaron su apoyo, colocando su maquinaria a disposición, realizando la aplicación, Ing. Agr. Edwin Borghi y al personal, con quienes se trabajó en un ambiente muy cómodo.

Por último queremos agradecer a nuestras respectivas familias y amigos, por el apoyo constante a lo largo de la carrera para que se puedan cumplir con nuestras metas

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1. AUMENTO DE RESISTENCIA A GLIFOSATO Y USO DE PARAQUAT.....	3
2.2. GENERALIDADES DE HERBICIDA PARAQUAT.....	4
2.3. TECNOLOGÍAS DE APLICACIÓN EN PRODUCTOS DE BAJA SISTEMIA.....	4
2.3.1. <u>Volumen de aplicación</u> .....	6
2.3.2. <u>Tamaño de gota</u> .....	9
2.4. EFECTOS AMBIENTALES EN LA DEPOSICIÓN.....	13
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	14
3.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	14
3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL Y DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	14
3.3. METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN.....	15
3.4. DETERMINACIONES DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS DURANTE LA APLICACIÓN.....	15
3.5. DETERMINACIONES DE LA POBLACIÓN DE GOTAS.....	16
3.6. DETERMINACIONES DE LA DEPOSICIÓN DE PRODUCTO SOBRE PLANTAS.....	16
3.7. DETERMINACIONES DE CONTROL EN MALEZAS.....	16
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	17
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	18
4.1. CARACTERIZACIÓN DE POBLACIÓN DE GOTAS DE CADA TRATAMIENTO.....	18
4.2. ESTUDIO DE DEPOSICIÓN DEL TRAZADOR Y CONTROL.....	21
4.2.1. <u>Deposición y control <i>Bromus sp.</i></u> .....	21
4.2.2. <u>Deposición y control <i>Medicago sativa.</i></u> .....	24
4.2.3. <u>Deposición y control <i>Conyza spp.</i></u> .....	27
4.2.4. <u>Deposición y control <i>Stipa sp.</i></u> .....	30

5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	34
6. <u>RESUMEN</u> .....	35
7. <u>SUMMARY</u> .....	36
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	37

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Descripción de los tratamientos .....	14
2. Correcciones de azul de caldo .....	15
3. Condiciones meteorológicas promedio durante el experimento .....	15
4. ANAVA parámetros descriptivos población de gotas .....	18
5. ANAVA para deposición y control de <i>Bromus sp</i> .....	22
6. Cantidad de trazador (mg/g materia seca) de <i>Bromus sp.</i> para la variable volumen por tamaño de gota.....	22
7. ANAVA para deposición y control de <i>Medicago sativa</i> .....	24
8. Cantidad de trazador (mg/g materia seca) de <i>Medicago sativa</i> para la variable volumen por tamaño de gota .....	25
9. ANAVA para deposición y control de <i>Conyza spp</i> .....	27
10. ANAVA para deposición y control de <i>Stipa sp</i> .....	30
Figura No.	
1. Diámetro mediano volumétrico de cada tratamiento .....	19
2. Amplitud relativa según volumen .....	20
3. Amplitud relativa según tamaño de gota.....	20
4. Densidad de impactos promedio (impactos/cm <sup>2</sup> ) según tamaño de gota .....	21
5. Cantidad de trazador en plantas de <i>Bromus sp.</i> para la variable volumen.....	23
6. Medias de % control para la especie <i>Bromus sp.</i> según tratamiento .....	24
7. Cantidad de trazador en plantas de <i>Medicago sativa</i> , para la variable volumen.....	26
8. Medias de % control para la especie <i>Medicago sativa</i> según tratamiento .....	27
9. Cantidad de trazador en plantas de <i>Conyza spp.</i> , para la variable volumen .....	28
10. Cantidad de trazador en plantas de <i>Conyza spp.</i> , para la variable tamaño de gota....	29
11. Medias de % control para la especie <i>Conyza spp.</i> según tratamiento.....	30

12. Cantidad de trazador en plantas de <i>Stipa sp.</i> , para la variable tamaño de gota.....	31
13. Medias de % control para la especie <i>Stipa sp.</i> según tratamiento.....	32

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años la agricultura del Uruguay se ha expandido, situación explicada por una favorable relación de precios agrícolas y por la fuerte inversión del sector, ya sea nacional como de empresas extranjeras.

El área agrícola creció un 20% si se compara la zafra 2008/09 con la zafra 2015/16, pasando de una superficie cultivada de 1:560.600 a 1:881.000 hectáreas respectivamente (MGAP. DIEA, 2016). Este incremento en superficie fue acompañado de nuevas tecnologías de producción, de las que se destacan el incremento del uso de productos fitosanitarios, como herbicidas, fungicidas e insecticidas. Según esta información, el uso de fitosanitarios, expresado por la cantidad de importaciones en millones de dólares, mantuvo una tendencia al alza desde el año 2008 hasta el 2014 (de 186,5 a 254 millones de U\$S), viéndose una caída en las importaciones en el año 2015 (146 millones de U\$S).

Si bien en los últimos años, la demanda de maquinaria necesaria para la aplicación de fitosanitarios ha sido cubierta, existe una permanente búsqueda de mejorar la capacidad operativa de las mismas. Esto ha llevado a un creciente uso de aplicaciones con menores volúmenes por hectárea, de forma que las máquinas trabajen una mayor superficie en un menor tiempo. La adopción de estas medidas podría ser desfavorable desde el punto de vista de la cobertura que se logra sobre el objetivo, ya que la cobertura está directamente relacionada al volumen de aplicación, y determinaría en gran parte la efectividad de los controles, esto es particularmente especial en el caso de productos de baja o nula sistemia en planta.

El aumento de los casos de malezas con resistencia a glifosato, a nivel mundial y que se viene constatando en Uruguay, ha incrementado el uso de herbicidas desecantes, como paraquat. La necesidad de aplicar medidas que aseguren una eficacia suficiente para minimizar la acumulación de genes de resistencia, no dejando sobrevivientes, ha llevado a tácticas de control de “doble golpe” (Fernández et al., 2013), donde luego de los herbicidas sistémicos se usa como desecante el paraquat, entre otros. La evolución en las importaciones de paraquat en kg de activo, ha aumentado en más de cuatro veces, las importaciones en 2014 fueron de 23199 kg y en 2015 de 96011 kg (MGAP. DGSSAA, 2014, 2015).

Paraquat es un herbicida que carece de movilidad en planta, lo que determina su dependencia para la efectividad de la cobertura que se logra durante la aplicación sobre las malezas objetivo.

La utilización de bajos volúmenes de agua en las aplicaciones, el uso de gotas

finas para mejorar la cobertura y la necesidad de buscar productos alternativos, usados solo o en tecnología de doble golpe, fueron los que motivaron este trabajo. Definiéndose como objetivo, evaluar la combinación de tres volúmenes de aplicación (50, 80 y 110 L.ha<sup>-1</sup>) y dos tamaños de gota (fina y muy gruesa) en la deposición del caldo aplicado y la eficiencia de control de paraquat en enmalezamiento diverso.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. AUMENTO DE RESISTENCIA A GLIFOSATO Y USO DE PARAQUAT

La resistencia de malezas a herbicidas es un proceso evolutivo donde el uso repetido de un mismo herbicida (o de un grupo de herbicidas de igual mecanismo de acción) produce una elevada presión de selección sobre las malezas. En ese ambiente sobreviven y dejan descendencia aquellas plantas menos sensibles al herbicida aplicado. Pasado el tiempo, el porcentaje de plantas resistentes aumenta, de forma que luego de hacer uso del herbicida, se nota la ausencia de control de las malezas insensibles (Yannicari et al., 2015).

La tendencia a nivel no solo del Uruguay si no del mundo, ha sido la utilización del glifosato como única medida para el control de malezas lo que ha llevado a que se registren casos de resistencias. Actualmente la resistencia a este herbicida ha evolucionado en 278 biotipos de 37 especies (Heap, 2017). Las aplicaciones en presiembra en sistemas de siembra directa, conjuntamente con aplicaciones postemergentes cuando se usan organismos genéticamente modificados sobre grandes extensiones bajo sistemas de control de malezas poco diversificados, determina que se ejerza una selección muy intensa a favor de biotipos de malezas con genes de resistencia al glifosato (Fisher, 2008).

La difusión masiva del herbicida glifosato, para controlar malezas en soja transgénica resistente a glifosato y en barbechos químicos, posibilita la propagación de ciertas malezas que tienen mayor tolerancia al mencionado herbicida y/o que desarrollan ciertas estrategias de escapes a la aplicación del mismo (Rainero, s.f.).

Debido a esta problemática planteada, es que se buscan alternativas para el control de malezas resistentes, una de las opciones es la técnica de "doble golpe", la cual consiste en la aplicación de un herbicida sistémico seguido por un desecante, como lo es el paraquat, separado por hasta 14 días. En base a esta técnica, Vigna et al. (2011), en experimentación llevada a cabo utilizando glifosato y graminicidas, seguidos por aplicaciones de paraquat, notaron que aumentaba los niveles de control sobre *Lolium multiflorum* resistente, lo que contribuye a acelerar o completar el control sobre las plantas, llevando a que disminuya el consumo de agua por parte de estas y previene la producción de semillas de las plantas que puedan escapar o rebrotar completa o parcialmente, evitando el incremento de poblaciones resistentes.

Dadas estas nuevas técnicas y la necesidad de utilizar otras alternativas al glifosato por un aumento en la resistencia, en Uruguay se ha constatado un aumento en las importaciones de paraquat en kg de activo, comparando datos de 2014 y 2015 estas han aumentado en más de cuatro veces, mientras que las importaciones en 2014 fueron de 23199 kg, en 2015 de 96011 kg (MGAP. DGSSAA, 2014, 2015).

## 2.2. GENERALIDADES DE HERBICIDA PARAQUAT

Es un herbicida no selectivo de amplio espectro, perteneciente al grupo químico de los bupiridilos o dipiridilos y su tipo de acción es de contacto. Actúa en presencia de la luz, secando las plantas que intercepta el herbicida. Ingresa de manera muy rápida en la planta, donde se ve favorecida la absorción del mismo con alta intensidad de luz y humedad. Es adsorbido por los coloides inorgánicos del suelo, entre las arcillas lo que hace que su actividad en suelo sea inexistente. Debe ser incluido un surfactante para aumentar el poder de contacto y penetración foliar.

Actúa en los cloroplastos, sobre el fotosistema I, que produce electrones libres para dentro del proceso de fotosíntesis. Los electrones libres del fotosistema I reaccionan con el ión de paraquat donde se genera un radical libre. Al estar en contacto con el oxígeno, se transforma el radical libre y en ese proceso produce súper óxidos. Estos últimos afectan a los ácidos grasos insaturados de la membrana, lo que lleva a que se abran las mismas y se desintegren, al igual que los tejidos de las células. Luego, se producen gran cantidades de cantidades de súper óxidos hasta que se detiene por completo el suministro de electrones libres.

Se detecta la marchitez a las pocas horas de la aplicación, con aparición de tejido marrón, seco o clorótico. Al romperse las membranas celulares, el agua escapa lo que lleva a la rápida desecación de las plantas. Las células por lo general se rompen a gran velocidad, lo que casi no permite que ocurra translocación del producto (Centro de Información del Paraquat, 2017).

Su toxicidad oral aguda en mamíferos varía entre 70 y 150 mg/kg según animales. Las concentraciones elevadas del herbicida o exposiciones prolongadas de niveles más bajos, causan irritaciones en la piel y ojos y retrasan la cicatrización de heridas. Es un herbicida utilizado en muchos cultivos comerciales, también utilizados para acelerar la cosecha de algodón o girasol por ejemplo. Ha sido demostrado su mayor eficacia en control de gramíneas que dicotiledóneas, aunque se ha observado tolerancia a este grupo de herbicidas en algunas malezas (García y Fernández, 1991).

## 2.3. TECNOLOGÍAS DE APLICACIÓN EN PRODUCTOS DE BAJA SISTEMIA

Las gotas se constituyen en el vehículo más común para llevar la sustancia activa diluída en un líquido hasta el objetivo deseado. De ahí que sea de gran importancia conocer las técnicas que pueden utilizarse para la subdivisión de los líquidos en gotas, proceso que se lo conoce como pulverización.

Unas de las principales variables de la tecnología de la aplicación son el volumen de aplicación y el tamaño de gota que se producen. La cobertura lograda dada una aplicación es directamente proporcional al volumen aplicado e indirectamente proporcional al tamaño de gota.

Con la aplicación de herbicidas sistémicos la tendencia es hacia la reducción del volumen del caldo. En el caso de los de contacto, es importante definir la tasa de aplicación en función de la cobertura del blanco, ya que su eficacia depende mucho de esta. Según la clasificación de Matthews (2000), las aplicaciones de 50 a 200 L/ha en cultivos bajos se denominan de bajo volumen y por debajo de ese volumen son de muy bajo volumen.

