

**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**EFFECTO DE LA BOQUILLA DE APLICACIÓN SOBRE LA DERIVA Y LA  
EFECTIVIDAD DE GLIFOSATO EN EL CONTROL DE MALEZAS EN SOJA**

**por**

**Santiago BUCETA**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2009**

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. Juana Villalba

-----

Ing. Agr. Grisel Fernández

-----

Ing. Agr. Juan Olivet

Fecha: -----

Autor: -----

Santiago Buceta Guidi

## AGRADECIMIENTOS

A mi familia por el apoyo a lo largo de toda la carrera.

A mi directora de tesis Ing. Agr. Juana Villalba por su apoyo durante la realización de la tesis y su constante disposición frente a cualquier duda que se me planteo.

A la Ing. Agr. Ivanna Stoletniy por su colaboración en el trabajo de campo y en la recolección de datos.

A la empresa de servicios de aplicación agrícola SILOFOXSA S.A. : Ing. Agr. Yaro Godoy y Daniel Plates por su disposición para realizar el trabajo de campo.

A Tafilar S.A. por brindarnos los predios.

A todos aquellos que de una u otra manera colaboraron para llevar a cabo el presente trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACION .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES .....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRAFICA</u> .....	3
2.1. DERIVA.....	3
2.2. FACTORES QUE AFECTAN DERIVA .....	5
2.2.1. <u>Boquillas</u> .....	8
2.2.2. <u>Condiciones ambientales</u> .....	12
2.3. GLIFOSATO .....	14
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	16
3.1. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....	16
3.2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS .....	16
3.2.1. <u>Experimento 1</u> .....	16
3.2.2. <u>Experimento 2</u> .....	17
3.2.3. <u>Experimento 3</u> .....	17
3.2.4. <u>Experimento 4</u> .....	18
3.2.5. <u>Experimento 5</u> .....	18
3.3. DESCRIPCIÓN DE ESPECTRO DE GOTAS EVALUADAS Y CONDICIONES METEOROLÓGICAS .....	19
3.4. PREPARACIÓN DEL TRAZADOR Y USO A CAMPO .....	20
3.5. COLECTA DE MUESTRAS DE DERIVA .....	20
3.6. DETERMINACIONES DEL CONTROL DE MALEZAS .....	22

3.7. DETERMINACIONES EN LABORATORIO.....	23
3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	25
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	28
4.1. ANÁLISIS DE DERIVA .....	28
4.2. EFICIENCIA BIOLÓGICA .....	32
4.3. CORRELACIONES ENTRE PORCENTAJE DE DERIVA Y EFICIENCIA BIOLÓGICA DE LOS TRATAMIENTOS .....	40
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	41
6. <u>RESUMEN</u> .....	42
7. <u>SUMMARY</u> .....	43
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	44
9. <u>ANEXOS</u> .....	50

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

<b>Cuadro No.</b>	<b>Página</b>
1. Descripción de espectro de gotas .....	19
2. Descripción de las condiciones meteorológicas.....	19
3. Estadística descriptiva de los 2 grupos .....	30
4. Media de las variables concentración, porcentaje de deriva y litros derivados/ha para el Experimento 4 .....	31
5. Media de las variables concentración, porcentaje de deriva y litros derivados/ha para el Experimento 5 .....	32
6. Caracterización del enmalezamiento del experimento 1.....	32
7. Nivel de control a los 18 DPA en el experimento 1.....	33
8. Caracterización del enmalezamiento del experimento 2.....	34
9. Nivel de control a los 18 DPA en el experimento 2.....	34
10. Caracterización del enmalezamiento del experimento 3.....	34
11. Caracterización del enmalezamiento del experimento 4 .....	35
12. Media de control de <i>Digitaria sanguinalis</i> . .....	37
13. Media de control de <i>Lolium multiflorum</i> .....	37

14. Caracterización del enmalezamiento para el experimento 5 .....	38
15. Control de <i>Cynodon dactylon</i> a los 5 y 14 DPA .....	38
16. Control de <i>Digitaria sanguinalis</i> a los 5 y 14 DPA .....	39
17. Control de cyperáceas, <i>Setaria</i> spp. y crucíferas a los 5 y 14 DPA .....	40

**Figura No.**

1. Dispositivo montado sobre el aguilón del pulverizador para la colecta de deriva .....	21
2. Dispositivo de colecta de deriva en pulverizador .....	21
3. Adaptación del dispositivo para la colocación en pulverizador autopropulsado .....	22
4. Curva de calibración para detección en caldo de aplicación del trazador (Experimento 1, 2 y 3) .....	23
5. Curva de calibración para detección del trazador en lavados de esponjas (Experimento 1, 2 y 3) .....	24
6. Curva de calibración para detección en caldo de aplicación del trazador (Experimento 4 y 5) .....	24

7. Curva de calibración para detección del trazador en lavados de esponjas (Experimento 4 y5 ).....	25
8. Dendograma para las 4 variables medidas de las combinaciones de experimento, repetición, bloque y boquilla como observaciones .....	28
9. Descripción de las variables según cluster.....	29
10. Probabilidad de ocurrencia de los distintos niveles de control para <i>Digitaria sanguinalis</i> a los 5 DPA en el experimento 4 .....	36
11. Probabilidad de ocurrencia de los distintos niveles de control para <i>Digitaria sanguinalis</i> a los 5 DPA en el experimento 5 .....	39



## **1. INTRODUCCIÓN**

La expansión de las áreas de los cultivos extensivos en los últimos años, llevó a la necesidad de un incremento en el uso de productos fitosanitarios para mejorar la productividad de los cultivos y la calidad de los productos vegetales. La utilización de dichos productos, mediante técnicas de aplicación apropiadas, realizadas con equipamientos adecuados y de buen funcionamiento, posibilita el uso más seguro y eficiente de los productos fitosanitarios, disminuyendo, considerablemente, los posibles riesgos derivados de su aplicación. Es necesario incentivar la profesionalización de quienes aplican productos fitosanitarios por vía terrestre, así como las condiciones de seguridad de los equipos utilizados, a fin de minimizar los riesgos derivados de dicha actividad, para los cultivos, la salud humana o animal, la flora y la fauna, las fuentes de agua superficiales o subterráneas y el ambiente en general.

Actualmente, existe gran preocupación en cuanto a la contaminación del ambiente por herbicidas u otros productos químicos, por esto se torna esencial la toma de decisiones basada en recomendaciones técnicas seguidas del acompañamiento y monitoreo de las operaciones de pulverización. De esta forma es muy importante el conocimiento de cómo disminuir los perjuicios y problemas ocurridos por las pérdidas por deriva y evaporación, velocidad de trabajo, tamaño de gotas entre otros factores y de esta forma disminuir los costos de producción y la contaminación ambiental.

La deriva es uno de los principales procesos de pérdida de los productos fitosanitarios, llevando al aumento o del número de aplicaciones o de la dosis del producto. Considerando esto, el 28 de julio del año 2004, el gobierno uruguayo, decide reglamentar la aplicación por vía terrestre, de productos fitosanitarios, así como las condiciones para el ejercicio de dicha actividad por parte de los usuarios y empresas que la efectúan y la inclusión de un registro de denuncias ante la Dirección General de Servicios Agrícolas (MGAP) por daños a cultivos por deriva de fitosanitarios.

Si bien, a nivel de reglamentación nacional se ha avanzado a partir de la regulación de las aplicaciones, aun es insuficiente el conocimiento de las variables tecnológicas así como condiciones climáticas que afectan la deriva. Esto lleva a la realización de aplicaciones sin considerar que las posibles pérdidas puedan estar afectando la potencial eficiencia biológica del producto fitosanitario, contaminando cursos de agua, cultivos y regiones urbanizadas. Este trabajo consiste en el comienzo de una línea de investigación a partir de un diseño exploratorio que pretende contribuir a la racionalización de las aplicaciones de productos fitosanitarios aportando información sobre cuáles son las variables tecnológicas y condiciones ambientales que favorecen la disminución de deriva.

Los objetivos específicos de este trabajo es determinar la relación ocurrencia de deriva con el tipo de boquilla usada (antideriva y convencional) en situaciones de aplicaciones comerciales del herbicida glifosato, y establecer relaciones entre la eficiencia biológica de cada tratamiento químico y la deriva provocada por la tecnología de aplicación.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA**

### **2.1. DERIVA**

La aplicación hidráulica de fitosanitarios pre diluidos es el proceso predominante prácticamente en todos los agroecosistemas mundiales. Este proceso se caracteriza por las pérdidas acentuadas de ingrediente activo bajo la forma de deriva durante la pulverización y consecuente contaminación ambiental (Luchini y Andrea, 2000).

Una de las principales causas de pérdidas de productos fitosanitarios es la deriva o el desvío de la trayectoria de las gotas formadas durante la pulverización que no alcanzan el objetivo. Estas pérdidas no solo tienen perjuicios económicos para productor y al ambiente, sino que pueden dañar a cultivos próximos y a la salud humana (Velini et al., 2006).

Spadotto (2002) menciona la deriva como uno de los factores que gobierna el destino de los herbicidas en el ambiente. Ozkan (2000) atribuye otros motivos que tornan a la deriva indeseable, además de los perjuicios directos al productor que produce el agrotóxico, como: pérdidas financieras con las acciones de la justicia por daños a culturas sensibles adyacentes; contaminación del aire, del agua y efectos perjudiciales a la salud y a la seguridad del ser humano, de los animales y otros seres vivos.

De acuerdo con Velloso et al. (1984), Matuo (1990), Christofolletti (1999), deriva es todo aquello que no alcanza el objetivo durante la aplicación. Miller (1993) define deriva como parte de la aplicación llevada para afuera del área objetivo, por la acción del viento. De manera similar, Ozkan (2000) define deriva como movimiento de un producto en el aire, durante o después de una aplicación, hacia un sitio distinto al objetivo.

En los últimos años la industria de alimentos orgánicos ha tenido un importante crecimiento. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos creó la NOSB (National Organic Standards Boards) que otorga la certificación para producir alimentos orgánicos. Los estándares de certificación no permiten el uso de productos fitosanitarios sintéticos por lo que definen deriva como el movimiento físico de los pesticidas prohibidos o fertilizantes, desde el área objetivo a un campo orgánico certificado o granja (McEvoy, 1998).

Deriva a menudo se asocia con el movimiento físico de las gotas lejos del sitio de destino en el momento de aplicación. Este tipo de deriva, generalmente llamada deriva aérea, es el resultado de factores asociados con métodos de aplicación y equipos. La deriva aérea puede ser simplemente el desplazamiento de la pulverización que resulta en la deposición de la gota en una distancia no más de 10 metros desde el punto de la aplicación. Sin embargo, las gotas más pequeñas pueden viajar varios miles de metros antes de depositarse en un área no objetivo. Deriva a veces se produce incluso días después de la aplicación. Este tipo de deriva, usualmente llamada deriva por vapor, es más comúnmente asociada con la volatilización de los fitosanitarios. La deriva por vapor es una preocupación importante sólo si los fitosanitarios aplicados son muy inestables y las condiciones atmosféricas son adecuadas para una rápida vaporización del fitosanitario (Ozkan, 2000).

