

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍA DE APLICACIÓN EN LA EFECTIVIDAD DE
FLUMIOXAZIN

por

Emiliano BOFFANO BOTTA
José Ignacio CHINAZZO PEREZ
Germán Ignacio SCHOPFER ESPALTER

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2020

Tesis aprobada por:

Directora: _____

Ing. Agr. Dra. Juana Villalba

Ing. Agr. Luciana Rey

Ing. Agr. Ivanna Stoletniy

Fecha: 29 de junio de 2020

Autores: _____

Emiliano Boffano Botta

José Ignacio Chinazzo Perez

Germán Ignacio Schopfer Espalter

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia queremos agradecer a quien ha dirigido esta tesis, Juana Villalba, por brindar la oportunidad y el apoyo para la realización de la misma, además de a Luciana Rey por el tiempo y la dedicación durante todo el proceso.

A Facultad de Agronomía en su conjunto por los recursos brindar para llevar a cabo este trabajo.

Al personal de Biblioteca y Bedelía.

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

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. IMPORTANCIA DEL CONTROL QUÍMICO Y RESISTENCIA AL GLIFOSATO	2
2.2. TECNOLOGÍA DE APLICACIÓN	4
2.2.1. <u>Volumen de aplicación</u>	5
2.2.2. <u>Tamaño de gota</u>	8
2.2.3. <u>Deriva</u>	10
2.3. CARACTERÍSTICAS DEL FLUMIOXAZIN	12
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	15
3.1. LOCALIZACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS	15
3.2. EXPERIMENTO EN CONDICIONES CONTROLADAS.....	15
3.2.1. <u>Diseño experimental y tratamientos</u>	15
3.2.3. <u>Mediciones</u>	16
3.3. EXPERIMENTOS A CAMPO	16
3.3.2. <u>Metodología de instalación</u>	16
3.3.3. <u>Mediciones</u>	17
4. <u>RESULTADOS</u>	18
4.1. FLUMIOXAZIN EN CONDICIONES CONTROLADAS.....	18
4.1.1. <u>Avena byzantina</u>	18
4.1.2. <u>Brassica carinata</u>	20
4.2. FLUMIOXAZIN A CAMPO	21
4.2.1. <u>Conyza spp</u>	21
4.2.3. <u>Trifolium repens</u>	25
4.2.4. <u>Verbena litoralis</u>	26
4.2.5. <u>Nierembergia hippomanica</u>	27
4.3. FLUMIOXAZIN + GLIFOSATO A CAMPO	29
4.3.1. <u>Connyza spp</u>	29
4.3.2. <u>Gamochoaeta spicata</u>	31
4.3.3. <u>Trifolium repens</u>	32
4.3.4. <u>Verbena litoralis</u>	34
4.3.5. <u>Nierembergia hippomanica</u>	35
5. <u>CONCLUSIONES</u>	37

6. <u>RESUMEN</u>	38
7. <u>SUMMARY</u>	39
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	40

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Descripción de los tratamientos	15
2. Análisis de varianza para <i>Avena byzantina</i> en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin en condiciones controladas.....	18
3. Efecto del volumen sobre el porcentaje de control de <i>Avena byzantina</i> a los 6 días post aplicación de flumioxazin en condiciones controladas	18
4. Efecto del tamaño de gota sobre el porcentaje de control de <i>Avena byzantina</i> a los 6 días post aplicación de flumioxazin en condiciones controladas.....	19
5. Efecto del tamaño de gota sobre el porcentaje de control de <i>Avena byzantina</i> a los 10 y 14 días post aplicación de flumioxazin en condiciones controladas.....	19
6. Análisis de varianza para <i>Brassica carinata</i> en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin en condiciones controladas	20
7. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de <i>Brassica carinata</i> a los 4 días post aplicación de flumioxazin en condiciones controladas	20
8. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de <i>Brassica carinata</i> a los 16 días post aplicación de flumioxazin en condiciones controladas.....	21
9. Efecto del tamaño de gota sobre el porcentaje de control de <i>Brassica carinata</i> a los 8 días post aplicación de flumioxazin en condiciones controladas	21
10. Análisis de varianza para <i>Conyza spp.</i> en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin	22
11. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de <i>Conyza spp.</i> a los 6 días post aplicación de flumioxazin	22
12. Efecto del tamaño de gota sobre el porcentaje de control de <i>Conyza spp.</i> a los 6 días post aplicación de flumioxazin	22
13. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de <i>Conyza spp.</i> a los 10 días post aplicación de flumioxazin	23
14. Análisis de varianza para <i>Gamochaeta spicata</i> en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin	23
15. Análisis de varianza para <i>Trifolium repens</i> en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin	25
16. Análisis de varianza para <i>Verbena litoralis</i> en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin	26
17. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de <i>Verbena litoralis</i> a los 10 días post aplicación de flumioxazin.....	27

18. Efecto del tamaño de gota sobre el porcentaje de control de <i>Verbena litoralis</i> a los 10 días post aplicación de flumioxazin.....	27
19. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de <i>Verbena litoralis</i> a los 18 días post aplicación de flumioxazin.....	27
20. Análisis de varianza para <i>Nierembergia hippomanica</i> en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin	28
21. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de <i>Nierembergia hippomanica</i> a los 6, 18 y 26 días post aplicación de flumioxazin ...	28
22. Efecto de la interacción volumen x tamaño de gota sobre el porcentaje de control de <i>Nierembergia hippomanica</i> a los 26 días post aplicación de flumioxazin	28
23. Análisis de varianza para <i>Connyza</i> en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin + glifosato.....	29
24. Análisis de varianza para <i>Gamochoeta spicata</i> en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin + glifosato	31
25. Análisis de varianza para <i>Trifolium repens</i> en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin + glifosato	32
26. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de <i>Trifolium repens</i> a los 6 días post aplicación de flumioxazin + glifosato.....	33
27. Efecto del tamaño de gota sobre el porcentaje de control de <i>Trifolium repens</i> a los 6 días post aplicación de flumioxazin + glifosato	33
28. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de <i>Trifolium repens</i> a los 14 días post aplicación de flumioxazin + glifosato.....	34
29. Análisis de varianza para <i>Verbena litoralis</i> en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin + glifosato	34
30. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de <i>Verbena litoralis</i> a los 26 días post aplicación de flumioxazin + glifosato.....	35
31. Análisis de varianza para <i>Nierembergia hippomanica</i> en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin + glifosato.....	35
32. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de <i>Nierembergia hippomanica</i> a los 18 días post aplicación de flumioxazin + glifosato	35
33. Resumen de los resultados en el experimento a campo, expresados en porcentaje de control promedio	36

Figura No.

1. Evaluación del control promedio (%) para el factor volumen de aplicaicón	24
2. Evolución del control promedio (%) por tamaño de gota	24
3. Evolución del control promedio (%) para el factor volumen de aplicación	25
4. Evolución del control promedio (%) por tamaño de gota	26
5. Evolución del control promedio (%) para el factor de aplicación	30
6. Evolución del control promedio (%) por tamaño de gota	30
7. Evolución del control promedio (%) para el factor volumen de aplicación	31
8. Evolución del control promedio (%) para el factor tamaño de gota	32

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día el uso de los fitosanitarios en la producción agrícola es indiscutible y en los últimos años la importación de estos aumentó en Uruguay, provocado por la expansión de la agricultura. Aunque también se puede considerar como otra posible causa de este aumento, el uso inapropiado y la falta de conciencia.

El aumento en superficie cultivada fue seguido por la implementación de nuevas tecnologías de producción, destacándose el mayor uso de herbicidas, insecticidas y fungicidas. La evolución de la importación de estos pasó de 61,2 a 168,2 millones de U\$S en los años 2005 a 2018, respectivamente (MGAP. DGSSAA, 2018).

Relacionado al control de malezas, en los últimos años se ha constatado un aumento de malezas resistentes a herbicidas, particularmente a glifosato, lo que ha incrementado el uso de otros herbicidas. Algunos de los herbicidas que se ha constatado un aumento en el uso con ese fin, han sido los desecantes, como paraquat, saflufenacil y flumioxazin.

El incremento de estos productos aparece como alternativa de complementación para control de malezas resistentes. Además de solucionar problemas de resistencia permite la diversificación de mecanismos de acción, en el caso del herbicida evaluado en este trabajo, flumioxazin, los datos confirman un aumento en las importaciones de 1.000 L en 2014 a 42.079 L en 2018 (MGAP. DGSSAA, 2018).

Flumioxazin es un herbicida de contacto, el cual no tiene movilidad dentro de la planta y el control que genera depende de la distribución del producto sobre el blanco objetivo. Es en estos herbicidas en donde las exigencias en relación a la cobertura necesaria en planta para su actividad son mayores.

Por otra parte, en la búsqueda para obtener mayor autonomía en el uso de la maquinaria de pulverización han llevado a la disminución de volúmenes de aplicación usados. Esto ha enfrentado a la búsqueda de tecnologías de aplicación en relación a los volúmenes de aplicación por hectárea y al tamaño de gota que aseguren su efectividad. Los menores volúmenes usados serían desfavorables para los fitosanitarios de contacto, pudiendo determinar menor eficiencia en los controles, esto además interacciona con el tamaño de gota, porque en el caso del uso de gotas de mayor tamaño, significa menor cantidad de las mismas, afectando así la cobertura lograda.

En este contexto se definió como objetivo del trabajo, evaluar distintos volúmenes de aplicación (50, 80 y 110L.ha⁻¹) y tamaño de gota en el porcentaje de control del herbicida flumioxazin con y sin glifosato, evaluado en diversas malezas y en dos especies seleccionadas como bioindicadoras, avena y carinata, evaluadas en condiciones controladas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. IMPORTANCIA DEL CONTROL QUÍMICO Y RESISTENCIA AL GLIFOSATO

Pese a las numerosas críticas que recibe debido a la contaminación y la puesta en duda de su inocuidad hacia el ser humano, el control químico es de vital importancia en la producción de alimentos a nivel mundial. En este aspecto Hall (1995) señaló que las plantas utilizadas para la alimentación son atacadas por unas 10.000 especies de insectos, 30.000 especies de malezas, 100.000 enfermedades y 100 especies de nemátodos, lo cual demuestra el número elevado de amenazas a las que se enfrenta la producción de alimentos. Esto deja en evidencia que sin el control químico los cultivos serían devastados, lo que resultaría en una fuerte disminución en la producción mundial de alimentos (Magdalena et al., 2010).

Debido al uso indiscutible del control químico para la producción mundial de alimentos, es que se torna relevante el tema de resistencia al mismo y principalmente a glifosato el cual es el producto más utilizado a nivel mundial en el control químico. El manejo de la resistencia a fitosanitarios es un aspecto de gran relevancia para lograr éxito mediante control químico, en donde rotar el herbicida y su mecanismo de acción son puntos claves para evitar elevadas presiones de selección que provocan la generación de resistencias y así poder maximizar la eficiencia de control. Norsworthy et al. (2012) señalan que los programas de manejo de malezas que se basan únicamente en un solo herbicida no son sostenibles.

Estos puntos claves para evitar elevadas presiones de selección no fueron respetados en su totalidad, Riggins y Tranel (2012) señalaron que el exceso de confianza en un modo de acción como el glifosato en la última década ha llevado a una alta tasa de selección de resistencia alterando el éxito de las estrategias y la eficacia de la gestión de malezas. Por su parte, Webster y Sosnosike (2010) coincidieron con esto y señalaron que el control de las especies de malezas más frecuentes y problemáticas con glifosato se está perdiendo rápidamente, debido a la falta general de administración y al uso continuo de glifosato.

Respecto al constante uso de glifosato como principal medida de control, Fernández-Cornejo et al. (2014) señalaron que el 93% del área cultivada con soja en 2010 en los Estados Unidos era con materiales resistentes al glifosato. Al tratarse de un cultivo en constante crecimiento esto trajo consigo algunos problemas, anteriormente Shaner (2000) señaló que la dependencia de esta tecnología que simplificó el manejo de malezas y redujo el gasto de herbicida para los productores, minimizó el uso de prácticas de manejo integrado de malezas. En tanto Johnson et al. (2009) señalaron que esta técnica de control de malezas utilizada excesivamente en producciones de maíz, soja y

algodón tuvo un impacto directo sobre la evolución de la resistencia de las malezas al glifosato.

Las consecuencias del uso constante de glifosato en el control de malezas quedan demostradas en la actualidad, en donde según Heap (2017), la resistencia a este herbicida ha evolucionado en 514 biotipos de 262 especies. Algunas de las principales especies más problemáticas resistentes al glifosato son: *Amaranthus palmeri*, *Lolium multiflorum*, *Conyza bonariensis*, *Sorghum halepense*, *Echinochloa colona* y *Cynodon Dactylon* entre otros. Es muy importante tener alternativas de manejo para estas malezas ya que algunas de ellas son causantes de fuertes mermas en los rendimientos de determinados cultivos, Massinga et al. (2001) mostraron que *Amaranthus palmeri* en densidades menores a 9 plantas/m² provocaron reducciones de rendimiento en maíz de 91%. Estudiando el impacto de esta misma maleza sobre soja, Bensch et al. (2003) indicaron que produjo reducciones de rendimiento del 78%. Mientras que Ríos et al. (2012) demostraron que infecciones a partir de 10 tallos/m² o aproximadamente 4 plantas/m² de *Conyza bonariensis* producen reducciones de rendimiento en soja de 22% en comparación al área sin infecciones. Además, los autores encontraron que este no fue el único efecto de la maleza sobre el cultivo, también se observó un aumento en el contenido de humedad en grano 7% y las impurezas aumentaron un 6,6% por lo que la interferencia por conyza no solo disminuye el rendimiento, sino que también interfiere en la calidad final del producto.

A modo de hacerle frente a esta problemática planteada, es necesario buscar nuevas alternativas tales como la utilización de nuevos productos con diversos principios activos y modo de acción, Norsworthy et al. (2012) indicaron que se necesitan desesperadamente nuevos herbicidas para mejorar la diversidad de los sitios de acción, lo que disminuiría los riesgos de la evolución de la resistencia a los herbicidas. En respuesta a esto Creech et al. (2015) señalaron que se están incorporando nuevas alternativas para el manejo de malezas que utilizan varios modos de acción de herbicidas. En tanto Ganie y Jhala (2017) mencionan que la rápida evolución de la resistencia al glifosato destaca la relevancia de implementar diferentes estrategias de manejo de malezas.