Por otra parte también influye en la calidad de aplicación el tamaño de gota que se utiliza en la pulverización. Respecto a esto, los ensayos de laboratorio suelen indicar mayor eficacia de los agroquímicos con menor tamaño de gotas. Sin embargo, a nivel de campo no se verifican los mismos resultados. Son excepcionales las condiciones meteorológicas en las cuales podría aceptarse una aplicación con gotas muy finas. Por otro lado, las propiedades aerodinámicas de las gotas finas o muy finas determinan una rápida pérdida de velocidad una vez que salen de las boquillas, y su trayectoria queda dependiente de la intensidad y dirección del flujo de aire existente. El tamaño de gotas es el principal factor a considerar por su importancia en la sustentabilidad de las aplicaciones de agroquímicos (Homer et al., 2010).

Charbonnier et al. (2011) contabilizaron mayor número de impactos con el uso de gotas finas (100- 175  $\mu\text{m}$ ) en comparación al uso de gotas muy gruesas (375- 450  $\mu\text{m}$ ) y al aumentar los volúmenes de aplicación, sin que esto se traslade a la cantidad de trazador depositado sobre las hojas. Esto puede deberse a que el menor número de impactos generado por las gotas gruesas es compensado por su relación diámetro-volumen (de una gota) que permiten una mayor recuperación de producto aún con bajas densidades de impacto, lo que fue demostrado por Olivet y Zerbino (2007).

Cuando se analizan resultados de número de gotas recolectado en diferentes partes de los cultivos a distintas alturas o profundidades, es frecuente notar que su densidad espacial es mayor cuánto más pequeñas son. El mayor poder de penetración de las gotas finas a los estratos inferiores constituye el principal argumento para su uso (Christofoletti 1992, Santos 1992, Ozeki y Kunz 1998). Estos resultados pueden influir en el investigador sobre las ventajas de su utilización. Sin embargo, pocas gotas gruesas o muy gruesas podrían estar conteniendo una dosis de agroquímico mucho mayor al contenido en el depósito de gotas finas.

A nivel nacional, surgen resultados coincidentes en cuanto al beneficio del uso de gotas gruesas (> a 250  $\mu\text{m}$ ) cuando se evalúa el control de enfermedades, además de su principal beneficio en el control de la deriva (Stoletniy, 2013).

La utilización de gotas gruesas es reconocida como positiva desde el punto de vista del control de la deriva, pero se la suele considerar de dudosa eficacia biológica. Villalba et al. (2009), determinaron que los tratamientos con tamaños de gotas gruesas (250- 375  $\mu\text{m}$ ) proporcionaron mayor deposición de caldo pulverizado que las gotas finas y muy finas, en soja, tanto en la parte superior como inferior de las plantas, pero con mayor variabilidad en la distribución.

La norma S-572.1, de ASABE, clasifica los tamaños de gotas en 8 categorías. Define como gotas extremadamente finas a aquellas de DMV menor a 60  $\mu\text{m}$ , muy finas a aquellas de DMV entre 61-105  $\mu\text{m}$ , gotas finas las que se encuentra el DMV en el rango de 106-235  $\mu\text{m}$ , gotas medianas su DMV entre 236-340  $\mu\text{m}$ , gotas gruesas su DMV entre 341-403, gotas muy gruesas su DMV entre 404-502, extremadamente gruesas DMV entre 503-665 y finalmente las gotas ultra gruesas son aquellas que su DMV es mayor a 665  $\mu\text{m}$ .

### 2.3.1. Volumen de aplicación

El control de malezas puede relacionarse en general, a la cobertura del caldo que llega a las malezas objetivos. Por lo que el aumento del volumen de caldo aplicado, puede resultar en mejores niveles de control. Diversos estudios se han hecho al respecto, ya que se ha reportado una tendencia a nivel mundial de utilizar volúmenes de caldo menores para ganar autonomía. La utilización de bajos volúmenes, con niveles similares de control reduce el impacto ambiental y proporciona un menor costo, ya que hay una mayor eficiencia en la aplicación y menos reposiciones, llenado del tanque de la pulverizadora (Bueno et al., 2014).

Los resultados son muy variables y en muchos casos se asocia a la independencia de la cobertura sobre el objetivo, en el caso de herbicidas con elevada sistemia en planta como el caso del glifosato o 2,4-D.

Bueno et al. (2014), en experimentación con volúmenes de 30, 50, 100 y 150 L/ha de caldo, utilizando el herbicida glifosato, para el control de *Panicum máximum*, no encontraron diferencias en cuanto a la deposición de producto dado por los distintos volúmenes. Sin embargo a la hora de analizar el control logrado por el herbicida a los 7 días, encontraron que el mejor tratamiento fue el realizado con 150 L/ha. Mientras que a los 14 días, los controles fueron similares, superando el 90 % de control.

Creech et al. (2015a), estudiando 2,4-D, no encontraron diferencias en el control a medida que se aumentaba el volumen aplicado (47, 70, 94, 140, 187, 281 L/ha), para el control de *Ambrosia trifida*. En el caso del control de soja, el mismo incrementó a 68% cuando se utilizó 2,4-D con un volumen de 94 L/ha; sin embargo este control no registró diferencias cuando se aplicaron 140 o 187 L/ha. Para el control de *Amarantus* sp., con glifosato, lograron mejores controles al pasar de 47 a 70 L/ha, lográndose con este último un 95 % de control y sin diferencias estadísticas con aplicaciones de mayor volumen.

De acuerdo a estudios hechos por Souza et al. (2012), con el herbicida 2,4-D amina, utilizando 80 y 130 L/ha de caldo, combinado con 3 tipos de boquillas que entregaban tamaños de gota media, gruesa y extremadamente gruesa, encontraron diferencias en cuanto a la deposición utilizando uno u otro volumen. Los autores obtuvieron mayor deposición de producto sobre el follaje al utilizar volúmenes de 80 L/ha, sin registrar interacción entre volumen y tamaño de gota. Sin embargo, Tomazela et al.

(2006), en experimentación sobre deposición en *Brachiaria plantaginea* utilizando distintos volúmenes de caldo (1147, 57; 860,68; 573,78; 459,02; 344,27; 229,51; 114,75 y 57,37 L/ha), concluyeron que las mayores deposiciones por planta y por cm<sup>2</sup> de área foliar se dieron al utilizar los mayores volúmenes. Sin embargo, al utilizar volúmenes altos bajaba la eficiencia de intercepción, ya que un menor porcentaje de lo pulverizado quedaba depositado en las plantas, consecuencia del mayor escurrimiento hacia el suelo.

Estudios realizados por Creech et al. (2015a), para el glifosato en el cual se probaron distintos volúmenes de aplicación (47, 70, 94, 140, 187, 281 L/ha), determinaron que los mejores controles se alcanzaron con 47 y 187 L/ha de caldo, significando un control de 95 y 94% respectivamente (aunque solo diferentes estadísticamente cuando se utilizó 94 L/ha y sin diferencia al haber utilizado 70 y 140 L/ha).

Estos resultados están correlacionados con experimentos realizados por Etheridge et al. (2001), quienes experimentaron con 2 volúmenes de aplicación (50 y 100 L/ha) combinados con 3 boquillas (AI teejet, raindrop ultra y XR teejet). Los autores obtuvieron una caída de la eficacia del glifosato de 95 a 91% al incrementar el volumen de 50 a 100 L/ha, al combinarlo con boquillas RU, de mayor tamaño de gota (comportamiento que no obtuvieron al trabajar con boquillas XR, donde el aumentar el volumen aplicado de glifosato significó un aumento en la eficacia de 93 a 97%). Aquí vieron que la reducción de la biomasa luego de 2 semanas fue de 81% y los niveles de control fueron mayores cuando se trabajó con 100 L/ha (90%) que con 50 L/ha (84%).

Bueno et al. (2013), con respecto a la eficacia de control de malezas utilizando el glifosato a razón de 30, 60 y 150 L/ha, determinaron que esta no fue influenciada por el uso de diferentes volúmenes. A los 14 días después de la aplicación, el producto ya había logrado buenos niveles de control de *Alternanthera tenella*, *Malvastrum coromandelianum*, *Commelina benghalensis*, *Panicum maximum* y *Brachiaria brizantha*. En cuanto a estudios de deposición, fue mayor al usar volúmenes de 30 y 60 L/ha, por sobre 150 L/ha, determinando una menor escorrentía del producto hacia el ambiente.

Siguiendo con esta tendencia, Ramsdale et al. (2003), demostraron que la eficacia del glifosato aumentó a medida que el volumen de pulverización disminuyó de 190 a 23 L/ha, indicando que los volúmenes de pulverización bajos, maximizaron la eficacia del glifosato principalmente a través de una alta concentración de herbicida en el depósito de pulverización.

Por otra parte, estudios en productos de escasa sistemía, sobre los efectos del volumen de aplicación en la efectividad, indican resultados desfavorables para el uso de bajos volúmenes. Estudios en glufosinato de amonio, hechos por Creech et al. (2015a), comparando diversos volúmenes (47, 70, 94, 140, 187, 281 L/ha), arrojaron que el control de malezas fue mejor con 140 L/ha (62%) seguido de 70 y 94 L/ha (59 y 51% respectivamente). Para este mismo experimento, en control de *Ambrosia trifida*, no

encontraron diferencias entre diferentes volúmenes. La estimación visual de control para las especies evaluadas en este experimento (*Amarantus* sp., *Zea mays*, *Glycine max* y *Abutilon theophrasti*), fueron superiores cuando las aplicaciones fueron realizadas con volúmenes mayores a 94 L/ha. Para el caso de la soja no se vieron diferencias en control al utilizar 47 L/ha o mayores volúmenes. El control de *Abutilon theophrasti* fue mejor cuando se aplicó 140 y 187 L/ha (90 y 89%, respectivamente).

Galon et al. (2007), comparando los herbicidas chlorimuron-ethyl (sistémico), chloransulam-methyl (sistémico), fomesafen (contacto), imazethapyr (sistémico), lactofen (contacto) en dos volúmenes, 100 y 200 L/ha, sobre las malezas del genero *Aeschynomene*, *Amaranthus lividus* y la especie *Portulaca oleracea*, obtuvieron para el caso de *Aeschynomene*, diferencias para los herbicidas chlomimuron-ethyl y lactofen entre ambos volúmenes, 14 días post aplicación, donde al subir el volumen se mejoraba el control. En promedio, subir el volumen de caldo significó un 12% más de eficiencia, en promedio para las tres evaluaciones que hicieron los autores sobre esta especie. Para *Portulaca oleracea*, a los 28 días post aplicación, todos los herbicidas mostraron elevado control con 200 L/ha, siendo esta diferencia para los herbicidas sistémicos mayormente. Menores controles observaron con 100 L/ha para chlorimuron-ethyl y chloransulam-methyl. Los resultados sobre *Amaranthus lividus*, fueron similares en cuanto a nivel de control para casi todos los herbicidas, salvo para chloransulam-methyl y chlorimuron-ethyl, donde a los 14 días post aplicación, el primero de ambos logró mejor control con 100 y el segundo con 200 L/ha. Luego de 28 días, todos los herbicidas lograron un control igual o muy aproximado al 100 % independientemente del volumen de caldo utilizado. Dichos resultados no lograron caracterizar del todo el comportamiento de los distintos herbicidas evaluados, según los autores no fueron datos contundentes.

En otros herbicidas de baja sistemía en planta o de contacto, como lo son el lactofen, diquat o carfentrazone, los resultados son más dependiente del volumen de la aplicación, así, investigación realizada por Creech et al. (2015a) utilizando lactofen en varios volúmenes (47, 70, 94, 140, 187, 281 L/ha), determinaron que el control incrementó de 18 a 42% cuando se incrementó el volumen aplicado de 94 a 187 L/ha. Siguiendo con estos estudios, en control de *Ambrosia trifida*, el lactofen incremento el control de 59 a 82% con volumen de 94 a 187 L/ha, respectivamente. El control con 187 L/ha (82%), no fue diferente al observado con 70 L/ha (73%). En lactofen, el incremento del volumen de 47 a 187 L/ha, les resultó en un incremento de control de 141%, pasando de 34 a 82%, respectivamente.

Similares resultados fueron los que obtuvieron Etheridge et al. (2001), que al utilizar paraquat utilizando 2 volúmenes (50 y 100 L/ha), luego de 2 semanas la reducción de la biomasa de *Xanthium strumarium* y *Brachiaria platyphylla* fue de 91%, siendo estos controles mayores al trabajar con 100 L/ha (90%) que al trabajar con 50 L/ha (84%).

Así lo reportan también Almeida et al. (2016), quienes estudiando la eficiencia de aplicación, determinada por la cobertura de gotas al utilizar volúmenes de 100 y 200

L/ha de diquat, consideraron que con 200 L/ha alcanzaron mayores deposiciones de la pulverización y con 100 L/ha obtuvieron mejores deposiciones del ingrediente activo sobre la maleza *Eichhornia crassipes*. Los controles observados por los autores luego de 7 días de la aplicación, fueron de 63,3% al utilizar 200 L/ha, un significativo aumento de 2,9% en relación a utilizar 100 L/ha, lo que señalan fue por una mayor velocidad de desecación de las plantas. Estas diferencias desaparecen en los siguientes días de evaluación (14 y 21 días post aplicación).

Ramsdale y Messersmith (2001), probando distintos volúmenes de aplicación en herbicida carfentrazone (47, 94 y 190 L/ha), herbicida también de contacto, lograron mejores controles con 94 y 190 L/ha comparado a 47 L/ha. Dependiendo de la maleza a controlar (*Linum usitatissimum L.* o *Helianthus annuus L.*), estas diferencias se hacían más notorias.