Costa et al. (2007) añade aún que la pérdida bajo la forma de vapor puede ocurrir durante o posteriormente a la aplicación, siendo muy dependiente de la presión de vapor y de las características de formulación del producto.

Según la presión de vapor de los productos pueden ser clasificados como no volátiles, pocos, medianamente y muy volátiles. En el caso de los herbicidas la mayoría presenta presión de vapor entre  $10^{-5}$  y  $10^{-7}$  mm Hg, perteneciendo a la clase de poco volátiles (Deuber, 1992). Cuanto mayor la presión de vapor más volátil es el producto,

en cuanto que valores bajos indican una tendencia a ser mas estables y mas solubles en agua (Gebler y Spadotto, 2004).

La deriva puede ser diferenciada en exoderiva, aquella que sale del área objetivo, y en endoderiva, la que no alcanza el objetivo, o sea no llega a la planta y cae en el suelo. Esta última se produce mayormente por el gran tamaño y peso de las gotas de la pulverización, aunque intervienen otros factores como el tipo de superficie foliar, altos volúmenes de aplicación, la tensión superficial del líquido asperjado y la velocidad con que aquéllas impactan sobre las plantas (Mathews y Hislop 1993, Onorato y Tesouro 2004).

La deriva puede ocurrir con cualquier herbicida. Sin embargo, el riesgo de daño de plantas no objetivo varia considerablemente según el herbicida y según las plantas no objetivo. En general el riesgo de daño por deriva esta directamente relacionado al nivel de susceptibilidad de las plantas no objetivo y al herbicida aplicado (Dexter, 1993).

## **2.2. FACTORES QUE AFECTAN DERIVA**

Foloni, citado por Costa et al. (2007), reporta que la deriva puede ser minimizada usando técnicas y métodos de aplicación adecuados, limpieza y regulación del equipamiento, aplicaciones en condiciones climáticas adecuadas y/o uso de formulaciones apropiadas.

La tecnología de aplicación se entiende por el conjunto de conocimientos para colocar una cantidad cierta de ingrediente activo en el objetivo deseado, con la máxima eficiencia y de tal manera de no afectar el ambiente (Durigan, 1989). Generalmente comprende un número de parámetros que afectan la manera en que el producto aplicado, y por lo tanto el principio activo, llegue a la planta (primera cobertura de la superficie

objetivo). Esta primera cobertura es afectada por las condiciones climáticas (temperatura, humedad y velocidad del viento) durante la aplicación y por muy poco tiempo después, el equipo utilizado (corriente de aire, ajustes de equipos, etc.) y la estructura del canopeo (Friebleben, 2004).

Tener conocimiento de todos los parámetros que afectan en la aplicación de manera que provoquen deriva tiene como uno de los objetivos principales la alta eficiencia de aplicación a bajo costo. Uno de los caminos que nos puede llevar a lograr estos resultados es la reducción del volumen a ser aplicado. Una reducción del volumen de aplicación lleva al uso de boquillas con orificios más chicos, generando gotas más chicas y más susceptibles a pérdidas por deriva y evaporación (Fernandes do Santos, 2000).

La deriva causada por el viento es uno de los problemas más comunes relacionados a la aplicación de agrotóxicos. Sin embargo, vale mencionar que la ausencia de viento puede también ser perjudicial, ya que las gotas muy finas pueden quedar suspendidas en el aire debido a la presión atmosférica, dispersándose a varios kilómetros del lugar de la aplicación, siendo muchas veces, solamente removidas de la atmósfera por la acción de la lluvia. Además, el suelo calentado durante el día aumenta la temperatura del aire próximo a la superficie, proporcionando un movimiento ascendente de la masa de aire, pudiendo ocasionar deriva de las gotas finas (Spadotto, 2006).

El transporte de fitosanitarios en la atmósfera es un importante medio de distribución de esos productos en el ambiente y puede ocurrir por volatilización directa, vaporización con el agua y asociación del material particulado arrastrado por el viento. La volatilización puede ocurrir durante o después de la aplicación, a partir de la superficie de las plantas, la superficie y la matriz del suelo, así como la superficie y la columna de agua (Spadotto, 2006).

Todos los herbicidas pueden generar deriva en forma de gotas, pero algunos son suficientemente volátiles como para causar daños generados por deriva de vapor. La deriva por vapor ocurre cuando un herbicida volátil cambia de sólido o líquido a un estado gaseoso y se mueve del área objetivo. Este vapor se puede derivar más lejos y por más tiempo que la deriva por gotas. Vientos soplando lejos de cultivos susceptibles durante la aplicación previene el daño causado por la deriva de gotas, pero vientos ocurridos después pueden mover vapores a las áreas susceptibles (Dexter, 1993).

La distancia entre la boquilla y la cobertura del suelo afectan la cantidad de deriva, ya que menos distancia significa menos tiempo de recorrido desde la boquilla al objetivo y por eso menos deriva ocurre. Gotas chicas tienen poca energía cinética, entonces una distancia corta desde la boquilla al objetivo incrementa la chance de que las gotas más chicas alcancen el objetivo. También, la velocidad del viento generalmente es mayor a medida que aumenta la altura por encima del suelo, entonces las gotas que salen de boquillas más cercanas al suelo, son afectadas por una menor velocidad del viento (Dexter, 1993).

La disminución del diámetro de gota aumenta la resistencia ofrecida por el aire, debido a la reducción de peso, resultando en una menor velocidad de desplazamiento. Con esto, el viento y las corrientes de aire ascendentes, cargan estas gotas lejos del objetivo. En el momento de la aplicación las gotas se separan en el aire, debido a diferencia de diámetro, resultando que las gotas mayores caen próximas del lugar donde fueron generadas y las de menor diámetro lejos de este punto debido al efecto de la deriva (Velloso, 1984).

En un trabajo realizado por Vellini et al. (2006) a partir de 76 aplicaciones comerciales de herbicida (glifosato + 2,4-D) se obtuvieron resultados de porcentaje de producto derivado que oscilaron entre 0,67 y 5,59, siendo influenciado por todas las

características ambientales y operacionales (boquillas, presión de trabajo, adyuvantes y modelos de pulverizadoras).

### **2.2.1. Boquillas**

La importancia de conocer el fitosanitario a ser aplicado es importante al igual que la técnica de aplicación. No basta conocer el producto, también es fundamental la forma de aplicación. Es preciso garantizar que el producto alcance el objetivo de forma eficiente, minimizando las pérdidas. Para esto es necesario uniformidad en la aplicación y espectro de gota adecuado (Cunha et al., 2003).

De acuerdo con Christofolletti (1999), Ozkan (2000), entre las tecnologías de aplicación, la selección de boquillas representa una de las alternativas más adecuadas para reducir la deriva, con el objetivo principal de aumentar el tamaño de gota. Johnson y Swetnam (1996), también coinciden que la selección apropiada de boquillas es esencial para la aplicación de fitosanitarios, siendo el factor principal determinante de la cantidad aplicada por área, la uniformidad de la aplicación, la cobertura obtenida y el riesgo potencial de deriva.

El tamaño de gota que produce una boquilla depende de varios factores, dentro de los cuales se puede destacar las propiedades del líquido aplicado y del tipo de boquilla. Líquidos con mayor viscosidad y tensión superficial requieren mayor cantidad de energía para ser pulverizados. Por lo tanto, la aplicación de líquidos que tengan mayor viscosidad y mayor tensión superficial producen gotas mayores (Cunha et al., 2003).

La mayoría de las aplicaciones producen un gran número de gotas que varían en su tamaño, entonces algunas contienen mucho ingrediente activo del fitosanitario, mientras otras son tan chicas y particularmente propensas a moverse fuera del área



objetivo que deben ser obviadas cuando es posible. Las aplicaciones generalmente se clasifican según el tamaño de gota con especial referencia al diámetro volumétrico mediano (Matthews, 2000).

El diámetro mediano volumétrico (DMV) es el diámetro de la gota cuando el 50% del total del líquido está en gotas de menor diámetro (Lefebvre, 1993).

La mayoría de las boquillas agrícolas pueden clasificarse, según las normas ASAE S-572, como productoras de gotas muy finas (< 100 micras), finas (100 a 175 micras), medianas (175 a 250 micras), gruesas (250 a 375 micras), muy gruesas (375 a 450) o extremadamente gruesas (> 450 micras). Generalmente, se elige una boquilla de gotas gruesas o muy gruesas para reducir al mínimo la deriva de la pulverización, mientras se requiere una boquilla de gotas finas para obtener máxima cobertura de la superficie de la planta objetivo.

Dado que las gotas más pequeñas tienen mayor tendencia a la deriva, tiene sentido determinar el porcentaje de gotas pequeñas producidas por una boquilla en particular para poder reducirlo cuando la deriva constituye un problema. Varios investigadores consideran que las gotas inferiores a 100 micras pueden contribuir a la deriva, ya que son fácilmente transportadas por el viento (Cunha, 2003).

Mediciones a campo del tamaño de gota que se deriva por boquillas de abanico plano en una pulverizadora, mostraron que con velocidades de viento (medido a 2 metros del suelo) entre 10,4 y 24,1 km/h, el diámetro mediano volumétrico de lo derivado estaba entre 70-93  $\mu\text{m}$  a una distancia de 13,7 m (Miller, 1993).

Existe en el mercado una serie de boquillas hidráulicas, de varios tipos y usos definidos para condiciones diferentes y específicas. Dentro de las más usadas se destacan las de chorro plano, que, dependiendo de las características de presión y ángulo

de abertura, pueden presentar alto riesgo de deriva. Los fabricantes, en tanto, han lanzado recientemente al mercado nuevas boquillas, con gran potencial antideriva. Se tratan de boquillas dotadas de un pre-orificio, localizado antes de la abertura para la formación del chorro, que permite la formación de gotas de mayor diámetro (Cunha et al., 2003). Con este tipo de boquillas la presión de salida disminuye y así reduce la proporción de volumen formado por las gotas menores a 100  $\mu\text{m}$  (Matthews, 2000).

Otras que tienen potencial antideriva son las boquillas con asistencia de aire. Son una nueva generación de boquillas que aspiran aire, gracias a un tubo Venturi incorporado a su cuerpo, introduciendo burbujas en las gotas producidas. El diámetro de las gotas originadas en este proceso es mayor que el de las formadas convencionalmente. (Onorato y Tesouro, 2004).

En investigaciones realizadas por Costa et al. (2007) donde se calcularon las medias de los depósitos detectados en colectores de deriva, calculadas a partir de dos presiones de trabajo usadas para distintos tipos de boquillas, obtuvieron resultados en términos porcentuales, en donde el modelo de boquilla con inducción de aire promovió reducciones de deriva de 86,4 y 92,2 %, en relación a aplicaciones con boquillas de abanico plano y cónico, respectivamente.

Miller (2003), Fietsman et al., citados por Costa et al. (2007) en aplicaciones de glifosato a campo o en túnel de viento, constataron que las boquillas con pre-orificio (DG) y con inducción de aire (AI) resultaron en menor deriva en relación a modelos convencionales, como la XR.

Considerando las investigaciones realizadas específicamente con herbicidas, Bode et al. (1976) probaron varias condiciones de aplicación a campo con 2,4-D amina; los resultados indicaron que las boquillas con gotas mayores o menor presión de trabajo promueven reducciones en la deriva de herbicidas.