Estas nuevas alternativas deberían de ser usadas a dosis óptimas y con la mayor eficacia posible, empleando las tecnologías de aplicación más adecuadas para cada situación, ya que como señalan Busi et al. (2010) cuando se trata de resistencias de tipo metabólico o multifactorial, las dosis bajas de herbicidas pueden permitir la sobrevivencia de individuos con genes de resistencia parcial y estos sobrevivientes podrían intercambiar o acumular genes de resistencia, lo que resultaría con el tiempo en un aumento de la resistencia individual de algunos genotipos. Esto deja en evidencia la problemática del uso de dosis subóptimas en situaciones como estas.

Otras alternativas serían correctas tecnologías de aplicación y nuevas técnicas tales como el “doble golpe”, el cual consiste en primer lugar, en la aplicación de un producto sistémico y posteriormente luego de un intervalo entre 7 y 21 días la aplicación de un herbicida desecante, la efectividad de esta técnica está determinada principalmente por los herbicidas utilizados y el intervalo entre la primer y segunda aplicación. La implementación correcta de la técnica del “doble golpe” representa una herramienta eficaz para el control de malezas “difíciles” o avanzadas en su ciclo y contribuye además a prevenir la evolución de la resistencia a herbicidas. A su vez el doble golpe permite reducir la magnitud del banco de semillas y también lograr un excelente control de malezas en un barbecho corto o en pre-siembra anticipada lo cual es fundamental en siembra directa (Papa y Tuesca., 2014).

Con el fin de lograr la mayor eficiencia en la aplicación es necesario el estudio de las relaciones entre el tipo de objetivo a ser alcanzado, la forma de acción del producto y la tecnología de aplicación. Las decisiones van a depender de si el objetivo es una plaga, enfermedad o maleza, de dónde está ubicado en la planta, del estado de desarrollo del cultivo y de la dinámica del producto.

2.2. TECNOLOGÍA DE APLICACIÓN

La tecnología de aplicación es una disciplina que estudia la relación entre el producto aplicado y el que efectivamente llega al blanco objetivo considerando la forma en que el producto se distribuye sobre este, teniendo en cuenta aspectos característicos de cada aplicación tales como volumen de aplicación, tamaño de gota y condiciones ambientales, entre otros.

La implementación de correctas tecnologías de aplicación junto con las características del producto aplicado define el éxito de una aplicación. En este aspecto Fishel (1997) señalando los factores determinantes del éxito de una aplicación, destacó la forma de acción del producto, la técnica de aplicación, la vegetación presente y las condiciones ambientales en el momento de la aplicación. En tanto Bogliani et al. (2005), indicaron que la eficacia de un tratamiento depende principalmente de buena calidad de agua, efectividad del producto empleado, momento oportuno de aplicación y homogeneidad en la distribución. Por su parte Villalba et al. (2009), señalaron que el éxito de una aplicación y la efectividad de control están relacionados directamente a factores tales como momento correcto de aplicación, condiciones ambientales favorables, selección de boquillas, volumen de aplicación y relación entre el tipo de objetivo y forma de acción del fitosanitario.

En cuanto a la eficiencia de las distintas tecnologías Caseley y Walker (1990) afirmaron que las aplicaciones de rociado de herbicidas son efectivas, pero podrían ser más eficientes porque en muchos casos solo una pequeña fracción del ingrediente activo aplicado es necesaria para lograr la respuesta biológica deseada en las plantas

seleccionadas. Por lo tanto, con el fin de lograr la mayor eficacia de la aplicación, se debe estudiar la relación existente entre el objetivo a aplicar, ya sea maleza, plaga o enfermedad, las características del producto que se aplicará, la técnica o forma de aplicación del producto y las condiciones ambientales presentes al momento de la aplicación.

En cuanto a aspectos relacionados a la tecnología de aplicación, en este trabajo se abordarán el volumen de aplicación, tamaño de gota y deriva, ya que fueron considerados por el grupo docente como los más relevantes.

2.2.1. Volumen de aplicación

El volumen de caldo aplicado puede ser una de las principales variables en la eficacia de control de malezas, en este aspecto Knoche (1994) señaló que el volumen portador de una aplicación de herbicida foliar, es uno de los componentes de una solución de pulverización que puede afectar el rendimiento del herbicida. De acuerdo con esto y señalando la importancia del volumen de aplicación Creech et al. (2015) indicaron que la influencia del volumen del portador en la eficacia del herbicida debe de ser entendida con el fin de lograr una mayor eficiencia en la aplicación.

Dada la importancia del volumen de caldo aplicado podría considerarse que, a mayor volumen, mayor mojado del objetivo y por lo tanto mayor control, pero esta relación no siempre es tan lineal ya que como fue indicado por Creech et al. (2015), los requerimientos de volumen de aplicación dependen del modo de acción del herbicida, del tamaño y estructura del blanco objetivo.

De todos modos, independientemente del tipo de producto la tendencia a nivel mundial es reducir los volúmenes de aplicación a un mínimo aceptable, que permita cumplir con los objetivos de control. Respecto a esto Etheridge et al. (2001) destacan dos aspectos claves por lo cual los productores están interesados en reducir el volumen de aplicación. En primer lugar, señalan que los productores y aplicadores han reducido los volúmenes de aplicación en un esfuerzo por aumentar el uso del tiempo y la eficiencia del equipo lo cual aumenta su capacidad operativa, y en segundo lugar debido a preocupaciones ambientales y económicas. Más recientemente Bradford et al. (2002) afirman que los productores prefieren esto por el ahorro de tiempo en el abastecimiento de los equipos y desplazamiento hacia y dentro de los campos. Como contraparte de estas ventajas Van de Zande et al. (2003) señalaron que las aplicaciones que minimizan los volúmenes de los portadores para maximizar las hectáreas rociadas con cada tanque pueden tener una consecuencia negativa ya que generalmente requieren boquillas de orificio más pequeñas, que a su vez producen gotas de rociado más finas y aumentan el potencial de deriva del caldo.

En cuanto al volumen de aplicación y productos de baja sistemía o de contacto como lo es el flumioxazin es de esperar que se observen peores resultados de control en aplicaciones de bajo volumen. En base a estudios realizados, Creech et al. (2015) indicaron que los aplicadores deberían de usar mayores volúmenes de aplicación cuando se trata de herbicidas de contacto con el objetivo de lograr una mayor eficacia en el uso del fitosanitario. Respecto a herbicidas post emergentes dentro de los cuales estarían considerados los de baja sistemía o contacto, Bradford et al. (2002) señalan que los profesionales de protección de cultivos y las etiquetas de los herbicidas en general recomiendan que los herbicidas post emergentes se apliquen a volúmenes de 94 L/ha o más para lograr una cobertura adecuada.

Numerosos estudios han sido realizados para demostrar la relación entre el volumen de aplicación y herbicidas de baja sistemía.

Etheridge et al. (2001) observaron un aumento de la eficacia del glufosinato en el berberecho común al aumentar los volúmenes de portadores de 50 a 100 L/ha. Siguiendo con estudios en glufosinato de amonio, Creech et al. (2015) estudiando volúmenes de 47, 70, 94, 140, 187 y 281 L/ha obtuvieron que el mejor control de malezas se logró con volumen de 140 L/ha logrando controlar el 62%, seguido por 70 y 94 L/ha que lograron controles de 59% y 51% respectivamente.

En un estudio realizado sobre el control de *Kochia Scoparia* resistente a glifosato y *Salsola tragus* con lactofeno el cual es un PPO y actúa por contacto, Creech et al. (2015) registraron un aumento de control visual entre los 14 y 28 días post aplicación, de 18% a 42% a medida que el volumen de aplicación aumentó de 94 L/ha a 187 L/ha respectivamente, mientras que la dosis de principio activo se mantuvo constante a 0,11 kg/ha. En este mismo experimento también evaluaron el control a los 28 días de la aplicación sobre *Ambrosia trifida* resistente a glifosato, controles de 34% y 82% con volúmenes de 47 L/ha y 187 L/ha respectivamente. Otros datos recabados en el mismo estudio fueron el control sobre *Amaranthus hypochondriacus* y *Abutilon theophrasti*, en donde para la primer especie, con volúmenes de 47 L/ha y 187 L/ha se obtuvieron controles de 84% y 100% respectivamente y en el caso de la segunda especie se obtuvieron controles de 52% y 85% respectivamente. Estos datos recabados por los autores dejan en evidencia la importancia del volumen de aplicación en este tipo de productos. En el mismo estudio obtuvieron resultados similares en condiciones controladas en invernáculo, demostrando con lactofeno que se obtuvieron mayores reducciones de peso húmedo y seco en maíz, *Abutilon theophrasti* y *Linum usitatissimum* al aumentar el volumen aplicado.

Esta investigación realizada por Creech et al. (2015) coincide con los resultados obtenidos por Berger et al. (2014), en que el lactofeno logra un mejor control cuando las plantas son menores a 15 cm y cuando se usan volúmenes de aplicación superiores a 187 L/ha.

McNaughton et al. (2014) estudiaron que cuando se aplicó flumioxazina en pre siembra de soja a volumen de 200 L/ha con dosis que variaron de 71 g/ha a 142 g/ha, no hubo aumento en la estimación visual de la lesión a los 7 días post aplicación en ningún cultivar en comparación con el control. Por otra parte, cuando se aplicó en preemergencia con las mismas dosis tampoco tuvo efecto, salvo en un cultivar que fue la excepción. Por último, cuando se aplicó en estado cotiledonar a dosis de 71 g/ha y 142 g/ha la estimación visual de la lesión varió entre 15% a 18% y 24% a 28% respectivamente, dependiendo del cultivar. A pesar de esto, los autores destacan que en ninguno de los tratamientos con herbicidas disminuyó el número de plantas de soja por metro lineal.

Estudiando distintos volúmenes y efecto de adyuvantes en productos de baja sistemía, Bradford et al. (2001) obtuvieron que carfentrazona fue menos efectiva cuando se aplicó a 47 L/ha en comparación con 94 L/ha, sin embargo, fue igual o más efectiva cuando se aplicó a 94 L/ha que a 190 L/ha. Por otro lado, cuando se aplicó carfentrazona con adyuvante a 47 L/ha se lograron controles similares a los obtenidos con carfentrazona sola a 94 L/ha, lo cual deja en evidencia la importancia de los adyuvantes en el control con este tipo de productos. En el 70% de las comparaciones este herbicida aplicado solo fue menos efectivo cuando se aplicó a bajos volúmenes que cuando se aplicó a altos volúmenes. En esta investigación los autores concluyeron que, al comparar reducciones en la eficacia de control según el volumen de aplicación, las reducciones ocurren con mayor frecuencia con el herbicida de contacto carfentrazona en comparación con imazamox el cual es un herbicida de acción sistémica que fue usado en este experimento.

Queda en evidencia que las aplicaciones de bajo volumen en general no logran los mejores resultados cuando se trata de productos de baja sistemía, pero existen ciertas alternativas basadas en el tamaño de gota y uso de adyuvante, que incluso en estas situaciones pueden ayudar a mejorar el resultado.

El tamaño de gota y volumen de aplicación son dos cosas que están muy relacionadas, Shaw et al. (2000) estudiando esta relación indicaron que las aplicaciones con bajos volúmenes pueden ser una limitante en el control de malezas, pero que este efecto puede verse reducido al realizar la pulverización con gotas más pequeñas. Pero a su vez esto tiene una desventaja y es que aumenta el potencial de deriva.

En cuanto al uso de adyuvantes en aplicaciones de bajo volumen Bradford et al. (2002) indican en base a resultados en la investigación en invernáculo y a campo que muchos herbicidas pueden ser igual o más efectivos cuando se aplican a bajos volúmenes con adyuvantes, que cuando se realizan aplicaciones de alto volumen. Los autores sugieren que para maximizar la eficacia del herbicida cuando se usan bajos volúmenes de adyuvantes deberían de realizar aplicaciones de alto volumen y por el

contrario, cuando se usan bajos volúmenes de aplicación se debería agregar altos volúmenes de adyuvante. Por último, señalan que el efecto del adyuvante probablemente es importante para maximizar la absorción del herbicida.

2.2.2. Tamaño de gota

La importancia de conocer las técnicas disponibles a utilizarse para la pulverización es que las gotas forman parte del vehículo para llevar la sustancia activa la cual se encuentra diluida en un líquido, hasta el objetivo deseado. Por lo tanto, conocer las diferentes técnicas de subdivisión de líquidos en gotas ayudará a tomar la decisión más acertada a la hora de la aplicación.

Para poder planificar de manera óptima una aplicación de un producto fitosanitario y poder cumplir con los objetivos deseados, es necesario contar tanto con información que caracterice la población de gotas propulsada por el equipo aplicador, las necesidades en cuanto a tamaño de gota de cada tratamiento y tener conocimiento de cómo regular el equipo para lograr dichos tamaños de gota.

Para caracterizar una población de gotas existen parámetros tales como el diámetro volumétrico mediano (Dv_{50}) que según indicaron Vázquez y Rodrigues (2010), es el diámetro de gota tal que el 50% del volumen del líquido pulverizado es constituido por gotas menores que ese valor. También señalan que debe considerarse el $Dv_{0,1}$ y $Dv_{0,9}$. En donde en el caso del primero constituye el diámetro de gota tal que 10% del volumen de líquido pulverizado es constituido por gotas menores que ese valor y en el caso del último, es el diámetro de gota tal que 90% del volumen de líquido pulverizado es constituido por gotas menores que ese valor. Con estos parámetros indicados por los autores, los mismos señalan que es posible determinar la homogeneidad de determinada población por medio de la amplitud relativa (AR) calculada de la siguiente manera:

$$AR = (Dv_{0,9} - Dv_{0,1})/Dv_{0,5}$$

Esto determina que la homogeneidad de una población de gotas será mayor cuanto menor sea la amplitud relativa. Otro parámetro usado para determinar la homogeneidad es la relación DVM/DNM conocida coeficiente de homogeneidad, en donde el diámetro numérico mediano (DNM) supone el diámetro tal que el número de gotas de diámetro inferior y superior es el mismo. Cuanto más próximo a 1 es este valor más homogéneo se considera la población de gotas.

Las necesidades de tamaño de gota van a depender del tipo de acción del herbicida, es decir sistémico o de contacto y del blanco objetivo. La norma ASABE S-572.1, clasifica el riesgo de deriva, según el tamaño de las gotas en 8 categorías teniendo

en cuenta el DVM. A su vez a cada tamaño de gota le asigna un color el cual indica el riesgo de ocurrencia de deriva. Gotas extremadamente finas son aquellas con DVM menor a 60 μm (color violeta), gotas muy finas a aquellas con DVM que están entre 61 y 105 μm (color rojo), a las gotas finas con DMV entre 106 y 235 μm (color naranja), gotas medianas su DMV entre 236-340 μm (color amarillo), gotas gruesas su DMV entre 341-403 (color azul), gotas muy gruesas su DMV entre 404-502 μm (color verde), extremadamente gruesas DMV entre 503-665 μm (color blanco) y finalmente las gotas ultra gruesas son aquellas que su DMV es mayor a 665 μm (color negro).

