

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

TECNOLOGÍAS DE APLICACIÓN AÉREA

EN LA DEPOSICIÓN EN SOJA

por

Martín Alejandro RISO BARBITTA

Oscar Martín SELLANES FASSI

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2013

Tesis aprobada por:

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

Ing. Agr. Dra. Juana Villalba

\_\_\_\_\_

Ing. Agr. Juan Olivet

\_\_\_\_\_

Ing. Agr. Oscar Bentancur

Fecha: 10 de octubre de 2013

Autor: \_\_\_\_\_

Martín Alejandro Riso BARBITTA

\_\_\_\_\_

Oscar Martín Sellanes Fassi

## AGRADECIMIENTOS

En esta etapa que culmina queremos agradecer enormemente a todas aquellas personas que han estado brindándonos el apoyo incondicional desde el inicio, el cariño y la confianza que evocaron en nosotros para poder seguir adelante. Aquellas personas que nos acompañaron durante todo el camino, queremos enfatizar este agradecimiento a ellos; nuestros padres, abuelos, hermanos, nuestras parejas, amigos, compañeros, profesores. Sin todos ellos esto no hubiera sido posible. Queremos agradecer especialmente a nuestra tutora Ing. Agr. Juana Villalba, que fue muy importante para que este trabajo fuera llevado a cabo y a la familia Chalkling. Agradecemos de corazón a nuestras familias, que siempre han estado apoyándonos y brindando todo su cariño y por sobre todo el esfuerzo que han hecho para poder llegar hasta este trayecto donde ahora estamos situados, un camino que transitamos entre todos. Esta etapa que culmina genera a su vez nuevas oportunidades para seguir progresando en el futuro.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1 GENERALIDADES DE LA APLICACIÓN AÉREAS.....	3
2.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS PARA UNA ADECUADA APLICACIÓN.....	8
2.3 COMPONENTES IMPORTANTE EN LA DISTRIBUCIÓN DE LA PULVERIZACIÓN.....	12
2.3.1 <u>Tipo de boquilla</u> .....	13
2.4 RESULTADO DEL USO DE AVIACIÓN AGRÍCOLA EN LA PROTECCIÓN VEGETAL.....	15
2.5 METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE DEPOSICIÓN.....	20
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	23
3.1 LOCALIZACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS.....	23
3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	23
3.3 METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN.....	24
3.4 DETERMINACIONES DE LA DEPOSICIÓN SOBRE LAS HOJAS DE SOJA.....	25
3.5 DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS DURANTE LA APLICACIÓN.....	27
3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	27

4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	29
4.1 ESTUDIO DE DEPOSICIÓN DEL CALDO EN HOJAS DEL CULTIVO DE SOJA .....	29
4.2 ANÁLISIS DE DEPOSICIÓN DE GOTAS EN TARJETAS HIDROSENSIBLE.....	34
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	40
6. <u>RESUMEN</u> .....	41
7. <u>SUMMARY</u> .....	42
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	43

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Tamaño de gota y riesgo de deriva.....	10
2. Descripción de tratamiento.....	24
3. Condiciones meteorológicas promedio al momento de la aplicación de los tratamiento.....	27
4. Porcentaje de muestras eliminadas en cada tratamiento.....	29
5. Deposición en hoja de soja(ng trazador/cm <sup>2</sup> ) ; límite superior, inferior y medio de cada tratamiento .....	30
6. Deposición promedio (ng trazador/cm <sup>2</sup> ) en el estrato superior , limite superior e inferior del intervalo de confianza.....	31
7. Deposición promedio (ng trazador/cm <sup>2</sup> ) en el estrato medio , limite superior e inferior del intervalo de confianza.....	31
8. Parámetros de la población de gotas más relevantes para los tres Tratamientos.....	35

Figura No.

1. Curva de calibración de Tinopal. Laboratorio de bioquímica de facultad de agronomía.....	26
2. Relación de la deposición de trazador en estrato Superior/medio.....	32
3. Tratamiento 1 (15 L/ha-1).....	36
4. Tratamiento 2 (10 L/ha-1).....	37
5. Tratamiento 3 (5 L/ha-1).....	37
6. Distribuciones acumulativas empíricas de los tratamientos de 15 L (línea azul) y 10 L (línea roja).....	38
7. Distribuciones acumulativas empíricas de los tratamientos de 15 L (línea azul) y 5 L (línea roja).....	39
8. Distribuciones acumulativas empíricas de los tratamientos de 10 L (línea azul) y 5 L (línea roja).....	39

## 1. INTRODUCCIÓN

La agricultura de nuestro país ha sufrido en los últimos años un fuerte proceso de expansión, debido principalmente a una evolución favorable de los precios agrícolas y a una mayor inversión en el sector.

El aumento del área agrícola en nuestro país ha sido de manera importante, en los últimos 10 años (MGAP. DIEA, 2010), impulsada principalmente por el cultivo de soja debido a los buenos precios internacionales y a la seguridad fiscal que garantiza el país lo cual atrajo a muchos inversores extranjeros. Esto fue acompañado de nuevas tecnologías de producción, las que se asemejan entre sí por el incremento del uso de productos fitosanitarios tales como herbicidas, insecticidas y fungicidas (MGAP. DIEA, 2010) aplicados mayoritariamente con equipos autopropulsados. Como se mencionó anteriormente los buenos precios que adquirieron los granos hicieron que, entre otras cosas, se le pudieran cargar más costos a los cultivos y así el número de aplicaciones por cultivo aumentó y a su vez la necesidad de mejorar la rentabilidad de los predios ha llevado a un aumento en el número de cultivos que se hacen por hectárea y por año, el cual casi se ha duplicado.

Como se mencionara anteriormente las diversas aplicaciones en un mismo cultivo y el aumento considerable del área cultivada, han determinado una fuerte presión por la demanda de maquinaria necesaria para la aplicación de los productos, lo que ha llevado a que se busquen alternativas, y es aquí donde se incrementa el interés por la aviación agrícola, la cual ve aumentada su demanda. La gran ventaja de las aplicaciones aéreas es la gran capacidad operacional, es decir la posibilidad de cubrir grandes áreas en un tiempo reducido. Como consecuencia de esto es posible efectuar el tratamiento en el momento más oportuno en términos de momento de aplicación que asegure la mayor efectividad por grado de desarrollo de la plaga en cuestión o umbral de control. Además se evitan compactaciones del suelo y los daños a los cultivos, que son frecuentes en las aplicaciones terrestres, se estiman que las pérdidas en rendimiento por estos efectos están alrededor del 5% (Cunha y Carvalho, 2010).

Por otro lado, los altos costos de la aplicación aérea han llevado a la utilización de tasas de aplicación menores, de forma de disminuir los costos, por mayor eficiencia y capacidad operativa, menor cantidad de vuelos en área determinada y menor número de veces que es necesario descender para completar el tanque.

Un problema asociado al uso de menores volúmenes de aplicación es que se debe mantener la efectividad en el control y evaluar la efectividad de la llegada del producto al objetivo es bastante engorroso de medir y no existen técnicas claras que se ajusten a la aplicación aérea. Este fue el contexto en el que se planteó este trabajo, que tuvo por objetivo determinar la deposición del pulverizado en los diferentes estratos del cultivo de soja con distintas tasas de aplicación aérea (5, 10 y 15 L.ha<sup>-1</sup>), usando como indicador la recuperación del trazador fluorescente Tinopal.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 GENERALIDADES DE LA APLICACIÓN AÉREA

En 1911 el inspector forestal Alemán, Alfred Zimmermann, obtuvo la patente sobre la idea de usar aviones como pulverizadores en el control de plagas. Por tal motivo se lo reconoce como el padre de la aviación agrícola (Cunha y Carvalho, 2010). El primer país que utilizó la aplicación aérea fue Suiza y luego en 1922 se iniciaron las aplicaciones en Rusia. Un año después surgió en Estados Unidos la primera empresa de aviación agrícola en el mundo llamada HUFF-DALAND Dusters, Inc.

Cunha y Carvalho (2010) comentan que luego de la segunda guerra mundial, debido a la desactivación de varias aeronaves militares, dicha técnica tomo uno de sus mayores impulsos.

La aviación agrícola en Uruguay, actualmente cuenta con 30 empresas las cuales operan con 121 aviones agrícolas. Se encuentran asociada en ANEPA (Asociación Nacional de Empresas Privadas Aero- Aplicadoras). Las aeronaves utilizadas son aviones agrícolas, equipados con banderilleros DGPS. En las aplicaciones de líquidos usan una amplia gama de aspersores como boquillas de abanico plano, cónicas, C.P., micronair y electrostática. Los servicios brindados si bien son variados, los cultivos de arroz, soja, cebada y trigo son los que acumulan la mayor área tratada.

Por otro lado, Cunha y Carvalho (2010) mencionan que si no se realiza la aplicación dentro de los parámetros técnicos recomendados puede causar exoderiva. La baja tasa de aplicación (frecuentemente inferior a 40 L.ha-1) dificulta el logro de una buena cobertura y, por lo tanto, se requieren estrategias que aseguren una buena calidad de aplicación, lo que incluye una atención especial a las condiciones climáticas.

Castillo (2010) menciona que las pulverizaciones, independientemente del tipo, se componen de una gran cantidad de gotas de diferentes tamaños y que adquieren diferentes velocidades de caída hasta llegar al objetivo. Muchos autores advierten que en las pulverizaciones agrícolas no solo se producen gotas del tamaño correcto para obtener el control deseado sino que se originan otras de tamaño indeseado que pueden provocar daños adversos para el ambiente y la salud humana. Esto también puede estar dado, aun en las

aplicaciones con tamaños de gotas gruesas al producirse la desintegración inicial, estas son inestables y sufren un proceso de rompimiento y generan gotas finas.

Leiva (s.f.) comenta que la aerodinámica de vuelo provee al avión de un “túnel de viento propio”, cuya influencia parece pasar desapercibida al momento de juzgar el trabajo aéreo. En aviación agrícola se vuela entre 2 y 5 metros (2 a 3 m para aviones pistoneros de medianos a chicos; entre 4 y 5 m para los turbineros de gran porte y potencia). En consecuencia existe también una influencia entre el avión y el suelo, buscando "efecto suelo" para aumentar la adherencia al piso. La velocidad del aire entre el avión y el suelo es mayor que la existente sobre el mismo, en consecuencia se genera una succión en dirección descendente. Como el pulverizado primero es empujado hacia abajo por la mayor velocidad de la superficie exterior convexa y luego arrastrado por la presión negativa del “efecto suelo”, se genera una cortina continua y uniforme de gotas en dirección al cultivo. Resulta importante diferenciar entonces los fenómenos de sustentación (producidos por el perfil del ala) y el “efecto suelo” (producido por la altura de vuelo y velocidad del avión). Este análisis nos permite decir que el avión tiene un “túnel de viento propio”, que favorece la aspersión y deposición de líquidos pulverizados. En la práctica, volando sobre una leguminosa en la dirección de los surcos, se observa, comenta Leiva, que “el cultivo se abre”, por efecto de esa cortina de aire. Esto no sólo favorece la penetración del asperjado, sino que también permite, por movimiento del follaje, que la cara inferior de las hojas tengan la posibilidad de quedar expuestas al pulverizado. Cuando existe un follaje denso, cultivos de soja con IAF entre 5 y 6, las aplicaciones con avión favorecen la penetración del asperjado por la doble condición de su gota más pequeña comparado con equipos terrestres (100-150 vs 200-250  $\mu\text{m}$ ) y por el efecto aerodinámico de remoción del follaje y la cortina de aspersión descendente.