Estudios sobre deriva utilizando distintas boquillas realizados por Costa et al. (2006) muestran que la boquilla de chorro plano con pre-orificio AI 11002 a 3 bar presentó la menor deriva detectada, seguida por el modelo de chorro plano convencional XR 11002 a 1,5 bar y la boquilla de chorro plano con pre-orificio DG 11002 a 3 bar. La boquilla de cono hueco TX-10 a 4 bar presentó los mayores niveles de deriva, y los modelos de chorro plano XR 11002 a 3 bar y TT 11002 a 3 bar fueron semejantes, con valores menores que la boquilla TX-10 pero mayores que los tratamientos anteriores.

Estudios similares realizados por Wolf y Frohberg (2002) también demostraron que aun con menor presión de trabajo, las boquillas XR crearon significativamente más deriva que las boquillas diseñadas para reducir la deriva operando a una mayor presión. La boquilla de abanico plano TT fue significativamente mejor en la reducción de la deriva que la XR a 47 litros/ha, pero no con un volumen de 94 litros/ha. Las boquillas DG y AI no presentaron diferencias entre ellas, pero produjeron significativamente menor deriva que la TT y XR.

De Shamphelire et al. (2008) demostró que boquillas AI 11003 (aire inducido) y LD 11003 (pre orificio), fueron las boquillas que presentaron menor deriva medidas en varias distancias desde la zona de aplicación, de una serie de boquillas probadas. A su vez el tipo AI 11003 presentó menor deriva que la LD 11003.

Experimentos realizados por Nuyttens et al. (2006) demostraron que el potencial de reducción de deriva (DRP) para las boquillas, con pre orificio y de aire inducido fueron de 12% y 78%, respectivamente, con respecto a la boquilla de abanico plano convencional. Estos fueron realizados en condiciones ambientales favorables (70% humedad relativa, 10 km/h velocidad del viento, y 15 °C de temperatura). En el mismo trabajo se observó que para la boquilla de abanico plano convencional a distinta presión de trabajo hubo diferencias en el potencial de reducción de deriva. Cuando se bajó la presión de 3 a 2 bar disminuyó significativamente la cantidad de deriva, resultando en un

35 % el potencial de reducción de deriva. El efecto de pasar de 3 a 4 bar fue menos claro.

En general, valores de diámetro volumétrico mediano (DMV) inferiores a 250 micras indican riesgo potencial de deriva, que ocurre principalmente por causa de la proporción de gotas menores a 100 micras (Cunha et al., 2003). En investigaciones realizadas por el mismo autor, se observó que las boquillas de chorro plano convencional, poseen alto potencial de riesgo de deriva. En promedio, presentaron DMV de 141 micras y 24 % del volumen pulverizado compuesto por gotas con diámetro inferior a 100 micras.

### **2.2.2. Condiciones ambientales**

Es difícil cuantificar y categorizar los efectos meteorológicos en la deriva de una pulverización debido a las interacciones complejas entre el material pulverizado, el sistema de aplicación, el objetivo y el ambiente (Thistle et. al., 2008).

Para Christofolletti (1999), el viento es uno de los principales fenómenos climáticos que intervienen en la aplicación, actuando directamente sobre las gotas, de manera de alterar el desplazamiento de estas en dirección del objetivo.

La velocidad y la dirección del viento son muy importantes para un buen resultado del producto y para evitar daños a los cultivos sensibles o áreas vecinas. Según Fernandes do Santos (2000), aplicaciones con vientos superiores a los 10 km/h deben ser evitados.

El viento suministra la fuerza de transporte horizontal mientras que la gravedad suministra la fuerza descendente. La velocidad media horizontal del viento determina

cuan rápido la gota se mueve en la dirección horizontal. Las fuerzas gravitacionales que actúan hacia abajo son opuestas a las fuerzas de arrastre que actúan para frenar la tasa de caída. Las gotas muy chicas (< 100 micras) caen muy lentamente porque la fuerza gravitacional descendente es casi igual opuesta a la fuerza de arrastre (Thistle et al., 2008).

La temperatura y la humedad son otros dos de los factores que afectan la deriva. Altas temperaturas y baja humedad pueden incrementar la tasa de evaporación de las gotas que lleva a una reducción del tamaño de gota y mayor potencial de deriva. Cuanto mas humedad, menor es la evaporación y menor probabilidad de que ocurra deriva. (Wolf, 1998). Además, la baja humedad puede reducir la fitotoxicidad de los herbicidas porque el rápido secado de las gotas reduce la penetración del herbicida en la planta (Dexter, 1993).

La humedad relativa y la temperatura durante la aplicación son los principales factores ambientales que afectan la eficacia de los tratamientos con glifosato (Santier y Chamel, citados por Martino, 1995). Con alta humedad relativa las cutículas de las hojas se hidratan lo cual facilita la absorción de moléculas hidrófilas como glifosato. A altas temperaturas, la fluidez de las membranas aumenta, lo que también facilita el pasaje de glifosato (Martino, 1995)

Nuyttens et al. (2006) constataron, a partir de 27 aplicaciones simuladas de fitosanitarios realizadas a campo que el aumento de la humedad relativa y disminución de la velocidad del viento y la temperatura resultaron en una reducción de la deriva.

Estudios en condiciones experimentales de campo o en túnel de viento mostraron una relación lineal entre deriva y velocidad del viento. Un aumento de velocidad del viento de 7,2 km/h a 14,4 y 21,6 km/h resultó en un incremento de deriva detectada para

boquillas de tipo abanico plano convencional, pre orificio y de inducción de aire con pre orificio (Costa et al., 2007).

Otros estudios realizados por De Shamphelire et al. (2008) mostraron que en condiciones desfavorables de altas velocidades de vientos (18,8 y 22,3 km/h), altas temperaturas (26,2 °C) y baja humedad relativa (58,5 %) se encontró mayor deriva que en condiciones favorables de velocidades de viento (3,9 km/h), bajas temperaturas (14,7°C) y alta humedad relativa (87,6%).

Salvador et al. (2008) considera que las condiciones ambientales son críticas para la aplicación de fitosanitarios cuando los vientos son menores a 3km/h y mayores a 10 km/h, la humedad relativa es menor a 55 %, y la temperatura mayor a 29 °C.

Aplicaciones de herbicidas efectuadas con temperatura ambiente entre 15 °C y 30 °C y humedad relativa por encima de 55 % presentan mejores resultados que las efectuadas con temperaturas muy bajas y baja humedad relativa (Fernandes do Santos, 2000).

### **2.3. GLIFOSATO**

Para el control de las malezas, prácticamente todas las áreas de producción agrícola utilizan herbicidas. La soja transgénica no es diferente, aunque el producto utilizado es apenas uno: glifosato (Gazziero et al., 2006).

El glifosato (N-fosfometil glicina) es un herbicida postemergente no selectivo ampliamente utilizado. Es un derivado del aminoácido glicina, con ácido fosforico unido al radical (Martino, 1995).

La inmovilización de glifosato por el suelo, y su alta velocidad de descomposición evitan la presencia de residuos en aguas y en productos vegetales. Las características del mismo junto con su baja toxicidad para los mamíferos, y su baja volatilidad (presión de vapor es  $<10^{-7}$  mmHg), hacen del glifosato un agroquímico muy seguro del punto de vista ambiental (Martino, 1995). La baja volatilidad también hace al glifosato seguro en cuanto a la posible deriva por vapor.

El glifosato es fácilmente translocado, entonces el tamaño de gota generalmente tiene poco efecto en el control de las malezas. También es inactivado parcialmente con incrementos de volumen de agua, ya que aumenta la probabilidad de inactivación por presencia del calcio (Dexter, 1993).

Las evidencias experimentales disponibles demuestran en forma muy consistente que el uso de bajos volúmenes de aplicación optimiza la eficacia del glifosato. La elevada concentración del herbicida es tal vez el factor individual mas asociado con la mejora en fitotoxicidad que se logra al reducir los volúmenes de agua usados (Martino, 1995).

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

Los experimentos fueron realizados en las zafras 2007-2008 y 2008-2009, sobre cultivos y en la preparación de barbechos para soja en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC), Paysandú- Uruguay (Latitud 32 S, 56 W) y en establecimientos comerciales ubicados en la región de Cardona, Soriano (Latitud 33 S, 57 W), y en Paysandú (Latitud 32 S, 58 W), Uruguay. Los mismos consistieron en evaluaciones de deriva en aplicaciones comerciales de glifosato en cultivo de soja transgénica. El producto comercial utilizado, así como la dosis fueron de decisión del productor en cada caso.

Previo a la aplicación se definieron las áreas experimentales y se midieron los niveles de infestación iniciales de malezas, con el objetivo de caracterizar el enmalezamiento. Luego se instalaron los dispositivos para la colecta de la deriva en el medio de cada barra del pulverizador autopropulsado o convencional según el caso. En cada experimento, fueron evaluados 2 tipos de boquillas, con el objetivo de evaluar espectro de tamaños de gotas diferentes para las condiciones de aplicación y recomendación técnica ya realizada. Cada tipo de boquillas fue colocada en la mitad de la barra del pulverizador.

#### **3.2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS**

##### **3.2.1. Experimento 1**

El experimento se instaló el 22 de febrero del 2008 a la hora 10:30, en un cultivo de soja, localizado a 3 km de la ciudad de Cardona, departamento de Soriano. Se eligió un lugar al azar dentro del cultivo, estableciéndose 2 áreas de 100 x 25 metros.



El cultivo se encontraba en estado vegetativo con una altura de 25 cm aproximadamente. La aplicación fue hecha con glifosato 75.7 % WG (2 Kg.ha<sup>-1</sup> de producto comercial), con agregado del surfactante Speed wet 20 cc<sup>ha</sup> de producto comercial. El volumen de agua utilizada fue de 60 l.ha<sup>-1</sup>, a una presión de 1,8 bar y velocidad de trabajo de 11 km/h. Los tratamientos evaluados fueron la boquilla de chorro plano XR11002 y la granangular de chorro plano TT 11002.

### **3.2.2. Experimento 2**

El experimento se instaló el 29 de febrero del 2008 a la hora 16: 40, en cultivo de soja, localizado a 15 km de la ciudad de Cardona, departamento de Soriano. Se eligió un área al azar dentro del cultivo que se encontraba en ese momento en estado vegetativo, con una altura de 40 cm. Se marcaron 2 áreas de 100 x 25 metros.

Los productos fitosanitarios usados fueron glifosato 75.7 %WG (2 Kg.ha<sup>-1</sup> de producto comercial) + Imazethapyr (100 g.ha<sup>-1</sup> de producto comercial) + clorpirifos (500 g.ha<sup>-1</sup> de producto comercial) y el surfactante Speed wet (20 cc. ha<sup>-1</sup> de producto comercial). El volumen de agua fue de 54 l.ha<sup>-1</sup>, a una presión de trabajo de 4 bar y a una velocidad de desplazamiento de 17 km.h<sup>-1</sup>

Los tratamientos evaluados fueron la aplicación de herbicidas con la boquilla de chorro plano XR11002 y una de cono hueco TX 12.

### **3.2.3. Experimento 3**

El experimento se instaló el 7 de marzo del 2008, a la hora 11: 30, en cultivo de soja ubicado en la EEMAC, departamento de Paysandú. Se establecieron 2 áreas elegidas al azar de 100 x 12 metros. El cultivo se encontraba en estado vegetativo con una altura de 20 cm aproximadamente.