En el caso de productos de baja sistemía un menor tamaño de gotas debería de lograr un mayor control debido a que permite aumentar el número de impactos sobre el objetivo. En este aspecto Knoche (1994), demostró que el 71% de los estudios indicaron un mejor desempeño de los herbicidas post-emergentes, dentro de los cuales se encuentran los de contacto, a medida que disminuye el tamaño de las gotas y aumentaba la cobertura del pulverizado.

En estudios realizados anteriormente con paraquat, el cual es un herbicida que actúa por contacto al igual que flumioxazin, Etheridge et al. (2001) demostraron que el tamaño de gota se relaciona negativamente con el rendimiento del herbicida, lo que indica que la eficiencia del herbicida disminuye a medida que aumentó el diámetro volumétrico mediano. Otros autores que estudiaron paraquat anteriormente indicaron que la eficacia del paraquat en la avena salvaje (Lake, 1977) y en girasol (McKinlay et al., 1974) disminuyó a medida que el tamaño de gota aumentó por encima de 100 μm , sin embargo, Lake (1977) no observó respuesta al tamaño de gota con el rábano (*Raphanus raphanistrum*).

Comparando el tipo de acción del herbicida y el tamaño de gota necesario para cada caso, Vázquez y Rodrigues (2010) señalaron que se puede observar que los tratamientos sistémicos foliares son efectivos con un menor número de impactos y un tamaño de gota más grande que los tratamientos de contacto, porque los productos son absorbidos y redistribuidos, en mayor o menor medida, por la planta. Por lo tanto, no es necesario hacer una pulverización tan fina con productos sistémicos, lo que evita riesgos de pérdida de producto debido a la deriva y la evaporación de gotas finas.

El tamaño de gota es uno de los principales factores determinantes de la deriva, esto pese a las ventajas que presentan las gotas pequeñas para productos de baja sistemía, es una desventaja ya que estas gotas tienen mayor potencial de deriva. Según Schroder, citado por Da Costa (2009) cuanto menor sea el diámetro de las gotas, mayor será la susceptibilidad a la deriva.

Según Texeira (2010) es importante seleccionar un tamaño de gota adecuado conforme a las condiciones climáticas que se dan durante el momento de la aplicación.

Esto deja en evidencia otra de las desventajas de las gotas pequeñas, y es que cuando las condiciones ambientales no son las correctas, estas son más susceptibles a la evaporación. En este punto Matthews (2000) evaluando el tamaño de gota a una temperatura de 20°C y HR 80% demostró que una gota de 50 µm tarda 14 segundos en extinguirse mientras que una de 200 µm tarda 227 segundos.

En contraste con el potencial de deriva y evaporación de las gotas pequeñas Leiva, citado por López (2011) señala que las gotas grandes tienen la ventaja de descender rápidamente y quedar menos expuestas a la deriva por viento y a la evaporación. A su vez indica que la principal desventaja es la falta de deposición y adherencia sobre la superficie vegetal. Este último aspecto representa una desventaja para productos que actúan por contacto, ya que disminuye el número de impactos sobre el objetivo pudiendo comprometer la eficiencia del control.

Siguiendo con las desventajas de las gotas grandes, Vázquez y Rodrigues (2010), recomiendan que cuando el destino del producto es la masa de hojas del cultivo o de malezas se debe evitar la formación de gotas muy gruesas capaces de escurrir hasta el suelo, a su vez señalan que este problema se reduce con el uso de adyuvantes surfactantes. En términos generales el tamaño de gota a partir del cual hay que atender al escurrimiento es de 500-600 µm, aunque ese valor puede depender de muchos factores tales como la naturaleza del caldo, los adyuvantes, la naturaleza de la superficie foliar y de la propia gota. De todos modos, los autores señalan que rara vez los tratamientos requieren gotas gruesas.

2.2.3. Deriva

La deriva es uno de los principales temas a atender al momento de planificar una aplicación ya que es una de las causantes de la falta de éxito en el control y según Olivet et al. (2013) una de las principales causas de pérdidas de productos fitosanitarios al ambiente. Por su parte Villalba y Hetz (2010), señalan que esta representa uno de los problemas más serios que pueden ocurrir durante las aplicaciones de agroquímicos. Siguiendo con las desventajas de la deriva Vázquez y Rodrigues (2010) indican que esta trae consigo dos aspectos negativos, pérdida de producto y posible daño a cultivo vecinos.

Para Villalba (2019) la deriva se entiende como el movimiento del agroquímico por viento durante o después de la aplicación para afuera del sitio objetivo, pudiendo ser endoderiva o exoderiva. En tanto Leiva (1996) la define como aquella parte de la aspersión que no alcanza el blanco objetivo. Villalba y Hetz (2010) coinciden en que es incorrecto pensar en deriva solo teniendo en cuenta la cantidad de producto perdido al momento de la aplicación, ya que pueden existir pérdidas posteriores a la aplicación desde la superficie vegetal tratada.

Según Bulacio (2005) pueden distinguirse dos tipos de deriva, la endoderiva y la exoderiva. La primera consiste en el desplazamiento del líquido pulverizado fuera del objetivo, pero en áreas próximas a él y también al suelo, llegando directamente o escurriendo desde el follaje. En el caso de la segunda, es la que determina que el asperjado es transportado principalmente por viento a distancias considerables del objetivo a tratar.

Teniendo en cuenta estos conceptos es inevitable tratar el tema de calidad de aplicación, en donde Leiva (1996) la define como la cantidad de principio activo depositado sobre el objetivo y la eficiencia con la que es retenido y absorbido por la superficie foliar. Respecto a este ítem y no conforme con los resultados Matthews (2000), señaló que las aplicaciones en aquel momento se realizaban de forma ineficiente dado la cantidad de producto químico y energía desperdiciada, lo cual al igual que hoy en día genera una preocupación en la sociedad por el exceso de residuos en los alimentos y la degradación del medio ambiente.

Las condiciones ambientales al momento de la aplicación son el principal factor determinante de la deriva. Según López (2011) las tres variables que hay que considerar para analizar la deriva son: temperatura, humedad relativa (HR) y velocidad del viento. En el caso de las primeras dos producen deriva generada por evaporación, mientras que el viento lo hace directamente por el movimiento de la gota fuera del blanco objetivo. De acuerdo con estos factores que afectan la pérdida de agroquímicos por evaporación, Boller et al. (2004) agregan que esta también depende del tamaño de gota.

Con el objetivo de reducir las pérdidas por deriva a un mínimo posible Villalba y Hetz (2010) recomiendan que las condiciones a evitar durante la aplicación sean, temperaturas superiores a 30 °C y humedad relativa menor a 60%. Estos valores de temperatura coinciden con los indicados por otros autores tales como Matthews (1988), el cual define como temperatura crítica para realizar aplicaciones aquellas por encima de los 30-32°C y con Antuniassi y Baio (2004) quienes sostienen que temperaturas por encima de 30°C o por debajo de 10°C representan condiciones que pueden comprometer la efectividad del tratamiento. Por su parte, respecto a la velocidad del viento, Vázquez y Rodrigues (2010) recomiendan que no se deben realizar tratamientos herbicidas con velocidades de viento superiores a 3 m/s.

En general frente a condiciones ambientales adversas las gotas pequeñas son más susceptibles a sufrir pérdidas por deriva. En cuanto a deriva generada por viento Vázquez y Rodrigues (2010) señalan que para tener una idea de los daños que pueden provocar la deriva, basta con citar resultados experimentales que muestran como gotas de 100 µm lanzadas a 1 metro del suelo son arrastradas 360 metros por vientos de 2 m/s. De acuerdo con esto Schroder, citado por Da Costa (2009) agrega que la resistencia del aire a la caída de una gota es inversamente proporcional a su diámetro. Respecto a pérdidas por evaporación, en un trabajo realizado por Matthews (2000) en condiciones

de humedad relativa 50% y temperatura 30°C, dentro de las cuales no se recomienda realizar la aplicación, el autor demostró el tiempo de extinción de gotas de 50 µm, 100 µm, 200 µm fue de 4, 16 y 65 segundos respectivamente y la distancia recorrida de 0.15, 2.4, y 39 metros respectivamente.

El uso de adyuvantes es una de las alternativas disponibles para mejorar la eficiencia de control y disminuir la deriva. Mendonca et al. (2004) demostraron que la utilización de aceite mineral y aceite vegetal como adyuvantes en caldos de pulverización de herbicidas aplicados en post emergencia proporciona aumento del área de mojado en la superficie adaxial y abaxial de hojas de soja. Además de aumentar el área de mojado Mota et al. (2011) agregan que tiene otra ventaja y es que independientemente de la boquilla utilizada, el agregado de adyuvante al caldo interfiere significativamente en la cantidad de aire que es incluido en la pulverización, lo cual permite generar gotas más grandes y reducir el potencial de deriva. Por su parte Vázquez y Rodrigues (2010) señalan que dentro de las principales ventajas del uso de aceite como adyuvantes se encuentran la mayor facilidad de penetración del herbicida a la cutícula y la acción antievaporante proporcionada por la reducción de las pérdidas causadas por la evaporación del agua de pulverización, logrando una mejor humectabilidad en las superficies repelentes al agua.

Como contraparte de estas ventajas en el uso de adyuvantes para control de malezas con cultivos ya instalados, Boller, citado por López (2011) afirma que el uso de aceite mineral en condiciones de temperaturas mayores a 38 °C produce ruptura de la membrana celular en hojas y por lo tanto puede resultar fitotóxico para el cultivo provocando hojas con halos de tejido muerto en el lugar donde impacta la gota.

Otra alternativa para disminuir la deriva es el uso de boquillas antideriva, las cuales según López (2011) tienen como característica el aumento del tamaño de gota generado con un mismo caudal a una misma presión, dado por la inducción de aire en la boquilla. El autor señala que el uso de estas boquillas puede lograr disminuciones de la deriva del orden del 90% comparado con algunas boquillas convencionales.

2.3. CARACTERÍSTICAS DEL FLUMIOXAZIN

Según Lee y Duke (1994) es un herbicida que presenta un modo de acción que inhibe la protoporfirinógeno oxidasa (PPO), que es una enzima involucrada en la vía común de biosíntesis de tetrapiroles de clorofilas y citocromos. Prince et al. (2004) señalaron que a medida que la protoporfirina IX se acumula y recibe energía por parte de la luz, se generan radicales tóxicos de oxígeno que conducen a la degradación del plasmalema y lípidos de la membrana de tonoplasto causando daños irreversibles en la función y estructura de la membrana de plantas susceptibles. Por su parte Grossmann et al. (2011) agregan que, tras la exposición a la luz, las moléculas proto citosólicas se

juntan con el oxígeno para formar oxígeno singlete y radicales de oxígeno que peroxidan los ácidos grasos insaturados de las membranas celulares. Esto produce una rápida pérdida de la integridad y función de la membrana, blanqueamiento de los pigmentos de cloroplastos, reducción de la fotosíntesis, necrosis y en instancias avanzadas, inhibición del crecimiento y muerte de plantas.

En cuanto al momento de aplicación, según indican Falk et al. (2006) puede ser aplicado en preemergencia o postemergencia. De acuerdo con esto Mcnaughton et al. (2014) agregan que tiene residualidad para el control de hoja ancha usado como preemergente. Actúa por contacto ya que es un producto de baja sistemia, lo cual pudo verse reflejado en un experimento realizado por Grossmann et al. (2011) en donde los autores indicaron que solo causó acción de contacto con necrosis en la hoja tratada mientras que el resto de la planta continuó creciendo.

Matzenbacher et al. (2014) señalan que los PPO son usados en la agricultura mundial para mitigar los problemas de malezas resistentes a glifosato y otros herbicidas, por lo cual podría ser considerado como un herbicida alternativo. Vidal (1997) señala que en general en condiciones favorables, principalmente referido a luz y temperatura, estos herbicidas actúan más rápido que herbicidas sistémicos tales como glifosato o 2,4-D.

Respecto al efecto de las condiciones ambientales sobre la eficacia de flumioxazin, Matzenbacher et al. (2014) estudiaron el efecto de la temperatura, irradiancia y humedad relativa. Los autores indicaron que dentro de un rango que no daña el metabolismo de las plantas, existen por lo menos dos factores por lo cual las altas temperaturas favorecen la actividad de los herbicidas inhibidores protox. En primer lugar, las altas temperaturas favorecen la absorción del herbicida como resultados de cambios en la composición y permeabilidad de la cutícula y, en segundo lugar, estas condiciones aumentan la velocidad de reacción química. Contrariamente los autores indicaron que este efecto de mejora de la eficacia del herbicida puede ser perjudicial para el cultivo porque tiende a reducir la selectividad de los herbicidas.

En cuanto al efecto de la irradiancia, el control de malezas por los inhibidores de PPO se ve favorecido en presencia de luz debido al modo de acción de los mismos, pero la exposición previa a la sombra parece tener un rol fundamental en la eficacia del herbicida. Thompson y Nissen (2002) descubrieron que mantener las plantas a la sombra antes de la aplicación del herbicida favorece la acción de estos. Afirmando esto Matzenbacher et al. (2014) descubrieron que plantas de soja con 80% de sombra 5 días antes de la aplicación de sulfentrazone mostraron hasta un 40% más de daño en soja, mientras que un 18% menos en trigo. También Hatterman-Valenti et al. (2011) descubrieron que el maíz con 80% de sombra tuvo un 9% más de daño.

Por último, señalando los efectos de la humedad relativa los autores indicaron que esta aumenta la eficacia de estos herbicidas y las razones de esto son la alta hidratación de la cutícula y la alta actividad metabólica. El efecto de la humedad relativa fue demostrado en estudios realizados anteriormente sobre el control de *Xanthium Strumarium* y *Ambrosia Artemisiifolia* en donde el control fue 30% más cuando la humedad relativa pasó de 50% a 85% (Ritter y Coble, 1981). Por su parte Wichert et al. (1992) agregaron que el control de *Sida spinosa*, *Ipomoea lacunosa*, *Xanthium strumarium* e *Ipomoea hederacea* tratadas con acifluorfen, fomesafen y lactofen fue más eficiente cuando las plantas estaban a 85% de humedad relativa en comparación con 50%.