En el mismo estudio, pero utilizando imazamox, herbicida sistémico, notaron que la eficiencia en control fue similar tanto con 47, 94 o 190 L/ha.

### 2.3.2. Tamaño de gota

Algunos parámetros que se usan para caracterizar la población de gotas son el diámetro volumétrico mediano (Dv0,5), el diámetro volumétrico 0,1 (Dv0,1) y el diámetro volumétrico 0,9 (Dv0,9), además de la amplitud relativa (AR). El Dv0,5 representa el diámetro del tamaño de la gota de menor o igual valor que comprende el 50% del volumen total pulverizado. Los valores Dv0,1 y Dv0,9 son los diámetros de tamaño de gota de menor o igual valor que comprenden el 10 y 90%, respectivamente, del volumen total pulverizado. La amplitud relativa, indica la uniformidad del espectro de gotas pulverizadas y se define como:  $AR = (Dv0,9 - Dv0,1) / Dv0,5$ . Cuanto más cercano a 1 es la amplitud relativa, más uniforme es el espectro de gotas.

La calidad de una aplicación mejora cuanto más homogéneas son el tamaño de las gotas pulverizadas y si su distribución es uniforme. Por otra parte, cuando la amplitud relativa tiende a cero, indica espectros de gotas más homogéneas (Viana et al., citados por Bueno et al., 2014).

En general, valores de DMV inferiores a 250  $\mu\text{m}$ , indican riesgo potencial de deriva, que se da principalmente por gotas menores que 100  $\mu\text{m}$ . Mientras que valores de DMV mayores a 500  $\mu\text{m}$ , pueden traer consigo problemas de escurrimiento, que es común se de en gotas mayores a 800  $\mu\text{m}$  (Cunha et al., 2003).

La eficacia de la aplicación por pulverización se puede mejorar reduciendo la deriva, aumentando la retención de pulverización y aumentando la absorción de herbicidas (Hall et al., Miller y Butler Ellis, citados por Ramsdale y Messersmith, 2001).

Con respecto a la deriva, Almeida et al. (2016) observaron que las gotas más gruesas son menos propensas a ser derivadas.

Teóricamente gotas pequeñas cuando son capturadas por el objetivo, pueden proveer mejor cobertura y en consecuencia mejores resultados (Matuo, citado por Almeida et al., 2016). Cuando se aplican herbicidas de baja translocación en plantas en postemergencia, es necesario obtener de 30 a 40 gotas por cm<sup>2</sup> en el objetivo (Christofolletti, citado por Almeida et al., 2016). Sin embargo, estudios realizados por estos autores, en el cual combinaron 2 volúmenes (100 y 200 L/ha) asociado a 3 tamaños de gotas (fina, extremadamente gruesa y ultra gruesa), muestran que para el control de *Eichhornia crassipes*, con diquat, herbicida de acción de contacto, las gotas con mayor DMV resultaron en una cobertura y deposición eficiente para el control y con menores pérdidas potenciales de herbicida.

Ramsdale et al. (2003), en experimentación que consistía en combinar volúmenes de 23, 47, 94 o 194 L/ha y boquillas abanico plano 11001, turbo teejet 11001 y 11002, ultra-lo-drift 11002, turbo drop 11001 y turbo drop XL, observaron que el glifosato aplicado en un volumen de pulverización de 23 L/ha con boquillas reductoras de deriva proporcionó un control igual al proporcionado por el glifosato aplicado con boquillas estándar de abanico plano. En general, el glifosato aplicado utilizando cuatro tipos de boquillas reductoras de deriva controlaban a *Hordeum vulgare* L., *Triticum aestivum* L. “Ember” y el *Panicum miliaceum* igual al de las boquillas XR aplicadas a 23 o 94 L/ha de volumen de pulverización.

Ramsdale y Messersmith (2001), probaron la eficacia de carfentrazone (contacto) e imazamox (sistémico), con distintos tratamientos. Uno combinando boquillas TeeJet convencional (159 µm), pre orificio calibrado (241 µm) y turbo drop (622 µm), con volúmenes 94 o 190 L/ha. Otro tratamiento fue la combinación de boquillas convencionales y pre orificio calibrado, con volúmenes de 47 o 94 L/ha. El último tratamiento probaron boquillas convencionales (154 µm), pre orificio calibrado (292 µm) o twinjet flat-fan, combinadas con volúmenes de 94 y 190 L/ha. Los autores encontraron que los herbicidas fueron igual o más eficaces, cuando se aplicaron con boquillas reductoras de deriva, en lugar de la boquilla convencional en aproximadamente el 95% de las comparaciones. Las conclusiones a las que arribaron los autores fueron que las boquillas reductoras de deriva proveen una adecuada cobertura y retención para la eficacia de imazamox y carfentrazone.

Resultados de una investigación hecha por Shaw et al. (2000), sobre el herbicida acifluorfen (también herbicida de baja sistemía), trabajando con gotas de DMV de 250, 350 y 450 µm, mostraron que 1 semana luego de la aplicación gotas de 350 µm aplicadas con 56 o 112 L/ha controlaron menos a *Xanthium strumarium* que cualquier otra combinación de volumen y tamaño de gota. Se observó que a las 3 semanas el control fue de 58% cuando se aplicó 112 L/ha con gotas de 250 µm, que fue mejor resultado que cuando se aplicó con ese volumen gotas de 350 µm. Las diferencias en control estuvieron directamente relacionada al tamaño de gota y el volumen utilizado. Sin embargo, obtuvieron con tamaños de gotas de 450 µm similares niveles de control. Por lo que, un

tamaño de gota mayor causa daños localizados mejorando el control con herbicidas de contacto como el paraquat y bentazon, pero gotas menores han sido reportadas como más eficaces con triclopyr y glifosato, explicado por la capacidad de translocación de estos últimos (Gebhardt et al., Prasad, citados por Shaw et al., 2000). Acifluorfen es un herbicida de contacto, por lo que esto explica cómo se obtuvieron similares controles con gotas de 450  $\mu\text{m}$  comparadas con las de 250. Las gotas de 350  $\mu\text{m}$  pueden no haber alcanzado la superficie tan eficientemente como las de 450 y pueden no haber tenido una dispersión uniforme en la superficie de la hoja, resultando en menores eficacias.

Almeida et al. (2016), en experimentación sobre *Eichhornia crassipes*, la cual constaba en probar 3 tamaños de gota (fina, extremadamente gruesa y ultra gruesa) combinado con 2 volúmenes (100 y 200 L/ha) para el herbicida diquat, utilizando un volumen de 100 L/ha lograron densidades menores de gotas solo con las finas. Con este volumen se redujo el porcentaje de cobertura con todas las clases de gotas. La clase fina no difirió con la extremadamente gruesa en la densidad (gotas x  $\text{cm}^2$ ) ni en la cobertura. Las ultra gruesas mostraron menor densidad y cobertura. Con 200 L/ha se obtuvo mejor cobertura con gotas finas en comparación a las extremadamente gruesas y ultra gruesas. Los tamaños de gotas no interfirieron en el control luego de 28 días desde la aplicación.

En el caso de diquat de baja traslocación, los autores no obtuvieron diferencias en la cobertura lograda por los distintos tamaños de gotas y volúmenes, que se explican por características de las plantas. Como conclusión, los investigadores plantean que se puede usar diquat con 100 L/ha con gotas extremadamente gruesas o ultra gruesas logrando un buen control de la maleza. Por el contrario, Souza et al. (2012), encontraron diferencias entre trabajar con gotas de tamaño medias, con las cuales logró mayor deposición de producto que al trabajar con gotas extremadamente gruesas, sin verse diferencias al compararlas con gotas gruesas, utilizando el herbicida 2,4-D amina.

Ramsdale y Messersmith (2001), para el carfentrazone aplicado con boquillas que producen gotas de 241 y 622  $\mu\text{m}$ , encontraron mejores controles en 7 tipos de aplicaciones de un total de 48, al compararla con las convencionales, que dan gotas de 159  $\mu\text{m}$ . Igualmente, cuando se comparó las convencionales contra las otras boquillas, vieron que estas fueron superiores 2 veces en 48 para driftguard (241  $\mu\text{m}$ ) y 3 de 48 para las turbodrop (622  $\mu\text{m}$ ). Para imazamox, con las boquillas que dan gotas más grandes, obtuvieron, en un 95 % de las comparaciones, iguales controles que al utilizar boquillas convencionales.

Carfentrazone aplicado con driftguard (241  $\mu\text{m}$ ) dio, en 22 de 24 comparaciones, igual control de *Helianthus annuus* que cuando se aplicó con twinjet. Similar al imazamox, que aplicarla con las boquillas driftguard (241  $\mu\text{m}$ ) o twinjet dieron igual control o mayor en un 33 de 36 veces.

En experimentación hecha por Etheridge et al. (2001), sobre aplicación de los herbicidas glufosinato, glifosato y paraquat, en *Xanthium strumarium*, combinando

volúmenes de 50 y 100 L/ha con 3 boquillas (AI, RU y XR), encontraron que los controles luego de una semana fueron mayores a 90% con todos los tratamientos, excepto para el glifosato. El tipo de boquilla afectó el control en las tres fechas de evaluación. Para 1 semana post aplicación, boquillas AI y XR mostraron un control de 94% contra un 90% logrado por las RU. El tipo de herbicida también afectó al control, siendo para 1 semana 98% el glufosinato, 96% el paraquat y 84% el glifosato en promedio.

Luego de 2 semanas, también vieron superioridad en control por parte de las boquillas AI y XR (96%) por sobre las RU (93%). Al considerar los efectos en conjunto, tipo de herbicida, tipo de boquilla y volumen aplicado, por lo general los mejores controles se encontraron con boquillas XR, volúmenes de 100 L/ha y los peores controles con 50 L/ha y boquillas RU, excepto para el glifosato. Para el glifosato, el peor comportamiento se logró con boquillas RU y 100 L/ha (91%). Al incrementar el volumen de 50 a 100 L/ha para glufosinato, la eficacia subió de un 92 a 96% y decreció la eficacia del glifosato de 95 a 91%. Sin embargo al utilizar boquillas XR y aumentando el volumen aplicado, significó un aumento de eficacia de 93 a 97% para este último. Boquillas RU producen gotas que son aproximadamente 400% mayores que las que se producen con boquillas XR y mayores gotas resultan en menor área de contacto en la hoja por unidad de volumen que las gotas más chicas (Spillman, citado por Etheridge et al., 2001).

Luego de 3 semanas de la aplicación, todos los herbicidas se comportaron de manera similar con boquillas AI y XR, sin embargo el glifosato tuvo mejor control (94%) que el glufosinato y paraquat (89 y 88% respectivamente) con las boquillas RU. Para el glifosato la eficacia a las 3 semanas fue similar para todas las combinaciones de boquilla y volumen. Glufosinato y paraquat tuvieron los peores controles en esta semana con las boquillas RU y volúmenes de 50 y 100 L/ha respectivamente.

Los mismos autores mencionan que con las boquillas AI y XR, se redujo mayormente la biomasa en comparación con las RU (92 y 93 contra 87%). Estas diferencias las adjudicaron a la variación en las gotas pulverizadas, las RU produjeron un DVM de 650  $\mu\text{m}$ , mientras que las boquillas AI y las XR produjeron un DVM de 475 y 175 respectivamente.

Siguiendo con los resultados de la experimentación de Etheridge et al. (2001), para el caso de *Brachiaria platyphylla*, encontraron que los controles difieren en las 3 fechas evaluadas. Paraquat, glufosinato y glifosato lograron controlar a la semana un 98, 92 y 66 % respectivamente cuando se promediaron todos los factores. El control al utilizar glifosato fue de 88% a las 2 semanas pero fue menor que el de paraquat y glufosinato (98%). Glufosinato y paraquat tuvieron similar control cuando se compara con la misma boquilla, lográndose controles de 95% con boquillas AI y XR, mejores que con la RU (93%). Luego de 3 semanas, el mejor control lo observaron con el paraquat (97%), seguido del glufosinato (95%) y por último con el glifosato (88%). El glifosato fue menos eficaz que los otros herbicidas independientemente del tipo de boquilla cuando se promedió sobre el volumen de aplicación. El control con glufosinato y paraquat fue similar con

cualquier boquilla, a excepción de las RU, donde el paraquat fue más efectivo que el glufosinato. El análisis estadístico indicó que el tamaño de gotas estuvo correlacionado negativamente con la performance de glufosinato y paraquat, indicando que la efectividad del herbicida decrece a medida que se hace mayor el VMD. Esto ocurrió para el caso de *Xanthium strumarium* al utilizar paraquat, ya que para *Bracharia platyphylla* no hubo correlación. No se encontraron diferencias en el control al utilizar boquillas AI o XR.

Estos últimos resultados para *Bracharia platyphylla*, se manifestaron también en trabajos realizados por Creech et al. (2015a), al evaluar diferencias en control con lactofen, encontraron que no habían diferencias al utilizar boquillas de rango extendido (XR) o al utilizar las de aire inducido (AI), aun cuando se logró mejor cobertura con las de rango extendido, siendo las gotas expulsadas por las boquillas XR caracterizadas como finas y las AI como muy gruesas.