Los tratamientos evaluados fueron la aplicación de glifosato, Panzer Gold (2.5 l.ha<sup>-1</sup> de producto comercial) con la boquilla de chorro plano XR110015 y la granangular TT110015. El volumen de agua utilizado fue 100 l.ha<sup>-1</sup>. La presión de trabajo fue de 3,3 bar y la velocidad de desplazamiento de 8,5 km.h<sup>-1</sup>

#### **3.2.4. Experimento 4**

El experimento se instaló el 29 de octubre, a la hora 11:00, sobre un barbecho para cultivo de soja ubicado a 10 km de la ciudad de Paysandú. Se hicieron dos bloques con un tamaño de 100 x 25 metros.

Los tratamientos evaluados fueron realizados con 3 l.ha<sup>-1</sup> de producto comercial de glifosato + clorimurón (14 g.ha<sup>-1</sup> de producto comercial) + 2,4-D (850 g.ha<sup>-1</sup> de producto comercial) y sulfato de amonio (1 kg.ha<sup>-1</sup> de producto comercial). Las boquillas utilizadas fueron la granangular de chorro plano TT11003 y la de chorro plano por aire inducido AI11002 a una presión de 2,5 bar, con una velocidad de trabajo de 14 km.h<sup>-1</sup> y un volumen utilizado de 60 l.ha<sup>-1</sup>.

#### **3.2.5. Experimento 5**

El experimento se instaló el 29 de octubre, a la hora 13:20, sobre un barbecho destinado a un cultivo de soja a 10 km de la ciudad de Paysandú. El diseño fue de 2 bloques con un tamaño de 100 x 25 metros cada bloque.

Los tratamientos evaluados se realizaron con 3 l.ha<sup>-1</sup> de producto comercial de glifosato + clorimurón (14 g.ha<sup>-1</sup> de producto comercial) + 2,4-D (900 g.ha<sup>-1</sup> de producto comercial) y sulfato de amonio (1 kg.ha<sup>-1</sup> de producto comercial), utilizando las boquillas TT11003 y AI11002. Se utilizó un volumen de 60 l.ha<sup>-1</sup>, a una presión de trabajo de 2.5 bar y a una velocidad de trabajo de 14 km.h<sup>-1</sup>.

### 3.3. DESCRIPCIÓN DE ESPECTRO DE GOTAS EVALUADAS Y CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE CADA EXPERIMENTO

**Cuadro No.1:** Descripción de espectro de gotas

EXPERIMENTO	BOQUILLA	D <sub>v</sub> 0.5	CLASIFICACIÓN
1	XR11002	240	Mediana
	TT11002	400	Muy Gruesa
2	XR11002	204	Mediana
	TX12	180	Mediana
3	XR110015	190	Mediana
	TT110015	305	Gruesa
4	TTVP03	400	Muy Gruesa
	AI11002	565	Extremadamente gruesa
5	TTVP03	400	Muy Gruesa
	AI11002	565	Extremadamente gruesa

**Cuadro No.2:** Descripción de las condiciones meteorológicas

CONDICIONES METEOROLOGICAS			
EXPERIMENTOS	Humedad (%)	Temperatura (°C)	Viento (km/h)
1	66	25,7	4
2	73	23,2	10,5
3	57	26,7	7
4	59	22,7	17
5	45	25	7

Analizando los datos climáticos es relevante comentar que no fueron realizadas en condiciones extremas de temperatura y humedad relativa, más de 35°C y menos de 50%, respectivamente, como es frecuentemente mencionado en la literatura como los valores limitantes para la llegada de la pulverización al objetivo o blanco. Tampoco la velocidad de viento fue limitante, solamente en el caso de la aplicación en el experimento 4 puede considerarse limitante las rachas de viento de 17 km/h.

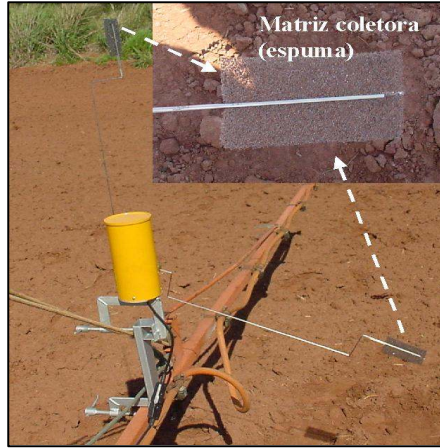
### **3.4. PREPARACIÓN DEL TRAZADOR Y USO A CAMPO**

El trazador utilizado para la evaluación fue Rodamina B (siguiendo la metodología presentada por Velini et al. (2006) preparado a una concentración de 1 ppm para la cantidad de caldo en el tanque del pulverizador. El trazador debió ser premezclado con azúcar para su correcta disolución en el agua y una mejor manipulación del mismo durante la operativa, debido a su elevada volatilidad y capacidad higroscópica.

Luego de colocar el trazador en el tanque agitándose permanentemente, se tomó una muestra directa desde el tanque, para obtener la concentración real de trazador en el caldo.

### **3.5. COLECTA DE MUESTRAS DE DERIVA**

Se acondicionó el dispositivo de la colecta de deriva (Figura 1), uno en cada mitad de la barra del pulverizador convencional o de pulverizador autopropulsado, según el caso (Figura 2). Se colocaron en el péndulo del dispositivo 2 espumas colectoras, por lo tanto para cada tipo de boquilla usada en la mitad de la barra se obtuvieron 2 submuestras de la cantidad derivada. Luego de realizada la aplicación, se extrajeron las espumas colectoras, se acondicionaron para su traslado al laboratorio, donde se realizaron dos lavados con 20 ml de agua destilada cada uno y posteriormente los residuos del lavado fueron guardados en condiciones de oscuridad y a baja temperatura para impedir la degradación por rayos ultravioletas hasta su análisis en el laboratorio (Velini, 2006).



**Figura No.1:** Dispositivo montado sobre el aguilón del pulverizador para la colecta de deriva



**Figura No.2:** Dispositivo de colecta de deriva en pulverizador autopropulsado y convencional.



**Figura No.3:** Adaptación del dispositivo para la colocación en pulverizador autopropulsado

### **3.6. DETERMINACIONES DEL CONTROL DE MALEZAS**

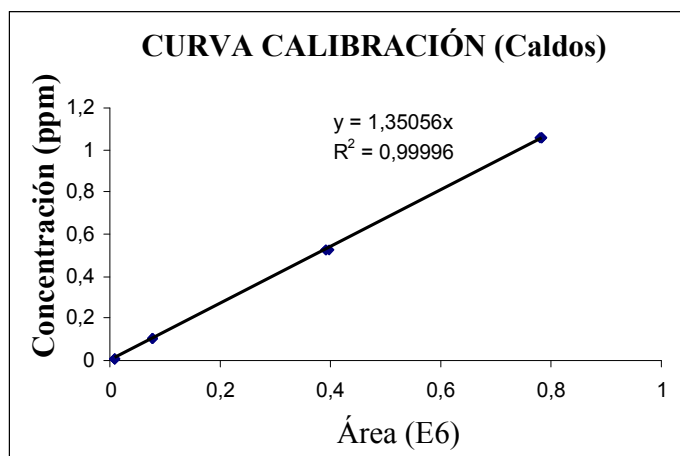
Antes de realizadas las aplicaciones se realizó la evaluación de la incidencia de malezas. Se evaluó la densidad de malezas inicial (número de malezas por  $m^2$ ), para lo cual el muestreo consistió en el relevamiento de las especies presentes en 20 muestras de 0.5 m lineal en el entresurco. En los experimentos 4 y 5 el muestreo fue con un cuadro de 0.25 x 0.25 m, en donde se estimó el porcentaje de cobertura de la maleza.

Luego de las aplicaciones fue evaluada la eficiencia biológica de cada tecnología utilizada, para lo cual en igual muestreo se utilizó una escala de estimación visual, con valores del 0 al 10, donde 0 sin control y 10 muerte de planta. Esta escala permite, según la propuesta de la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM) convertida en porcentaje, una interpretación simple en términos de seis índices o rangos que se identifican con las denominaciones de control pobre (0-40), regular (41-60), suficiente (61-70), bueno (71-80), muy bueno (81-90) y excelente (91-100). Las evaluaciones fueron realizadas entre los 5 y 20 días post-aplicación.

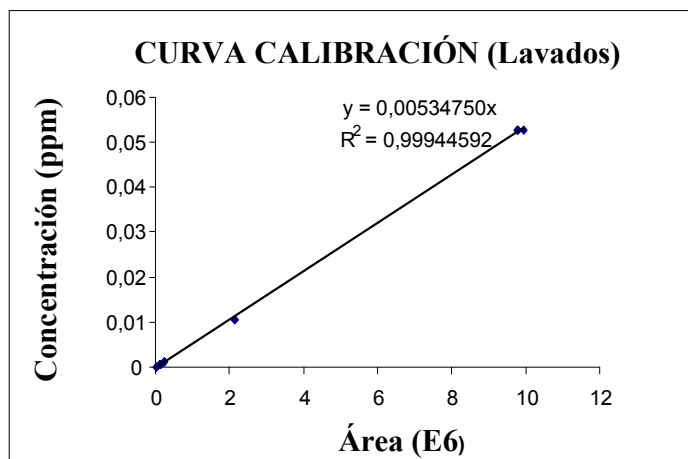
### 3.7. DETERMINACIONES EN LABORATORIO

Las muestras obtenidas del lavado de las espumas colectoras fueron enviadas al laboratorio de Ecología Química de la Facultad de Química, se conformaron muestras a partir de un 30% de la muestra y el 70% restante de metanol. Esta fase fue en la que la muestra fue inyectada en el cromatógrafo, para su lectura en largo de onda de EX: 554 y EM: 575, en columna C18, a un flujo de 0,6 ml/minuto. La fase móvil utilizada fue de 75% metanol y 25% agua purificada.

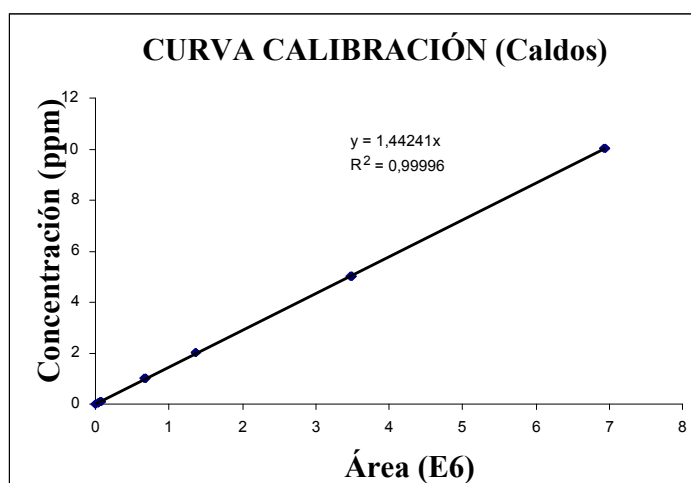
Se realizaron para la cuantificación del trazador, curvas de calibración, todas con buen ajuste (Figuras 4 a 7), se tomaron curvas independientes, para la cuantificación en caldo y para los provenientes del lavado de las esponjas. Debido a que los análisis se realizaron en forma separada para los experimentos 1, 2 y 3 y en otra tanda se analizaron los experimentos 4 y 5, se presentan dos curvas de calibración para caldo y dos para lavado de esponjas.