Según indican Vigna et al. (2013), la incorporación de flumioxazin u otros herbicidas residuales de diferentes modos de acción podrían agregar mayores alternativas de control que ayudarían en la prevención y en el manejo de biotipos resistentes. Son varios los autores que han estudiado el efecto de las mezclas de distintos PPO con otros herbicidas sobre el control de malezas. Wagoner et al. (2011) demostraron que existe un efecto sinérgico en la aplicación de glifosato y saflufenacilo (PPO) sobre el control de *Conyza canadensis* resistente a glifosato, con esta mezcla se logró un 95% de control mientras que por separado controlaron 46% y 65% respectivamente. Por el contrario, Westberg y Coble (1992) señalan que la absorción foliar y la translocación de clorimuron en *Xanthium strumarium* se redujo hasta un 10% cuando se mezcló con acifluorfen, lo cual deja en evidencia que el efecto sinérgico no siempre ocurre. En un trabajo realizado por Reed et al. (2015) demostraron que el control sobre *Poa annua* con flumioxazina es de 50% a las cuatro semanas y media post aplicación, mientras que en mezclas con flazasulfuron, glufosinato, glifosato o pronamida se requieren 2 semanas para alcanzar ese nivel de control. En la misma investigación añaden que a las 8 semanas post aplicación de flumioxazina el control de *Poa annua* fue 61%, mientras que en mezcla con glufosinato el control fue de 94% siendo este el mejor resultado de todas las mezclas. También evaluaron mezclas de flumioxazin con fluzasulfuron, glufosinato, glifosato, mesotrione, pronamida o simazina, los autores señalaron que ninguna de las mezclas tuvo efectos antagónicos y que todas salvo la mezcla con mesotrione, tienen capacidad de mejorar la velocidad de control de la flumioxazina sola.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

Los experimentos se realizaron en la Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni"-Paysandú. Este constó de dos partes, la primera en condiciones controladas realizada en invernáculo y la segunda parte se realizó a campo en el potrero 36, donde se realizaron 2 experimentos en un área de barbecho con alta infestación de malezas invernales.

3.2. EXPERIMENTO EN CONDICIONES CONTROLADAS

3.2.1. Diseño experimental y tratamientos

Para el experimento en condiciones controladas las plantas indicadoras fueron *Avena byzantina* y *Brassica carinata*. Para esto se sembraron macetas con 5 semillas cada una. Al momento de la aplicación las especies utilizadas constaban con 4-5 hojas (16/10/2018) y 4 hojas (15/11/2018), respectivamente.

El diseño experimental fue completamente al azar, con 4 repeticiones. Los tratamientos se realizaron variando volumen de aplicación y tamaño de gota a dosis constante del herbicida flumioxazin (0,15 L/ha), lográndose dos tamaños de gota fina y muy gruesa. Cabe aclarar que la boquilla AIXR 110015 genera gotas extremadamente gruesas pero de aquí en adelante a modo de trabajar con dos variables en tamaño de gota, será denominada como muy gruesa.

Cuadro No. 1.Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Volumen (L.ha ⁻¹)	Tamaño de gota	Boquilla	Presión (bar)	Velocidad (km/h)
1	50	F	XR8001	2	5,5
4		MG	AI110015	1,5	5,5
2	80	F	TT11001	3	5,5
5		MG	AIXR110015	2,5	5,5
3	110	F	TT11001	2,5	3,6
6		MG	AIXR110015	1,5	3,6

*Tamaños según catálogo teejet: F (Fina); MG (Muy gruesa)

La aplicación del herbicida flumioxazin (0,15 L/ha) fue realizada con un equipo pulverizador costal de presión constante, el cual es presurizado con CO₂. El mismo consta de una barra para 4 boquillas a una distancia de 50 cm entre ellas, logrando un ancho operativo de 2 metros.

El 16 de octubre de 2018 se realizó la aplicación en *Avena bizantina* para el experimento a condiciones controladas. En dicha fecha las condiciones meteorológicas promedio al momento de la aplicación fueron 26,2°C de temperatura, 60 % de humedad relativa y 0 km/h de viento. La aplicación en *Brassica carinata* se hizo el día 15 de noviembre de 2018 con condiciones meteorológicas promedio de 28,9°C de temperatura, 48 % de humedad relativa y 1,6 km/h de viento.

3.2.3. Mediciones

Se estimó el porcentaje de control, el cual se obtuvo mediante de estimación visual, comparando el estado de las plantas de las macetas tratadas con las testigos. La evaluación del control se realizó a los 6, 10, 14 y 18 días post aplicación para el caso de la avena y 8, 12, 16, 20 días, para el caso de carinata.

3.3. EXPERIMENTOS A CAMPO

A campo se realizaron 2 experimentos uno evaluando el herbicida flumioxazin a dosis de 0,15 L/ha y el otro el herbicida en igual dosis en mezcla con glifosato a una dosis de 1200 gramos de equivalente ácido por hectárea (2,5 L/ha). El diseño, metodología de instalación y evaluaciones fueron similares en ambos experimentos por lo cual se presenta una sola vez.

3.3.1. Diseño experimental y tratamientos

En ambos experimentos el diseño utilizado fue en bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento.

Los tratamientos fueron los mismos que en condiciones controladas, la combinación de volúmenes de aplicación y tamaño de gota (Cuadro No. 1).

También en cada bloque se dejó un testigo de forma de tomar las malezas sin aplicación como referencia para dar el valor de porcentaje de control.

3.3.2. Metodología de instalación

El área experimental donde se condujeron ambos experimentos a campo era una situación de barbecho con enmalezamiento invernal, con las malezas en estado adulto y casi en floración. Siendo las principales especies presentes en el área: *Conyza* spp., *Gamochaeta spicata*, *Trifolium repens*, *Verbena litoralis*, *Nierembergia hippmanica*.

Las aplicaciones de los diferentes tratamientos dentro de los experimentos a campo, se realizaron el 17 de octubre de 2018, en parcelas de 10 por 2 metros. Las mismas fueron realizadas con un equipo pulverizador costal de presión constante, el cual es presurizado con CO₂. El mismo consta de una barra para 4 boquillas a una distancia de 50 cm entre ellas, logrando un ancho operativo de 2 metros. Siendo las condiciones meteorológicas promedio al momento de las aplicaciones, 26,6°C de temperatura, 77,5 % de humedad relativa y 0 km/h de viento.

3.3.3. Mediciones

Se eligieron cinco especies de malezas de las cuales se seleccionaron diez plantas por especie dentro de cada parcela y se midieron en varias fechas post aplicación. Las especies seleccionadas fueron, *Conyza* spp., *Gamochaeta spicata*, *Trifolium repens*, *Verbena litoralis*, *Nierembergia hippoanica*.

Los controles, al igual que en el experimento de condiciones controladas se realizaron por medio de la estimación visual comparando las especies en las parcelas de los diferentes tratamientos comparando con respecto a las especies en las parcelas testigos. Las evaluaciones fueron 6, 10, 14, 18 y 26 días post aplicación.

3.3.4. Análisis estadístico

Para el análisis de varianza, el cual fue realizado usando el programa estadístico SAS, previamente los datos de control, que se expresaron en porcentaje, fueron transformados a LN. Para su análisis se consideró el efecto de los factores principales y la interacción entre ellos y cuando fueron significativos, la comparación de media fue realizada por el test de Tukey ($p < 0.05$).

4. RESULTADOS

Se presentarán los resultados de cada experimento en forma separada y para cada especie en todas las fechas de evaluación.

4.1. FLUMIOXAZIN EN CONDICIONES CONTROLADAS

4.1.1. Avena byzantina

En el caso avena en condiciones controladas se encontró efecto a los 6 días post aplicación para la interacción volumen x tamaño de gota y también hubo efecto del tamaño de gota a los 10 y 14 días post aplicación.

Cuadro No. 2. Análisis de varianza para *Avena byzantina* en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin en condiciones controladas

<i>Avena byzantina</i>	6 DPA	10 DPA	14 DPA	18 DPA
Volumen (L/ha)	0,33	0,90	0,27	0,28
Tamaño de gota	0,31	0,04	0,02	0,16
Volumen x TG	0,02	0,84	0,59	0,72

El efecto de la interacción volumen x tamaño de gota, a los 6 DPA fue de ($p=0,02$), pero esto no fue suficiente para que la separación de medias de diferencias significativas por lo que se presentan los promedios de los factores principales.

Cuadro No. 3. Efecto del volumen sobre el porcentaje de control de *Avena byzantina* a los 6 días post aplicación de flumioxazin en condiciones controladas

Volumen (L/ha)	% Control
50	35.6 A
80	31.3 B
110	31.6 B

El Cuadro No. 3, evidencia que los mejores porcentajes de controles se obtuvieron cuando el volumen de aplicación fue de 50 L/ha, esto no coincide con lo recabado en la revisión bibliográfica ya que se espera que al ser un herbicida de baja sistemia los mejores controles se obtengan con mayores volúmenes.

Cuadro No. 4. Efecto del tamaño de gota sobre el porcentaje de control de *Avena byzantina* a los 6 días post aplicación de flumioxazin en condiciones controladas

Tamaño de gota	% Control
Fina	34.2 A
Muy gruesa	31.5 B

A los 6 días post aplicación de flumioxazin se obtuvo un mejor control mediante el uso de gota fina, esto era de esperarse según la información recabada en la revisión bibliográfica, de todos modos, las diferencias en porcentaje de control fueron bastante acotadas.

Para la variante tamaño de gota hubo efecto a los 10 DPA ($p=0,04$) y 14 DPA ($p=0,02$), por lo tanto se muestran los resultados en el Cuadro No. 5.

Cuadro No. 5. Efecto del tamaño de gota sobre el porcentaje de control de *Avena byzantina* a los 10 y 14 días post aplicación de flumioxazin en condiciones controladas

Tamaño de gota	% Control	
	10 DPA	14 DPA
Fina	51,5 B	61,1 B
Muy gruesa	61,8 A	76,7 A

En el Cuadro No. 5 se puede ver que en ambas situaciones, el mejor control se obtuvo con gota muy gruesa, esto no era de esperarse ya que como señalan Etheridge et al. (2001) en un estudio realizado con paraquat el cual es un herbicida de contacto, el tamaño de gota se relaciona negativamente con el rendimiento del herbicida. De todas maneras a los 26 DPA no se vieron diferencias al variar el tamaño de gota, por lo que como resultado final ningún tamaño de gota se destacó sobre el otro en cuanto a porcentaje de control, lográndose un control promedio final de 73%.

4.1.2. *Brassica carinata*

En lo que se refiere al experimento de *Brassica carinata* en condiciones controladas, se encontró efecto del volumen de aplicación a los 4 y 16 DPA, y del tamaño de gota a los 8 DPA.

Cuadro No. 6. Análisis de varianza para *Brassica carinata* en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin en condiciones controladas

<i>Brassica carinata</i>	4 DPA	8 DPA	12 DPA	16 DPA	20 DPA
Volumen (L/ha)	0,06	0,11	0,86	0,04	0,98
Tamaño de gota	0,41	0,04	0,19	0,88	0,20
Volumen x TG	0,23	0,16	0,39	0,18	0,79

A los 4 DPA hubo efecto del volumen ($p=0,06$). Los resultados se muestran en el Cuadro No. 7.

Cuadro No. 7. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de *Brassica carinata* a los 4 días post aplicación de flumioxazin en condiciones controladas

Volumen (L/ha)	% Control
50	17.3 AB
80	13.8 B
110	20.9 A

En el Cuadro No. 7, se puede observar una diferencia significativa en el control de *Brassica carinata* cuando se realizaron aplicaciones con volúmenes de 110 L/ha con respecto a volúmenes de 80 L/ha. Esto era de esperarse ya que, al tratarse de un herbicida de contacto, a mayor volumen de aplicación mayor porcentaje de control. Dicho a esto, lo que no concuerda es que no se encontraron diferencias significativas entre volúmenes de aplicación de 110 y 50 L/ha.

Al igual que a los 4 DPA, a los 16 DPA se encontró diferencias significativas ($p=0,04$) al utilizar diferentes volúmenes de aplicación. Se muestran los resultados en el Cuadro No. 8.

Cuadro No. 8. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de *Brassica carinata* a los 16 días post aplicación de flumioxazin en condiciones controladas

Volumen (L/ha)	% Control
50	13.0 B
80	21.6 A
110	16.1 AB

A los 16 días post aplicación, existieron diferencias significativas en el porcentaje de control de *Brassica carinata* cuando se aplicó flumioxazin con volúmenes de 80 L/ha con respecto a con volúmenes de 50 L/ha, esto era esperado.

Para tamaño de gota hubo efecto a los 8 DPA ($p=0,04$) y por lo tanto se presentan los resultados (Cuadro No. 9).

Cuadro No. 9. Efecto del tamaño de gota sobre el porcentaje de control de *Brassica carinata* a los 8 días post aplicación de flumioxazin en condiciones controladas

Tamaño de gota	% Control
Fina	22.3 B
Muy gruesa	31.5 A

El Cuadro No. 9, muestra diferencias significativas en el porcentaje de control a favor de gota muy gruesa, esto no concuerda con lo recabado en la revisión bibliográfica, ya que muchos autores afirman que herbicidas de baja sistemía como es el caso del flumioxazin, se ven favorecidos por aplicaciones con tamaños de gotas finas, debido a que se genera un mayor número de gotas y esto da como resultado un mayor número de impactos en el blanco objetivo.

Estas diferencias de control que se vieron con los distintos volúmenes y tamaño de gota, no se vieron al final del experimento (26 DPA) y el control promedio final fue muy bajo, 12%.

4.2. FLUMIOXAZIN A CAMPO

4.2.1. *Conyza spp*

En el control de esta maleza se detectó efecto del volumen y del tamaño de gota a los 6 días post aplicación. A los 10 días post aplicación a pesar de que no hubo efecto del volumen, se detectaron diferencias significativas entre los distintos volúmenes.

Cuadro No. 10. Análisis de varianza para *Conyza spp.* en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin

<i>Conyza spp</i>	6 DPA	10 DPA	14 DPA	18 DPA	26 DPA
Volumen (L/ha)	0.04	0,10	0.26	0.46	0.23
Tamaño de gota	0.01	0.35	0.76	0.19	0.12
Volumen x TG	0.52	0.99	0.57	0.60	0.22

En el Cuadro No. 11 se puede ver los porcentajes de control para esta maleza. Como era de esperarse, el control promedio en esta especie con flumioxazin fue muy bajo (24%) a pesar de haber usado las dosis recomendadas en la etiqueta y con distintos volúmenes de aplicación. Esto probablemente esté explicado por el estado de desarrollo que tenía esta maleza al momento de la aplicación, siendo este muy avanzado encontrándose la mayoría de las plantas en estado adulto, lo cual se considera como principal limitante para realizar tratamientos simples.