#### 2.4. EFECTOS AMBIENTALES EN LA DEPOSICIÓN

Experimentos realizados por Hatterman-Valenti et al. (2011) muestran cómo afectan la temperatura, la humedad del suelo e intensidad de luz, la composición química de las hojas en *Abutilon theophrasti*, así como el efecto del uso de adyuvantes, en la deposición y absorción de acifluorfen y bentazon, dos herbicidas de contacto.

Plantas de *Abutilon theophrasti* creciendo bajo condiciones de sequía o baja temperatura tienen mejor deposición de herbicida en la epicutícula que las que crecen en ambientes de mayor temperatura y suelo a capacidad de campo, siendo esta deposición un 50% y 80% mayor.

A medida que disminuye la intensidad, la absorción por parte de las plantas aumenta, explicándose por una epicutícula menor. Un incremento en la cera epicuticular ha sido mostrado para reducir la radiación neta que llega al canopeo, así como para regular la transpiración cuticular y así mejorar el uso del agua (Blum, Jefferson et al., Sanchez et al., citados por Hatterman-Valenti et al., 2011). Condiciones de altas temperaturas y estrés por sequía, indujeron al incremento en el contenido de hidrocarburos como un mecanismo de defensa para conservar agua en la planta.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se realizó en una pradera vieja, compuesta por varias especies introducidas y varias malezas, en la Facultad de Agronomía, en el potrero 7B perteneciente a la EEMAC (Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni), ubicada en el departamento de Paysandú.

#### 3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL Y DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

El diseño utilizado fue de bloques completamente al azar con 3 repeticiones, con un tamaño de parcela de 30 por 30 m.

Los tratamientos correspondieron a la combinación de 3 volúmenes de caldo, 50, 80, y 110 L.ha<sup>-1</sup>, con dos tamaños de gotas: fina y muy gruesa (ASABE, 2006). Los mismos fueron realizados con dos tipos de boquilla, una de abanico plano (XR) y otra de aire inducido (AI). Con estos dos tipos de boquilla se obtuvieron los dos tamaños de gotas, mientras que con la presión y velocidad de trabajo se reguló para el volumen deseado.

Las condiciones operativas que se utilizaron para lograr los tratamientos antes descritos se detallan en el cuadro 1.

Cuadro No. 1. Descripción de los tratamientos

Volumen (L.ha <sup>-1</sup> )	Tamaño gota*	Boquilla	Presión de trabajo (bar)	Velocidad de trabajo (km.h <sup>-1</sup> )
50	F	XR 110015	2	16
	EG	TTI 110015	2	16
80	F	XR 11003	2,5	17
	EG	AI 11003	2,5	17
110	M	XR 11004	2,6	17
	EG	AI 11004	2,6	17

\* Tamaños según catalogo teejet: F (fina); M (media); EG (extremadamente gruesa); MG (muy gruesa)

### 3.3. METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN

La aplicación fue realizada el 10/10/2016. El equipo con que se realizó fue una pulverizadora terrestre autopropulsada marca Pla (MAP II 3500), con ancho operativo de 30 m, con una distancia entre boquillas de 0.5 m, con capacidad de 3500 litros en el tanque.

Los tratamientos fueron evaluados con la aplicación del herbicida paraquat (dicloruro de 1,1'-dimetil-4,4'-bipiridilo) a una dosis de 2 L.ha<sup>-1</sup> de producto comercial. Para la cuantificación de la cantidad de producto pulverizado en las hojas de las distintas especies se agregó al caldo el colorante azul brillante, a razón de 400 g/ha. Si bien el objetivo era igual cantidad de azul en cada aplicación, luego se midió en espectrofotómetro la cantidad real y se corrigió para cada aplicación. En el cuadro siguiente se presenta la evaluación real de azul para cada volumen de aplicación.

Cuadro No. 2. Correcciones de azul de caldo

Volumen (L.ha <sup>-1</sup> )	ppm muestra diluida	ppm azul real en caldo	Azul que debería tener	% de diferencia
50	4.1929134	8385.8268	8000	+ 4.8
80	4.8942192	4894.2192	5000	- 2.2
110	3.8273391	3827.3391	3636	+ 5.3

### 3.4. DETERMINACIONES DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS DURANTE LA APLICACIÓN

Al inicio de cada tratamiento se midió la temperatura ambiente, la humedad relativa y la velocidad del viento, como muestra el cuadro 3.

Cuadro No. 3. Condiciones meteorológicas promedio durante el experimento

Volumen (L.ha <sup>-1</sup> )	Hora	Temperatura (°C)	HR (%)	Viento (km.h <sup>-1</sup> )
50 L	10:30	22.2	38	2.2
80 L	10:45	23.9	37	1.9
110 L	10:55	22.5	38.6	2.1

### 3.5. DETERMINACIONES DE LA POBLACIÓN DE GOTAS

Para la determinación de la población de gotas se colocaron 8 tarjetas hidrosensibles, por cada tratamiento. Estas fueron colocadas en forma estratégica para representar la aplicación.

Este método de estudio de la población de gotas consiste en la utilización de papeles hidrosensibles, cuya superficie amarilla se vuelve azulada cuando reacciona con las mismas. Dicho cambio de color se debe a la reacción ocurrida por la ionización del bromophenol y gracias a ello es que se puede tener un registro de las gotas.

Luego de la aplicación, las tarjetas fueron recolectadas y agrupadas de acuerdo a cada tratamiento para ser escaneadas y luego procesadas con ayuda de un programa informático, CIR 1.5, el cual analiza las distintas imágenes de las tarjetas y determina las características poblacionales de las gotas, como el diámetro volumétrico mediano o la amplitud relativa, permitiendo determinar la calidad de las aplicaciones.

### 3.6. DETERMINACIONES DE LA DEPOSICIÓN DE PRODUCTO SOBRE PLANTAS

Una vez terminada la aplicación, y de esperar media hora para que secase lo pulverizado, se colectaron 20 plantas de cada especie al azar por repetición, determinando un total de 60 plantas de cada especie por tratamiento. Las plantas fueron colocadas individualmente en bolsas de nylon, cada una con su correspondiente identificación, para luego ser llevadas al laboratorio y lavadas con agua destilada; *Conyza bonariensis*, *Stipa sp.* y *Bromus sp.* se lavaron con 60 mL y *Medicago sativa* se lavó con 30 mL. La solución resultante fue guardada para determinar su absorbancia en un espectrofotómetro marca UNICO, en longitud de onda del colorante, 630 nm. Las plantas luego de lavadas fueron colocadas en una estufa para su secado a 60°C y fueron pesadas.

La realización de las curvas de calibración con concentraciones de azul brillante conocidas en el espectrofotómetro, permitió ajustar los datos obtenidos y estimar cantidades depositadas de producto, las cuales se expresaron en ppm/g de materia seca (MS). La ecuación de la curva de ajuste fue Azul:  $y=7.4607 \times \text{absorbancia}$ .

### 3.7. DETERMINACIONES DE CONTROL EN MALEZAS

Para la determinación del control de malezas, el método que se utilizó fue el visual, en el cual se evaluó el nivel de control (proporción de plantas con síntomas visibles en relación al total de la parcela) y se relacionó con la proporción del tejido afectado por el herbicida en la planta, esto para cada especie de interés y en diferentes momentos luego de su aplicación. Los controles fueron realizados al tercer día (13/10), el segundo a la semana (17/10) y por último a los 14 días (24/10).

### 3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables cantidad de azul brillante expresado en ppm de producto por gramo de MS fueron analizados siguiendo el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + L_i + H_j + (LH)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = Variable aleatoria observable

$\mu$  = Media general.

$\beta_k$  = efecto del k-ésimo bloque

$L_i$  = Efecto del i-ésimo volumen

$H_j$  = Efecto del j-ésimo tamaño de gota

$(LH)_{ij}$  = Interacción entre volumen y tamaño de gota

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa INFOSTAT. Las medias de ppm de producto por gramo de MS fueron comparadas usando el test de Tukey. Todos los datos fueron comparados con un 5% de significancia.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1. CARACTERIZACIÓN DE POBLACIÓN DE GOTAS DE CADA TRATAMIENTO

El análisis estadístico realizado sobre las tarjetas hidrosensibles fue hecho para cada parámetro individual. Estos son diámetro volumétrico mediano (DV0.5), amplitud relativa (AR) y la densidad de impactos por superficie (impactos/cm<sup>2</sup>).

Cuadro No. 4. ANAVA parámetros descriptivos población de gotas

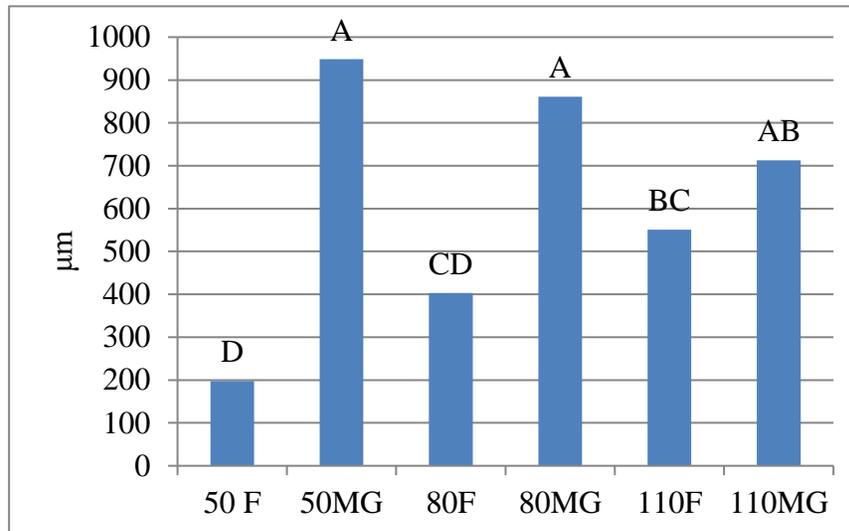
	DV 0,5	AR	Densidad impactos
Fuente de variación	p-valor		
Volumen	0,5023	0.0002	0.0689
Tamaño de gota (TG)	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Volumen x TG	<0,0001	0.4658	0.1927

DV 0.5 (diámetro volumétrico mediano); AR (amplitud relativa)

En el DV 0,5 tanto el tamaño de gota como la interacción volumen x tamaño de gota presentó significancia, en la amplitud relativa (AR) se detectó efecto de los factores principales, sin verse efecto por parte de la interacción, mientras que para la densidad de impactos solo se vio un efecto por parte del tamaño de gota utilizado.

Como era de esperarse, en el gráfico de la figura 1, se observa que los DV0.5 mayores corresponde a las aplicaciones realizadas con boquillas de aire inducido, viéndose que a menores volúmenes de aplicación, mayor es su diferencia con respecto a las de abanico plano. El mayor DV0.5 (948) se obtuvo con volumen de 50 L/ ha y con boquilla de aire inducido (gota muy gruesa), mientras que los menores DV0.5 (198  $\mu$ m) fueron aplicados con el mismo volumen y con boquillas tipo abanico plano (gota fina).

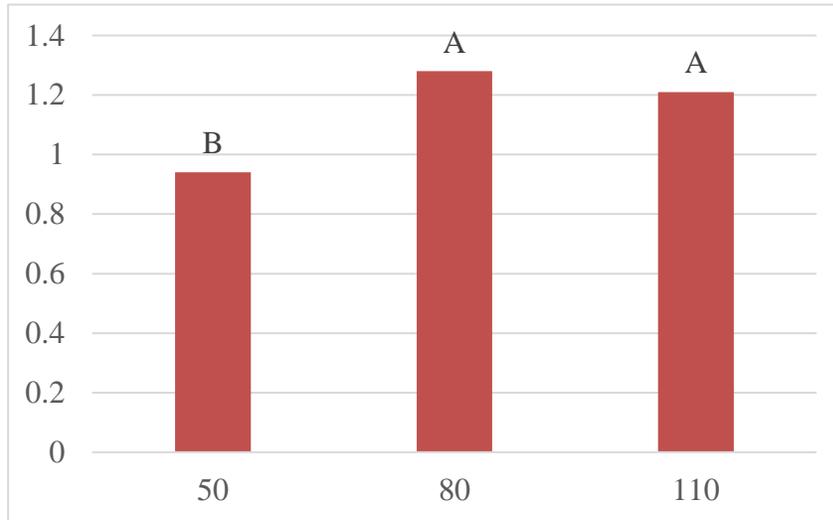
Los tratamientos de gotas muy gruesas, no presentaron diferencias significativas en el DV0.5, como era esperable y deseado. En el caso de las gotas finas, los resultados indican que solo el tratamiento de 50 L logró obtener ese tamaño de gota, los restantes fueron gotas gruesas y muy gruesas, según la clasificación de la norma ASAE S-572. Esto en parte explicado porque en las tarjetas, impactos tan pequeños, se juntan y el programa los cuenta como único impacto siendo que pueden ser varios superpuestos.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). F (fina); MG (muy gruesa).