**Figura No.4:** Curva de calibración para detección en caldo de aplicación del trazador (Experimentos 1, 2 y 3)

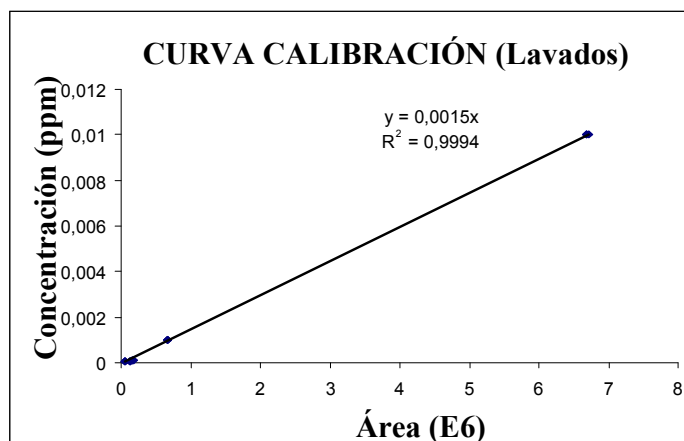


**Figura No.5:** Curva de calibración para detección del trazador en lavados de esponjas (Experimentos 1, 2 y 3)



**Figura No.6:** Curva de calibración para detección en caldo de aplicación del trazador (Experimentos 4 y 5)





**Figura No. 7:** Curva de calibración para detección del trazador en lavados de esponjas (Experimentos 4 y 5)

Las determinaciones de las concentraciones del trazador proveniente del lavado de las esponjas en  $\text{mg.l}^{-1}$  con respecto al trazador del caldo de aplicación y la cantidad de caldo aplicado permitieron los cálculos de porcentaje de deriva del caldo y este en relación a la superficie tratada permitió el cálculo de litros derivados por hectárea

### 3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para las evaluaciones de la deriva en las aplicaciones de los Experimentos 1 al 3, se realizó un muestreo sobre franjas demostrativas, donde se evaluaron dos tipos de boquillas, en la mitad del aguilón del equipo aplicador se controló un tipo de boquillas siendo el segundo tratamiento la boquilla utilizada por el productor. El criterio de uso de la boquilla controlada fue comparar boquillas de distintos espectros de tamaño de gota, siendo la otra la utilizada por el productor, de ahí se realizaron muestreos de deriva de la aplicación de forma de analizar la similitud de distintas situaciones de manejo. El análisis estadístico empleado para estas muestras fue un análisis de conglomerados para

las tres variables de interés, (concentración del trazador, porcentaje de deriva y litros derivados en la hectárea), se consideró que estas variables aún estando relacionadas, constituyen indicadores con diferente impacto. Por otra parte se entendió de interés realizar este tipo de análisis ya que es frecuentemente utilizado como método exploratorio de datos con la finalidad de obtener mayor conocimiento sobre las observaciones en estudio. El objetivo de este análisis es identificar el agrupamiento natural de las observaciones, objetos que se encuentran dentro de un mismo grupo comparten el mayor número de características mientras que objetos en diferente grupo tienden a ser distintos. Este análisis de agrupamiento realiza grupos por el procedimiento de uniones sucesivas. Los objetos similares se agrupan primero y esos grupos iniciales son luego unidos de acuerdo a similitudes. Los resultados son presentados en un dendograma (diagrama de árboles en dos dimensiones) en el cual se pueden observar las uniones que se van realizando en cada nivel del proceso de construcción de conglomerados. En este caso para calcular la matriz de distancia entre unidades observadas se utilizó la distancia euclidiana, y como medida de unión de los conglomerados la distancia de Ward (Everitt, 1980).

En los experimentos 4 y 5 fue planteado un diseño a campo de bloques al azar con dos repeticiones aunque, con restricciones de aleatorización, ya que se consideró que la vegetación era similar y no existían posibilidades prácticas de cambiar más de una vez la ubicación de las boquillas en el aguilón. Para cada experimento se realizaron dos bloques en donde en cada uno de ellos se plantearon dos tratamientos que comprendían los dos tipos de boquillas distintas. Se analizó a través del modelo que explica la variación de la respuesta, que en el bloque  $j$  recibe el tratamiento  $i$ .

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad i=1,2 \quad j=1,2$$

donde  $\mu$  corresponde a la media general,  $\alpha_i$  el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento,  $\beta_j$  el efecto del  $j$ -ésimo bloque y  $\varepsilon_{ij}$  es el error aleatorio asociado a la observación  $Y_{ij}$ .

La eficiencia biológica de los tratamientos planteados en cada ensayo se realizó a través de muestreos sistematizados móviles de bloques al azar con la restricción de aleatorización planteada anteriormente. Dado que la variable observada en cada unidad experimental fue el ranking de control, expresado de 1 (bajo) a 10 (control total), el modelo usado para su análisis estadístico fue el modelo lineal generalizado:

$$g(\mu) = X' \beta . \quad \text{Ec. 1}$$

$$f(y_1, y_2, \Lambda, y_k) = \frac{m!}{y_1! y_2! \Lambda y_k!} p_1^{y_1} p_2^{y_2} \Lambda p_k^{y_k} \quad \text{Ec. 2}$$

donde se define una función nexa (“link function”) de la probabilidad de los rankings de los tratamientos  $g(\mu)$ . Esta función nexa en este caso de ranking de 1 a 10, corresponde a una función logit acumulada y es función del diseño (expresado por la matriz  $X'$ ) y los parámetros betas, que son los logits acumulados de las probabilidades de los ranking (Ecuación 2). El resultado de este análisis es el cálculo de la los rankings promedio por tratamiento y su comparación por la estadística chi- cuadrado, y el perfil de distribución de probabilidades de cada ranking por tratamiento. Esto sólo fue posible de realizar en los experimentos 3 a 5. En el caso de los experimentos 1 y 2 por ser el número de muestreos inferiores debido a la baja infestación de malezas presente, se realizó estadística descriptiva exclusivamente.

Fueron realizados estudios de correlaciones lineales entre las variables descriptas según tratamientos y en forma general cuando no se observaron diferencias significativas entre ellos.

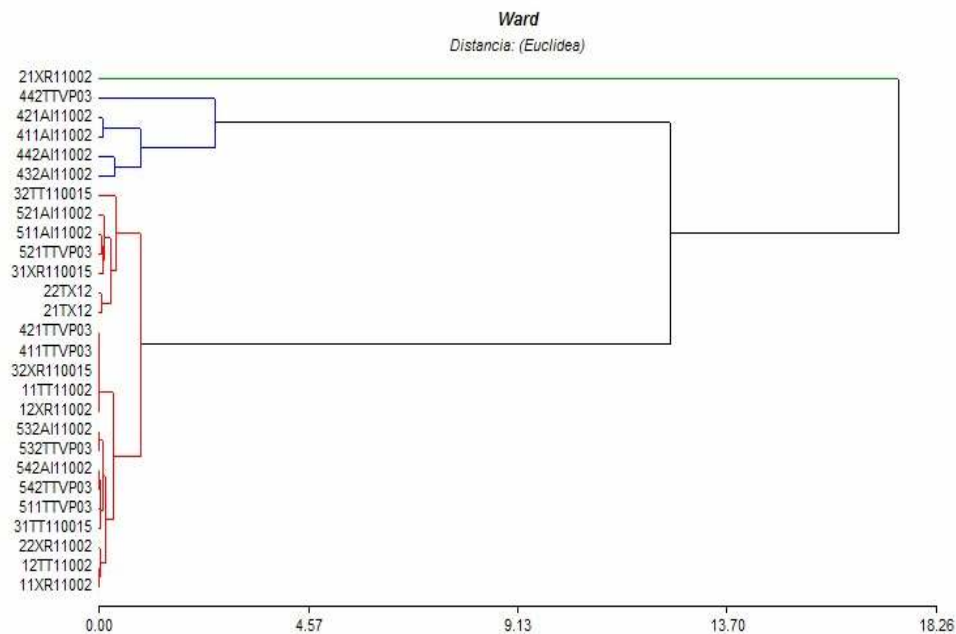
Los análisis fueron realizados por los procedimientos GLM y GENMOD de SAS 9.0.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ANÁLISIS DE DERIVA

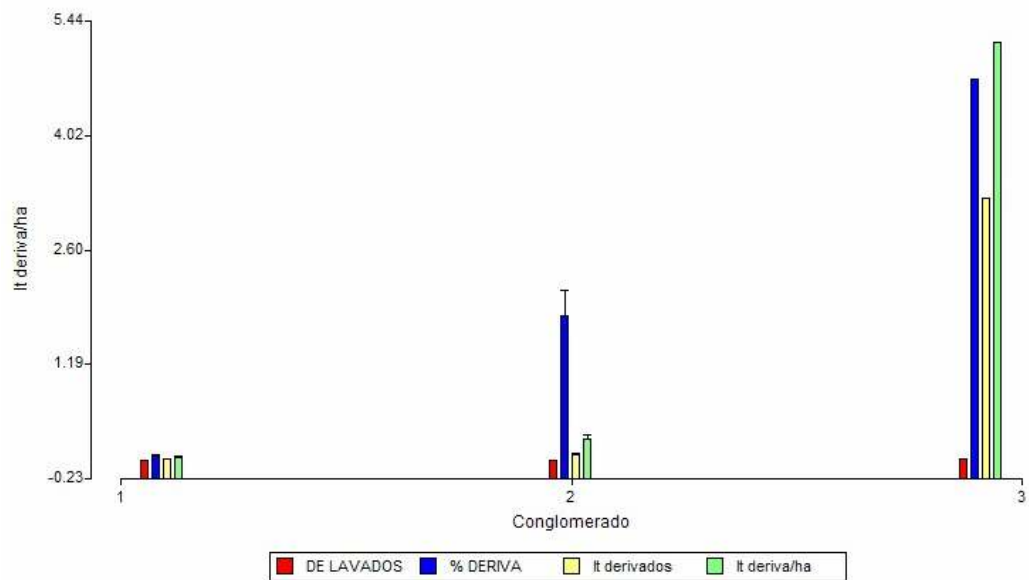
A partir de las variables concentración, porcentaje de deriva, y litros derivados por hectárea se realizó el análisis de conglomerados considerando para las 3 variables medidas, las combinaciones de experimento, repetición, bloque y boquilla como observaciones.

El dendograma se presenta en la Figura 8, donde el primer número corresponde al experimento, el segundo número corresponde a la repetición de cada tratamiento y en el caso de los experimentos 4 y 5 el tercer número corresponde al bloque, luego le sigue la identificación de la boquilla, tal cual fue comentado en materiales y métodos.



**Figura No.8:** Dendograma para las 3 variables medidas de las combinaciones de experimento, repetición, bloque y boquilla como observaciones.