Cuadro No. 11. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de *Conyza spp.* a los 6 días post aplicación de flumioxazin

Volumen (L/ha)	% Control
50	10.4 AB
80	11.2 A
110	9.0 B

A pesar de las diferencias significativas a favor del volumen de aplicación de 80 L/ha comparado al de 110 L/ha, es importante mencionar que estas diferencias desde el punto de vista biológico son intrascendentes, de solo 2 %.

A los 6 DPA hubo efecto ($p=0,010$) del tamaño de gota y la diferencia entre medias fue significativa, y por lo tanto se muestran los resultados (Cuadro No. 12).

Cuadro No. 12. Efecto del tamaño de gota sobre el porcentaje de control de *Conyza spp.* a los 6 días post aplicación de flumioxazin

Tamaño de gota	Control (%)
Fina	10.8 A
Muy gruesa	9.25 B

En el Cuadro No. 12, se observa que hubo una diferencia significativa al variar el tamaño de gota a favor de la gota fina. Esto era de esperarse ya que concuerda con los

datos obtenidos por Etheridge et al. (2001), en donde en un experimento a campo sobre un área con barbecho y otra con *Brachiaria platyphylla*, obtuvieron mejores resultados con el uso de gota fina al aplicar paraquat.

Como se mencionó anteriormente, en este caso no se encontró efecto del volumen a los 10 DPA (Cuadro 13).

Cuadro No. 13. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de *Conyza spp.* a los 10 días post aplicación de flumioxazin

Volumen (L/ha)	% Control
50	19.3 A
80	21.3 A
110	16.2 A

Este resultado no era de esperada ya que como señalaron Creech et al. (2015) estudiando lactofeno (PPO) el cual es de baja sistemia, al aumentar el volumen de aplicación mejoraron los porcentajes de control de 18% a 42%.

4.2.2 *Gamochaeta spicata*

En el caso de *Gamochaeta spicata* no se detectó efecto del volumen de aplicación ni del tamaño de gota, como tampoco de su interacción en ninguna de las evaluaciones realizadas.

Cuadro No. 14 Análisis de varianza para *Gamochaeta spicata* en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin

<i>Gamochaeta spicata</i>	6 DPA	10 DPA	14 DPA	18 DPA	26 DPA
Volumen(L/ha)	0.38	0.27	0.27	0.48	0.69
Tamaño de gota	0.91	0.47	0.89	0.85	0.83
Volumen x TG	0.77	0.63	0.89	0.61	0.54

A continuación, en las siguientes figuras se presentan los promedios de control para cada factor individual.

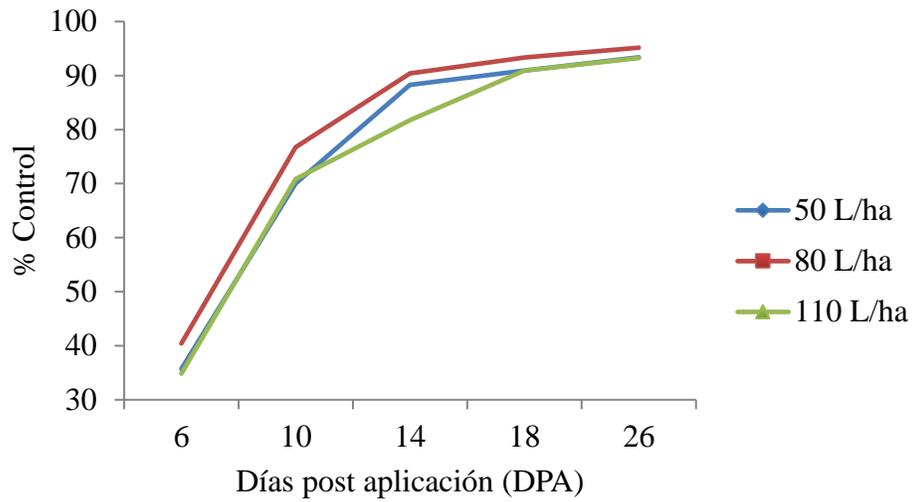


Figura No. 1. Evaluación del control promedio (%) para el factor volumen de aplicación

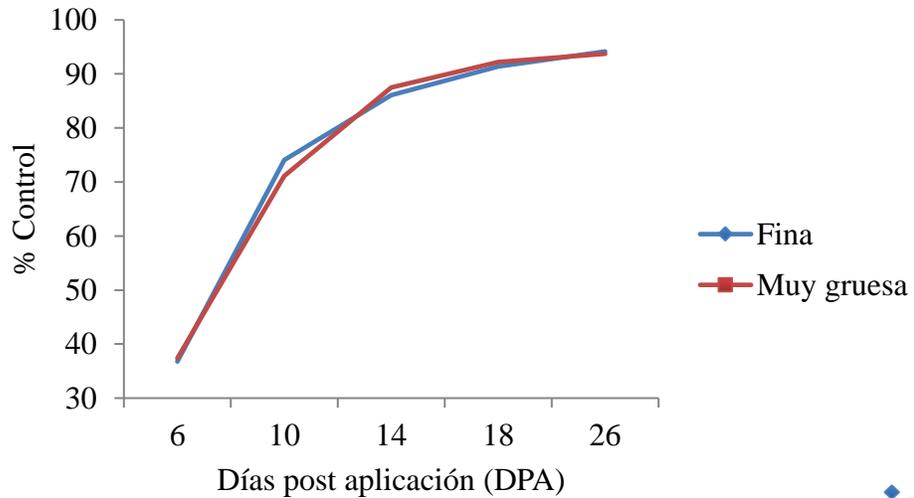


Figura No. 2. Evolución del control promedio (%) por tamaño de gota

En las Figuras No. 1 y No. 2 se observa que el control de *Gamochaeta spicata* post aplicación de flumioxazin fue casi total, lográndose 94% de control promedio a los 26 días post aplicación, pero sin mostrar diferencias significativas entre el uso de diferentes volúmenes de aplicación y diferentes tamaños de gota. Al momento de la aplicación el estado de desarrollo de esta especie era avanzado, pese el uso de flumioxazin permito obtener excelentes resultados.

4.2.3. *Trifolium repens*

Al igual que lo mencionado anteriormente sobre *Gamochaeta spicata*, con *Trifolium repens* no se detectó efecto del volumen de aplicación ni del tamaño de gota. Tampoco de su interacción (volumen x tamaño de gota) en ninguna de las evaluaciones realizadas.

Cuadro No. 15. Análisis de varianza para *Trifolium repens* en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin

<i>Trifolium repens</i>	6 DPA	10 DPA	14 DPA	18 DPA	26 DPA
Volumen (L/ha)	0.84	0.75	0.24	0.55	0.68
Tamaño de gota	0.48	0.43	0.36	0.26	0.44
Volumen x TG	0.85	0.93	0.36	0.31	0.87

Para el caso de *Trifolium repens* el porcentaje de control promedio alcanzando su máximo a los 14 días post aplicación y luego se mantuvo alcanzando un control promedio final de 60%, en contraposición al resto de las especies estudiadas, en las cuales la mayoría de ellas los máximos porcentajes de control se obtuvieron a los 26 días post aplicación. Al momento de las evaluaciones las plantas se encontraban bastante desarrolladas, formando matas densas pero sin alcanzar el estado reproductivo.

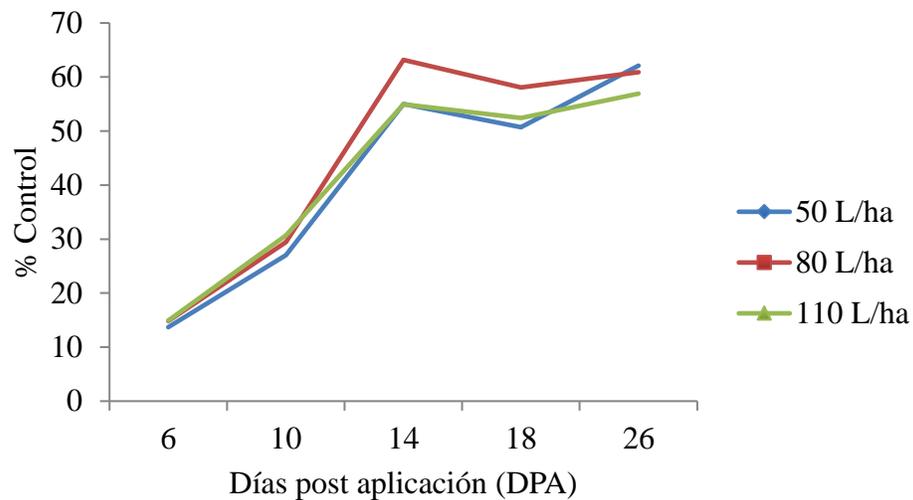


Figura No. 3. Evolución del control promedio (%) para el factor volumen de aplicación

En la Figura No. 3 se observa una leve tendencia de mayor velocidad de control cuando se aplican volúmenes de 80 L/ha, a pesar de esto a los 26 días post aplicación se logran los mismos niveles de control.

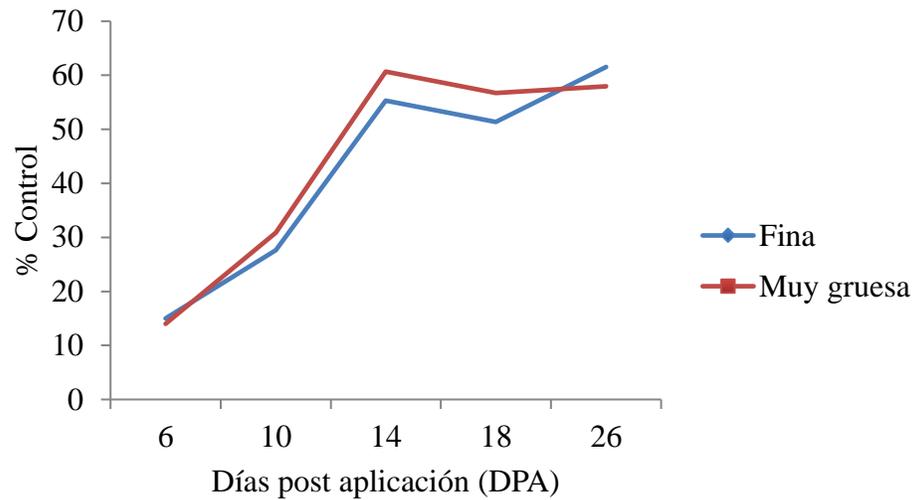


Figura No. 4. Evolución del control promedio (%) por tamaño de gota

Si bien no hubo diferencias significativas entre tamaño de gota, a los 14 DPA se observó un mejor control con gota gruesa, como lo muestra la Figura No. 4.

4.2.4. *Verbena littoralis*

Para el caso de esta especie hubo efecto de la interacción volumen x tamaño de gota a los 10 días post aplicación y también del tamaño de gota a los 18 días post aplicación.

Cuadro No. 16. Análisis de varianza para *Verbena littoralis* en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin

<i>Verbena littoralis</i>	6 DPA	10 DPA	14 DPA	18 DPA	26 DPA
Volumen (L/ha)	0.60	0.48	0.48	0.26	0.30
Tamaño de gota	0.22	0.32	0.94	0.09	0.44
Volumen x TG	0.37	0.07	0.66	0.83	0.84

En el caso de la interacción volumen x tamaño de gota sobre el control a los 10 DPA, hubo efecto ($p=0,07$) pero la diferencia de medias no dio significativa por lo que se presentan los promedios de los factores principales.

Cuadro No. 17. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de *Verbena litoralis* a los 10 días post aplicación de flumioxazin

Volumen (L/ha)	% Control
50	68,7
80	71,4
110	68,4

Cuadro No. 18. Efecto del tamaño de gota sobre el porcentaje de control de *Verbena litoralis* a los 10 días post aplicación de flumioxazin

Tamaño de gota	% Control
Fina	68,9
Muy gruesa	70,3

Para el caso de tamaño de gota a los 18 DPA se encontró efecto ($p=0,09$) y la separación de medias es significativa, por lo tanto, se presentan los resultados (Cuadro No. 19).

Cuadro No. 19. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de *Verbena litoralis* a los 18 días post aplicación de flumioxazin

Tamaño de gota	% Control
Fina	76.7 B
Muy gruesa	80.0 A

Como se puede observar en el Cuadro No. 19, el mejor resultado de control se obtuvo con gota muy gruesa, lo cual no era lo esperado según los datos recabados en la revisión bibliográfica en donde Knoche (1994) señaló que los herbicidas de contacto tenían un mejor desempeño a medida que disminuía el tamaño de gota y aumentaba la cobertura del pulverizado. Esto parece lógico ya que al aumentar el número de gotas se generarían mayor número de gotas y aumentaría el área tratada.

4.2.5. *Nierembergia hippomanica*

Para el caso de esta maleza, hubo efecto de los diferentes volúmenes a los 6, 18 y 26 días post aplicación. También existió efecto entre la interacción volumen x tamaño de gota a los 26 DPA.

Cuadro No. 20. Análisis de varianza para *Nierembergia hippomanica* en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin

<i>Nierembergia hippomanica</i>	6 DPA	10 DPA	14 DPA	18 DPA	26 DPA
Volumen (L/ha)	0.070	0.176	0.330	0.070	0.040
Tamaño de gota	0.340	0.130	0.820	0.720	0.260
Volumen x TG	0.190	0.300	0.950	0.300	0.006

Para el caso de volumen a los 6 y 18 DPA hubo efecto y la separación de medias es significativa y por lo tanto se presentan los resultados (Cuadro No. 21).

Cuadro No. 21. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de *Nierembergia hippomanica* a los 6, 18 y 26 días post aplicación de flumioxazin

Volumen (L/ha)	% Control	
	6 DPA	18 DPA
50	30,3 B	84,2 AB
80	38,5 A	88,2 A
110	32 AB	84,1 B

El Cuadro No. 21 muestra que existió diferencia significativa en el porcentaje de control cuando hubo variación en el volumen de aplicación en las fechas indicadas. Como resultado final se observa que los mejores controles se lograron con volumen de 80 L/ha respecto a 110 L/ha. Una posible explicación a esto es que al usar volúmenes muy altos puede ocurrir escurrimiento y por eso no se destaca 110 L/ha sobre 80 L/ha.

Para la interacción volumen x tamaño de gota a los 26 DPA ($p=0,006$) se presenta en el Cuadro No. 22.