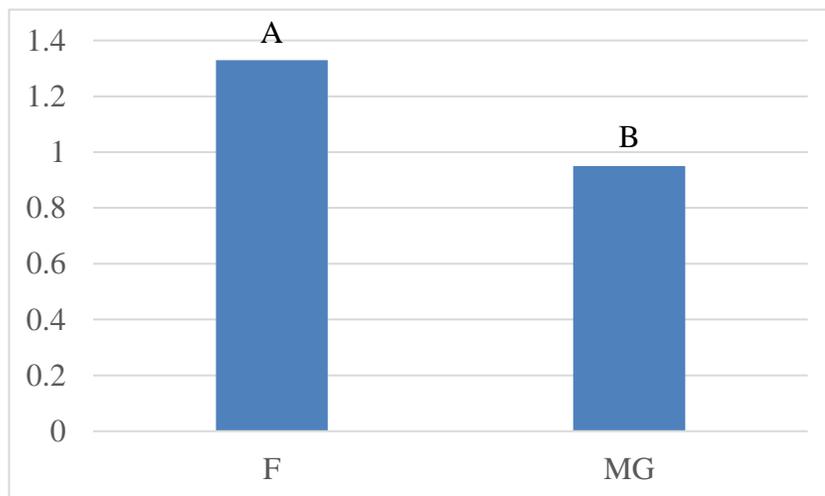
Figura No. 1. Diámetro mediano volumétrico de cada tratamiento

Como se puede ver en los gráficos de las figuras 2 y 3, en las cuales se presentan las distintas AR para volumen y tamaño de gota respectivamente, cuando se trabajó con volúmenes de 80 y 110 L/ha, se registraron valores similares, cercanos a 1,2, mientras que con 50 L/ha el valor, significativamente diferente a los anteriores, fue de 0,94. Al centrarse en el tamaño de gota, la gota fina registro un valor de 1,33, mientras que la gota muy gruesa presento un valor de 0,95. Esto marca una diferencia en cuanto a la variabilidad en cuanto a la población de gotas dadas por las distintas boquillas y volúmenes, tendiendo a ser más uniforme cuando se utilizó 50 L/ha y con la boquilla AI.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

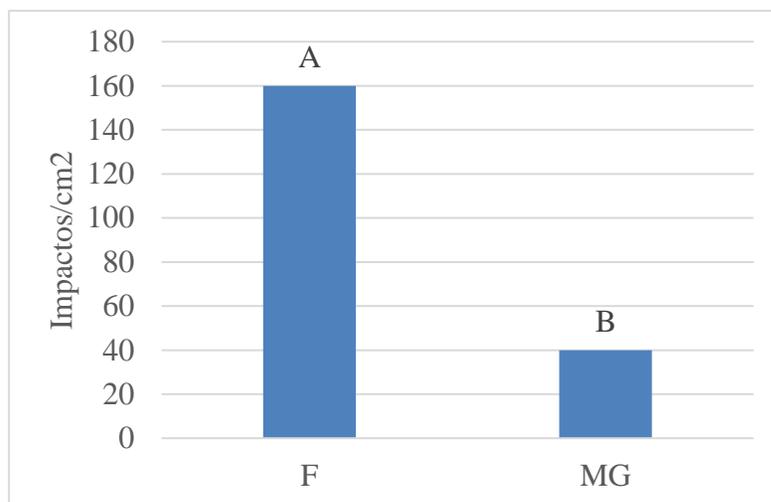
Figura No. 2. Amplitud relativa según volumen



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Figura No. 3. Amplitud relativa según tamaño de gota

Como se puede ver en el gráfico de la figura 4, la mayor densidad de impactos se obtuvo al utilizar boquillas de abanico plano (gota fina), registrándose cerca de 160 impactos/cm<sup>2</sup> mientras que cuando se utilizó la boquilla de aire inducido (gota muy gruesa), fueron registrados en promedio cerca de 40 impactos/cm<sup>2</sup>.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Figura No. 4. Densidad de impactos promedio (impactos/cm<sup>2</sup>) según tamaño de gota

#### 4.2. ESTUDIO DE DEPOSICIÓN DEL TRAZADOR Y CONTROL

El análisis estadístico de la cantidad de producto que llegó a cada especie de malezas y el nivel de control se presenta para cada especie independientemente, considerando volumen, tamaño de gota y la interacción volumen por tamaño de gota. El análisis estadístico del control realizado por el producto frente a las malezas problema, fue hecho en base a la combinación de volumen con tamaño de gota, para cada especie en particular y teniendo en cuenta las distintas fechas de evaluación (3, 7 y 14 días post-aplicación -DPA-). Las diferencias significativas mostradas son entre tratamientos, mientras que el porcentaje de control es para cada fecha de evaluación.

##### 4.2.1. Deposición y control de *Bromus sp.*

En el cuadro 5, se presentan los datos de los análisis de varianza para *Bromus sp.*, tanto para la deposición, para la cual se observa que existieron efectos de la interacción y del volumen de aplicación. En el caso del control solo hubo interacción en la evaluación de los 7 DPA, a los 14 DPA no hubo efecto de ninguno de los factores estudiados.

Cuadro No. 5. ANAVA para deposición y control de *Bromus sp.*

	Deposición	Control 3 DPA*	Control 7 DPA	Control 14 DPA
Fuente de variación	p- valor			
Volumen	<0,0001	<0,0001	0,0878	0,6186
Tamaño de gota (TG)	0,1397	0,1343	0,006	0,1827
Volumen x TG	<0,0001	0,5231	0,0208	0,6186

\*DPA: días post- aplicación

Como se puede ver en el cuadro 6, las mayores deposiciones ocurrieron para los tratamientos de 110 L/ha independiente del tamaño de gota. Para el único volumen que hubo ventajas en la gota gruesa fue para el menor. Si se analiza el comportamiento dentro de cada tamaño de gota, en el caso de la gota fina, el depósito en planta fue mayor para el volumen mayor. Es clara la asociación entre la mayor deposición con el aumento de volumen de aplicación, situación que no acompaña la gota muy gruesa. Este resultado no fue observado por Souza et al. (2012), donde no encontraron diferencias en la cobertura lograda al analizar el efecto en conjunto (volumen x tamaño de gota), pero si obtuvieron mayores depósitos al trabajar con menores volúmenes; además, al trabajar con un menor tamaño de gota, resultó en una mayor deposición de producto. Hay que aclarar que los autores trabajaron con gotas medias, gruesas y extremadamente gruesas, obteniendo los mayores depósitos con las medias y sin diferencias entre gruesas y extremadamente gruesas.

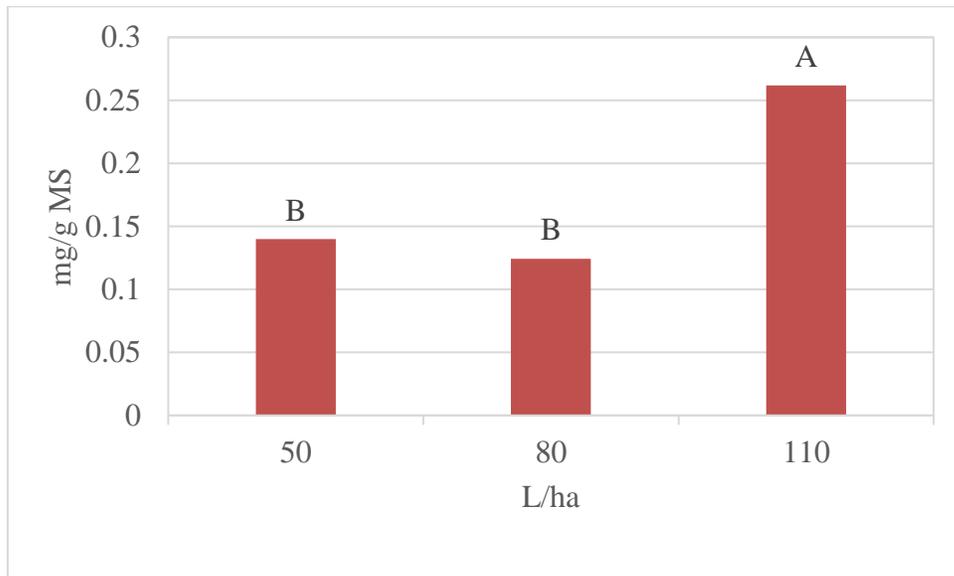
Cuadro No. 6. Cantidad de trazador (mg/g materia seca) de *Bromus sp.* para la variable volumen por tamaño de gota

Volumen (L/ha)	Tamaño de gota	
	Fina	Muy Gruesa
50	0.0515 Bb	0.2281 Aa
80	0.1334 Ab	0.1150 Ab
110	0.3003 Aa	0.2235 Aa

Medias con letras mayúsculas comparan dentro de volumen de aplicación y minúsculas dentro de tamaño de gota ( $p < 0,05$ ).

Al analizar el efecto de volumen por sí solo, en el gráfico de la figura 5 se observa la superioridad de la deposición para los 110L/ha, que fue de más del 50% con respecto a los volúmenes inferiores. Similar resultado fue el que obtuvieron Tomazela et al. (2006), donde observaron que los mayores depósitos de caldo fueron dados al utilizar los volúmenes más altos de pulverización, aunque esto significara una menor eficiencia a la hora de la aplicación ya que del total pulverizado, al aumentar el volumen de caldo, cada vez fue menos la cantidad de caldo que quedaba en la planta. Cabe destacar que los

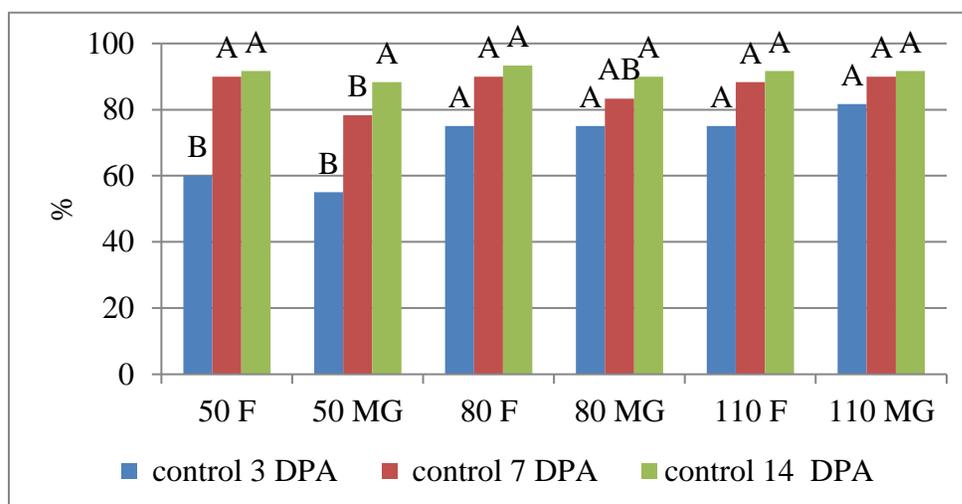
volúmenes aplicados por estos autores fueron mucho mayores a los de este experimento, la menor aplicación fue de 57,37 llegando hasta 1147, 57 L/ha.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Figura No. 5. Cantidad de trazador en plantas de *Bromus sp.*, para la variable volumen

Con respecto al control de la especie, en la única evaluación que hubo interacción volumen de aplicación y tamaño de gota fue para la evaluación a los 7 DPA, lo que se observa en el cuadro 5. En el gráfico de la figura 6 se presenta la evolución del control, a los 3 DPA los tratamientos que lograron un menor control fueron al aplicar con volúmenes de 50 L/ha, el cual fue cercano al 60%, siendo indiferente el uso de los distintos tamaño de gotas, mientras que los restantes tratamientos lograron controles de un 75% aproximadamente. A los 7 DPA, el menor control (78%) ocurrió cuando se utilizó el volumen de 50 L/ha y un tamaño de gota muy gruesa, diferente a todos los tratamientos exceptuando al de 80 L/ha y mismo tamaño de gota, mientras que los superiores lograron controles en torno al 90%. A los 14 DPA se ve que las distintas combinaciones no presentaron diferencias significativas. Los niveles de control vistos en la última instancia de evaluación fueron muy buenos, superando el 90% para casi todos los tratamientos. Al comparar estos resultados con los obtenidos por Bueno et al. (2013), se observa que los mismos son similares, ya que los autores no encontraron un aumento en el control al ir aumentando el volumen aplicado al trabajar con glifosato, con volúmenes de 30, 60 y 150 L/ha. Sin embargo, para la primera fecha de evaluación si hubo un efecto en el aumento de volumen. Hay que destacar que los autores estudiaron un producto sistémico y este estudio corresponde a uno de contacto.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ), comparación en cada fecha de evaluación. F (fina); MG (muy gruesa).

Figura No. 6. Medias de % control para la especie *Bromus sp.* según tratamiento

#### 4.2.2. Deposición y control *Medicago sativa*

El ANAVA del cuadro 7, muestra que existió un efecto de la interacción volumen y volumen por tamaño de gota en la deposición y para el control a los 7 DPA, mientras que se diluyen esos efectos en el control a los 14 DPA, no detectándose efecto de ninguno de los factores en el nivel de control.