Fijando un criterio de corte arbitrario en la distancia de 10 distancia igual al 55% de la distancia máxima, surgen 3 grupos. De estos 3 grupos, uno de ellos corresponde a un solo tratamiento de los 28 realizados. Analizando los valores del grupo que corresponde a este tercer conglomerado (Figura 9), se observa que presenta valores bastante alejados de los anteriores, por lo que se decidió no incluirlo en el análisis de varianza.



**Figura No.9:** Descripción de las variables según cluster

El análisis de varianza, confirmó la existencia de diferencias significativas para las variables de interés entre el conglomerado 1 y 2 (Anexo 1).

El conglomerado 2 es el grupo de tratamientos en el que las 3 variables consideradas registraron valores mayores, siendo el % de deriva del caldo aplicado, la variable con mayor diferencia y que alcanzó valores próximos al 2% (Figura No. 9 y Cuadro No. 3).

La agrupación del conglomerado 2 está formada por tratamientos del mismo experimento (Figura No.8) y por esto, la posible explicación a los mayores valores de deriva puede estar relacionada a las condiciones meteorológicas limitantes al momento de la aplicación. La velocidad del viento alcanzó los 17 km/h en el caso del Experimento 4 mientras que para los restantes variaron desde 4 a 10.5 km/h.

**Cuadro No.3:** Estadística descriptiva de los 2 grupos.

<b>Congl.</b>	<b>Variable</b>	<b>n</b>	<b>Media</b>	<b>D.E.</b>	<b>Mín</b>	<b>Máx</b>
1	Concentración (ppm)	21	3.0E-04	3.2E-04	0.00	1.2E-03
1	% Deriva	21	0.06	0.06	0.00	0.22
1	l deriva/ha	21	0.04	0.05	0.00	0.22
2	Concentración (ppm)	6	4.6E-03	2.0E-03	2.1E-03	0.01
2	% Deriva	6	1.78	0.78	0.81	3.18
2	l deriva/ha	6	0.27	0.12	0.12	0.48

En este experimento en el que se aplicó un volumen en la hectárea de 60 l, según las estimaciones realizadas se derivó 0.27 l en la hectárea. En la interpretación de estos resultados, más que el valor absoluto, debe considerarse la cantidad de producto que se pierde al ambiente en las superficies que la agricultura de gran escala realiza en el presente. También es importante considerar que la metodología utilizada para la evaluación de deriva a través del trazador, si bien sirve como indicador de lo que sucede en esas condiciones particulares, no es una medida directa y real del producto derivado. Por otra parte es relevante mencionar que solamente se cuantifica la exoderiva que ocurre en el momento de la aplicación.

En el experimento 4 en particular, como se contaba con las repeticiones de la colecta de caldo derivado, se pudo además, realizar el análisis de varianza. Como puede observarse en el Cuadro No.4 en el que se presentan las medias para las variables concentración de trazador derivado, porcentaje de deriva y litros derivados por hectárea, no se detectaron diferencias significativas (Prob.> 0,66).

A pesar de la alta velocidad del viento registrada durante este experimento (17 km/h), los valores de litros de caldo derivados en la hectárea y porcentaje de deriva, estuvieron en parámetros comparables a los resultados obtenidos por Velini et al. (2006), quienes usando la misma metodología encontraron porcentajes de deriva que oscilaban entre 0,67 y 5,59 %. La explicación a nuestros resultados podría atribuirse al tipo de boquillas evaluadas, aire inducido AI11002 y boquilla Turbo TT11003, ambas que generan espectro de gotas muy gruesas y extremadamente gruesas.

**Cuadro No.4:** Media de las variables concentración, porcentaje de deriva y litros derivados/ha para el Experimento 4.

<b>VARIABLES</b>	<b>TIPO DE BOQUILLAS</b>	
	<b>AI11002</b>	<b>TT11003</b>
<b>Concentración (ppm)</b>	0,004	0,003
<b>% Deriva</b>	1,496	1,173
<b>l/ha</b>	0,224	0,176

También en el experimento 5, incluyendo los mismos tratamientos que en el experimento anterior no se detectó diferencias significativas (Prob. > 0,41), en ninguna de las variables analizadas.

Los valores de las medias para cada variable se presentan en el cuadro 5 en el que puede apreciarse que tanto los valores de porcentaje de deriva como los correspondientes a litros derivados por hectárea fueron apreciablemente más bajos. Si bien las boquillas evaluadas fueron las mismas, las condiciones meteorológicas en este caso, no fueron limitantes (ver Cuadro No.2).

**Cuadro No.5:** Media de las variables concentración, porcentaje de deriva y litros derivados/ha para el Experimento 5.

VARIABLES	TIPO DE BOQUILLA	
	AI11002	TT11003
Concentración (ppm)	0,0005	0,0004
% Deriva	0,088	0,064
l/ha	0,022	0,016

## 4. 2. EFICIENCIA BIOLÓGICA

### Experimento 1

En este experimento los datos de caracterización del enmalezamiento indicaron una baja infestación (104 malezas/m<sup>2</sup>), siendo mayoritaria la presencia de una maleza de baja agresividad como *Dichondra* spp., y de dos gramíneas indicadoras de campos de reciente inclusión a la agricultura como *Botriochloa laguroides* y *Phiptochaetium* spp., por lo que la información relativa al control con glifosato de estas especies es escasa.

**Cuadro No.6:** Caracterización del enmalezamiento del experimento 1.

	Malezas/m <sup>2</sup>
<i>Dichondra</i> spp.	36
<i>Botriochloa laguroides</i>	22
<i>Phiptochaetium</i> spp.	21
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	8
<i>Alophia amoena</i>	5
<i>Setaria</i> spp.	4
<i>Bromus</i> spp.	4
Juncos	2
Otras	2



Los resultados de control presentados en el Cuadro No.7, aunque no puedan ser analizadas estadísticamente, ya que el número de observaciones era inferior debido a la baja infestación que presentaba el cultivo, pueden considerarse diferentes para ambos tratamientos. El control para las especies predominantes *Dichondra spp* y gramíneas en general fue superior para la aplicación de la boquilla TT11002, con un control, según la escala de ALAM, excelente en gramíneas y muy bueno en *Dichondra spp*. La diferencia entre tratamientos no era esperable ya que a pesar de que la boquilla XR11002 produce gotas medianas y la boquilla TT11002 produce gotas muy gruesas, en caso de cultivos de escaso desarrollo, como en este experimento, según Mathews y Hislop (1993), no habría diferencias en la facilidad de penetración del caldo en el perfil vegetal. Tampoco puede atribuirse a las condiciones climáticas, ya que no fueron limitantes en el momento de la aplicación (Salvador et al., 2008).

**Cuadro No.7:** Nivel de control a los 18 DPA en el experimento 1.

	<b>XR11002</b>		<b>TT11002</b>	
	<i>Dichondra spp</i>	Gramíneas	<i>Dichondra spp</i>	Gramíneas
<b>Media</b>	6,5	8,6	7,4	10
<b>Desvío</b>	2,7	1,8	3	0

## Experimento 2

El grado de infestación que se encontró en este experimento también fue muy bajo, predominando *Dichondra spp* y gramíneas (29 malezas/m<sup>2</sup>). Al igual que el experimento anterior la presencia de algunas de las gramíneas relevadas indicaba que el área donde se encontraba el cultivo era de reciente incorporación a la etapa agrícola.

**Cuadro No.8:** Caracterización del enmalezamiento del experimento 2.

	<b>Malezas/m<sup>2</sup></b>
<i>Dichondra</i> spp.	10
Gramíneas	10
Juncos	3
Otros	6

Contrariamente a lo sucedido en el experimento anterior, las condiciones climáticas no limitantes y el escaso desarrollo del cultivo, no permitieron apreciar diferencias entre los tratamientos evaluados. El control para ambos tratamientos fue muy bueno en el control de *Dichondra* y excelente para gramíneas.

**Cuadro No.9:** Nivel de control a los 18 DPA en el experimento 2.

	<b>XR11002</b>		<b>TT11002</b>	
	<i>Dichondra spp</i>	Gramíneas	<i>Dichondra spp</i>	Gramíneas
<b>Media</b>	8,3	10,0	8,3	9,6
<b>Desvío</b>	2,6	0,0	2,6	1,0

### Experimento 3

La caracterización del experimento 3 indicó una baja infestación de malezas (33 malezas/m<sup>2</sup>) siendo *Sida rhombifolia* la maleza predominante.

**Cuadro No. 10:** Caracterización del enmalezamiento del experimento 3

	<b>Malezas/m<sup>2</sup></b>
<i>Sida rhombifolia</i>	31
Otros	2

En la evaluación de los 12 dpa, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $\text{Chi}^2 < 10\%$ ), siendo el control con la boquilla TT de 81% y de 67% con la boquilla XR. Esta diferencia en el nivel de control desapareció en la evaluación de los 20 dpa, donde el control para la especie fue excelente y sin diferencia entre tratamientos, lo cuál era esperable por el grado de desarrollo de la maleza (menor a 15 cm de altura), la dosis empleada ( $2,5 \text{ l.ha}^{-1}$ ) y escasa cobertura del surco por el cultivo, no sería esperable diferencias en la penetración en cultivo para espectros de gotas gruesas y medianas, las generadas por los tratamientos con boquilla TT y XR, respectivamente.

#### Experimento 4

Para la caracterización del enmalezamiento, por tratarse de un barbecho, se cuantificó en porcentaje de cobertura que ocupaba cada maleza. Las especies predominantes fueron *Digitaria sanguinalis* y *Lolium multiflorum*, ambas especies de elevada agresividad y muy frecuentes en campos con historia agrícola. La primera es una especie estival mientras que la otra es invernal, por tanto el estado de desarrollo de las mismas era diferentes, pudiendo expresar esta característica diferencias en el control de las mismas.

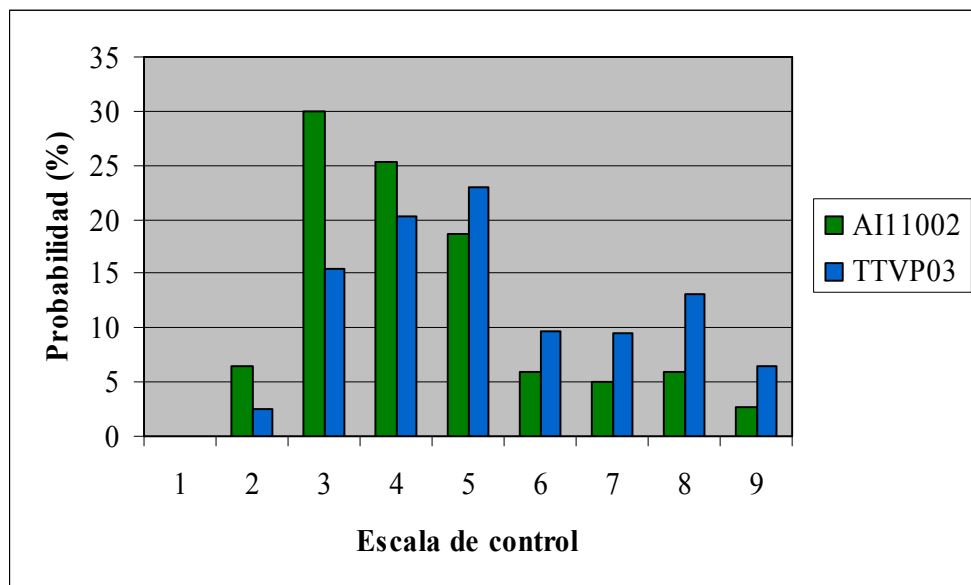
**Cuadro No.11:** Caracterización del enmalezamiento del experimento 4

	<b>% cobertura</b>
<i>Digitaria sanguinalis</i>	29
<i>Lolium multiflorum</i>	22

El control en este experimento se analizó para cada especie en particular y en dos momentos, a los 5 días y a los 14 días post aplicación.