Boller (2011) por otro lado menciona que se debe buscar máxima eficacia del producto fitosanitario, esto se logra en parte, con el volumen más bajo posible de la solución, a su vez Cunha y Carvalho (2010) mencionan que la baja tasa de aplicación en aplicaciones aéreas (frecuentemente inferior a 40  $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) dificultan el logro de una buena cobertura. En relación a lo mencionado anteriormente Leiva (s.f.) destaca que las gotas pequeñas mejoran la cobertura ofreciendo la ventaja de una mejor penetración en el cultivo, especialmente aumentando la posibilidad de alcanzar la cara inferior de las hojas y tallos. Su principal desventaja es que por su menor peso están más expuestas a ser transportadas por el viento (deriva) y por su elevada superficie expuesta en relación al volumen, a sufrir una intensa evaporación antes de depositarse, lo que impide el logro de una buena cobertura, que es una variable de gran importancia cuando se selecciona la boquilla de pulverización.

Cunha y Carvalho (2010) también destacan que al reducir al mínimo el volumen del caldo y al mismo tiempo querer proporcionar la cobertura deseada, puede suceder que no lleguen las gotas de tamaño deseado al objetivo en cuestión, debido a pérdidas por evaporación y deriva. Esto se da mediante la observación de la siguiente regla, para un volumen dado de agua, cada vez que se disminuye el diámetro de las gotas en un 50 %, su número se multiplica por ocho y el potencial de cobertura se duplica. El recíproco también es cierto, al suceder lo antes mencionado limita el tamaño de las gotas y número mínimo de gotas por unidad de área de aplicación. Durante la aplicación de plaguicidas, las gotas generadas por las máquinas pulverizadoras, para pasar de la máquina al objetivo, pueden someterse a evaporación o dejarse llevar por el viento o corrientes de aire hacia arriba, formando la deriva, lo que puede llegar a lugares no deseados y contaminar las áreas cercanas o distantes, fuera de sitio de aplicación.

El volumen de agua influye directamente en el nivel de cobertura, pero su aumento resulta en más tiempo dedicado a reabastecimiento de agua y combustible, entre otras cosas. En este sentido se busca utilizar siempre los volúmenes de pulverización más bajos posibles, sin embargo, hay que estar alerta a la eficiencia alcanzada para las distintas clases de fitosanitarios. En general, herbicidas sistémicos tienen mejores resultados cuando se reduce el volumen de aplicación, sin embargo, esto no se aplica a todos los productos agroquímicos. A su vez, fungicidas tienden a ser más exigentes con respecto a la cobertura de la hoja, lo que requiere un volumen más grande de agua, a su vez, cuando la acción principal del fitosanitario es de contacto y no por absorción-ingestión, se requiere una mayor cobertura (Boller, 2011). Esto se debe a que los fungicidas de contacto requieren una cobertura mínima de gotas, mientras que los productos sistémicos se translocan dentro del organismo resultando suficiente que sólo una parte del mismo reciba el agroquímico, en los productos de contacto se requiere una cobertura muy superior y especialmente con fungicidas, donde su acción es preventiva de una infección en toda la extensión del follaje (Leiva, s.f.). Los insecticidas pueden presentar situaciones muy diferentes en términos de necesidad de cobertura y debe ser considerada caso por caso. Una plaga que se mueve entre las hojas de una planta y entre las plantas se pueden controlar con mayor facilidad que plagas que están situados en partes específicas dentro de las plantas a menudo protegida para no ser pulverizadas por las gotas del insecticida (Boller, 2011).

Como ya se ha mencionado anteriormente, en la actualidad hay una tendencia a reducir el volumen de la solución en las aplicaciones debido a más autonomía y a la capacidad operativa de los pulverizadores en valores significativos puede ser el principal componente de rendimiento en diferentes cultivos. De esta manera se trata de relacionar el tamaño de la gota, la

penetración, uniformidad de la distribución y la eficacia de la deposición. La cuantificación de las gotas se logra fácilmente utilizando el método de Turner y Huntington a través del uso de papel hidro sensible, que muestran las gotas que llegan a la superficie.

Cuando se habla de la técnica para la captura de las gotas (en los diferentes tipo de experimentos) hay que tener presente que en condiciones de viento la trayectoria de las gotas cambian y muchas (mayoritariamente las pequeñas) impactan sobre superficies verticales, recorriendo una trayectoria oblicua. Por lo tanto es importante que a la hora de colocar las tarjetas hidro sensibles para capturar gotas útiles se ubiquen las mismas en ambas posiciones, vertical y horizontal (Sander et al., s.f.).

TAMSA (Trabajos Aéreos Marismenños Sociedad Anónima, s.f.), menciona que si se necesita buena cobertura a bajo volumen, hay que utilizar gotas pequeñas (20 a 60 micras) apareciendo problemas de deriva. Por lo tanto para obtener buenos resultados en la aplicación de herbicidas, la densidad de gotas deberá ser de por lo menos 20 gotas por  $\text{cm}^2$ . El tamaño de las gotas correspondiente varía entre 200 y 1.000 micras de diámetro. El espectro de gotas dependerá de la presión, de la velocidad del vuelo y del tipo de boquillas.

Por otro lado Matthews, citado por Bayer et al. (2012) menciona que todos los tratamientos con las tasas de aplicación de  $20 \text{ L} \cdot \text{ha}^{-1}$  proporcionan la densidad mínima necesaria para el éxito del tratamiento con fungicida, que se encuentra cerca de 50 gotas por  $\text{cm}^2$ . A medida que el volumen de aplicación se reduce hay que poner más atención a la densidad de las gotas, ya que esto no es limitante al utilizar altos volúmenes (Boller et al., citados por Bayer et al., 2012).

En otro sentido Sander et al. (s.f.), comparando el método de aplicación aérea con el terrestre menciona que el menor tamaño de gota promedio del aéreo le permitió lograr una penetración del 13.7% y sólo 6.4% en terrestre. Un análisis más detallado nos permite concluir que el terrestre produce muchas gotas grandes, y con ello explica que el 93.6% de las gotas haya quedado atrapada sobre la parte superior del follaje. Hay que recordar que un cultivo de soja denso, tiene un índice de área foliar de 6 metros cuadrados de hoja por metro cuadrado de suelo (IAF=6). Dice el autor, que funciona como un edificio de 6 pisos que actúa como una sucesión de zarandas de mayor a menor diámetro de arriba hacia abajo, en consecuencia, si no se producen muchas gotas chicas, llega muy poca cobertura a planta baja y primer piso y esto se logra con más facilidad en aplicaciones aéreas.

Contrariamente, en aplicaciones terrestres son varios los autores que mencionan que las gotas más finas no aumentan la penetración en el perfil vegetal y/o el control de plagas (Villalba 2007, Olivet y Zerbino 2007).

Por otro lado, se entiende que la aplicación ha sido eficiente cuando se ha logrado que una cantidad de principio activo se haya depositado sobre el blanco con una cobertura (número de gotas por  $\text{cm}^2$ ) y uniformidad (CV%) acorde al tipo de producto empleado. Además es fundamental la persistencia del producto sobre la superficie del blanco (Leiva, s.f.).

En un trabajo de Calidad de aplicación de plaguicidas, del Centro Internacional de Capacitación INTA-CIMMYT, Leiva (s.f.) comenta que gotas  $<$  a  $150 \mu\text{m}$  determinan más deriva y evaporación, gotas de  $200\text{-}250 \mu\text{m}$  es el óptimo compromiso entre la penetración del follaje, el escurrimiento y la deriva y gotas  $>$  a  $350 \mu\text{m}$  la gota escurre por falta de adherencia. Mencionando que el número mínimo de gotas para aplicación de fungicidas depende del tipo de fungicida, siendo necesario para los sistémicos  $30 \text{ gotas}/\text{cm}^2$  y para los de contacto  $60 \text{ gotas}/\text{cm}^2$ .

Considerando que los fungicidas más difundidos tienen acción sistémica, y se aplican con agua como dispersante, el volumen mínimo requerido es de  $15 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ , hasta un máximo de  $25 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ . El mínimo volumen por hectárea tratada podría adoptarse en la condición de mínima deriva (baja temperatura, alta humedad relativa, poco viento y tamaño de gota uniforme). Eso considerando el cálculo de número de gotas que se producen con ese volumen, pero es importante destacar que si bien se producen de 36 a 60 gotas/ $\text{cm}^2$ , no todas llegan efectivamente al blanco.

Sin embargo el máximo volumen se reserva como variable de ajuste cuando por razones de deriva incontrolada no puede obtenerse la cobertura requerida. En estos casos es necesario considerar que se resiente notablemente la capacidad de trabajo, cuando se utilizan aviones, por un menor tiempo efectivo de aplicación. Esa menor productividad (hectáreas por hora de trabajo) debe compensarse a través de un mayor precio por el servicio ( $\$/\text{Ha}$  tratada). No obstante, conviene aclarar, que los mayores costos no deben imputarse en proporción lineal directa al mayor volumen requerido (Leiva, s.f.).

Cunha y Carvalho (2010) obtuvieron mayor deposición de producto en tarjetas hidro sensibles con volumen de aplicación de  $20 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Un resultado similar fue encontrado por Wolf, citado por Bayer et al. (2012) cuando comparo la cobertura proporcionada por la aplicación aérea con volúmenes de 9 y  $29 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$  y también obtuvo una mayor cobertura con la aplicación de  $29 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Estos resultados fueron similares a los encontrados por Bayer et al. (2012),

donde se obtuvieron los mejores resultados con aplicaciones de 30 L.ha<sup>-1</sup>, aplicado con boquilla de cono hueco y a su vez mostró una mayor deposición en el estrato superior de la planta, un resultado explicado por la autora, por la generación de gotas medias y grandes que naturalmente se depositan en el tercio superior.

Kirk et al., citados por Bayer et al. (2012), encontraron tasas máximas de deposición en trigo con atomizadores rotativos en volumen de 47 L.ha<sup>-1</sup> con tamaños de gota más pequeños, con el fin de controlar *Fusarium*.

En otro resultado de Fritz et al., citados por Bayer et al. (2012), evaluando tratamientos aplicados con boquillas convencionales y caudales de 19, 47 y 94 L.ha<sup>-1</sup> en el cultivo de trigo, obtuvieron una mayor deposición en las tasas de aplicación con volúmenes de 19 y 47 L.ha<sup>-1</sup> y gotas de diámetros grandes (DMV). Sin embargo los datos de estos autores indicaron que en el estrato medio y el tercio inferior del follaje, la densidad de las gotas no difirió entre tratamientos, independientemente del volumen aplicado.

Algunos estudios muestran que cuanto menor sea el tamaño de las gotas, mayor es la penetración de la solución a las capas inferiores del cultivo. Sin embargo Bayer et al. (2012) no encontró diferencias en la densidad y la penetración de gotas en estratos medios y bajos en cultivo de arroz. Para la autora el factor clave de la aplicación aérea de fungicidas es el tamaño (diámetro) de las gotas producidas por el equipo y las gotas depositadas por unidad de superficie de la hoja (gotas/cm<sup>2</sup>). La tecnología de aplicación, debe estar estrechamente relacionada con las características de funcionamiento del producto.

## 2.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS PARA UNA ADECUADA APLICACIÓN

Hay que tener en cuenta que las aplicaciones aéreas realizadas en condiciones no aptas para la misma, es decir en condiciones de baja humedad y alta temperatura ambiente, causan pérdidas y fallas en la aplicación, debido principalmente a la evaporación de las gotas.

Villalba y Hetz (2010) comentan que las aplicaciones deberán realizarse cuando las condiciones ambientales así lo permitan ya que la efectividad y seguridad del tratamiento se verá comprometido. A este periodo en el cual se dan las condiciones para la aplicación se le llama “ventana de aplicación”. Tal cual se mencionó anteriormente la volatilización y la deriva son

las principales determinantes de las pérdidas que se ocasionan en aplicación aérea y como ya se comentara los principales factores ambientales que afectan las aplicaciones son la temperatura, la humedad relativa y el viento.

La deriva es uno de los problemas más graves de aplicaciones de productos fitosanitarios, cuanto menor sea el diámetro de las gotas, mayor es su susceptibilidad a la deriva. Del mismo modo la resistencia ofrecida por el aire en una gota de caída libre es inversamente proporcional al diámetro de la misma.