Cuadro No. 7. ANAVA para deposición y control de *Medicago sativa*

	Deposición	Control 3 DPA	Control 7 DPA	Control 14 DPA
Fuente de variación	p-valor			
Volumen	0,2005	<0,0001	0,0004	0,4719
Tamaño de gota (TG)	0,7542	0,0233	0,0687	0,0989
Volumen x TG	0,0107	0,0878	0,0467	0,4719

\*DPA: días post- aplicación

El tratamiento con el cual se logró la mayor deposición, en el cuadro 8, fue con 80 L/ha, utilizando la boquilla de abanico plano, gota fina, para el cual se obtuvo 0.3358 mg/g MS de la maleza y con diferencia significativa de la deposición con la gota gruesa para ese volumen. En relación al volumen que determinó mayor deposición para la gota fina fueron los más elevados, sin diferencias entre ellos y sí los 80 L/ha aportó una deposición superior a los 50L/ha. A pesar de que las plantas se encontraban bastante expuestas, no se logró buena deposición con bajos volúmenes y gota fina. En el caso de

la gota gruesa no hubo diferencias para los distintos volúmenes de aplicación estudiados. Contrariamente a lo que es el convencimiento de muchos productores y lo que sería la cantidad de gotas generadas, la cantidad de producto que realmente llega cuando se utiliza bajos volúmenes es menor con gotas finas, recordando incluso, que en este estudio las condiciones meteorológicas no fueron limitantes.

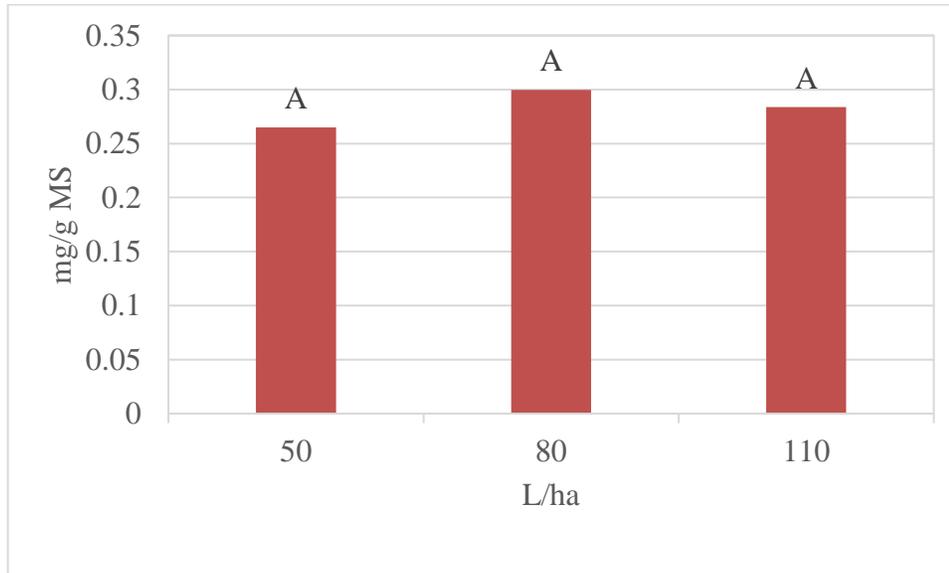
Al respecto, Almeida et al. (2016), en estudios con diquat, lograron densidades menores de gotas solo con el menor volumen estudiado por ellos (100 L/ha) y la clase de gota fina, similar al de este experimento, donde la menor deposición se dio con el menor volumen evaluado y la clase fina.

Cuadro No. 8. Cantidad de trazador (mg/g materia seca) de *Medicago sativa* para la variable volumen por tamaño de gota

Volumen (L/ha)	Tamaño de gota	
	Fina	Muy Gruesa
50	0.2451 Ab	0.2845 Aa
80	0.3358 Aa	0.2638 Ba
110	0.2748 Aab	0.2926 Aa

Medias con letras mayúsculas comparan dentro de volumen de aplicación y minúsculas dentro de tamaño de gota ( $p < 0,05$ ).

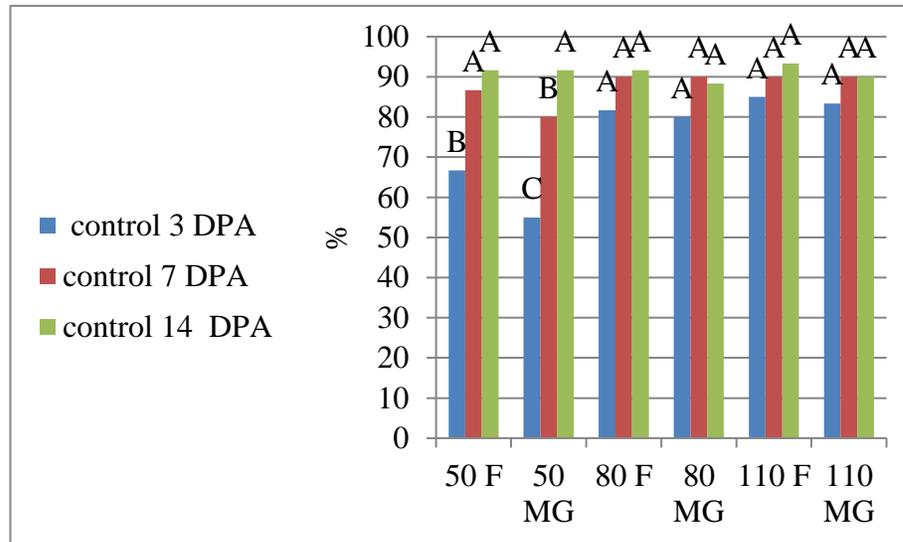
En la figura 7 se puede ver como con el menor volumen (50 L/ha), la deposición fue 12% menos que cuando se utilizó 80 L/ha, y aunque sin diferencias estadísticas la tendencia es clara a menor deposición con menor volumen. Contrariamente, lo reportaron Souza et al. (2001), donde al utilizar 2,4-D amina, con 80 L/ha obtuvieron mayor deposición de la pulverización por sobre 130 L/ha.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Figura No. 7. Cantidad de trazador en plantas de *Medicago sativa*, para la variable volumen

El análisis estadístico del control realizado por el herbicida en *Medicago sativa* muestra una tendencia similar al control realizado sobre el *Bromus sp.* Se puede ver en el gráfico de la figura 8, que el control a los 3 DPA fue menor al utilizar 50 L/ha con un tamaño de gota muy gruesa (55% de control), seguido por el mismo volumen pero con tamaño de gota fina (67 % de control). A medida que se aumentan los volúmenes aplicados, no existieron diferencias significativas para dicha fecha de evaluación, siendo los niveles de control en torno al 80%. En la siguiente evaluación, 7 DPA, se ve que la única diferencia fue para los 50 L/ha con un tamaño de gota muy gruesa (80% de control), siendo similares los porcentajes de control para el resto de los tratamientos, cercanos al 90% para casi todos los casos. En la última fecha todos los tratamientos mostraron buenos índices de control, siendo estos en torno al 90 %. Almeida et al. (2016), encontraron mayores controles al utilizar mayor volumen, comportamiento que fue corroborado para la primera fecha de evaluación. A los 14 DPA se ven controles similares para todos los tratamientos, superando el 90 % de control.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ), comparación en cada fecha de evaluación. F (fina); MG (muy gruesa)

Figura No. 8. Medias de % control para la especie *Medicago sativa* según tratamiento

#### 4.2.3. Deposición y control *Conyza spp.*

En *Conyza spp.* la deposición presentó diferencias solo para el factor volumen de aplicación. Mientras que en el nivel de control, hubo efecto de la interacción a los 7 y 14 DPA, como se observa en el cuadro 9.

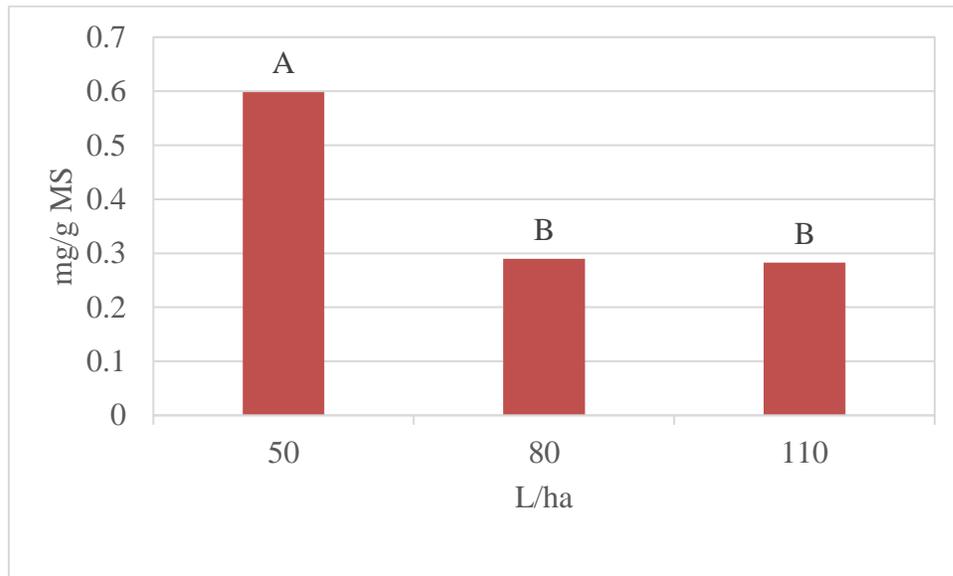
Cuadro No.9. ANAVA para deposición y control de *Conyza spp.*

	Deposición	Control 3 DPA	Control 7 DPA	Control 14 DPA
Fuente de variación	p- valor			
Volumen	<0,0001	0,0111	0,0017	0,0001
Tamaño de gota (TG)	0,1065	0,0378	0,0027	0,0028
Volumen x TG	0,3624	0,2933	0,0304	0,015

\*DPA: días post- aplicación

Analizando el volumen de aplicación (figura 9) se observa que al utilizar 50 L/ha, se obtuvieron depósitos de 0,6 mg/g MS de la maleza, valor que difiere significativamente de los otros volúmenes utilizados. Esto significó más de un 50% más de deposición que cuando se utilizó 80 o 110 L/ha. Este resultado no es acorde a los encontrados por Bueno et al. (2014), donde no vieron diferencias en la deposición al evaluar volúmenes que iban de 30 a 150 L/ha. Este resultado llama la atención ya que para todas las especies se

lograron mejores depósitos con volúmenes mayores, sin encontrar una explicación lógica para el resultado obtenido.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Figura No. 9. Cantidad de trazador en plantas de *Conyza spp.*, para la variable volumen

El tipo de gota también no presentó diferencias significativas, aunque el utilizar gotas finas (gráfico de la figura 10), determinó 20% más depósitos del producto sobre la maleza. Mismo resultado fue el obtenido por Creech et al. (2015a), donde obtuvieron mejor cobertura con boquillas de rango extendido por sobre las de aire inducido. Los mejores resultados en la deposición a favor de las gotas finas pueden deberse a la localización y tamaño de las plantas, siendo que estas presentaban un bajo estado de desarrollo y quedaban “protegidas” por las demás especies que formaban la pastura y quizás con gotas finas se pudo llegar a los estratos más bajos.

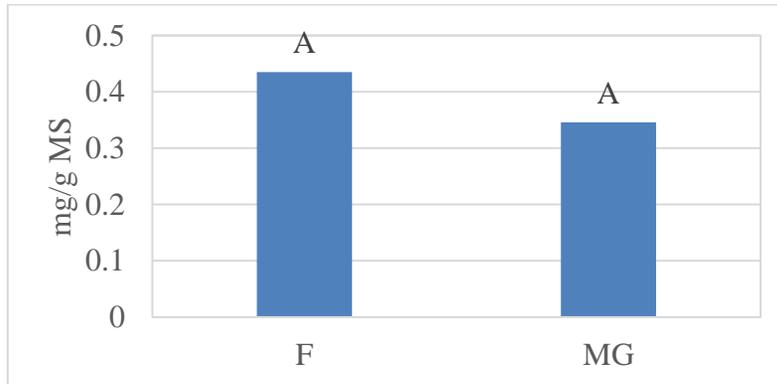
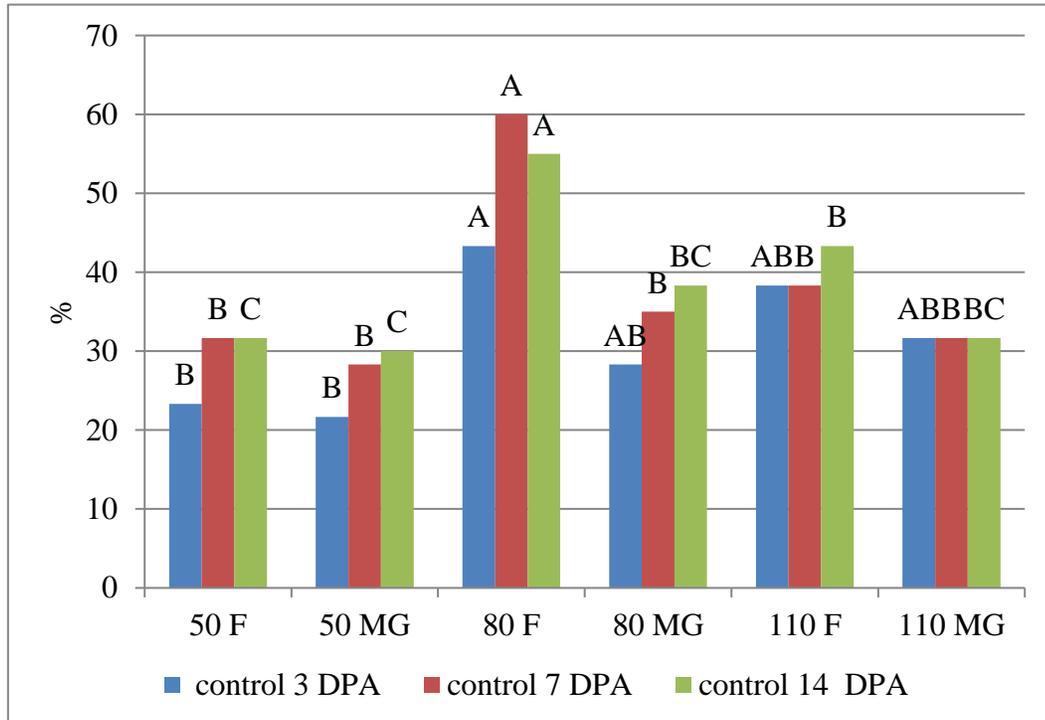