Para el caso de *Digitaria sanguinalis* a los 5 días post aplicación se observó diferencias significativas ( $\text{Chi}^2 < 0,10$ ) entre los tratamientos, siendo la media de control de 44% para la boquilla AI11002 y 54% para la boquilla TT11003.

La Figura No.10 muestra las probabilidades de ocurrencia de los distintos niveles de control para cada tratamiento. Como se observa en la figura es más probable obtener un control de 3 para la boquilla AI11002 y un control 5 para la boquilla TT11003, así como la mayor probabilidad de los niveles de controles superiores 7, 8 y 9, también son para la boquilla TT11003. Este resultado no se puede asociar a efectos de la deriva, ya que no hubo diferencia en las distintas variables evaluadas. Según Dexter (1993), no sería esperable mejor control con herbicida sistémico como el glifosato por efecto de una mayor cobertura en la aplicación por espectro de gotas diferentes.



**Figura No.10** Probabilidad de ocurrencia de los distintos niveles de control para *Digitaria sanguinalis* a los 5 DPA en el experimento 4.

A los 14 días post aplicación no hubieron diferencias significativas, obteniendo un control excelente para ambos tratamientos, por tanto la pequeña diferencia hallada inicialmente (5 dpa), tal vez pueda ser explicada por diferencias en la penetración en esta gramínea, que se expresó solamente en una mayor velocidad de control, que a los 14 dpa desapareció y determinó un excelente control (Cuadro No.12).

**Cuadro No.12:** Media de control de *Digitaria sanguinalis*.

	<b>5 DPA</b>	<b>14 DPA</b>
<b>AI11002</b>	4,4	9,5
<b>TT11003</b>	5,3	9,75

En cuanto a *Lolium multiflorum* no se observaron diferencias significativas ( $\text{Chi}^2 > 0,10$ ) a los 5 ni a los 14 días post aplicación. Siendo el control de los 5 días, regular y a los 14 días ambos tratamientos manifestaron un control excelente (Cuadro No.13).

**Cuadro No.13:** Media de control de *Lolium multiflorum*.

	<b>5 DPA</b>	<b>14 DPA</b>
<b>AI11002</b>	4,95	9,5
<b>TT11003</b>	5,7	9,35

Las diferencias entre ambas especies en el control inicial son de difícil explicación, aunque con la dosis empleada era de esperar niveles de control elevados.

## **Experimento 5**

En este experimento, al igual que en el anterior por tratarse de un área a la cual se le aplicó glifosato para obtener un barbecho destinado a un cultivo de soja, se midió el porcentaje de cobertura que ocupaba cada especie. La maleza con mayor cobertura del suelo fue *Cynodon dactylon*, maleza estival con gran capacidad de crecimiento y

propagación y de difícil control. También se encontró en menor proporción *Digitaria sanguinalis*, Crucíferas, Ciperáceas y *Setaria* spp. Las crucíferas son especies invernales, de tipo arvenses, dicotiledóneas, características que se enumeran generalmente como favorables a la retención del caldo de pulverización por poseer hojas planófilas. Contrariamente, las ciperáceas además de tener una canopeo que dificulta la llegada de la pulverización, son especies tolerantes al glifosato, lo que las hace de muy difícil control.

**Cuadro No.14:** Caracterización del enmalezamiento para el experimento 5

	<b>% cobertura</b>
<i>Cynodon dactylon</i>	43
<i>Digitaria sanguinalis</i>	11
Crucíferas	8
Ciperáceas	7
<i>Setaria</i> spp.	4

Los resultados de control para *Cynodon dactylon* a los 5 días no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, se cuantificó un control pobre, mientras que a los 14 días post aplicación si bien el control continuó siendo deficiente, se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $\text{Chi}^2 < 0.0629$ ), siendo el nivel de control pobre y regular para las boquillas TT11003 y AI11002, respectivamente.

**Cuadro No.15:** Control de *Cynodon dactylon* a los 5 y 14 DPA.

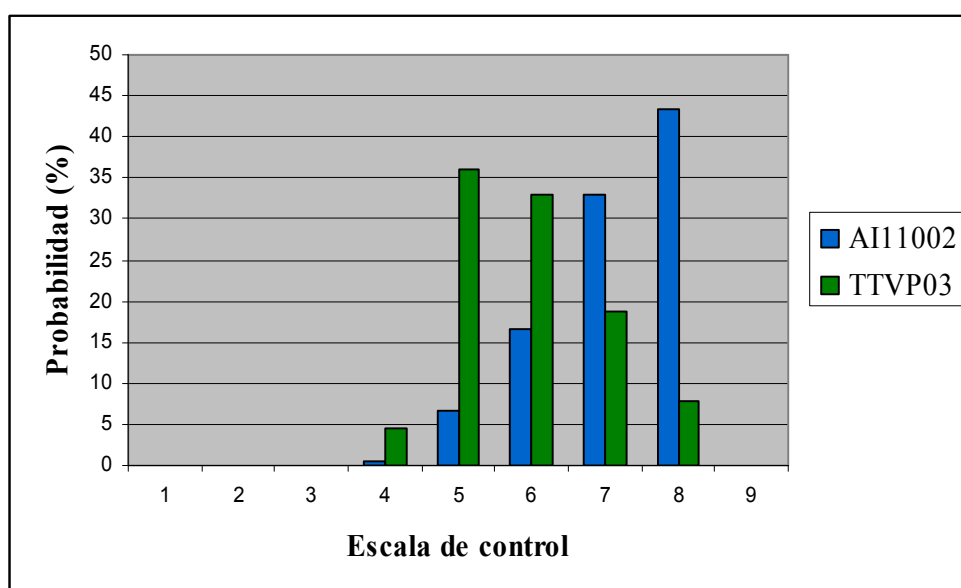
	<b>5 DPA</b>	<b>14 DPA</b>
<b>AI11002</b>	2,05	4,8
<b>TT11003</b>	2,5	3,4

En el control de *Digitaria sanguinalis* se observaron diferencias significativas ( $\text{Chi}^2 < 0.0004$ ) a los 5 días post aplicación, el tratamiento con la boquilla AI11002 proporcionó un control bueno, mientras que con la boquilla TT11003 el control fue regular. A los 14 DPA no se encontró diferencias entre tratamientos y el control fue excelente.

**Cuadro No.16:** Control de *Digitaria sanguinalis* a los 5 y 14 DPA

	5 DPA	14 DPA
<b>AI11002</b>	7,2	10
<b>TT11003</b>	5,9	10

La siguiente figura, muestra la diferencia de control entre ambas boquillas a los 5 DPA, en donde es mas probable obtener un control muy bueno para la boquilla AI11002, mientras que para la boquilla TT11003 es probable obtener un control regular.



**Figura No.11:** Probabilidad de ocurrencia de los distintos niveles de control para *Digitaria sanguinalis* a los 5 DPA en el experimento 5.

El control de las cyperáceas fue pobre a los 5 y a los 14 días post aplicación. A los 5 días no se observó diferencias significativas en los tratamientos mientras que a los 14 días si hubo diferencias significativas ( $\text{Chi}^2 < 0,055$ ). A pesar de haber diferencias, el control para ambos tratamientos fue pobre.

En cuanto a *Setaria* spp y a las crucíferas no hubo diferencias significativas entre tratamientos, en donde a los 5 días post aplicación el control fue regular en ambas especies, mientras que a los 14 días fue excelente para *Setaria* spp y muy bueno para las crucíferas (Cuadro No.17).

**Cuadro No.17:** Control de cyperáceas, *Setaria* spp. y crucíferas a los 5 y 14 DPA

	Cyperaceas		<i>Setaria</i> spp.		Crucíferas	
	5 DPA	14 DPA	5 DPA	14 DPA	5 DPA	14 DPA
<b>AI11002</b>	0,6	2,5	4,3	9,5	4,9	8,5
<b>TT11003</b>	0,8	2	4,5	9	4,9	8,5

#### 4.3. CORRELACIONES ENTRE PORCENTAJE DE DERIVA Y EFICIENCIA BIOLÓGICA DE LOS TRATAMIENTOS

La única correlación que fue posible realizar correspondió al porcentaje de deriva con la eficiencia biológica en *D. sanguinalis*, donde el número de datos era suficiente, ya que la maleza estaba presente en los experimentos 4 y 5. Si bien la correlación fue altamente significativa ( $\text{Prob.} > 0,0008$ ) y negativa (-0,93), este resultado no presenta significado biológico, ya que los datos de control oscilaron de 9.5 a 10, lo que en la escala de evaluación determina un excelente control. En el caso de las otras malezas no se contó con un número de datos adecuado para poder realizar dicho análisis.



## **5. CONCLUSIONES**

Los mayores valores de deriva obtenidos se relacionaron con las condiciones meteorológicas limitantes al momento de la aplicación de glifosato (elevada velocidad de viento), igualmente pueden considerarse de escasa magnitud cuando son expresados en porcentaje del total aplicado.

El tipo de boquilla de distinto espectro de gota no afectó el porcentaje de deriva, en el rango de espectros de gotas muy gruesas y extremadamente gruesas que correspondían a los experimentos 4 y 5.

No fue posible detectar asociaciones claras entre deriva y eficiencia biológica y esto fue atribuido en parte a limitantes metodológicas. Se entiende que este tipo de asociaciones deberían estudiarse en situaciones en las que fuera posible disminuir la cantidad de interacciones que se presentan a campo. Otra posible limitante fue la dosis utilizada, ya que se entiende que es una dosis alta para el control de las especies evaluadas por lo que las pérdidas del herbicida por causa de la deriva no son significantes como para afectar la eficiencia biológica.

Las limitantes generales que se encontraron para resolver las hipótesis de trabajo planteadas fueron la imposibilidad de seleccionar el área a tratar, la dependencia de la dosis y formulaciones comerciales usadas, las boquillas disponibles y el caudal a evaluar.

## **6. RESUMEN**

La expansión de las áreas de los cultivos extensivos en los últimos años acarrió un aumento en el uso de productos fitosanitarios. La correcta aplicación de los productos posibilita el uso más seguro y eficiente de los fitosanitarios, disminuyendo, los posibles riesgos derivados de su aplicación. La deriva es uno de los principales procesos de pérdida de los productos fitosanitarios, llevando al aumento o del número de aplicaciones o de la dosis del producto, con la consecuente contaminación ambiental, por ello es creciente el uso de tecnologías de aplicación para reducir la deriva. De esta forma, el presente trabajo tiene como objetivo aportar información sobre algunas variables tecnológicas que favorecen a la disminución de la deriva. Se evaluó el efecto de distintos tipos de boquillas (antideriva y convencional) en la ocurrencia de deriva de aplicaciones comerciales de glifosato sobre cultivos de soja, y se estableció relaciones entre esta y la efectividad del tratamiento herbicida. Para cuantificar la deriva se utilizó en el caldo de aplicación un trazador fluorescente, el que era colectado durante la aplicación a través de un dispositivo colocado en la barra del pulverizador en 2 espumas colectoras. Luego de la aplicación se extrajeron y se lavaron con agua destilada. Fueron realizadas cinco aplicaciones con dos tipos de boquillas en cada una, en donde se midió la temperatura, humedad y velocidad del viento. Por otra parte se evaluó el nivel de incidencia de malezas y la efectividad del tratamiento herbicida entre los 5 y 20 días post aplicación. Los mayores valores de deriva se registraron cuando la velocidad del viento era superior a los 10 km/h, sin haber diferencias entre los tipos de boquillas. Cuando los vientos eran inferiores a 10 km/h no se registraron valores de deriva significativos y no hubo diferencias entre los tipos de boquillas. No se detectaron asociaciones claras entre la eficiencia biológica y la deriva.