La deriva es de particular importancia en el empleo de algunos herbicidas que pueden causar fitotoxicidad a los cultivos sensibles, incluso cuando se aplica a distancias considerables de los mismos. Debido a la distribución de tamaño de gota de un aerosol, algunas de estas gotas son más susceptibles a la deriva, por lo que el riesgo potencial de la deriva (PRD) es mayor. Se denomina PRD al porcentaje del volumen de pulverización que comprenden las gotas más pequeñas en entorno a las 150 micras, que se pueden perder por la deriva y evaporación (Boller, 2011).

Carbonari y Velino (2011) también hacen alusión a que las condiciones meteorológicas en el momento de la aplicación de fitosanitarios tienen una importancia fundamental para la ocurrencia de deriva. La temperatura y la humedad relativa tienen una influencia directa sobre las pérdidas por evaporación, de modo que cuanto más pequeño es el tamaño de la gota, menor rango de temperatura y humedad relativa.

Las clases de gotas adecuadas de acuerdo con las condiciones climáticas, según Antuniassi et al. (2008) son para temperatura debajo de los 25°C y humedad relativa por encima del 70%, gota muy fina y gotas finas para temperatura de 25-28°C y humedad relativa del 60-70% y gotas medianas o gruesas en condiciones de temperatura por encima de 28 °C y humedad relativa por debajo de 60%.

En el cuadro No. 1 se describen los tamaños de gotas para las diferentes clasificaciones, norma BCPC (Consejo Británico para la Protección de Cultivos) y norma ASAE (Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas) y su potencial riesgo de deriva denominado PRD, según Coutinho et al., Brown-Rytlewski y Stanton, citados por Leiva (2011).

Cuadro No. 1: Tamaño de gota y riesgo de deriva

Tipo de gota	DMV aproximado (Norma ASAE)	DMV ( Norma BCPC)	PRD (Norma BCPC)
Muy Fina	<150 $\mu\text{m}$	<119 $\mu\text{m}$	57%
Fina	150-250 $\mu\text{m}$	120-216 $\mu\text{m}$	20-57 %
Media	250-350 $\mu\text{m}$	217-352 $\mu\text{m}$	5,7-20 %
Gruesa	350-450 $\mu\text{m}$	353-464 $\mu\text{m}$	2,9-5,7 %
Muy Gruesa	450-550 $\mu\text{m}$	> 464 $\mu\text{m}$	< 2,9%
Extremadamente Gruesa	> 550 $\mu\text{m}$		

Como se aprecia claramente en el cuadro, existe un alto potencial de riesgo de deriva en pulverizaciones de tipo muy fina y fina, esto quiere decir que hasta gotas de 150-250  $\mu\text{m}$  el riesgo es alto, a partir de 250  $\mu\text{m}$ , ya disminuye notoriamente dicho riesgo.

El viento es el factor meteorológico que más afecta la deriva, existen evidencias de que gotas de 100 $\mu\text{m}$  expuestas a una corriente de aire de 5,18 km/h son trasladadas 10 m, mientras que a una corriente de 25,8 km/h son trasladadas 35 m. Sin embargo también se menciona que gotas inferiores a 50 $\mu\text{m}$  corren el riesgo de evaporarse totalmente antes de llegar al blanco aun en condiciones óptimas de aplicación mientras que gotas mayores a 200 $\mu\text{m}$  llegaran prácticamente todas a destino aun en condiciones desfavorables. Temperaturas mayores a 30°C y humedad menor a 40% pueden influir directamente sobre la evaporación de las gotas y esto se agrava cuando estas son finas (Villalba y Hetz, 2010).

Las características de la aspersion afectan la deriva a través del tamaño de gotas; a menor tamaño la velocidad de caída es menor, mayor la evaporación por mayor superficie expuesta en relación al volumen transportado que reduce progresivamente el tamaño de la gota durante su caída. A mayor tiempo que permanece suspendida, aumentan las probabilidades de ser transportada por el viento. A igualdad de humedad relativa ambiente y temperatura, 50% de HR y 30°C por ejemplo, una gota de 200 $\mu\text{m}$  demora 42" en reducirse a la mitad, mientras que una de 100 $\mu\text{m}$  tarda sólo 14" en evaporarse completamente. En términos prácticos, las condiciones de deriva se incrementan para tamaños de gotas menores a 150 $\mu\text{m}$  si se usa agua como diluyente. La formulación del plaguicida, a través de la volatilidad de los disolventes, afecta la evaporación potencial de las gotas. A su vez, el agua como medio dispersante, favorece la evaporación en comparación a diluyentes oleosos (Leiva, s.f.).

Los factores que afectan la evaporación son el tamaño inicial de la gota, la volatilidad de producto, la humedad relativa, temperatura del ambiente, el viento y la altura de vuelo. Los tratamientos de insecticidas y fungicidas en cultivos de soja se realizan en verano, bajo condiciones críticas por baja humedad y alta temperatura. Para disminuir la gran volatilidad del agua así como su rápido evaporado, el agregado de aceite y otros coadyuvantes al caldo ayudan a reducir dichas pérdidas (Sander et al., s.f.).

Según Sander et al. (s.f.) la evaporación se puede controlar con el uso de aceites. Si se comparan tratamientos con y sin aceite se observan notables diferencias de cobertura por uso de este coadyuvante, que actúa como anti evaporante. La cobertura se triplica cuando usamos aceite, tanto sobre el follaje como dentro del mismo. Los mayores incrementos de cobertura por agregado de aceite se lograron con un volumen de caldo de 17 L.ha<sup>-1</sup>, agregando 2 L.ha<sup>-1</sup> de aceite a 15 L.ha<sup>-1</sup> más tenso activo, con esa combinación se logró duplicar la densidad de gotas en el cultivo y cuadruplicar la penetración en el cultivo. Sin embargo cuando las condiciones atmosféricas son poco demandantes (> 50-55% humedad relativa), el uso de aceite no tiene sentido, ya que reduce un 20% la cobertura al producir una gota más grande (por poca evaporación) y encarece los costos del tratamiento. En consecuencia, debe considerarse la humedad relativa para evaluar la conveniencia del uso de aceite.

Según Sander et al. (s.f.) para que los resultados del avión aplicando fungicidas en soja resulten óptimos, se debe usar volumen de 15 L.ha<sup>-1</sup> y anchos de faja variables entre 18 y 20 m, para aviones chicos y grandes respectivamente. La cantidad de gotas sobre el cultivo varían entre 35 y 50 gotas/cm<sup>2</sup>, para sistemas aspersores rotativo y barra con picos respectivamente. Esta cantidad de impactos garantizan una penetración promedio de 10 gotas/cm<sup>2</sup> en el centro del cultivo, de 14 en el tercio superior y de 7 impactos en el tercio inferior. Cuando la humedad relativa es inferior al 40%, se recomienda no hacer tratamientos porque resulta imposible mitigar la evaporación de las gotas chicas; cuando las condiciones de humedad superan el 60%, la evaporación no resulta significativa. En situaciones intermedias, se recomienda el uso de aceite anti evaporante, a dosis fija entre 1 y 2 L.ha<sup>-1</sup>, para atmósferas entre 50-60% y 40-50%, respectivamente.

## 2.3 COMPONENTES IMPORTANTES EN LA DISTRIBUCIÓN DE LA PULVERIZACIÓN

Según Lonardoni (2011) el mal uso de los plaguicidas es sinónimo de perjuicio ya que además de generar residuos, aumenta en gran medida el riesgo de contaminación de las personas y el medio ambiente. En general, hasta el 70% de los productos pulverizados en los cultivos se pueden perder por escorrentía, deriva y mal aplicación (Andef, citado por Lonardoni, 2011). Se estima que alrededor del 30% de los plaguicidas aplicados sólo se pierden por deriva (Abi Saab, citado por Lonardoni, 2011). Por tal motivo existen una serie de condiciones importantes de cumplir para asegurar una buena aplicación con equipos aéreos, como son la longitud del aguilón, las diferencias de presión cuando la aeronave está volando y la tendencia de equilibrio entre las presiones de las partes inferiores y superiores del ala y de los efectos aerodinámicos que generan una turbulencia en las extremidades de las alas, llamada vórtice. Estas turbulencias se hacen más notables en condiciones de estabilización atmosférica y en la operación de vuelos bajos. Una alternativa para minimizar el vórtice del ala es limitar el largo de la barra de pulverización que se va a colocar en la aeronave. La distribución de las boquillas a lo largo de la barra no debe ser superior al 75% de la semi-envergadura (Cunha y Carvalho, 2010). Por otro lado Leiva (s.f.) menciona que para aviones medianos se recomienda un valor del 70%, y para los más grandes 60%, reduciendo así al mínimo el efecto de vórtice. En el caso de boquillas hidráulicas se puede modificar el tamaño de gotas, a través de cambio del ángulo de la boquilla en relación al viento aparente, producto del impacto de la salida de la gota con el viento aparente. El tamaño de las gotas en la pulverización aérea será en función de la posición de la boquilla en relación al flujo de aire, posición 135° gotas finas, posición 90° gotas medianas y posición 0° gotas grandes (Cunha y Carvalho, 2010).

En relación a la altura de vuelo, cuando el vuelo es muy bajo, las gotas suben debido al efecto de la turbulencia del aire, esto no se puede apreciar a simple vista ya que la mayoría de las gotas son demasiado pequeñas para la vista humana. La altura mínima a que deben volar los aviones para realizar una buena aplicación es 3 m. Se recomienda que la dirección del viento sea transversal a la dirección del vuelo (Syngenta, s.f.).

Uno de los aspectos de mayor relevancia es también la determinación correcta de las franjas de aplicación. La franja total de aplicación es aquella donde se forman los depósitos independientemente de los niveles de deposición. Está representado el ancho en el cual las partículas fueron depositadas. Su identificación es muy importante, principalmente en la verificación de la deriva. La franja de deposición efectiva es aquella donde los

niveles de depósito satisfacen las necesidades recomendadas. En la práctica esta se confunde con la franja de deposición efectiva operacional que resulta de la superposición de las sucesivas pasadas de la aeronave (Cunha y Carvalho, 2010).

### 2.3.1 TIPO DE BOQUILLA

Las boquillas son sin lugar a dudas la parte más importante de todo equipo de pulverización. El mejor equipo, el más completo o moderno, será absolutamente ineficaz si éstas no se encuentran en buen estado o no se utilizan en forma adecuada. Las boquillas tienen la función de determinar la cantidad, calidad y uniformidad de la aplicación. A su vez tienen la función de determinar el caudal aplicado por hectárea, la producción de gotas de un tamaño determinado y proporcionar adecuada distribución del líquido en toda la superficie (Masia y Cid, 2010).

A pesar de que las boquillas son una pequeña parte de todo el equipo de aplicación, por ellas pasa el líquido antes de ser pulverizado sobre el objetivo. Existen varios tipos de boquillas y de diferentes fabricantes, y elegir la boquilla correcta en muchas situaciones puede mejorar el desempeño de ciertos productos químicos. El tipo de boquilla puede afectar el volumen de caldo aplicado, la uniformidad y cobertura sobre el objetivo, y a su vez condiciona el potencial de deriva (Shepard et al., 2006).

Es así que Van De Zande et al. (2002) concluyeron que boquillas de distintos fabricantes, de distinto diseño y distinto material afectaron el desempeño de las mismas de tal manera que no se debería seleccionar las boquillas sin antes observar su trabajo sin importar los datos de los manuales, tanto de presión de trabajo, variación de volumen y ángulo del abanico de pulverización.

A su vez Cunha y Carvalho (2010) mencionan que las boquillas hidráulicas pueden ser de abanico o de cono y se montan sobre una barra, de sección circular o con formato aerodinámico, colocada atrás y debajo de las alas.