Figura No. 10. Cantidad de trazador en plantas de *Conyza spp.*, para la variable tamaño de gota

Los niveles de control logrado se ven modificados según el tratamiento realizado. A los 3 DPA, el mejor control se dio con un volumen de 80 L/ha y un tamaño de gota fina (43 %), siendo este superior solamente al tratamiento de volúmenes de 50 L/ha, sin importar el tamaño de gota (20 % control aproximadamente). Lo mismo paso en la segunda fecha de evaluación, en la cual se vio una superioridad bien marcada para el tratamiento de 80 L/ha y gotas finas (60 % de control), por sobre los demás tratamientos, sin identificarse diferencias entre ellos, los cuales lograron un control cercano a 35 %. Al evaluar el control en la última fecha, se siguió viendo la misma tendencia, con el mejor control logrado con 80 L/ha y un tamaño de gota fina (55 %), viéndose que los peores controles se lograron con 50 L/ha, independiente del tamaño de gota utilizado (30%). Similares resultados obtuvieron Etheridge et al. (2001), donde los mejores controles fueron al trabajar con tamaños de gotas menores y volúmenes mayores, luego de 2 semanas de aplicación, siendo los VMD de las boquillas de 475 y 175. Sin embargo los autores mencionan que 3 semanas luego de la aplicación, todos los herbicidas se comportaron de manera similar, algo que no se constató en el presente ensayo para esta especie.

Como se puede ver, existe una disminución (aunque no significativa) en el control para 80 L/ha y tamaño de gota fina entre la segunda y tercera fecha evaluada, lo cual puede ser explicado por el rebrote de ciertas plantas. Por último resta decir que para esta especie, los niveles de control fueron de medios a bajos (55 % de control logrado con el mejor tratamiento en la última fecha de evaluación), dado por la localización de las plantas al momento de la aplicación, donde muchas de las plantas de *Conyza spp.* se encontraban con un estado de desarrollo no muy avanzado, quedando protegidas por las otras especies que componían el enmalezamiento, que estaban bien desarrolladas.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ), comparación en cada fecha de evaluación. F (fina); MG (muy gruesa).

Figura No. 11. Medias de % control para la especie *Conyza spp.* según tratamiento

#### 4.2.4. Deposición y control *Stipa sp.*

Para esta especie, como se observa en el cuadro 10, no hay interacción entre los factores volumen de aplicación y tamaño de gota, solo hay efecto para tamaño de gota.

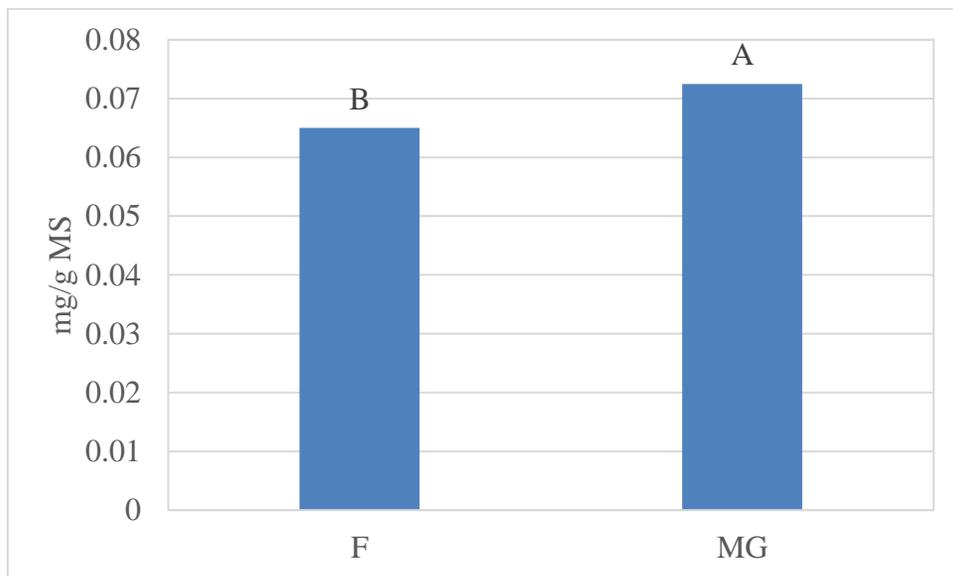
Cuadro No. 10. ANAVA para deposición y control de *Stipa sp.*

	Deposición	Control 3 DPA	Control 7 DPA	Control 14 DPA
Fuente de variación	p-valor			
Volumen	0,0751	<0,0001	0,0013	0,0215
Tamaño de gota (TG)	0,0406	0,0011	0,0007	0,0022
Volumen x TG	0,4428	0,2621	0,2942	0,2374

\*DPA: días post- aplicación

Comparando la deposición lograda por ambos tamaños de gota, la cual se muestra en la figura 12, se observa que la misma fue mayor al utilizar el tamaño de gota muy gruesa, independientemente del volumen utilizado. Esta superioridad es alrededor de un 11%. Estos resultados coinciden con los de Ramsdale y Messersmith (2001), quienes

concluyeron que las boquillas reductoras de deriva aseguran una adecuada cobertura para el carfentrazone, herbicida de tipo de acción de contacto, al igual que el herbicida evaluado en este experimento y en este caso la maleza estaba completamente expuesta y no protegida como el caso de la maleza anterior. El mayor depósito a favor de las gotas muy gruesas, se supone pueda ser debido a que, al ser esta especie de láminas bastante finas, a la hora de interceptar las gotas las de menor tamaño pueden haber escapado al contacto con las plantas, mientras que las gruesas puedan haber tenido mayores chances de realizar un contacto con estas.



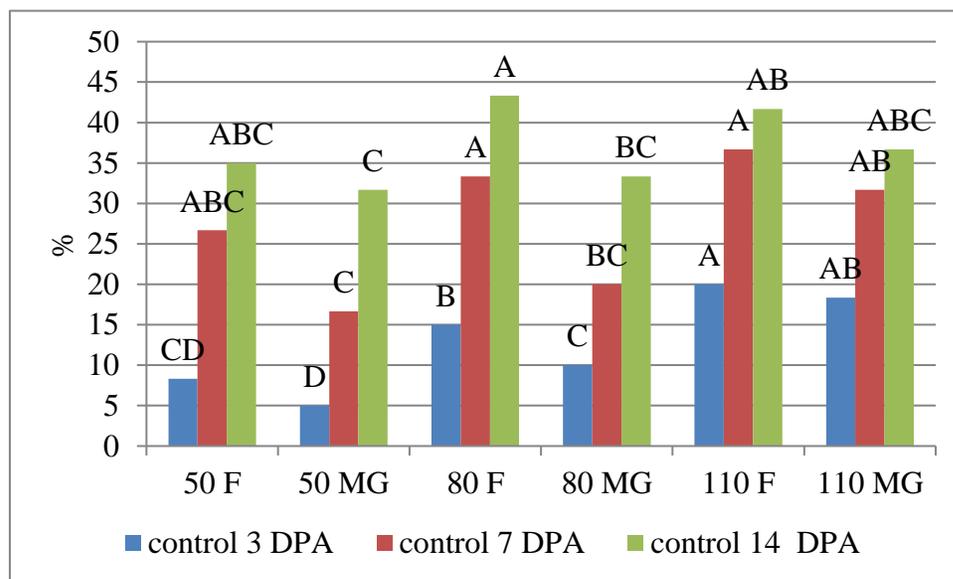
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ). F (fina); MG (muy gruesa).

Figura No. 12. Cantidad de trazador en plantas de *Stipa sp.*, para la variable tamaño de gota

Los niveles de control en la primera fecha de evaluación fueron relativamente bajos (gráfico de la figura 13), aunque hubo una evolución a mejor control en fechas sucesivas. A los 3 DPA, el mejor control fue obtenido al utilizar 110 L/ha de caldo, con un tamaño de gota fina (20 %), siendo similar al utilizar mismo volumen pero un tamaño de gota muy gruesa, mientras que los peores controles se lograron con 50 L/ha, independientemente del tamaño de gota utilizado (entre 5 y 8 %). La evolución a los 7 DPA, muestra que el peor control se dio con 50 L/ha y un tamaño de gota muy gruesa (16%) y los mejores controles se dieron con 80 y 110 L/ha y un tamaño de gota fina, cercanos a 35 %, sin diferenciarse significativamente de utilizar 50 L/ha y gotas finas o 110 L/ha y gotas gruesas. Pasando a los 14 DPA, se observó que los peores porcentajes de control se dan con 50 L/ha y un tamaño de gota muy gruesa (30% aproximadamente) y el mejor con 80 L/ha y gota fina (43 %), aunque este último no presentó diferencias significativas cuando se trabajó con 50 L/ha y gotas finas o 110 L/ha con cualquier tamaño

de gotas. Dichos resultados no coinciden del todo con los reportados por Ramsdale et al. (2003), donde para el glifosato, observaron un control similar al utilizar boquillas reductoras de deriva y boquillas estándar, tanto al utilizar 23 o 94 L/ha, siendo que el resultado de este experimento muestra diferencias en el control dadas no solo por el volumen sino también por el tipo de boquilla utilizado, situación que se manifestó sobre todo en las 2 primeras fechas de evaluación.

Los controles para esta especie fueron intermedios (nunca se pasó el 45 % de control) y se supone tiene relación a la arquitectura de las plantas, que no favorecen la intercepción del herbicida, ya que la disposición de las hojas no es tan perpendicular a la pulverización y además las mismas no son muy anchas.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Figura No. 13. Medias de % control para la especie *Stipa sp.* según tratamiento

A modo de resumen de resultados, para *Bromus sp.* y *Medicago sativa* hubo interacción de los factores volumen de aplicación y tamaño de gota en la deposición. En el caso del *Bromus sp.* con gotas finas, la mayor deposición se dio para el volumen de 110 L/ha, en las gotas gruesas no hubo diferencias para los 3 volúmenes de aplicación. Mientras que en *Medicago sativa*, en el único volumen que hubo diferencias en tamaño de gota fue en los 80L/ha, donde la deposición fue superior con la gota fina. En ambas especies transcurridos 14 días luego de la aplicación, todos los tratamientos presentaron igual comportamiento, llegando a niveles de control en torno al 90%.

En la especie *Conyza* spp., no hubo efecto de la interacción y sí del factor volumen de aplicación, siendo mayor la deposición dio con 50 L/ha, mientras que el trabajar con 80 o 110 L/ha se logró igual deposición. Con respecto al tamaño de gota no hubo diferencias, solo una tendencia a mayor deposición con gota fina. Cabe destacar que las condiciones de aplicación fueron las adecuadas para el comportamiento de estas gotas, ya que las condiciones no fueron propicias para la ocurrencia de deriva. En cuanto al control, luego de 14 días los mismos fueron de medias a bajos, siendo entre un 30 y 55 %. El mayor control se logró para el tratamiento de 80 L/ha y tamaño de gota fina.

En cuanto a la deposición para la especie *Stipa* sp., el único factor que presentó diferencias en cuanto a la deposición fue el tamaño de gota, siendo mayor para la gota muy gruesa. El mayor control ocurrió para 110 L/ha, independientemente del tamaño de gota, registrando valores cercanos a 43%.

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados de deposición de producto variaron dependiendo de la especie en cuestión y de las características del tapiz vegetal. Dados los resultados, se concluye que se puede trabajar con gotas de tamaño muy gruesa, por sobre las gotas finas, sin esperar grandes variantes entre deposición y control de las especies. En las condiciones de este estudio, se puede concluir que para productos de contacto, como lo es paraquat, sería favorable trabajar con volúmenes mínimos de 80 L/ha.