Cuadro No. 22. Efecto de la interacción volumen x tamaño de gota sobre el porcentaje de control de *Nierembergia hippomanica* a los 26 días post aplicación de flumioxazin

Volumen x TG	Fina	Muy gruesa
50	88.6 Aa	83.7 Bb
80	85.6 Aa	87.1 Aa
110	84.3 Aa	85.0 Ab

Letras en mayúscula comparan tamaño de gota dentro de cada volumen, letras minúsculas, comparan diferentes volúmenes dentro de cada tamaño de gota

En el caso del Cuadro No. 22, si bien se observa que existió un efecto significativo, del tamaño de gota dentro del volumen 50 L/ha logrando el mejor resultado con la gota fina, lo cual era de esperarse debido a que al tratarse de un volumen bajo, el efecto de disminuir el tamaño de gota debería de mejorar el control por un aumento de la superficie de contacto, este efecto no se observa en los volúmenes de 80 L/ha y 110 L/ha ya que al aumentar el volumen de aplicación, el efecto de disminuir el tamaño de gota pierde relevancia. Por otra parte, al comparar cada tamaño de gota con los volúmenes, se observa que dentro de la gota fina no hubo efecto significativo, pero con gota gruesa los mejores resultados se obtienen con 80 L/ha. El control promedio alcanzado a los 26 DPA fue de 85%.

4.3. FLUMIOXAZIN + GLIFOSATO A CAMPO

4.3.1. *Connyza spp*

En el control de esta maleza no se hubo efecto del tamaño de gota ni de volumen de aplicación, como tampoco de su interacción.

Cuadro No. 23. Análisis de varianza para *Connyza* en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin + glifosato

<i>Connyza bonariensis</i>	6 DPA	10 DPA	14 DPA	18 DPA	26 DPA
Volumen (L/ha)	0.45	0.31	0.73	0.26	0.97
Tamaño de gota	0.18	0.67	0.99	0.50	0.80
Volumen x TG	0.65	0.38	0.64	0.78	0.54

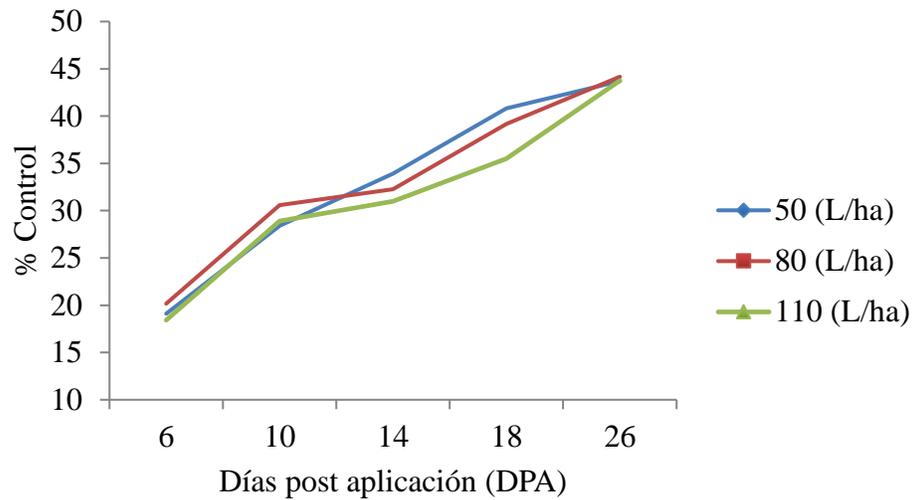


Figura No. 5. Evolución del control promedio (%) para el factor volumen de aplicación

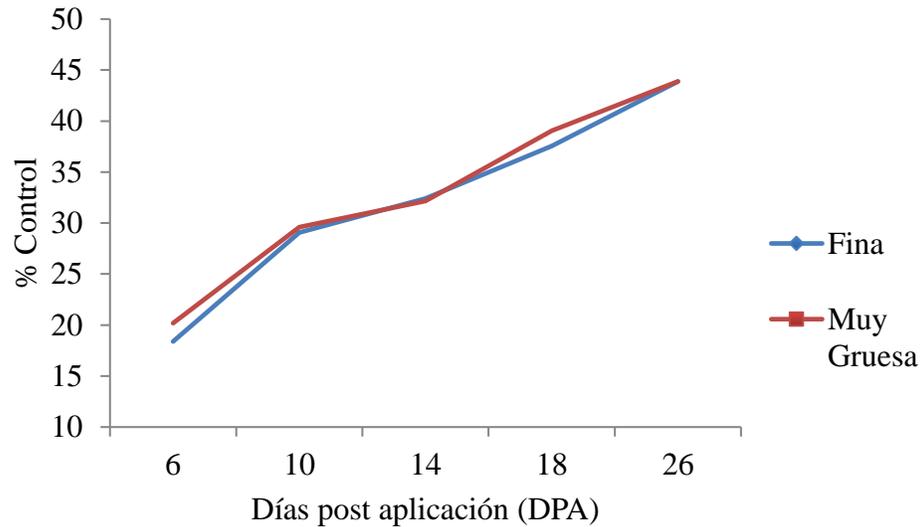


Figura No. 6. Evolución del control promedio (%) por tamaño de gota

Como se esperaba, el control en esta especie con los herbicida flumioxazin y glifosato fue muy bajo a pesar de haber usado las dosis recomendadas en la etiqueta, no se vieron controles superiores a 45% con ninguno de los tratamientos (Figuras No. 5 y No. 6), como ya fue mencionado anteriormente esto probablemente esté explicado por el desarrollo que tenía esta maleza al momento de la aplicación. De todas maneras en comparación a las tratadas solo con flumioxazin, el control mejora (24% a 45%) pero

hay que destacar que la combinación de flumioxazin + glifosato no levanta la limitante en el control de esta maleza con resistencia a glifosato.

4.3.2. *Gamochaeta spicata*

En el caso de esta maleza al igual que *Connyza bonariensis*, no hubo efecto del tamaño de gota ni del volumen de aplicación, como tampoco de la interacción de estos.

Cuadro No. 24. Análisis de varianza para *Gamochaeta spicata* en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin + glifosato

<i>Gamochaeta spicata</i>	6 DPA	10 DPA	14 DPA	18 DPA	26 DPA
Volumen (L/ha)	0.34	0.51	0.66	0.35	0.42
Tamaño de gota	0.75	0.42	0.95	0.88	0.34
Volumen x TG	0.15	0.47	0.52	0.57	0.48

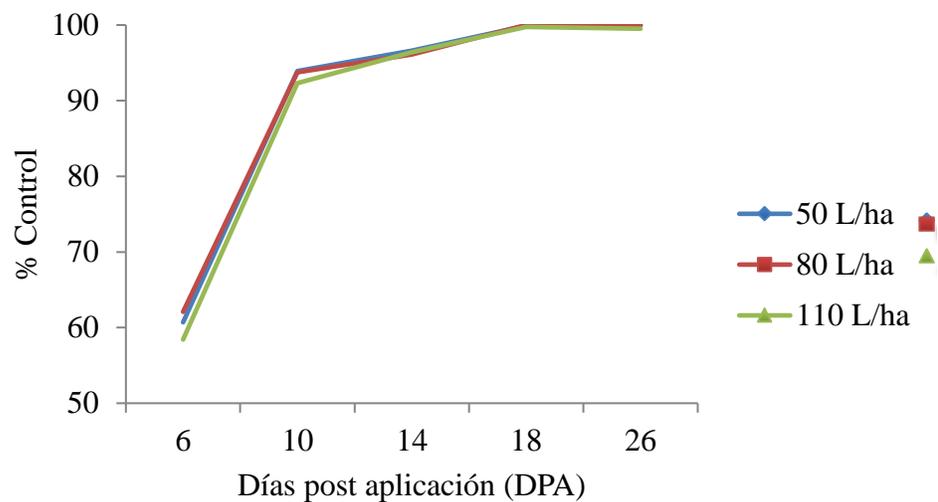


Figura No. 7. Evolución del control promedio (%) para el factor volumen de aplicación

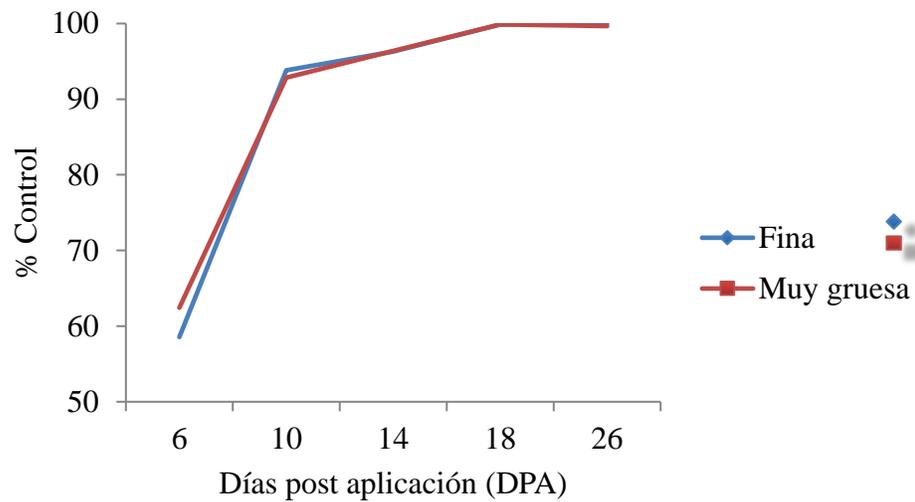


Figura No. 8. Evolución del control promedio (%) para el factor tamaño de gota

Como se observa en las Figuras No. 7 y No. 8 el control promedio logrado a partir de los 18 DPA fue máximo (100%). Esto fue similar a lo que ocurrió en las tratadas solo con flumioxazin, pero en esta caso la combinación de flumioxazin + glifosato permitió acelerar el control de la especie. Esto coincide con lo recabado por Reed et al. (2015) en donde evaluaron flumioxazin en mezcla con otros herbicidas dentro de los cuales se encontraba el glifosato y destacaron que esta combinación tiene la capacidad de mejorar la velocidad de control en comparación con flumioxazin solo.

4.3.3. *Trifolium repens*

En el caso de trébol blanco a los 6 DPA hubo efecto del tamaño de gota y de la interacción entre volumen y tamaño de gota. A los 14 DPA también existió efecto del volumen de aplicación.

Cuadro No. 25. Análisis de varianza para *Trifolium repens* en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin + glifosato

<i>Trifolium repens</i>	6 DPA	10 DPA	14 DPA	18 DPA	26 DPA
Volumen (L/ha)	0.75	0.99	0.03	0.86	0.27
Tamaño de gota	0.06	0.11	0.66	0.36	0.30
Volumen x TG	0.08	0.90	0.56	0.61	0.63

A pesar de que el efecto de la interacción fue significativo a los 6 DPA ($p=0.08$), la separación de medias no dio diferencias significativas y por lo tanto se presentan los promedios de los factores principales.

Cuadro No. 26. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de *Trifolium repens* a los 6 días post aplicación de flumioxazin + glifosato

Volumen (L/ha)	% Control
50	20.7
80	19.9
110	21.1

Para la variante tamaño de gota, hubo efecto a los 6 DPA ($p=0.06$) y por lo tanto se presentan los resultados en el Cuadro No. 27.

Cuadro No. 27. Efecto del tamaño de gota sobre el porcentaje de control de *Trifolium repens* a los 6 días post aplicación de flumioxazin + glifosato

Tamaño de gota	% Control
Fina	23.6 A
Muy gruesa	17.7 B

En el Cuadro No. 27 se muestra que existió diferencia significativa sobre el control de esta especie al cambiar el tamaño de gota logrando el mayor control con tamaño de gota fina. Estos resultados concuerdan con lo señalado por Knoche (1994) el cual demostró que el 71% de los estudios indicaron un mejor desempeño de los herbicidas de contacto a medida que disminuye el tamaño de gota y aumenta la cobertura del pulverizado. Respecto a herbicidas sistémicos como el glifosato, estos resultados no concuerdan con Vázquez y Rodríguez (2010), quienes señalaron que se puede observar que los tratamientos sistémicos foliares son efectivos con un menor número de impactos y un tamaño de gota más grande que los tratamientos de contacto, porque los productos son absorbidos y redistribuidos en mayor o menor medida, por la planta. De todas maneras cabe aclarar que al final del experimento no se vieron diferencias al variar el tamaño de gota por lo que no se justificaría el uso de gota fina.

A los 14 DPA ($p=0.03$) existió efecto del volumen y por lo tanto se presentan los resultados (Cuadro No. 28).

Cuadro No. 28. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de *Trifolium repens* a los 14 días post aplicación de flumioxazin + glifosato

Volumen (L/ha)	% Control
50	84.0 A
80	76.7 AB
110	71.2 B

En el caso del Cuadro No. 28, se puede observar que al usar 80 L/ha el resultado obtenido no se diferenció con ninguno de los tratamientos, y que aplicaciones con volúmenes de 50 L/ha lograron mejor control que aplicaciones con 110 L/ha lo cual no coincide con los datos recabados durante la revisión bibliográfica en donde según Creech et al. (2015) el mejor control de malezas con glufosinato de amonio (herbicida de contacto con baja sistémica) se obtuvo con dosis cercanas a los 110 L/ha. Una posible explicación de estos resultados es el uso de adyuvante en el caldo, lo cual coincide con lo dicho por Bradford et al. (2001) en donde aplicaciones de carfentrazona a volúmenes de 47 L/ha con adyuvante, obtuvieron similar control que volúmenes de 94 L/ha.

En el caso de esta especie la combinación de flumioxazin + glifosato permitió mejorar el control final en 38% comparado con las tratadas solo con flumioxazin, alcanzando un control promedio final de 98%.

4.3.4. *Verbena litoralis*

En el caso de *Verbena litoralis* el único efecto presente fue el de volumen de aplicación y el control de la maleza a los 26 días post aplicación.

Cuadro No. 29. Análisis de varianza para *Verbena litoralis* en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin + glifosato

<i>Verbena litoralis</i>	6 DPA	10 DPA	14 DPA	18 DPA	26 DPA
Volumen (L/ha)	0.66	0.95	0.71	0.45	0.09
Tamaño de gota	0.84	0.52	0.37	0.66	0.27
Volumen x TG	0.90	0.74	0.64	0.17	0.45

A pesar de que este efecto fue de 9,0% sobre el control a los 26 días post aplicación, la separación de medias no dio diferencia significativa y por lo tanto se presenta el promedio del volumen.