Leiva (2011) también hace referencia a que básicamente se pueden distinguir dos tipos de boquillas como las más frecuentemente utilizadas, abanico plano y cono hueco. Menciona el autor que las boquillas de cono hueco constan de dos elementos: un núcleo de turbulencia y un disco difusor. El primero, por su diseño imprime al flujo un movimiento de rotación y una salida por uno o más orificios regulando el tamaño de las gotas. El disco difusor,

ubicado luego del núcleo, consta de un solo orificio, y el responsable de la regulación del caudal. Como ejemplo de denominación, una boquilla D-8 23, se interpreta que tiene un disco difusor de 8/64" (3,2 mm) de diámetro y un núcleo de turbulencia con dos orificios de 3/64" (1,2 mm) de diámetro cada uno de ellos. Las boquillas de abanico plano generan gotas de tamaños que varían entre los 100 y 500  $\mu\text{m}$ ; las de cono hueco entre 100 y 250  $\mu\text{m}$ ; y los aspersores rotativos (tipo Micronaire) entre 60-180  $\mu\text{m}$ . Los aspersores de gota controlada (CDA), tipo Micronaire, generan gotas de menor DVM y más uniformes entre sí, comparadas con las boquillas de cono hueco. Se utilizan para aplicar caudales de menos de 5  $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$  en aplicaciones aéreas utilizando formulaciones para ultra bajo volumen.

En tratamientos terrestres, las boquillas de abanico plano debieran usarse solo para aplicación de herbicidas donde es importante la uniformidad del tratamiento. La boquilla de cono hueco en cambio, en tratamientos para insecticidas y fungicidas donde lo importante es el logro de una gran cantidad de impactos y su penetración, y donde la uniformidad es menos decisiva. La principal característica del abanico plano es su uniformidad de aplicación, la del cono hueco su penetración dada por el pequeño tamaño de gota y la rotación del plano helicoidal de chorro. Las malezas son estáticas y por ello requieren de una aplicación uniforme ( $\text{CV} \leq 30\%$ ), la mayoría de los insectos son móviles (si no son alcanzados por un efecto de contacto, aún tienen la posibilidad de tomar el insecticida por ingestión e inhalación), en consecuencia se tolera una menor uniformidad de aplicación ( $\text{CV} > 30\%$  y  $\leq 50\%$ ) (Leiva, 2011).

En la mayoría de los casos, las boquillas de tipo abanico plano ofrecen el mejor control de la deriva y acceden a zonas más difíciles. La amplia gama de estilos de puntas disponibles hacen posibles grandes y pequeños espectros de gota. Las boquillas se instalan para cubrir las necesidades específicas de cada aeronave.

Si hablamos de aviones con alas fijas, al tomar decisiones acerca de las boquillas que se van a utilizar, varios factores deben ser considerados como ser; velocidad aérea, ancho de franja, espectro de tamaño de gotas y litros por hectárea. Las Boquillas CP son las más versátiles para la amplitud completa de velocidades aéreas. En la mayoría de los casos, las boquillas de abanico plano ofrecen mejor control de deriva y ancho relativo más angosto. La amplia gama disponible de estilos de puntas, hace posible los espectros de gotas grandes y pequeñas. Las boquillas se ajustan con puntas de abanico plano que cumplan las necesidades específicas de cada aeronave. Las puntas son codificadas con colores para identificar la capacidad de flujo y al seleccionar una punta se mantiene en su sitio con un resorte y bola de retén (CP productos, s.f.).

Estudios preliminares sobre el efecto del tipo de boquilla en una amplia gama de cultivos y productos fitosanitarios en el caso de aplicaciones terrestres, demuestran que en general, para herbicidas y fungicidas, existe un efecto biológico similar entre las boquillas anti-deriva y las convencionales siempre y cuando los productos se utilicen en las dosis recomendadas, las condiciones de pulverización sean buenas y se utilice una técnica correcta de aplicación (Nuyttens et al., 2009).

## 2.4 RESULTADOS DEL USO DE AVIACIÓN AGRÍCOLA EN LA PROTECCIÓN VEGETAL

La mayoría de las enfermedades se inician en el estrato inferior del cultivo y los fungicidas sólo translocan dentro de la hoja, por lo tanto resulta obvio que para lograr efectos de control se debe obtener una buena distribución de la dosis apuntando al tercio inferior y medio del follaje. En este sentido se realizó un experimento comparando la distribución de aplicación terrestre y aérea, donde se obtuvo que los equipos terrestres distribuyeron entre 65-70% de la dosis en el tercio superior, los aéreos (equipados con aspersores rotativos) en cambio sólo el 45% en ese estrato, mientras que en el estrato inferior llegó el 20% con aéreo y entre el 2,5 a 5% con terrestre, para cono hueco y doble abanico respectivamente. En otras palabras, el avión logró mejor penetración, de al menos 4 veces más dosis donde se inicia la enfermedad (Sander et al., s.f.).

A su vez Leiva (s.f.) también comparó la deposición y el asperjado de la pulverización aérea vs terrestre en una evaluación realizadas por INTA Pergamino, en base a 300 ha de ensayos (60 parcelas) bajo condiciones críticas de humedad relativa (<60%), y lotes de soja de 1.0 m de altura sembrados a 52 cm y con un 95% de cobertura de entresurco. Comparó aviones equipados con atomizadores rotativos a 15 L.ha<sup>-1</sup> y terrestres a 150 L.ha<sup>-1</sup>, con dos tipos de boquillas (cono hueco y doble abanico plano). Los resultados, usando como técnica la densidad de impactos en tarjetas hidro sensibles, permitieron confirmar una mayor penetración del asperjado en aplicaciones aéreas. En el tercio inferior del follaje del cultivo de soja el avión depositó el 20% del total asperjado (7 gotas/cm<sup>2</sup>), mientras que los terrestres entre un 2.5 y 5% (20 y 10 gotas/cm<sup>2</sup>), para cono hueco y doble abanico respectivamente. Además se pudo apreciar que el equipo terrestre depositó el 65% de las gotas en el tercio superior del follaje, mientras que el avión distribuyó uniformemente el asperjado dentro del cultivo, 13, 10 y 7 gotas/cm<sup>2</sup>, en comparación a un terrestre equipado con cono hueco que depositó, 170, 72 y 20 gotas/cm<sup>2</sup>. Cabe aclarar que como resultado de esos volúmenes de

aplicación (150 y 15 L.ha<sup>-1</sup>), sobre el cultivo (sin interposición de hojas) las coberturas logradas fueron 220-250 gotas/cm<sup>2</sup> para equipos terrestres equipados con doble abanico y cono, respectivamente, y de 35-48 gotas/cm<sup>2</sup> para aviones equipados con barra/picos y aspersor rotativo, respectivamente. Debe interpretarse entonces que un equipo aéreo, asperjando un volumen 10 veces inferior, produjo 5-6 veces menos gotas que un terrestre, 41.5 vs 235 gotas/cm<sup>2</sup> (lo que equivale aprox. a un 18% del terrestre), como consecuencia de un menor tamaño de gotas.

De Oliveira et al. (2008) también estudiaron la deposición del producto mediante aplicación aérea y evaluaron el desempeño de los diferentes sistemas de aplicación para el control de la roya de la soja en las condiciones de trabajo a campo. El control de la roya se logró con la aplicación de la mezcla Orius 250CE + Bendazol (bencimidazol + tebuconazol) a razón de 0,4 + 0,5 L.ha<sup>-1</sup>. Las aplicaciones se hicieron con aviones Ipanema, utilizando el sistema: 5000 AU atomizador micronair aplicando 10 y 20 L.ha<sup>-1</sup>. y ARD Stol atomizador a tasa de aplicación de 30 L/ha, con y sin aceite añadido en el caldo. Los resultados en severidad de la roya de soja no indicaron diferencias entre las distintas tecnologías usadas, es decir, no hubo efectos de las tasas de aplicación. La deposición en los diferentes estratos del cultivo indicó que solamente el 5% llegó al inferior, mientras que en el medio y superior llegó 20 a 30% y 60 a 80%, respectivamente.

Boller et al. (2008) estudiaron la aplicación del fungicida Nativo ® (tebuconazol + trifloxystrobin) con diferentes volúmenes de pulverización y dosis de adyuvante Aureo ® (éster metilado del aceite de soja), comparando para una aplicación terrestre y aérea. En la aplicación aérea se evaluó los volúmenes de 10 y 15 L.ha<sup>-1</sup> con BVO (bajo volumen oleoso) aplicados con atomizadores rotativos y 30 L.ha<sup>-1</sup> con boquillas hidráulicas y por vía terrestre se evaluaron los volúmenes de 65 y 160 L.ha<sup>-1</sup>. En los tratamientos aéreos las dosis del adyuvante fueron de 0,5 L.ha<sup>-1</sup> y 0,5% v / v. La fitotoxicidad fue más intensa en aplicaciones aéreas a la dosis de adyuvante de 0,5 L.ha<sup>-1</sup> y menos en terrestre a 160 L.ha<sup>-1</sup>. Aplicaciones con BVO a 15 L.ha<sup>-1</sup> y 0,5% de Aureo ® realizaron un mejor control de la roya del trigo y fue similar a la obtenida con 160 L.ha<sup>-1</sup> en terrestre. Pero la mayor respuesta en rendimiento correspondió al tratamiento con BVO y aplicaciones aéreas a volúmenes de 15 L.ha<sup>-1</sup>.

A su vez Jadoski et al. (2009) también con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes volúmenes de pulverización y adyuvantes en la aplicación aérea y terrestre compararon en la aplicación de fungicidas en el cultivo de maíz. Los tratamientos consistieron en la aplicación de fungicidas grupo químico estrobirulina (piraclostrobina) y triazol (epoxiconazol) a una dosis de 0,7 L.ha<sup>-1</sup> aplicado en volúmenes de 10 y 20 L.ha<sup>-1</sup> en la aérea y 150 L.ha<sup>-1</sup> en la

aplicación terrestre. Los adyuvantes probados fueron un aceite vegetal rectificado, aceite mineral y adyuvante sintético. Los principales resultados fueron que las fumigaciones aéreas en maíz a una tasa de 20 L.ha<sup>-1</sup> causaron un espectro de gotas con las características más adecuadas en cuanto al diámetro mediano volumétrico, penetración de gotas y el riesgo potencial de la deriva menor en relación con la aplicación 10 L.ha<sup>-1</sup>. Aunque una aplicación con un volumen intermedio de 15 L.ha<sup>-1</sup> puede ser tomada como una alternativa muy válida. También se vuelve a destacar que el espectro de gotas de pulverización de mayor diámetro tiende a llegar a las hojas de la mitad y el tercio superior e inferior recibe las gotas de menor diámetro y una menor densidad por unidad de superficie en relación con la tercera hoja de plantas superiores.

Antuniassi et al. (2008) por otro lado, evaluaron los sistemas de aspersión aérea para controlar roya de la soja con Impact 125 SC (flutriafol) a 0,5 L.ha<sup>-1</sup>. Utilizaron atomizador Micronar AU 5000- 10 L.ha<sup>-1</sup> (en caldo con aceite) y 20 L.ha<sup>-1</sup> (en caldo sin aceite); atomizador Stol ARD a 10 y 20 L.ha<sup>-1</sup> (ambos con aceite) y el Spectrum con sistema electrostático 10 L.ha<sup>-1</sup> (sin aceite). Se utilizó aceite de algodón 1 L.ha<sup>-1</sup> más emulsionante BR 455 a 0.025 L.ha<sup>-1</sup>. El experimento se realizó en la aplicación del tercer control de roya. Se realizaron repeticiones de cada tratamiento y se evaluaron con testigos apareados para evaluar la severidad de la roya y la productividad de los cultivos, además de la evaluación de deposición de flutriafol en las hojas. El análisis de deposición en las hojas no mostró diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados mostraron que la roya de la soja fue controlada satisfactoriamente en todos los tratamientos excepto en el que se usó el atomizador Stol a 10 L.ha<sup>-1</sup> (con aceite), donde hubo un error de operación en la aplicación. El rendimiento fue similar para todos los tratamientos. No se encontraron diferencias significativas en la deposición de flutriafol entre los diferentes tratamientos y todos ofrecieron un adecuado control de la roya de la soja. Sin embargo, los mejores resultados fueron los obtenidos con los tratamientos Micronair 10 L.ha<sup>-1</sup> (con aceite), Stol 20 L.ha<sup>-1</sup> (con aceite) y Spectrum 10 L.ha<sup>-1</sup> aplicado en condiciones (ambientales) de 64% de humedad relativa.