## 6. RESUMEN

El sector agrícola ha experimentado en Uruguay un constante crecimiento, dado por la favorable relación de precios y la fuerte inversión en el sector de empresas nacionales e internacionales, situación que ha llevado al aumento de uso de agroquímicos que son aplicados mayoritariamente con equipos autopropulsados. Hoy en día, la tendencia es a disminuir los volúmenes aplicados, ya que esto permite lograr una mayor autonomía. Sin embargo, es necesario investigar en cuanto a las tecnologías de aplicación para ser eficientes en la utilización de los fitosanitarios, más aun en productos que actúan por contacto que son muy dependientes de la cobertura lograda. Es por esto que el objetivo del siguiente trabajo fue evaluar distintos volúmenes de aplicación y tamaños de gotas contrastantes, para analizar cómo fue la deposición y eficiencia de control del herbicida paraquat, sobre el enmalezamiento de *Conyza spp.*, *Stipa sp.*, *Bromus sp.* y *Medicago sativa*. El experimento fue llevado a cabo en una pradera vieja en la Facultad de Agronomía, en el potrero 7B perteneciente a la EEMAC (estación experimental Mario Cassinoni), ubicada en el departamento de Paysandú. El diseño utilizado fue de bloques completamente al azar, con 3 repeticiones, en los que se combinaron 3 volúmenes de caldo (50, 80 y 110 L/ha) con 2 tamaños de gota (fina y muy gruesa). Hubo por lo menos un efecto de los tratamientos en cuanto a la deposición de trazador en las especies estudiadas. La mayor densidad de impactos fue dependiente de la especie, registrándose interacción entre los parámetros estudiados para el caso de *Bromus sp.* y *Medicago sativa*, mientras que para *Conyza spp.* y *Stipa sp.* no existió interacción entre volumen y tamaño de gota. En cuanto al control, en *Bromus sp.* y *Medicago sativa* todos los tratamientos registraron similares controles luego de 14 días de la aplicación, mientras que para *Conyza spp.*, el mayor control se dio con 80 L/ha y un tamaño de gota fina y para *Stipa sp.*, los valores más altos de control se registraron con 110 L/ha, independientemente del tamaño de gota utilizado.

Palabras clave: Volumen; Tamaño de gota; Volumen por tamaño de gota.

## 7. SUMMARY

The agricultural sector has experienced a constant growth in Uruguay, given by the favorable price relationship and the strong investment in the sector of national and international companies, a situation that has been led to increase the use of agrochemicals that are mostly applied with self-propelled equipment. Today, the trend is to reduce the volumes applied, as this allows for greater autonomy. However, it is necessary to investigate the application technologies to be efficient in the use of phytosanitaries, more so in products that act by contact that are very dependent on the coverage achieved. Therefore, the objective of the following work was to evaluate different application volumes and sizes of contrasting drops, to analyze how the deposition and control efficiency of the herbicide paraquat, on the weeds *Conyza spp.*, *Stipa sp.*, *Bromus sp.* y *Medicago sativa*. The experiment was carried out in an old meadow at the Faculty of Agronomy, in the 7B paddock belonging to the EEMAC (experimental station Mario Cassinoni), located at the department of Paysandú. The design used was completely randomized blocks, with 3 replicates, in wich 3 volumes of broth (50, 80 and 110 L/ha) were combined with 2 drops sizes (fine and very coarse). There was at least one effect of the treatments in terms of tracer deposition in the species studied. The highest density of impacts was dependent on the species, with interaction between the parameters studied for the case of *Bromus sp.* and *Medicago sativa*, while for *Conyza spp.* and *Stipa sp.* there was no interaction between volume and drop size. As for control, in *Bromus sp.* and *Medicago sativa* all treatments registered similar controls after 14 days of the application, while for *Conyza spp.*, the highest control was given with 80 L/ha and a fine drop size and for *Stipa sp.*, the highest control values were recorded with 110 L/ha, regardless of the size of drop used.

Keywords: Volume; Drop size; Volume per drop size.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Almeida, D. P.; Agostini, A. R.; Yamauchi, A. K.; Decaro, S.T. Jr.; Ferreira, M. C. 2016. Application volumes and sizes of droplets for the application of diquat herbicide in the control of *Eichhornia crassipes*. *Planta Daninha*. 34(1): 171-179.
2. ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers, US). 2006. Standard ASAE S572 spray nozzle classification by droplet spectra. St. Joseph, MI. pp. 438-440.
3. Banks, P. A.; Schroeder, J. 2002. Carrier volume affects herbicide activity in simulated spray drift studies. (en línea). *Weed Technology*. 16(4):833-837. Consultado 16 abr. 2017. Disponible en [http://dx.doi.org/10.1614/0890-037X\(2002\)016\[0833:CVAHAI\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1614/0890-037X(2002)016[0833:CVAHAI]2.0.CO;2) URL
4. Bueno, M. R.; Alves, G. S.; Paula, A. D. M.; Cunha, J. P. A. R. 2013. Volumes de calda e adjuvante no controle de plantas daninhas com glyphosate. *Planta Daninha*. 31 (3): 705-713.
5. \_\_\_\_\_; Cunha, J. P. A. R.; Naves, M. G.; Tavares, R. M. 2014. Deposição de calda e controle de plantas daninhas empregando pulverizador de barra convencional e com barra auxiliar, em volumes de calda reduzidos. *Planta Daninha*. 32(2): 447-454.
6. Centro de Información del Paraquat, ES. 2017. La ciencia del paraquat. Modo de acción. (en línea). s.l. s.p. Consultado 14 may. 2017. Disponible en <http://paraquat.com/es/banco-de-conocimientos/la-ciencia-del-paraquat>
7. Charbonnier, G.; Nadal, N.; Lafluf, P. I. 2011. Efecto del tipo de boquillas y el volumen en las aplicaciones para el control de enfermedades en trigo. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 52 p.
8. Creech, C. F.; Henry, R. S.; Fritz, B. K.; Kruger, G. R. 2015a. Influence of herbicide active ingredient, nozzle type, orifice size, spray pressure, and carrier volume rate on spray droplet size characteristics. (en línea). *Weed Technology*. 29(2):298-310. Consultado 12 may. 2017. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1614/WT-D-14-00049.1> URL
9. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; Werle, R.; Sandell, L. D.; Hewitt, A. J.; Kruger, G. R. 2015b. Performance of postemergence herbicides applied at different carrier volume rates. (en línea). *Weed Technology*. 29(3):611-624.

Consultado 14 may. 2017. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1614/WT-D-14-00101.1> URL

10. Cunha, J. P. A. R.; Teixeira, M. M.; Coury, J. R.; Ferreira, L. R. 2003. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. *Planta Daninha*. 21(2): 325-332.
11. Etheridge, R. E.; Hart, W. E.; Hayes, R. M.; Mueller, T. C. 2001. Effect of venturi-type nozzles and application volume on postemergence herbicide efficacy. (en línea). *Weed Technology*. 15(1):75-80. Consultado 11 may. 2017. Disponible en [http://dx.doi.org/10.1614/0890-037X\(2001\)015\[0075:EOVTNA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1614/0890-037X(2001)015[0075:EOVTNA]2.0.CO;2) URL
12. Fischer, A. J. s. f. Resistencia a herbicidas: mecanismos y mitigación. (en línea). AAPRESID. *Revista Especial Maleza Problema*. 58(1): 13-19. Consultado 14 may. 2017. Disponible en [https://www.aapresid.org.ar/rem/wp-content/uploads/sites/3/2013/02/REMSD12\\_002.pdf](https://www.aapresid.org.ar/rem/wp-content/uploads/sites/3/2013/02/REMSD12_002.pdf)
13. Fernández, G.; Villalba, J.; Scaglia, L. 2013. El manejo de herbicidas y la situación actual de malezas. *In: Simposio Nacional de Agricultura (3°.2013, Paysandú)*. El manejo de herbicidas y la situación actual de malezas. Paysandú, Hemisferio Sur. pp. 125-132.
14. Galon, L.; Oliveira, J. J.; Agostinotto, D.; Dal Magro, T. 2007. Controle de plantas daninhas e seletividade de herbicidas à cultura da soja, aplicados em dois volumes de calda. (en línea). *Revista Brasileira Agrociência (Pelotas)*. 13(3): 325-330. Consultado 15 may. 2017. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5702891>
15. García, L.; Fernández, C. 1991. Herbicidas de contacto no selectivo: fundamento sobre las malas hierbas y herbicidas. Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Servicio de Extensión Agraria. pp. 229-231.
16. Hatterman-Valenti, H.; Pitty, A.; Owen, M. 2011. Environmental effects on Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). Epicuticular wax deposition and herbicide absorption. (en línea). *Weed Science*. 59(1):14-21. Consultado 11 may. 2017. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1614/WS-D-10-00061.1> URL
17. Heap, I. 2017. International survey of herbicide resistant weeds. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 31 jul. 2017. Disponible en <http://www.weedscience.org>.
18. Homer, I.; Olivet, J.; Riquelme, J. 2010. Regulación de equipos pulverizadores; Tasa de aplicación y tamaño de gota. *In: Magdalena, J., C.; Castillo, B.;*

Di Prinzio, A.; Homer, I.; Villalba, J. eds. Tecnología aplicación de agroquímicos. Alto Valle, INTA. pp. 135-136.

19. Matthews, G. A. 2000. Pesticide Applications Methods. 3<sup>rd</sup>. ed. London, Blackwell. 405 p.
20. MGAP. DGSSAA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de Servicios Agrícolas, UY). 2014. Datos estadísticos de productos fitosanitarios. Importación de productos fitosanitarios 2015. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 20 abr. 2017. Disponible en <http://www2.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,dgsa,dgsa-servicios-datos-estadisticos-de-importaciones,O,es,0>,
21. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2015. Datos estadísticos de productos fitosanitarios. Importación de productos fitosanitarios 2015. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 20 abr. 2017. Disponible en <http://www2.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,dgsa,dgsa-servicios-datos-estadisticos-de-importaciones,O,es,0>,
22. \_\_\_\_\_. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas agropecuarias, UY). 2016. Anuario estadístico agropecuario 2016. Montevideo. 195 p.
23. Olivet, J.; Villalba, J.; Schenzer, D. 2013. Proyecto FPTA 260: Optimización de la tecnología de aplicación terrestre en cultivos extensivos. In: Magdalena, J. C.; Castillo, B.; Di Prinzio, A.; Homer, I.; Villalba, J. eds. Tecnología de aplicación de agroquímicos en cultivos extensivos. Montevideo, INIA. pp. 11-35 (Serie Técnica no.53).
24. Rainero, H. P. s.f. Avances en el control de malezas con tolerancia a glifosato. (en línea). Manfredi, Córdoba, INTA. s.p. Consultado 8 may. 2017. Disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/avances-en-el-control-de-malezas-con-tolerancia-a-glifosato>
25. Ramsdale, B. K.; Messersmith, C. G. 2001. Nozzle, spray volume, and adjuvant effects on carfentrazone and imazamox efficacy. (en línea). Weed Technology. 15(3):485-491. Consultado 10 may. 2017. Disponible en [http://dx.doi.org/10.1614/0890-037X\(2001\)015\[0485:NSVAAE\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1614/0890-037X(2001)015[0485:NSVAAE]2.0.CO;2) URL
26. \_\_\_\_\_. 2002. Adjuvant and herbicide concentration in spray droplets influence phytotoxicity. (en línea). Weed Technology. 16(3):631-637. Consultado 8 may. 2017. Disponible en [http://dx.doi.org/10.1614/0890-037X\(2002\)016\[0631:AAHCIS\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1614/0890-037X(2002)016[0631:AAHCIS]2.0.CO;2) URL

27. \_\_\_\_\_.; Messersmith, C. G.; Nalewaja, J. D. 2003. Spray volume, formulation, ammonium sulfate, and nozzle effects on glyphosate efficacy. (en línea). *Weed Technology*. 17(3):589-598. Consultado 10 may. 2017. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1614/WT02-157> URL
28. Shaw, D. R.; Morris, W. H.; Webster, E. P.; Smith, D. B. 2000. Effects of spray volume and droplet size on herbicide deposition and Common Cocklebur (*Xanthium strumarium*) Control. (en línea). *Weed Technology*. 14(2):321-326. Consultado 11 may. 2017. Disponible en [http://dx.doi.org/10.1614/0890-037X\(2000\)014\[0321:EOSVAD\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1614/0890-037X(2000)014[0321:EOSVAD]2.0.CO;2)
29. Souza, L. A.; Rodrigues da Cunha, J, P, A.; Pavanin, L. A. 2012. Deposição do herbicida 2,4-D Amina com diferentes volumes e pontas de pulverização em plantas infestantes. *Ciência Agrônômica*. 43(1): 78-85
30. Stoletniy, I. 2013. Tamaño de gota, volúmenes de aplicación y uso de adyuvantes en la deposición del pulverizado y el control de mancha amarilla causada por *Pyrenophora tritice-repentis* en trigo. (en línea). Tesis de maestría. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 51 p. Consultado 11 nov. 2017. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/123456789/1863>
31. Tomazela, M. S.; Martins, D.; Marchi, S. R.; Negrisoli, E. 2006. Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da densidade populacional de *Brachiaria plantaginea*, do volume e do ângulo de aplicação. *Planta Daninha*. 24 (1): 183-189.
32. Vigna, M. R.; López, R. L.; Gigón, R. 2011. Evaluación de la técnica del doble golpe para el control de poblaciones de *Lolium multiflorum* en el SO de Buenos Aires. In: Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (20°. 2011, Viña del Mar, Chile). Trabajos presentados. Viña del Mar, ALAM. s.p.
33. Villalba, J.; Martins, D.; Vilanova, N.; David, V. 2009. Deposição da calda de pulverização em cultivares de soja no estadio R1. *Ciencia Rural (Santa María)*. 39 (6): 1738-1744.
34. Yannicari, M.; Istilart, C.; Gigon, R. 2015. La evolución del raigrás resistente a glifosato en la región. *Agrobarrow*. 56: 11-13.