**Palabras clave: Deriva; Tecnologías de aplicación; Boquillas; Glifosato.**

## **7. SUMMARY**

The expansion of the areas of the arable crops in the last years provoked an increase in the use of phytosanitary products. The correct application of the products makes possible the surest and efficient use of the ones, diminishing, the possible risks derived from his application. The drift is one of the principal processes of loss of the phytosanitary products, leading to the increase or of the number of applications or of the dose of the product. This brings as consequence the environmental pollution, for it there is increasing the use of application technologies to reduce the drift. Of this form, the present work has as aim, contribute information about some of the technological variables that they favor to the decrease of the drift. There was evaluated the effect of different types of nozzles (drift reduction and conventional nozzles) in the occurrence of drift in commercial applications of glyphosate on soybean crops, and relations were established between this one and the biological performance of the herbicide treatment. To quantify the drift a fluorescent tracer was used in the both of the application, which was collected during the application across a device placed in the bar of the atomizer in 2 sponges. After the application they were extracted and washed with distilled water. Five applications were realized with two types of nozzles in each one, where there measured up the temperature, air humidity and wind speed. On the other hand there evaluated the level of incident of weeds and the efficiency of the herbicidal treatment between 5 and 20 days post application. Tthe major values of drift registered when the speed of the wind was superior to the 10 km/h, without being differences between the types of nozzles. When the winds were lower than 10 km/h significant values of drift were not registered and there were no differences between the types of nozzles. Clear associations were not detected between the biological efficiency and the drift.

**Keywords: Drift; Application technologies; Nozzles; Glyphosate.**

## **8. BIBLIOGRAFÍA**

1. BODE, L.E.; BUTLER, B.J.; GOERING, C.E. 1976. Spray drift and recovery as affected by spray thickener, nozzle type, and nozzle pressure. Transactions of the ASAE. 19(2): 213-218.
2. COSTA, A.G.F.; VELINI, E.D.; ROSSI, C.V.S.; CORRÉA, M.R.; NEGRISOLI, E. 2006. Efeito de pontas de pulverização na deriva de 2,4-d + glyphosate In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas (25º. 2006, Brasília). Convivendo com as plantas daninhas. Brasília, EMBRAPA. p. irr.
3. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; NEGRISOLI, E.; CARBONARI, C.A.; ROSSI, C.V.S.; CORRÉA, M.R.; SILVA, F.M.L. 2007. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. Planta Daninha. 25(1): 203-210.
4. CUNHA, J.P.A.R.; TEIXEIRA, M.M.; COURY, J.R.; FERREIRA, L.R. 2003. Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. Planta Daninha. 21(2): 325-332.
5. CHRISTOFOLETTI, J.C. 1999. Considerações sobre a deriva nas pulverizações agrícolas e seu controle. Teejet South America. Boletim Técnico no. 4. 15 p.
6. DE SCHAMPHELEIRE, M.; BAETENS, K.; NUYTTENS, D.; SPANOGHE, P., 2008. Spray drift measurements to evaluate the Belgian drift mitigation measures in field crops. Crop Protection. 27: 577-589.
7. DEUBER, R. 1992. Ciência das plantas daninhas; fundamentos. Jaboticabal,

FUNEP. 431 p.

8. DEXTER, A.G., 1993. Herbicide spray drift. s.l., North Dakota State University/University of Minnesota. 13 p.
9. DURIGAN, J. C. 1989. Comportamento de herbicidas no ambiente. In: Seminário Técnico sobre Plantas Daninhas e o Uso de Herbicidas em Reflorestamento (1989, Rio de Janeiro). Anais. Rio de Janeiro, SBS/ABRACAV/SIF. p.irr.
10. EVERITT, B.S. 1980. Cluster análise. 2<sup>nd</sup>. ed. London, Heineman Educational Books. 136 p.
11. FERNANDES DO SANTOS, J.M. 2000. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. In: Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico (3<sup>a</sup>, 2000, Mogi das Cruzes). Controle integrado. São Paulo, s.e. pp. 110-116.
12. FRIEBLEBEN, R. 2004. Balancing drift Management with biological performance and efficacy. In: International Conference on Pesticide Application for Drift Management (2004, Waikaloa). Incentives for drift management. Washington, D.C., s.e. pp. 72-78.
13. GAZZIERO, D.L.P.; MACIEL, C.D.G.; SOUZA, R.T.; VELINI, E.D.; PRETE, C.E.C.; OLIVEIRA NETO, W. 2006. Deposição de glyphosate aplicado para controle de plantas daninhas em soja transgênica. Planta Daninha. 24(1): 173-181.
14. GEBLER, L.; SPADOTTO, C. 2004. Comportamento ambiental dos herbicidas.

In: Vargas, L.; Scherer Roman, E. eds. Manual de manejo e controle de plantas daninhas. Bento Gonçalves: EMBRAPA Uva e Vinho. pp. 57- 88.

15. JOHNSON, M. P.; SWETNAM, L. D., 1996. Sprayer nozzles; selection and calibration. Lexington, University of Kentucky. 6 p.
16. LEFEBVRE, A.H., 1993. Droplet production. In: Matthews, G.A.; Hislop, E.C. eds. Application technology for crop protection. Wallingford, Oxon CAB International. pp. 35-54.
17. LUCHINI, L.C.; ANDRÉA, M.M. 2000. Comportamiento ambiental de agroquímicos. Horticultura Brasileira. 18: 33-35.
18. MC EVOY, M. 1998. Pesticide drift and organic certification. In: North American Conference on Pesticide Spray Drift Management (1998, Portland). Proceedings. Portland, s.e. pp. 39-44.
19. MARTINO, D.G. 1995. El herbicida glifosato; su manejo más allá de la dosis por hectárea. La Estanzuela, Colonia, INIA. 23 p. (Serie Técnica no. 61).
20. MATTHEWS, G.A.; HISLOP, E.C., 1993. Application technology for crop protection. Wallingford, Oxon CAB International. 359 p.
21. \_\_\_\_\_. 2000. Pesticide application methods. 3<sup>rd</sup>. ed. London, Blackwell Science. 426 p.
22. MATUO, T., 1990. Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas. Jaboticabal, FUNEP. 139 p.

23. MILLER, P.C.H. 1993. Spray drift and its measurement. In: Matthews, G. A.; Hislop, E.C. eds. Application technology for crop protection. Wallingford, Oxon CAB. pp. 101-122.
24. \_\_\_\_\_. 2003. The measurement of spray drift. Pesticide Outlook. 14(5): 205-209.
25. NUYTTENS, D.; DE SCHAMPHELEIRE, M.; STEURBAUT, W.; BAETENS, K. VERBOVEN, P.; NICOLAÏ, B.; RAMON, H.; SONCK, B. 2006. Experimental study of factors influencing the risk of drift from the field sprayers, Part 2. Spray applications technique. Aspects of Applied Biology. 77: 331-339.
26. ONORATO, A.A.; TESOURO, M.O. 2004. Desempeño antideriva de una boquilla de pulverización agrícola de cono hueco inducida por aire. Investigaciones agropecuarias. INTA. 33(3): 3-13.
27. OZKAN, H.E. 2000. Reducing spray drift. (en línea). Ohio State University Extension Bulletin no. 816. 23 p. Consultado 15 jul. 2008. Disponible en <http://ohioline.osu.edu/b816/index.html>
28. SALVADOR J.F.; de OLIVEIRA, M.A.P.; ANTUNIASSI, U. R.; SIQUERI, F.V.; de OLIVEIRA, R.B. 2008. Aplicação terrestre para controle de ferrugem da soja no mato grosso em condições climáticas desfavoráveis. In: Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos (4º, 2008, Ribeirão Preto). Segurança em tecnologia de aplicação. Ribeirão Preto, s.e. p.irr.

29. SPADOTTO, C.A. 2002. Monitoramento e avaliação de impactos de herbicidas no ambiente. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas (12º, 2002, Londrina). Trabalhos apresentados. Londrina, SBCPD. pp. 56-65.
30. \_\_\_\_\_. 2006. Influência das condições meteorológicas no transporte de agrotóxicos no ambiente. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Meteorologia. 30(1): 15-20.
31. THISTLE, H.; TESKE, M. E.; REARDON, R. C. 2008. Weather effects on drift - meteorological factors and spray drift; an overview. In: North American Conference on Pesticide Spray Drift Management (1998, Portland). Proceedings. Portland, s.e. pp. 64-74
32. VELINI, E.D.; FORTES, J.V.; ADEGAS, F.; COSTA, A.G.F.; FIORINI, M.V.; SILVA, J.R.M. 2006. Desenvolvimento de um amostrador dinâmico e de técnicas para a avaliação da deriva em aplicações comerciais de herbicidas. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas (25º., 2006, Brasília). Convivendo com as plantas daninhas. Brasília, EMBRAPA. p. irr.
33. VELLOSO, J.A.R; GASSEN, D.N.; JACOBSEN, L.A. 1984. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas com pulverizadores de barra. Passo Fundo, Embrapa-CPNT. 52 p.
34. WOLF, R.E. 1998. Boom application equipment and drift. In: North American Conference on Pesticide Spray Drift Management (1998, Portland). Proceedings. Portland, s.e. pp.130-141



35. \_\_\_\_\_.; FFROHBERG, D.D. 2002. Comparison of drift for four drift-reducing flat-fan nozzle types measured in a wind tunnel and evaluated using DropletScan® Software. In: ASAE Annual International Meeting, CIGR World Congress (15°, 2002, Chicago). Engineering and technology for a sustainable world. Chicago, s.e. p.irr.

## 9. ANEXOS

### ANALISIS DE LA VARINZA

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>I deriva/ha</b>	27	0.66	0.65	79.42

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.25	1	0.25	49.56	<0.0001
Conglomerado		0.25	1	0.25	49.56 <0.0001
Error	0.12	25	4.9E-03		
Total	0.37	26			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>% Deriva</b>	27	0.81	0.81	80.54

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13.82	1	13.82	109.90	<0.0001
Conglomerado		13.82	1	13.82	109.90 <0.0001
Error	3.14	25	0.13		
Total	16.97	26			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>Concentración</b>	27	0.79	0.78	75.82

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8.7E-05	1	8.7E-05	95.56	<0.0001
Conglomerado		8.7E-05	1	8.7E-05	95.56 <0.0001
Error	2.3E-05	25	9.1E-07		
Total	1.1E-04	26			