En otro sentido, Da Cunha et al. (2011) evaluaron el efecto de la tecnología de la aplicación terrestre y aérea de plaguicidas en la deposición del caldo en cultivos de soja. Se evaluó la deposición en las partes inferior y superior del cultivo, usando la técnica de uso trazador y lectura de espectrofotometría y un estudio de espectro de gotas. Los tratamientos evaluados fueron: 1 - Terrestre (boquilla cono hueco TXA-8002 y 180 L.ha<sup>-1</sup>) 2 - Terrestre (boquilla abanico plano con doble inducción AITTJ deflector de aire 11002 y 150 L.ha<sup>-1</sup>), 3 - Terrestre (boquilla de abanico plano con aire inducido

TTI-11002 y 150 L.ha<sup>-1</sup>), 4 - Terrestre (boquilla de cono hueco TTJ60 11002 y 150 L.ha<sup>-1</sup>), 5 - Terrestre (boquilla de cono hueco 11002 y TT-150 L.ha<sup>-1</sup>), 6 - Aéreo (atomizador rotatorio y 40 L.ha<sup>-1</sup>), 7 - Aéreo (atomizador rotatorio y 30 L.ha<sup>-1</sup>) y 8 - Aéreo (atomizador rotatorio y 20 L.ha<sup>-1</sup>). Las aplicaciones terrestres con la boquilla de cono hueco (180 L.ha<sup>-1</sup>) y el aéreo (40 L.ha<sup>-1</sup>), tratamientos 1 y 6, fueron los más efectivos en la promoción de la penetración del caldo en el follaje, aunque sus espectros de gotas fueron más susceptibles a la deriva. La aplicación aérea mostro ser más viable técnicamente, en cuanto a la deposición del caldo, en comparación a los tratamientos terrestres.

Por otro lado Bayer et al. (2012) evaluó aplicaciones aéreas con boquillas de abanico plano y cono hueco con volúmenes de aplicación de 20 y 30 L.ha<sup>-1</sup> y aplicaciones con turbo atomizadores aéreos con tasas de 10 y 15 L.ha<sup>-1</sup>, en cultivo de arroz bajo riego. Se utilizó un mezcla de dos fungicidas - Azoxistrobin + Difeconazole, más adyuvante Nimbus ® a razón del 0,5 L.ha<sup>-1</sup> y con un aumento de Agróleo ® 0.5 L.ha<sup>-1</sup> cuando se utilizan los atomizadores con discos rotativos. Las mediciones se realizaron con la ayuda de tarjetas hidro sensibles y la lectura de las enfermedades directamente en el campo. Los resultados indicaron que cuanto más alto fue el volumen de pulverización mayor fue la densidad de gotas. Los análisis cromatográficos revelaron diferencias en la deposición del principio activo dentro de los estratos inferiores y superiores, con la excepción del tratamiento con boquilla de abanico plano a razón de 30 L.ha<sup>-1</sup>. El análisis de contraste puso de manifiesto las diferencias en la densidad y la penetración de gotas de sólo entre la boquilla de cono hueco y el disco atomizador rotatorio, de esta manera, cualquier boquilla puede ser utilizada, respetando el momento y estado del cultivo.

En otro trabajo, Bayer et al. (2012) evaluó la productividad y la calidad del grano de arroz, a partir de las aplicaciones de mezcla de fungicidas (azoxistrobina Difeconazole 250g + 250g) con diferentes volúmenes y equipos de pulverización. Se utilizaron boquillas de abanico plano con volúmenes de aplicación de 20 y 30 L.ha<sup>-1</sup>, boquillas de cono hueco también con volúmenes de 20 y 30 L.ha<sup>-1</sup> y atomizadores con disco rotativos con volúmenes 10 y 15 L.ha<sup>-1</sup>. El tratamiento con un atomizador a 10 L.ha<sup>-1</sup> y boquilla de cono hueco a 30 L.ha<sup>-1</sup> se repitió después a los 15 días. Se evaluaron las enfermedades foliares, rendimiento, granos por panícula, peso de grano, grano picado, grano manchado y presencia de patógenos. En cuanto al rendimiento, productividad, todos los equipos se consideraron ideales para la pulverización de arroz, con la excepción del atomizador con disco rotativo con dos aplicaciones. Los resultados indican que no es necesario llevar a cabo más de una pulverización para el control de enfermedades en el arroz bajo riego.

Pereira (2011) cuantificó las diferencias de la utilización de los diferentes métodos de aplicación, donde se demostró los efectos de diferentes acciones sobre el rendimiento final en la cosecha de maíz y soja, con resultados significativos en las ganancias de productividad al utilizar aviones en vez de equipos terrestres. Por ejemplo, las prácticas operativas en las parcelas y combinando métodos y recomendaciones de aplicación mostraron variaciones en los niveles de productividad. Las comparaciones directas entre los métodos y / o sistemas de aplicación resultó en ganancias de por lo menos 14 bolsas de maíz (unos 700 kg/ha) en favor de la aplicación aérea, respuestas como esta ha alentado a los productores en los últimos años a adoptar este modo de aplicación.

También en el sentido de mencionar las ventajas de la aplicación aérea vale mencionar el trabajo de Pereira (2011) calificando y cuantificando los efectos sobre la calidad de las semillas de soja producidas por la acción mecánica sobre las mismas, causada tanto por el impacto del chorro de pulverización, como plantas que sufrieron el choque de la estructura de la máquina, en comparación con las plantas que resultaron ilesas ya que estaban sin contacto con las barras. Los efectos del vigor de la semilla y cambios en la viabilidad de semillas por la acción física de máquinas fueron alterados de manera significativa, hubo reducción de la capacidad de germinación y el desarrollo. Estos niveles son relevantes para el productor de semillas que tiene la producción afectada por la reducción del valor de estas semillas y pérdidas ya que el mismo tendrá que sembrar mayor cantidad de semillas para lograr la misma población deseada. La disminución de vigor y el daño mecánico integran el 15% de las muestras, lo que muestra una vez más la importancia del conocimiento de estos efectos y el beneficio adicional cuando se utiliza control de plantas a través de la aeronave.

Como síntesis del análisis precedente, Leiva (s.f.) enuncia las siguientes ventajas a favor de la aplicación aérea: a) el caldo asperjado es 10 veces más concentrado, y por ende la hoja lo absorbe más rápido, posibilitando el ingreso mayor dosis de fitosanitario; b) distribuye mejor la dosis dentro del follaje, especialmente en estratos inferiores; c) no produce pisoteo, y por ende deja de perderse el 3% del rendimiento potencial de un cultivo de soja en estado reproductivo; d) aprovecha mejor la oportunidad del tratamiento, por su alta capacidad operativa e independencia de condiciones de piso; e) como el avión no tiene contacto con las plantas, reduce la difusión de enfermedades y plagas

## 2.5 METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE DEPOSICIÓN

Las metodologías de estudio de tecnologías de aplicación han variado en los últimos años. Primeramente, se utilizaban, al igual que para verificar la calidad de aplicación, tarjetas sensibles al agua o aceite. Estos son papeles teñidos con solución con bromo fenol y cuando cae sobre ellos agua o aceite se manchan de color azul. Es una herramienta que permite visualizar parámetros de la aplicación como densidad y tamaño de gotas, distribuciones espaciales en el cultivo, tanto horizontal como vertical, aspecto importante este último para verificar la penetración en cultivos muy densos.

Las tarjetas son usadas para evaluaciones de la calidad de aplicación, se utilizan tarjetas sensibles de 7 cm de largo por 2 cm de ancho distribuidas en número variable, entre 8 y 10, en distintos lugares del lote y lejos de las cabeceras. También existen tarjetas que se tiñen de color gris, utilizadas para aspersiones con disolventes oleosos, que se tiñen de negro al depositarse la aspersión (Leiva, s.f.).

Las tarjetas pueden disponerse sobre las hojas superiores y adherirse con clips con la condición que mantengan una posición horizontal. El uso de soportes especialmente diseñados resulta muy ventajoso. Las tarjetas deben colocarse inmediatamente antes de la aplicación y retirarse una vez secas para su evaluación en gabinete. El número de tarjetas suficientes es aquel que permita cuantificar los resultados en distintos trayectos del equipo aspersor y calcular una estadística compatible de promedio y variación espacial.

La dirección que debe llevar las bases de captura es siempre perpendicular a la pasada de la aeronave, la cual debe venir aplicando desde unos 200 m antes de pasar por la base de captura, según la sugerencia del Norma ISO S386.2 (2009).

En estudios de calibración la aeronave debe volar en la dirección del viento cuando pasa por sobre las base de captura, no siendo en estudios de aplicación a campo. Se retiran las tarjetas luego de un minuto de la pasada de la máquina, evitando el contacto con el lado sensible (color amarillo) (Ettientot y Ferrazzini, s.f.).

De acuerdo con el tipo de tratamiento es posible definir un número mínimo de gotas por unidad de superficie para cada tipo de producto, Teixeira (2010). Así se define para herbicidas en preemergencia, de 20-30 gotas/cm<sup>2</sup>, 30-40 y 50-70 gotas/cm<sup>2</sup>, para productos de sistémicos y de contacto,

respectivamente. Mientras que para insecticidas sistémicos y de contacto, menciona de 20-30 y 40-50 gotas/cm<sup>2</sup>, respectivamente. En el caso de los fungicidas para los de contacto menciona que son necesarios 50-70 y para los sistémicos 30-40 gotas/cm<sup>2</sup>.

Cuando la acción principal del plaguicida es de contacto y no por absorción-ingestión, se requiere una mayor cobertura (50-70 gotas/cm<sup>2</sup>). Los productos sistémicos se translocan dentro del organismo resultando suficiente que sólo una parte del mismo reciba el plaguicida; en cambio, cuando la acción principal es de contacto, se requiere una cobertura muy superior, especialmente con fungicidas donde su acción es preventiva de una infección en toda la extensión del follaje (Leiva, s.f.).

Si consideramos una cobertura ideal de 100 gotas/cm<sup>2</sup>, o sea una gota por mm<sup>2</sup>, esta situación no mejora los resultados de control de los plaguicidas y por lo tanto conviene respetar los valores mínimos establecidos.

Los valores representados en el párrafo anterior están referidos a impactos medidos sobre el follaje del cultivo y para una superficie dispuesta horizontalmente. Para lograr un mayor número de impactos, se debe reducir el tamaño de gotas.

La información simple de las tarjetas de densidad y distribución de gotas se obtiene a través de un conteo manual con lupa de mano. Pero también se pueden usar programas de digitalización de imágenes y con el uso de programas computacionales se pueden obtener más parámetros de interés de la aplicación, como Diámetro Volumétrico Medio (DVM), Diámetro Numérico Medio (DNM), Factor de dispersión (FD), Amplitud Relativa (AR), Área de Cobertura (AC%) entre otros. Esto permite además realizar una caracterización del tipo de pulverización que realizan, por ejemplo, diferentes tecnologías de aplicación. Algunos de los inconvenientes hallados en el uso de éstas se relacionan a la dificultad del uso en condiciones de alta humedad relativa, la colocación en el cultivo en general es en lugar visible y ubicable y el papel es un objetivo artificial que captaría todos los impactos.