Cuadro No. 30. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de *Verbena litoralis* a los 26 días post aplicación de flumioxazin + glifosato

Volumen (L/ha)	% Control
50	97.8
80	91.8
110	91.7

En este caso con cualquiera de los tratamientos se lograron controles superiores a 90% a partir de los 14 DPA y el control promedio final alcanzado fue de 94%.

4.3.5. *Nierembergia hippomanica*

Para el caso de la maleza *Nierembergia hippomanica* se encontró efecto del volumen a los 18 días post aplicación.

Cuadro No. 31. Análisis de varianza para *Nierembergia hippomanica* en todas las fechas de evaluación post aplicación de flumioxazin + glifosato

<i>Nierembergia hippomanica</i>	6 DPA	10 DPA	14 DPA	18 DPA	26 DPA
Volumen (L/ha)	0.90	0.12	0.54	0.03	0.87
Tamaño de gota	0.91	0.17	0.67	0.49	0.31
Volumen x TG	0.89	0.11	0.90	0.65	0.57

Este efecto del volumen a los 18 DPA ($p=0,03$) fue el único para esta maleza y por lo tanto se presentan los resultados de la separación de medias (Cuadro No. 32).

Cuadro No. 32. Efecto del volumen de aplicación sobre el porcentaje de control de *Nierembergia hippomanica* a los 18 días post aplicación de flumioxazin + glifosato

Volumen (L/ha)	% Control
50	99.5 A
80	99.1 A
110	96.1 B

En el Cuadro No. 32 se muestra que los mejores controles a los 18 DPA se obtuvieron con volúmenes de 50 y 80 L/ha, presentando diferencias significativas frente a el control obtenido con 110 L/ha. Esto no coincide con los resultados recabados durante la revisión bibliográfica en donde en la mayoría de las situaciones los mejores controles con productos de baja sistemía se obtenían a partir de volúmenes de 80 L/ha.

Quizás en este caso podría estar explicado por escurrimiento en tan altos volúmenes lo que redundó en un menor control, aunque en valores reales son mínimas las diferencias. De todas maneras a los 26 DPA no hay diferencia entre los tratamientos por lo que en base a estos resultados no se podría recomendar uno u otro, y el control promedio final alcanzado para esta fecha fue de 99%.

A modo de resumen de los resultados obtenidos para el caso del experimento en condiciones controladas, para avena no se encontraron efecto de las variables estudiadas al final de las evaluaciones, obteniendo un control promedio de los tratamientos del 73%. Para carinata se obtuvo un 12% de control promedio final entre los distintos tratamientos y tampoco se encontraron diferencia entre estos al final del experimento. El bajo porcentaje de control promedio obtenido, puede ser causa de la caída de las hojas tratadas y rebrote de hojas nuevas en donde los síntomas observados fueron muy pocos.

Para el experimento a campo, los resultados promedios de los diferentes tratamientos obtenidos al final de las evaluaciones se muestran en el Cuadro No. 33 para cada especie.

Cuadro No. 33. Resumen de los resultados en el experimento a campo, expresados en porcentaje de control promedio a los 26 DPA.

Especie	% de control promedio	
	Flumioxazin	Flumioxazin + glifosato
<i>Conyza spp.</i>	24	45
<i>Gamochaeta spicata</i>	94	100
<i>Trifolium repens</i>	60	98
<i>Verbena litoralis</i>	80	94
<i>Nierembergia hippomanica</i>	85	99

En el Cuadro No. 33 se puede observar como generalidad, que la combinación de flumioxazin + glifosato mejoró el control logrado en comparación a las tratadas solo con flumioxazin.

Cuando se utilizó flumioxazin solo, no se encontró efecto de los factores principales (volumen de aplicación y tamaño de gota), como tampoco de su interacción (volumen x tamaño de gota) al final del experimento, excepto para *Nierembergia hippomanica* en donde los mejores resultados al final de las mediciones se obtuvieron con volumen de 80 L/ha y dentro del volumen 50 L/ha los mejores resultados se obtuvieron con el uso de gota fina.

En el caso de flumioxazin + glifosato, al final del experimento no se encontró efecto de ninguna de las variables estudiadas.

5. CONCLUSIONES

En condiciones controladas, para los tamaños de gota y volúmenes de aplicación evaluados, no se encontraron diferencias en la efectividad del herbicida flumioxazin en ambas especies bioindicadoras sobre las que se evaluó. En el campo, al utilizar flumioxazin, el porcentaje de control final varió dependiendo de la especie vegetal. Siendo para *Conyza* 24%, para *Gamochaeta spicata* 94%, *Trifolium repens* 60%, *Verberna litoralis* 80%, y para *Nierembergia hippomanica* 85%. Excepto para *Nierembergia hippomanica*, en donde se obtuvieron los mejores resultados al final con volumen de 80 L/ha, y no se encontró efecto del tamaño de gota, los resultados no indicaron diferencias para tamaño de gota y volumen de aplicación.

A pesar de los resultados obtenidos al final de las evaluaciones, no se recomienda aplicar con volúmenes inferiores a 80 L/ha, debido a que la mayor desecación que se evidenció en una de las especies fue con gota fina, y estas son más vulnerables a la ocurrencia de deriva.

El agregado de glifosato al flumioxazin, no cambió el comportamiento de los efectos evaluados, solo mejoró el control en todas las especies, en donde para *Conyza* pasó de 24 a 45%, para *Gamochaeta spicata* de 94 a 100%, *Trifolium repens* de 60 a 98%, para *Verberna litoralis* de 80 a 94%, y para *Nierembergia hippomanica* de 85 a 99%.

Estos resultados sin embargo deben ser refrendados en condiciones de producción, con equipos trabajando en condiciones comerciales, porque es sabido que hay aspectos relevantes que son bien diferentes a las condiciones de nuestro trabajo, como ser la velocidad de aplicación, la altura de la barra de aplicación, entre otros factores.

6. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar distintos volúmenes de aplicación (50, 80 y 110L.ha⁻¹) y tamaño de gota (fina y muy gruesa) en el porcentaje de control del herbicida flumioxazin. Para ello se instalaron una serie de experimentos en EEMAC (Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni"), ubicada en el departamento de Paysandú. Los experimentos en condiciones controladas, fueron instalados en invernáculo, con diseño de bloques completos, con 4 repeticiones donde se aplicó flumioxazin a dosis de 0.15 L/ha. La evaluación de control se realizó en dos especies bioindicadoras, *Avena byzantina* y *Brassica carinata*. Por otra parte se instalaron dos experimentos en barbecho invernal, en situación de alta infestación de malezas, con diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones, donde se evaluó el flumioxazin solo y en combinación con glifosato. En los experimentos de aplicación de flumioxazin en condiciones controladas, para el caso de *Avena byzantina* se encontró efecto del tamaño de gota a los 10 DPA, en los cuales los mejores resultados se obtuvieron con gota muy gruesa. Al final de las evaluaciones no se encontraron efecto de las variables en estudio, obteniendo 73% de control promedio. Para *Brassica carinata* hubo variables en cada fecha de evaluación para los diferentes factores, pero en la evaluación final no se encontraron diferencias entre los factores principales y el control promedio fue de apenas 12%. En las evaluaciones en malezas, los resultados indicaron que en *Conyza* spp el control promedio en esta especie fue 24%, no se encontró efecto de ninguno de los tratamientos al final de las evaluaciones. En *Gamochaeta spicata* tampoco se encontraron controles diferenciales según los factores de estudio, el control promedio fue de 100% a los 26 días post aplicación. Para *Trifolium repens* tampoco se detectó efecto de ninguna de las variables en estudio, los máximos porcentajes de control ocurrieron a los 14 días post aplicación de flumioxazin alcanzando un control promedio de 60% el cual se mantuvo hasta el final de las mediciones. En el caso de *Verbena litoralis* hubo solamente efecto del tamaño de gota a los 18 DPA, en donde se obtuvieron los mayores los porcentajes de control con tamaños de gota muy gruesa, pero a los 26 DPA no se encontró efecto de los tratamientos ni de su interacción y el control promedio a los 26 DPA fue 80%. Tampoco se encontró efecto de los factores en *Nierembergia hippomanica*, obteniendo un control promedio a los 26 DPA de 85%. En el experimento de la mezcla de flumioxazin con glifosato, para ninguna de las malezas presentes en el área experimental hubo efecto de los factores volumen de aplicación y tamaño de gota ni de la interacción en el porcentaje de control alcanzado a los 26 días post aplicación. Los controles finales en *Conyza* spp., *Gamochaeta spicata*, *Trifolium repens*, *Verbena litoralis* y *Nierembergia hippomanica* fueron de 45, 100, 98, 94 y 99%, respectivamente.

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

7. SUMMARY

The objective of this work was to evaluate different application volumes (50, 80 and 110 L. ha⁻¹) and the drop size (fine and very coarse) in the control percentage of the herbicide flumioxazine. To achieve this, a series of experiments were conducted in EEMAC (Experimental Station "Dr. Mario A. Cassinoni"), located in Paysandú department. The experiments under controlled conditions were installed in the greenhouse, with complete blocks design, with 4 repetitions where flumioxazine was applied at a dose of 0.15 L / ha. The control evaluation was carried out in two bioindicator species, *Avena byzantina* and *Brassica carinata*. On the other hand, two experiments were installed in winter fallow, in a situation of high weed infestation, designed in complete blocks randomly, with 3 repetitions, evaluating flumioxazin alone and in combination with glyphosate. In the experiments applying flumioxazin under controlled conditions, in the case of *Avena byzantina*, the effect of the drop size occurs at 10 DPA, in which the best results were obtained with a very coarse drop. At the end of the evaluation, no effects of the variables under study were found, obtaining 73% of average control. For *Brassica carinata* there were variables at each evaluation date for the different factors, but in the final evaluation no differences were found between the main factors, and the average control was only 12%. For the evaluations in weeds, the results indicated that in *Conyza spp* the average control in this species was 24%, no effect of any of the treatments was found at the end of the evaluations. In *Gamochaeta spicata* there were also no differential controls according to the studied factors, the average control was 100% at 26 DPA. For *Trifolium repens*, no effect of the variables under study were detected, the maximum control percentages occurred 14 days after the application of flumioxazine, reaching an average control of 60%, which was maintained until the end of the measurements. In the case of *Verbena litoralis*, there was only an effect of the drop size at 18 DPA, where the highest control percentages were obtained with very coarse drop sizes, but at 26 DPA, no effect was found on the treatments or their interaction and the average control at 26 DPA was 80%. No effect of the factors was found in *Nierembergia hippomanica* either, obtaining 85% of average control at 26 DPA. In the experiment of the combination of flumioxazine with glyphosate, for none of the weeds present in the experimental area, there was an effect of the factors of application volume and droplet size or of the interaction in the percentage of control affected at 26 days post application. The final controls in *Conyza spp.*, *Gamochaeta spicata*, *Trifolium repens*, *Verbena litoralis* and *Nierembergia hippomanica* were 45, 100, 98, 94 and 99%, respectively.

Key words: Volume; Drop size; Volume per drop size.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Antuniassi, U. R.; Baio, F. H. R. 2004. Tecnologia de aplicação de defensivos. In: Vargas, L.; Roman, E. S. eds. Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Bento Gonçalves, EMBRAPA Uva e Vinho. pp. 145-184.
2. Bensch, C. N.; Horak, M. J.; Peterson, D. 2003. Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), Palmer amaranth (*A. palmeri*), and common waterhemp (*A. rudis*) in soybean. (en línea). *Weed Science*. 51(1):37-43. Consultado 16 ago. 2019. Disponible en [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2003\)051\[0037:IORPARfont>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2003)051[0037:IORPARfont>2.0.CO;2)
3. Berger, S. T.; Dobrow, M. H.; Ferrell, J. A.; Webster, T. M. 2014. Influence of Carrier Volume and Nozzle Selection on Palmer Amaranth Control. (em línea). *Peanut Science*. 41(2):120-123. Consultado 16 ago. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.3146/PS13-20.1>
4. Bogliani, M.; Masiá, G.; Onorato, A. 2005. Pulverizaciones agrícolas terrestres. Buenos Aires, INTA Castelar. Instituto de Ingeniería Rural. 20 p.
5. Boller, W.; Forcelini, C. A.; Tres, I.; Panisson, R. 2004. Aplicação de fungicida para o controle de oídio em soja, em diferentes horários do dia. In: Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos (3º., 2004, Botucatu, SP, Brasil). Anales. San Pablo, s.e. pp. 21-23.
6. Bradford, K.; Messersmith, R.; Messersmith, C. G. 2001. Nozzle, Spray Volume, and Adjuvant Effects on Carfentrazone and Imazamox Efficacy. (en línea). *Weed Technology*. 15(3):485-491. Consultado 18 ago. 2019. Disponible en [https://bioone.org/journals/Weed-Technology/volume-15/issue-3/0890-037X\(2001\)015\[0485:NSVAAE\]2.0.CO;2/Nozzle-Spray-Volume-and-Adjuvant-Effects-on-Carfentrazone-and-Imazamox/10.1614/0890-037X\(2001\)015\[0485:NSVAAE\]2.0.CO;2.short](https://bioone.org/journals/Weed-Technology/volume-15/issue-3/0890-037X(2001)015[0485:NSVAAE]2.0.CO;2/Nozzle-Spray-Volume-and-Adjuvant-Effects-on-Carfentrazone-and-Imazamox/10.1614/0890-037X(2001)015[0485:NSVAAE]2.0.CO;2.short)
7. _____.; _____.; _____. 2002. Adjuvant and Herbicide Concentration in Spray Droplets Influence Phytotoxicity. (en línea). *Weed Technology*. 16(3):631-637. Consultado 18 ago. 2019. Disponible en [https://bioone.org/journals/Weed-Technology/volume-16/issue-3/0890-037X\(2002\)016\[0631:AAHCIS\]2.0.CO;2/Adjuvant-and-Herbicide-Concentration-in-Spray-Droplets-Influence-Phytotoxicity1/10.1614/0890-037X\(2002\)016\[0631:AAHCIS\]2.0.CO;2.short](https://bioone.org/journals/Weed-Technology/volume-16/issue-3/0890-037X(2002)016[0631:AAHCIS]2.0.CO;2/Adjuvant-and-Herbicide-Concentration-in-Spray-Droplets-Influence-Phytotoxicity1/10.1614/0890-037X(2002)016[0631:AAHCIS]2.0.CO;2.short)