Las metodologías que permiten levantar algunas de estas restricciones contemplan el uso de trazadores. Estos deben cumplir con los requisitos de no interactuar con el o los productos usados, no debe alterar las propiedades físico químicas del caldo. Como ventaja puede mencionarse que permite la colecta en un blanco u objetivo natural, hojas o suelo. En general son sustancias de fácil manipulación, bajo costo y permiten el muestreo en un tiempo prudencial, sin degradarse por el sol, sin ser absorbido por las hojas de las plantas y de fácil cuantificación en laboratorio a través de cromatógrafos, espectrofotómetro o

fluorímetros, dependiendo del trazador usado, (Scramin et al. 2002, Barber y Parkin 2003b, Costa 2003, Thomas 2005, Fiorini et al. 2006). Algunos autores mencionan como ventaja adicional que permite la evaluación con muchas repeticiones y permitiendo el uso de modelos de análisis más adecuados a la distribución que presente la aplicación.

Uno de los trazadores muy usados es el Azul brillante, que es un trazador usado por la industria alimenticia y que presenta las ventajas de fácil manipulación y lectura en el espectrofotómetro, Rezende et al. (2011) constataron para este trazador una excelente recuperación, de 100, 93 y 93% en porta- objetos de vidrio y 2 especies *Phaseolus vulgaris* y *Brachiaria plantaginea*, respectivamente. Otra ventaja es el tiempo que permite para la manipulación a campo, Pinto et al. (2007) determinaron una estabilidad a la exposición solar de 5 horas, tiempo suficiente para la colecta de todas las muestras a campo. Según Palladini et al. (2005) no se degrada con la luz solar hasta 8 horas, no se absorbe a las hojas y no modifica la tensión superficial del caldo, no modificando, entonces, las propiedades físicas del caldo. Metodología también usada por Villalba et al. (2009).

Otros trazadores utilizados son Blankophor BA 267%® y Tinopal, estos permiten además de la cuantificación espectrofluorómetros, la visualización y estudio de distribución. El primero fue usado en trabajos recientes para la evaluación de metodologías de aplicación terrestres (Charbonnier et al. 2011, Stoletniy 2013). Mientras que Tinopal fue usado por Barber et al. (2003a) para la evaluación de métodos de aplicación en cebada.

El uso de trazadores es un método efectivo pero que es necesario relacionarlo a la eficiencia biológica (Holownicki et al., 2002).

Más recientemente, se usan técnicas más sofisticadas que incluyen balance de masas, detección de metabolitos, que requieren ajustes especiales para cada producto y aunque más precisas son más costosos. La cromatografía parece ser la forma más precisa para identificar agroquímicos aplicados en las plantas (Cogo 2008, Bayer et al. 2012).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se realizó en un cultivo comercial de soja ubicado en el establecimiento de la familia Chalkling localizado en la proximidad de la ciudad de Paysandú, Ruta 3 km 365.

La historia agrícola del área donde se realizó el ensayo correspondió a una rotación de Trigo/Soja como cultivos previos.

El cultivar de soja era RA 633, fue sembrado el día 10 de diciembre del 2011. Es un cultivar del grupo de madurez VI, ciclo 6.4, habito de crecimiento indeterminado, con 68 días a R1, 168 días a R8, altura 92 cm, con alto potencial de ramificación y tipo de ramificación abierta. Buen comportamiento a Síndrome de muerte repentina y a enfermedades de fin de ciclo. Muy alto potencial de rendimiento y excelente estabilidad en diferentes ambientes y con una amplia ventana de siembra (Criadero Santa Rosa, s.f.).

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

El diseño utilizado fue de aplicación en franjas, donde cada franja correspondió a un tratamiento. Los tratamientos correspondieron a 3 volúmenes de aplicación; 5, 10 y 15 L.ha<sup>-1</sup>. Todos los tratamientos fueron realizados con el agregado de aceite a 1 L.ha<sup>-1</sup>. Las condiciones operativas de cada tratamiento se detallan en el cuadro No. 2.

Cuadro No. 2: Descripción de tratamientos

Tratamiento	Volumen de aplicación (L/ha)	Presión de trabajo	Ancho faja de aplicación (m)	Altura de vuelo (m)	No. Boquillas	Tipo de boquillas	A° deflexión de boquillas
1	15	40	28	3	21	CP numeral 09	68
2	10	58	28	3	39	CP numeral 06	68
3	5	66	30	3	39	CP numeral 03	68

Para los distintos tratamientos se utilizaron boquillas CP abanico plano, numeral 03, 06 y 09. Así con los tipos de boquillas se obtuvieron los tamaños de gotas, mientras que con la velocidad y la presión utilizada se regularon los caudales que se aplicaron en cada tratamiento.

El tipo de boquillas CP-03, funcionan bien para velocidades de 120 mph o menos dependiendo de la aplicación. A velocidades más altas, estas boquillas tenderán a producir mayor deriva que la CP-09. Tienen los mismos cuatro orificios como la CP-09, pero los ángulos deflectores son 30 °, 55 ° y 90 °. La boquilla CP-06, utilizados con boquillas de abanico plano CP-11TT, permiten ajustar la boquilla hacia abajo en la corriente de aire en incrementos de 15°. Estos ajustes crean el espectro de gotas más pequeñas, las cuales se recomiendan para insecticidas y fungicidas. Las boquillas CP-09 tienen cuatro boquillas con orificios (0.062, 0.078, 0.125 y 0.172) y de tres vías deflectores con un ajuste de chorro directo 5 ° y 30 ° de desviación. Estas boquillas se han diseñado para las aeronaves que vuelan a velocidades de 130 mph o más (CP productos, s.f.)

### 3.3 METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN

La aplicación fue realizada el 23/02/2012, al momento la soja se encontraba en estado R1-R2, floración. La aplicación se realizó con un equipo pulverizador aéreo, un avión Air Tractor 502B. Se utilizó para la cuantificación de la deposición sobre las hojas del cultivo de soja el trazador Tinopal CBS-X,

con una concentración de 4000 ppm. La aplicación de cada tratamiento se preparó en forma independiente para obtener las concentraciones correspondientes de caldo, aceite vegetal y trazador.

Posterior a la aplicación de los tratamientos y luego de un periodo de espera de una hora aproximadamente (necesario para que seque la aplicación y evitar alteraciones en los niveles del marcador durante el manipuleo), se procedió a recolectar hojas representativas de los diferentes tratamientos.

Se recolectaron 100 folíolos por estrato de planta, superior y medio para la cuantificación de la cantidad de producto. Las hojas fueron colocadas individualmente en bolsas de polietileno previamente identificadas y llevadas al laboratorio.

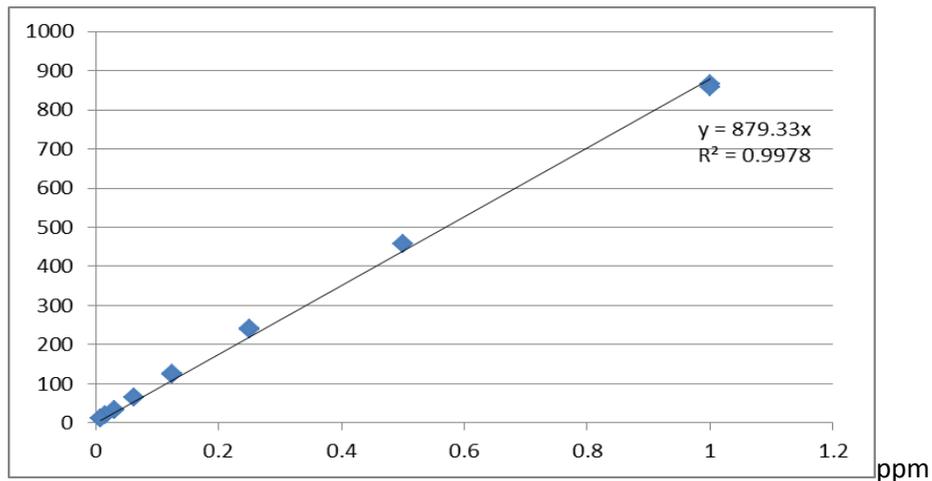
Se colocaron tarjetas hidro sensibles en bases de capturas que soportan la tarjeta horizontal a unos 50 cm de altura, se colocaron 10 tarjetas por cada tratamiento. La disposición y distancia entre tarjetas se decidió para que fuese lo más representativa posible y en dirección perpendicular a la pasada de la aeronave.

#### 3.4 DETERMINACIONES DE LA DEPOSICIÓN EN HOJAS DE SOJA Y EN TARJETAS HIDRO SENSIBLES

Los folíolos recolectados fueron lavados con agua destilada (20 mL). La solución resultante fue almacenada, en ausencia de luz, para la posterior determinación de fluorescencia en un espectrofluorómetro marca Shimadzu RF-1501, a una longitud de onda de 345 - 430 nm (excitación y emisión).

La realización de las curvas de calibración con concentraciones de trazador conocidas en el espectrofluorómetro permitió ajustar una regresión a partir de cuyos parámetros y los datos de fluorescencia de cada muestra se pudo estimar cantidades de trazador recuperado en cada folíolo y expresarlo en  $\text{ng.cm}^2$ .

Figura No. 1: Curva de calibración de Tinopal. Laboratorio de Bioquímica de Facultad de Agronomía  
Fluorescencia



Una muestra de hojas fue escaneada y se estimó el área foliar de cada una a través del programa Image Tool, el cual permitió ajustar una regresión. Luego se midieron todas las hojas recolectadas y usando los parámetros de la regresión se estimó el área foliar para expresar la cantidad de trazador por  $\text{cm}^2$ .

Ecuación para área foliar=  $y = 0.7375 x$  (siendo x el producto del largo por el ancho de la hoja),  $R^2 = 0.966$

La caracterización de la población de gotas de cada tratamiento se realizó a partir de la deposición en las 10 tarjetas colocadas por tratamiento a través del programa e-Sprinkle.

A continuación se definen algunos conceptos de los estudios de la población de gotas y cuyos parámetros son algunos de los resultados que ofrecen los programas analizadores de gotas.

**DIÁMETRO MEDIANO VOLUMÉTRICO (DVM 0.5).**- es el valor del diámetro de gota que divide a la población de gotas en forma tal que la mitad del volumen aplicado está constituido por gotas de diámetro inferior y la otra mitad del volumen, está constituido por gotas de diámetro mayor.-

**DIÁMETRO VOLUMÉTRICO 0.1 (DV 0.1).**- es el valor expresado en micras de las gotas que dividen a la población total de gotas en un 90% superior y un 10 % inferior.

DIÁMETRO VOLUMÉTRICO 0.9 (DV 0.9).- es el valor expresado en micras de las gotas que dividen a la población total de gotas en un 90% inferior y un 10% superior

AMPLITUD RELATIVA.- es el cociente entre la diferencia de los valores del DV 0.9 – DV 0.1 dividido el DVM.0.5. Es el coeficiente de homogeneidad, cuanto más próximo a cero este valor, significa que el espectro de gota pulverizada será más homogéneo. Este varía con el tipo del sistema de formación de gotas o la boquilla.

PRD Probabilidad de Riesgo de Deriva % de volumen que contiene gotas  $\leq 150 \mu\text{m}$

En el programa e-Sprinkle se analizaron las 10 tarjetas colocadas por tratamiento. De las variables analizadas por dicho programa se tomaron las de mayor interés y relevancia para nuestro estudio, DMV, DV 0.1, D0.9, densidad de gotas, PRD y amplitud relativa.

### 3.5 DETERMINACIONES DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS DURANTE LA APLICACIÓN

Al momento de la aplicación de los diferentes tratamientos se tomaron los datos meteorológicos de humedad relativa, temperatura y viento. Los mismos no variaron mayormente y se presentan en el cuadro No. 3 los promedios.

Cuadro No. 3: Condiciones meteorológicas promedio al momento de la aplicación de los tratamientos

Temperatura (C°)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del Viento (km/h)
26.1	53	6.4

### 3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Considerando que el ensayo no presentaba ningún diseño experimental, solo fue posible calcular los intervalos de confianza a partir de las cantidades de

trazador recuperado por  $\text{cm}^2$  de cada muestra por tratamiento y por estrato. Cada intervalo de confianza se calculó con 0.95 de confianza y con los grados de libertad que correspondían a cada estrato ( $n=100$ ) o al tratamiento en su totalidad ( $n=200$ ). Es importante destacar que en algunos tratamientos el número de muestras fue bastante más reducido porque la técnica de recuperación de ese trazador no se ajustó adecuadamente, ya que la cantidad de fluorescencia que se obtenía del lavado no era estimada con exactitud, ya que estaba por debajo de  $0.0078125 \text{ mg/L}$  de Tinopal.

Las distribuciones de los tamaños de gotas, fueron comparadas de a dos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras independientes.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1 ESTUDIO DE DEPOSICIÓN DEL CALDO EN HOJAS DEL CULTIVO DE SOJA

En cada tratamiento se debieron eliminar muestras (cuadro No. 4), debido que no pudo estimarse con exactitud, especialmente en los volúmenes bajos, la cantidad de trazador recuperado de cada hoja. Los valores de recuperación del trazador de las hojas no alcanzaban los límites mínimos de la fluorescencia que detectaba el equipo.

Cuadro No. 4: Porcentaje de muestras eliminadas en cada tratamiento

Tratamiento	Estrato	Porcentaje de muestras eliminadas por estrato
1 (15 L)	Superior	0
	Medio	19.8
2 (10 L)	Superior	4.2
	Medio	70.0
3 (5 L)	Superior	1.1
	Medio	66.0

Igualmente para las muestras obtenidas se evaluaron las medias de deposición y los límites superior y medio. Los resultados indican que los 3 tratamientos difieren entre sí, siendo la deposición para el tratamiento de mayor volumen más de 6 veces superior al volumen medio y 20 veces al volumen inferior (cuadro No. 5)

Cuadro No. 5: Deposición en hojas de soja (ng trazador/cm<sup>2</sup>); límite superior, inferior y media de cada tratamiento

Trat.	Límite superior	Media	Límite inferior
15 L	14.8265	13.3253	11.8242
10 L	2.3157	2.0658	1.8158
5 L	0.6970	0.6389	0.5808

La limitante a emitir conclusiones respecto a este estudio se relaciona con los problemas metodológicos mencionados a que los bajos volúmenes no pudieron ser cuantificados.

Estos datos nos estarían indicando que en aplicaciones aéreas y en estas condiciones meteorológicas volúmenes menores a 15 L.ha<sup>-1</sup> no serían adecuados considerando la baja deposición evaluada. Esto concuerda claramente con lo visto en la bibliografía consultada; en muy pocos casos se utilizaron aplicaciones con volúmenes de 10 L.ha<sup>-1</sup> y los mismos no presentaban buenos resultados comparados a volúmenes mayores. Lo que se aconseja es una aplicación aérea que oscila entre volúmenes de 15 L.ha<sup>-1</sup> como mínimo y 40 L.ha<sup>-1</sup> como máximo. Da Cunha et al. (2011) evaluando la deposición del caldo en cultivos de soja para aplicaciones de 20, 30 y 40 L.ha<sup>-1</sup> obtuvieron que el de 40 L.ha<sup>-1</sup> fue el más efectivo en la promoción de la penetración del caldo en el follaje, aunque sus espectros de gotas fueron más susceptibles a la deriva.

También concuerda con lo mencionado por Jadoski et al. (2009) ya que en sus principales conclusiones sobre pulverizaciones aéreas en maíz, mencionan que aplicación realizada a una tasa de 20 L.ha<sup>-1</sup> causó un espectro de gotas con las características más adecuadas en cuanto al diámetro mediano volumétrico, penetración de gotas y el riesgo potencial de la deriva en relación con la aplicación 10 L.ha<sup>-1</sup>. Aunque comenta que una aplicación con un volumen intermedio de 15 L.ha<sup>-1</sup> podía ser tomada como una alternativa válida.

La deposición por estrato no difiere a lo presentado para la deposición total por tratamiento. Todos los tratamientos difieren entre sí, independiente del estrato, la deposición fue mayor para el tratamiento de 15 L.ha<sup>-1</sup>.

Cuadro No. 6: Deposición en hojas de soja (ng trazador/cm<sup>2</sup>) en el estrato superior, límite superior e inferior del intervalo de confianza

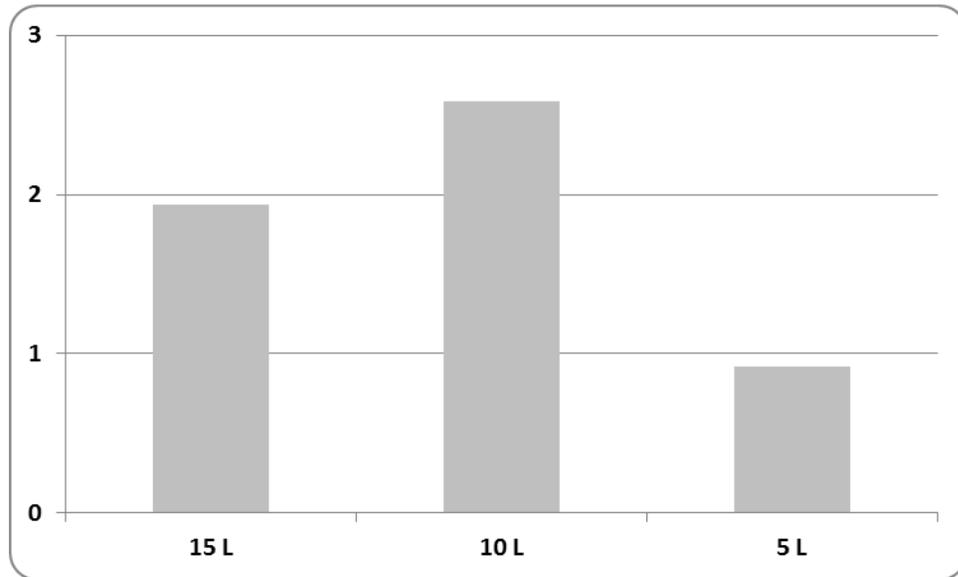
Trat.	Límite superior	Media	Límite inferior
15 L	19.2662	16.9426	14.6190
10 L	2.8552	2.4474	2.0395
5 L	0.6958	0.6239	0.5520

Cuadro No. 7: Deposición en hojas de soja (ng trazador/cm<sup>2</sup>) en el estrato medio, límite superior e inferior del intervalo de confianza

Trat.	Límite superior	Media	Límite inferior
15 L	10.0778	8.7686	7.4594
10 L	1.0467	0.9456	0.8445
5 L	0.7505	0.6773	0.6040

Al realizar la relación existente entre deposición en estrato superior/ deposición estrato medio (figura No. 2), vemos que las diferencias entre tratamientos es muy importante. En el caso del tratamiento de menor volumen (5 L.ha<sup>-1</sup>), no existió diferencias entre lo depositado en ambos estratos, pero en el tratamiento de volumen de 10 L.ha<sup>-1</sup>, la diferencia en la deposición entre estratos fue la más elevada, siendo 2.6 veces mayor en la parte superior que en el estrato medio. Mientras que en el volumen más alto donde se obtuvo la mayor recuperación de trazador la deposición no alcanzó a ser 2.0 veces superior en el estrato superior comparado el medio. O sea que el volumen de 15 L.ha<sup>-1</sup> determinó mayor deposición y una penetración más adecuada.

Figura No. 2: Relación de la deposición de trazador en estrato superior/medio



La relación de deposición entre estratos, concuerda con lo mencionado por Bayer et al. (2012), la cual hace referencia a que los equipos que generan gotas y tasas de aplicación más heterogéneos son responsables de la mayor cantidad de gotas en los estratos superiores. En el tratamiento de  $10L \cdot ha^{-1}$  se utilizaron boquillas CP 06 las cuales tuvieron el valor de amplitud relativa bastante distante de 1, cuadro No. 8 (AR 0,49).

En relación a los datos de las relaciones que reflejan la penetración en el perfil vegetal, se obtuvo mejores resultados que los mencionados por Leiva (s.f.) el cual consiguió en el tercio inferior del follaje del cultivo de soja una deposición del 20% del total asperjado.

En este caso en relación a la deposición en los estratos medio y superior se concuerda con lo mencionado por el autor, Sander et al. (s.f.), ya que la deposición de gotas en los estratos medios (inferiores) de la planta fue marcadamente inferior en relación al estrato alto (superior), el autor menciona que un cultivo de soja denso, tiene un índice de área foliar de 6 metros cuadrados de hoja por metro cuadrado de suelo (IAF=6). Dice el autor, que funciona como un edificio de 6 pisos que actúa como una sucesión de zarandas de mayor a menor diámetro de arriba hacia abajo, en consecuencia, si no se

producen muchas gotas chicas, llega muy poca cobertura a planta baja y primer piso y esto se logra con más facilidad en aplicaciones aéreas.

También se asemeja a lo mencionado por Jadoski et al. (2009), quienes mencionan que el espectro de gotas de pulverización de mayor diámetro tienden a llegar a las hojas de la mitad y el tercio superior y el inferior recibe las gotas de menor diámetro y una menor densidad por unidad de superficie, a las gotas de menor diámetro se las considera a las que van de las 20 a 60  $\mu\text{m}$ , en este trabajo no se vieron gotas de ese tamaño (figura No. 5) lo cual puede dar indicios de la baja deposición en los estratos bajos de la planta.

Más allá de las relaciones de deposición, considerando la cantidad de trazador recuperado en el estrato medio, hay que destacar que el tratamiento 1 (15 L.ha<sup>-1</sup>) es el ideal para combatir enfermedades, las enfermedades se inician en el estrato inferior de un cultivo y los fungicidas sólo translocan dentro de la hoja, por lo tanto resulta obvio que para lograr efectos de control se debe distribuir la dosis apuntando al tercio inferior y medio del follaje. Díaz (1996) menciona que usualmente, se infectan primero las hojas inferiores y en el transcurso de la estación de crecimiento del cultivo la enfermedad puede progresar y expandirse infectando a las hojas superiores por salpicado y viento (puede ser diseminado por el viento a largas distancias). El patógeno debe sobrevivir períodos en que no puede infectar el cultivo, ya sea por su ausencia, por no estar susceptible o por las condiciones ambientales desfavorables. Por ellos las medidas de manejo que se toman deben considerar donde sobrevive el patógeno. El inóculo (esporas u otras estructuras de hongos, células bacterianas, huevos o larvas de nematodos) de muchas enfermedades permanece en el rastrojo o en el suelo, a menudo también en el material de propagación (Gepp, s.f.)

Al igual que para las enfermedades, para las plagas es importante la deposición en estratos medios e inferiores. Ya que Igarzábal (2008) menciona que la ubicación de las plagas en la planta de soja es un factor de consideración a la hora de ajustar los parámetros de aplicación. La oruga medidora (*Rachiplusia nu*), tomando todo un día de mediciones desde la superficie del suelo hasta la parte superior de la planta, se ubica preferentemente en el tercio medio del follaje. Allí habrá que dirigir la aplicación, ya sea con productos de contacto o que tengan alguna distribución por vapor.

Valverde (2007) también evaluó la abundancia y distribución de los huevos de las tres principales especies de lepidópteros noctuidos: *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Catocalinae), *Rachiplusia nu* (Guenée) y *Chrysodeixis includens* (Walker) (Plusiinae) presentes en cultivos de soja en provincia de

Tucumán (Argentina). En cada muestreo semanal, realizado en las campañas agrícolas 2003 y 2004, se revisaron 240 foliolos y los huevos fueron más abundantes en el estrato medio de las plantas y en el borde del envés del foliolo.