8. Bulacio, L. G.; Sarubbi, C. S.; Panelo, M. S.; Etiennot, A. 2005. Pastillas pulverizadoras: análisis de deriva. In: Bogliani, M.; Hilbert, J. eds. Aplicar eficientemente los agroquímicos. Buenos Aires, INTA. pp. 56-60.
9. Busi, R; Vila-Aiub, M. M.; Powles, S. B. 2010. Genetic control of a cytochrome P450 metabolism-based herbicide resistance mechanism in *Lolium rigidum*. (en línea). *Heredity*. 106(5):817–824. Consultado 5 jul. 2020. Disponible en [10.1038/hdy.2010.124](https://doi.org/10.1038/hdy.2010.124).
10. Caseley, J. C.; Walker, A. 1990. Entry and transport of herbicides in plants. In: Hance, R. J.; Holly, K. eds. *Weed Control Handbook: principles*. Oxford, UK, Blackwell. pp. 183-200.
11. Creech, C. F.; Henry, R. S.; Werle, R.; Sandell, L. D.; Hewitt, A. J.; Kruger, G. R. 2015. Performance of Postemergence Herbicides Applied at Different Carrier Volume Rates. (en línea). *Weed Technology*. 29(3):611-624. Consultado 17 ago. 2019. Disponible en <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WT-D-14-00101.1>
12. Da Costa, D. I. 2009. Eficiencia e qualidade das aplicações de fungicidas, por vias terrestre e aérea, no controle de doenças foliares e no rendimento de grãos de soja e milho. Tesis de Doctor en Agronomía. Passo Fundo, Brasil. Universidade de Passo Fundo. 144 p.
13. Etheridge, R. E.; Hart, W. E.; Hayes, R. M.; Muller, T. C. 2001. Effect of Venturi-Type Nozzles and Application Volume on Postemergence Herbicide Efficacy. (en línea). *Weed Technology*. 15(1):75-80. Consultado 17 ago. 2019. Disponible en [https://bioone.org/journals/Weed-Technology/volume-15/issue-1/0890-037X\(2001\)015\[0075:EOVTNA\]2.0.CO;2/Effect-of-Venturi-Type-Nozzles-and-Application-Volume-on-Postemergence/10.1614/0890-037X\(2001\)015\[0075:EOVTNA\]2.0.CO;2.short](https://bioone.org/journals/Weed-Technology/volume-15/issue-1/0890-037X(2001)015[0075:EOVTNA]2.0.CO;2/Effect-of-Venturi-Type-Nozzles-and-Application-Volume-on-Postemergence/10.1614/0890-037X(2001)015[0075:EOVTNA]2.0.CO;2.short)
14. Falk, J. S.; Al-Khatib, K.; Peterson, D. E. 2006. Rapid assay evaluation of plant response to protoporphyrinogen oxidase (PROTOX)-inhibiting herbicides. *Weed Technology*. 20(1):104-112.
15. Fernandez-Cornejo, J.; Wechsler, S J.; Livingston, M.; Mitchell, M. 2014. Genetically Engineered Crops in the United States. (en línea). Washington, D. C., USDA. Economic Research Service. 42 p. Consultado 3 oct. 2019. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/314117455_Genetically_Engineered_Crops_in_the_United_States

16. Fishel, F. 1997. Pesticides and the Environment. Columbia, University of Missouri-Columbia. University Extension. 6 p.

17. Ganie, Z. A.; Jhala, A. J. 2017. Modeling pollen-mediated gene flow from glyphosate resistant to susceptible giant ragweed (*Ambrosia trifida* L.) under field conditions. (en línea). *Scientific Reports*. 7(12):17067. Consultado 30 ago. 2019. Disponible en <http://web.a.ebscohost.com.proxy.timbo.org.uy:2048/ehost/detail/detail?vid=0&sid=0f5742b6-e119-4864-8d0e-2e93223e62fd%40sessionmgr4006&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lag9zdC1saXZI>

18. Grossmann, K.; Hutzler, J.; Caspar, G.; Kwiatkowski, J. 2011. Saflufenacil (Kixor™): Biokinetic Properties and Mechanism of Selectivity of a New Protoporphyrinogen IX Oxidase Inhibiting Herbicide. (en línea). *Weed Science*. 59(3):290-298. Consultado 30 sep. 2019. Disponible en <https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/saflufenacil-kixor-biokinetic-properties-and-mechanism-of-selectivity-of-a-new-protoporphyrinogen-ix-oxidase-inhibiting-herbicide/A240DBBE6F664C1573F740FEA2047B48>

19. Hall, R. 1995. Challenges and prospects of integrated pest management. In: Reuveni, R. ed. *Novel approaches to Integrated Pest Management*. Boca Raton, FL, Lewis. pp. 1-19.

20. 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 29 sep. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.1614/WS-D-10-00061.1>

21. Johnson, W. G.; Davis, V. M.; Kruger, G. R.; Stephen, C. W. 2009. Influence of glyphosate-resistant cropping systems on weed species shifts and glyphosate-resistant weed populations. (en línea). *European Journal of Agronomy*. 31(3):162-173. Consultado 15 sep. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.eja.2009.03.008>.

22. Knoche, M. 1994. Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides. (en línea). *Crop Protection*. 13(1):163-178. Consultado 19 ago. 2019. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0261219494900752>

23. Lake, J. R. 1997. The effect of drop size and velocity on the performance of agricultural sprays. (en línea). *Pest Management Science*. 5(8):515-520. Consultado 26 ago. 2019. Disponible em <https://doi.org/10.1002/ps.2780080514>

24. Lee, H. J.; Duke, S. O. 1994. Protoporphyrinogen IX-oxidizing activities involved in the mods of action of peroxidazing herbicides. (en línea). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 42(11):2610-2618. Consultado 23 sep. 2019. Disponible en <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf00047a044>

25. Leiva, P. D. 1996. Calidad de aplicación de plaguicidas. In: Jornada de Control Químico de Enfermedades del Trigo en Sistemas de Manejo para Alta Productividad (1º., 1996, Buenos Aires). Memorias. Buenos Aires, INTA/Bolsa de Cereales de Buenos Aires. s.p.

26. López, F. R. 2011. Efecto de las condiciones meteorológicas, el uso de adyuvantes y el tamaño de gota en la eficiencia de fitosanitarios. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 33 p.

27. McKinlay, K. S.; Ashford, R.; Ford, R. J. 1974. Effects of drop size, spray volume, and dosage on paraquat toxicity. (en línea). *Weed Science*. 22(1):31-34. Consultado 29 sep. 2019. Disponible en https://www.jstor.org/stable/4042294?seq=1#page_scan_tab_contents

28. McNaughton, K. E.; Shorpsire, C.; Robinson, D. E.; Sikkema, P. H. 2014. Soybean (*Glycine max*) Tolerance to Timing Applications of Pyroxasulfone, Flumioxazin, and Pyroxasulfone + Flumioxazin. (en línea). *Weed Technology*. 28(3):494-500. Consultado 30 sep. 2019. Disponible en <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WT-D-14-00016.1>

29. Massinga, R. A.; Currie, R. S.; Horak, M. J.; Boyer, J. 2001. Interference of Palmer amaranth in corn. (en línea). *Weed Science*. 49(2):202-208. Consultado 26 sep. 2019 Disponible en [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2001\)049\[0202:IOPAICfont>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2001)049[0202:IOPAICfont>2.0.CO;2)

30. Matthews, G. A. 1988. Métodos para la aplicación de pesticidas. 2ª. ed. México, CECSA. 340 p.

31. _____. 2000. *Pesticide Application Methods*. 3rd. ed. Malden, Blackwell. 432 p.

32. Matzenbacher, F. O.; Vidal, R. A.; Merotto Jr. A.; Trezzi, M. M. 2014. Environmental and physiological factors that affect the efficacy of herbicides that inhibit the enzyme protoporphyrinogen oxidase: a literature review. (en línea). *Planta Daninha*. 32(2):457-463. Consultado 30 sep. 2019. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582014000200024>
33. Mendonça, C. G.; Raetano, C.; Calaca, H. A. 2004. Área de molhamento de caldas herbicidas associadas aos óleos minerais e vegetais sobre superfície foliar de *Zea mays* e *Brachiaria plantaginea*. In: Sintag - Simposio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos (3º., 2004, Botucatu). Anales. Botucatu, FEPAF. pp. 40-43.
34. Mota, A. B.; Vilela, C. M.; Chechetto, R. G.; Antuniassi, U. R.; Carvalho, F. K.; Moleiro, G. H. R. 2011. Quantificação do ar incluído nas gotas pulverizadas por pontas na presença de adjuvantes. In: Sintag – Simposio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos (5º., 2011, Cuiabá). Anales. Cuiabá, FEPAF. p. 4.
35. Norsworthy, J. K.; Ward, S. M.; Shaw, D. R.; Llewellyn, R. S.; Nichols, R. L.; Webster, T. M.; Bradley, K. W.; Frisvold, G.; Powles, S. B.; Burgos, N. R.; Witt, W. W.; Barrett, M. 2012. Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. (en línea). *Weed Science*. 60(sup. 1):31-62. Consultado 24 sep. 2019. Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84865353777&origin=inward&txGid=9626e62416545cb8093d8a374897baee#>.
36. Olivet, J. J.; Villalba, J.; Schenzer, D. 2013. Tecnología de aplicación de agroquímicos en cultivos extensivos. Montevideo, INIA. 40 p. (FPTA no. 53).
37. Price, A. J.; Wilcut, J. W.; Cranmer, J. R. 2004. Physiological behavior of root-absorbed flumioxazin in peanut, ivyleaf morningglory (*Ipomoea hederacea*), and sicklepod (*Senna obtusifolia*). (en línea). *Weed Science*. 52(5):718-724. Consultado 30 sep. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.1614/WS-04-017R>.
38. Reed, T. V.; McCullough, T. G.; Cazaronta, M. A.; Vencill, W. K.; Waltz, F. C. 2015. Flumioxazin Tank-Mixtures with Six Herbicides for Annual Bluegrass (*Poa annua*) Control in Bermudagrass. (en línea). *Weed Technology*. 29(3):561-569. Consultado 30 ago. 2019. Disponible en <https://bioone.org/journals/Weed-Technology/volume-29/issue-3/WT-D->

14-00109.1/Flumioxazin-Tank-Mixtures- with-Six-Herbicides-for-Annual-Bluegrass-i/10.1614/WT-D-14-00109.1.short

39. Ritter, R. L.; Coble, H. D. 1981. Influence of temperature and relative-humidity on the activity of acifluorfen. (en línea). *Weed Science*. 29(4):480-485. Consultado 26 ago. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.1017/S0043174500040030>
40. Shaner, D. L. 2000. The impact of glyphosate-tolerant crops on the use of other herbicides and on resistance management. (en línea). *Pest Management Science*. 56(4):320-326. Consultado 20 sep. 2019. Disponible en [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1526-4998\(200004\)56:4<320::AID-PS125>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/(SICI)1526-4998(200004)56:4<320::AID-PS125>3.0.CO;2-B).
41. 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 30 ago. 2019. Disponible en <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/0890-037X%282000%29014%5B0321%3AEOSVAD%5D2.0.CO%3B2>
42. Spillman, J. J. 1984. Spray impaction, retention, and adhesion: an introduction to basic characteristics. (en línea). *Pest Management Science*. 15(2):97-106. Consultado 20 sep. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.1002/ps.2780150202>
43. Teixeira, M. M. 2010. Estudio de la población de gotas de pulverización. In: Magdalena, J. C. ed. *Tecnología de aplicación de agroquímicos*. Allen, Río Negro, INTA Alto Valle. pp. 67-76.
44. Thompson, W. M.; Nissen, S. J. 2002. Influence of shade and irrigation on the response of corn (*Zea mays*), soybean (*Glycine max*), and wheat (*Triticum aestivum*) to carfentrazone-ethyl. *Weed Technology*. 16(2):314-318.
45. Van de Zande, J. C.; Parkin, C. S.; Gilbert, A. J. 2003. Application technologies. In: Wilson, M. ed. *Optimising Pesticide Use*. Chichester, UK, Wiley. pp. 23-44.
46. Vázquez, J.; Rodrigues, J. A. 2010. *Manual de aplicação de produtos fitossanitários*. Viçosa, MG, Aprenda Fácil. 588 p.

47. Vidal, R. A. 1997. Herbicidas: mecanismos de ação e resistencia de plantas. Porto Alegre, R. A. Vidal. 165 p.
48. Vigna, M. R.; Gigón, R.; López, R. 2013. Posibilidades de uso de herbicidas preemergentes para el control de *Lolium multiflorum* resistente a herbicidas en el SO de Buenos Aires Argentina. In: Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas ALAM (21°. , 2013, Cancún). Anales. Cancún, ALAM. p. 254.
49. Villalba, J.; Martins, D.; Rodrigues, A.; Alvez-Cardoso, L. 2009. Depósito del caldo de aspersión de distintos tipos de boquillas en dos cultivares de soya en el estadio v3. (en línea). *Agrociencia*. 43(5):465-473. Consultado 30 ago. 2019. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952009000500002
50. _____.; Hetz, E. 2010. Deriva de productos agroquímicos Efecto de las condiciones ambientales. In: Magdalena, J. C. ed. *Tecnología de aplicación de agroquímicos*. Allen, Río Negro, INTA Alto Valle. pp. 45-54.
51. _____. 2019. *Tecnología de aplicación*. In: *Curso Tecnología de Aplicación 5°. Año (2019, Paysandú)*. Textos. Paysandú, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. EEMAC. 86 diapositivas.
52. Waggoner, B. S.; Muller, T. C.; Bond, J. A.; Steckel, L. E. 2011. Control of glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*) with saflufenacil tank mixtures in no-till cotton. (en línea). *Weed Technology*. 25(3):310-315. Consultado 26 ago. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.1614/WT-D-10-00161.1>
53. Webster, T. M.; Sosnoskie, L. M. 2010. Loss of Glyphosate Efficacy: a Changing Weed Spectrum in Georgia Cotton. (en línea). *Weed Science*. 58(1):73-79. Consultado 14 sep. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.1614/WS-09-058.1>
54. Westberg, D. E.; Coble, H. D. 1992. Effect of acifluorfen on the absorption, translocation, and metabolism of chlorimuron in certain weeds. (en línea). *Weed Technology*. 6(1):4-12. Consultado 28 ago. 2019. Disponible en <https://doi.org/10.1017/S0890037X00034217>

55. Wichert, R. A.; Bozsa, R.; Talbert, R. E.; Oliver, L. R. 1992. Temperature and relative humidity effects on diphenylether herbicides. (en línea). *Weed Technology*. 6(1):19-24. Consultado 23 sep. 2019. Disponible en https://www.jstor.org/stable/3987158?seq=1#metadata_info_tab_contents