#### 4.2. ANÁLISIS DE DEPOSICIÓN DE GOTAS EN TARJETAS HIDROSENSIBLES

Teniendo en cuenta las dificultades de los métodos convencionales y la facilidad que aporta la informática, se han creado a nivel internacional diferentes software que permiten agilizar el análisis de la deposición de gotas y corregir en función a parámetros que definen la calidad de una pulverización. La Dirección General de Servicios Agrícolas a través del Área Tecnología de Aplicación, cuenta con un programa computarizado de origen brasilero el e-Sprinkle® (EMBRAPA) que ofrece como servicio a los usuarios que deseen conocer algunos parámetros de la aplicación.

El análisis computarizado del comportamiento de las gotas de una pulverización sobre o dentro de un cultivo, nos permite conocer valores tales como, la cantidad de gotas por  $\text{cm}^2$  sobre el objetivo, la amplitud relativa de los diámetros volumétricos, homogeneidad de la distribución de las gotas, entre otros (cuadro No. 8). El impacto es directo en la disminución de los costos dada la posibilidad de mejorar la calidad de la aplicación, en muchos casos de interés para disminuir los volúmenes empleados por hectárea.

Cuadro No. 8: Parámetros de la población de gotas más relevantes para los tres tratamientos

Parámetros	Tratamiento 1 (15L)	Tratamiento 2 (10L)	Tratamiento 3 (5L)
DMV $\mu\text{m}$	241,9	174,7	174,7
D 0.1 $\mu\text{m}$	163,4	137,0	137,0
D 0.9 $\mu\text{m}$	326,8	222,3	205,6
Amplitud relativa	0,67	0,49	0,39
DENSIDAD (N/cm <sup>2</sup> )	18,0	15,8	7,9
PRD (% $\leq$ 150 $\mu\text{m}$ )	6,7	26,4	28,9

En cuanto al parámetro DMV como aquel tamaño de gota que divide la aspersión en dos volúmenes iguales. El tratamiento No. 1 determinó una pulverización DMV que caracteriza la población de gotas como media, según la norma BCPC (consejo británico de protección de cultivos) ya que dio un tamaño de gota de DMV 241,9  $\mu\text{m}$ . En cuanto a la amplitud relativa, lo ideal es que el valor se aproxime a 0 y vemos que en dicho tratamiento no se obtuvieron gotas 100% homogéneas fue el tratamiento más heterogéneo (AR: 0,67). En cuanto a la probabilidad de riesgo de deriva, vemos que el riesgo es muy bajo y esto se puede explicar por el tamaño de gotas que generó esa aplicación, gotas más grandes, menor riesgo de deriva. Otro resultado muy importante, a la hora de controlar las enfermedades, es la cantidad de producto que llega al objetivo el cual se mide como densidad (N/cm<sup>2</sup>) y en este caso el número de impactos se aproxima al mínimo requerido, varios autores mencionan como el número mínimo de impactos para causar efecto de 20 gotas/cm<sup>2</sup>, dependiendo del producto alcanza hasta 50-70 gotas/cm<sup>2</sup>. Con respecto al tratamiento No. 2, volumen de 10 L.ha<sup>-1</sup> determinó un tipo de pulverización fina, tamaño de gota DMV 174,7  $\mu\text{m}$  según la norma BCPC. En cuanto a la amplitud relativa vemos que en dicho tratamiento se obtuvieron gotas más homogéneas (AR: 0,49). En cuanto a la probabilidad de riesgo de deriva, el mismo es medio. En relación a la densidad (N/cm<sup>2</sup>), en este caso el número de impactos dista un poco del mínimo requerido, como se mencionó para el caso anterior varios autores

mencionan como el número mínimo de impactos para causar efecto de 20 gotas/cm<sup>2</sup>. Muy parecido se presentó el tratamiento de 10 L.ha<sup>-1</sup> al descrito por Leiva (s.f.) el cual evaluó la deposición de la pulverización aérea en una evaluación realizadas por INTA Pergamino, en base a 300 ha de ensayos (60 parcelas) bajo condiciones críticas de humedad relativa (<60%), y lotes de soja de 1.0 m de altura y con el 95% de cobertura de entresurco, donde obtuvo una densidad de 13 gotas/cm<sup>2</sup> con aviones equipados con atomizadores rotativos a 15 L.ha<sup>-1</sup>.

Con respecto al tratamiento de 5 L.ha<sup>-1</sup> al igual que el de 10 L.ha<sup>-1</sup>, presentaron una pulverización con gotas de tipo fina, tamaño de gota DMV 174,7 µm según la norma BCPC. En cuanto a la amplitud relativa vemos que en dicho tratamiento se obtuvieron gotas muy homogéneas (AR: 0,39). En cuanto a la probabilidad de riesgo de deriva, vemos que el riesgo es medio. En relación a la densidad (N/cm<sup>2</sup>) en este tratamiento el número de impactos dista mucho del mínimo requerido.

Lo anteriormente mencionado en relación a la heterogeneidad de la gotas se observa en las figuras No. 3 a No. 5, donde se grafican la proporción de gotas en cada intervalo de tamaño de gota.

Figura No. 3: Tratamiento No. 1 (15 L.ha<sup>-1</sup>)

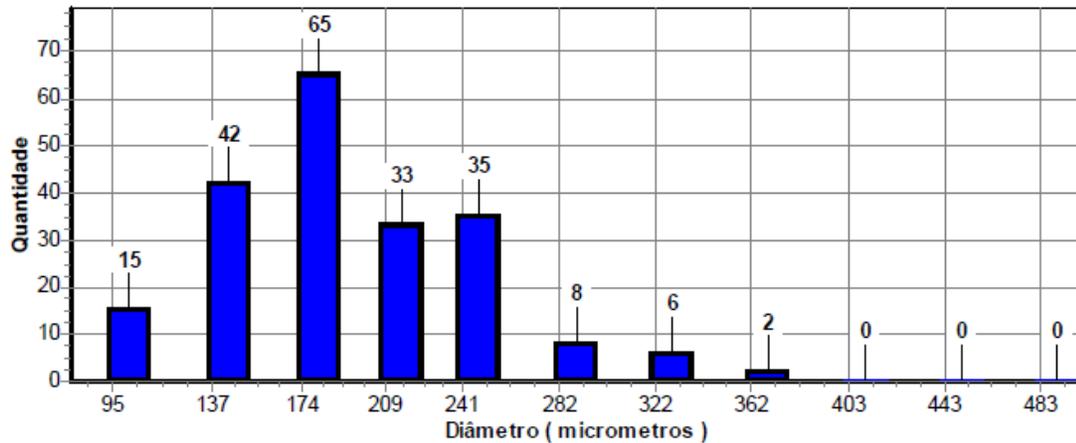


Figura No. 4: Tratamiento No. 2 (10 L.ha<sup>-1</sup>)

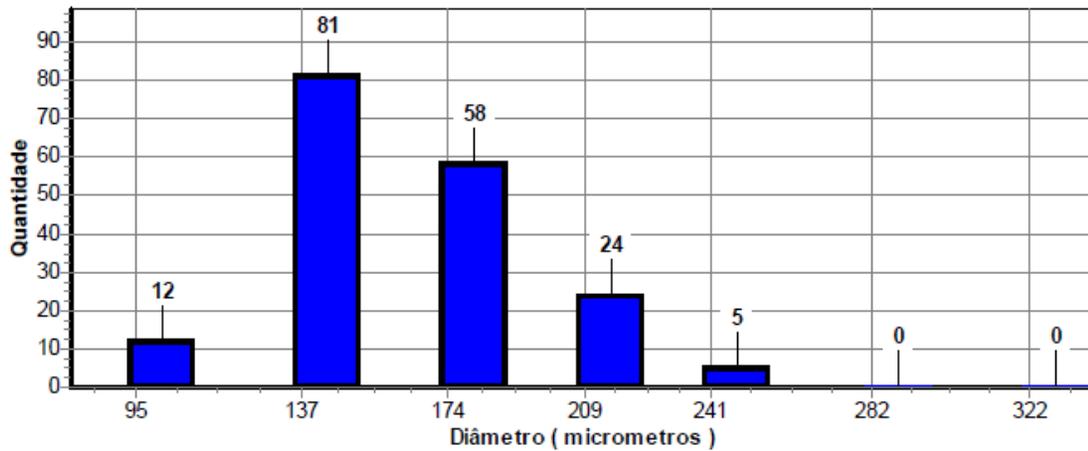
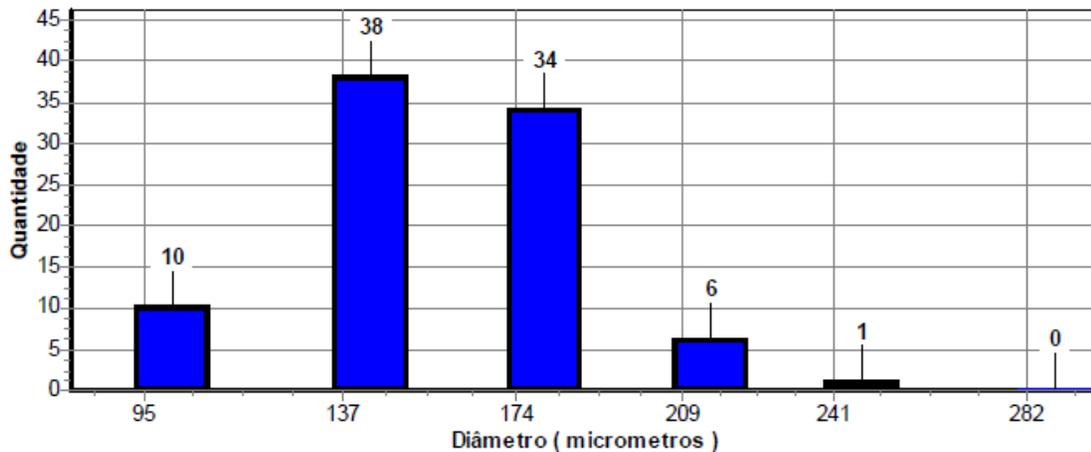


Figura No. 5: Tratamiento No. 3 (5 L.ha<sup>-1</sup>)

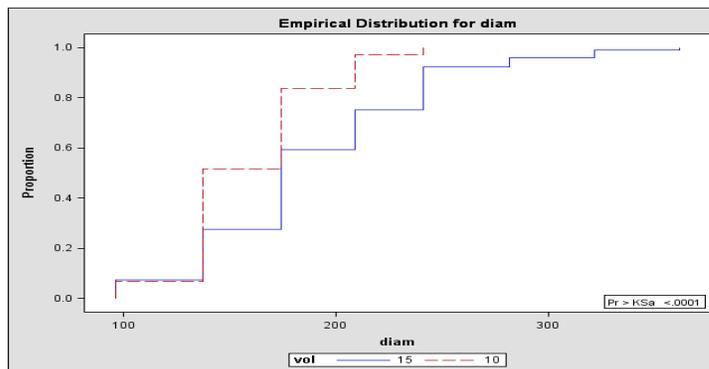


Según el tamaño de gota de los diferentes tratamientos en relación al DMV (norma BCPC) de los mismos, es de gota fina para los tratamientos 2 y 3 y de gota media para el tratamiento 1. Por lo tanto el riesgo de deriva y evaporación aumenta para los tratamientos 2 y 3. Lo anteriormente mencionado hace referencia al potencial riesgo de deriva (PRD) el cual se calculó y dio para el tratamiento 1, 2 y 3 un 6,7%, 26,4% y 28,9 % respectivamente.

Al comparar la distribución de los tamaños de gotas analizados en las tarjetas hidrosensibles a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, podemos decir que el tratamiento de 15 L fue diferente del de 10 y del 5 L ( $Pr > KSa: <0.001$ ). Pero estos últimos no difieren entre sí,  $Pr > KSa: <0.8128$  (figura No. 8).

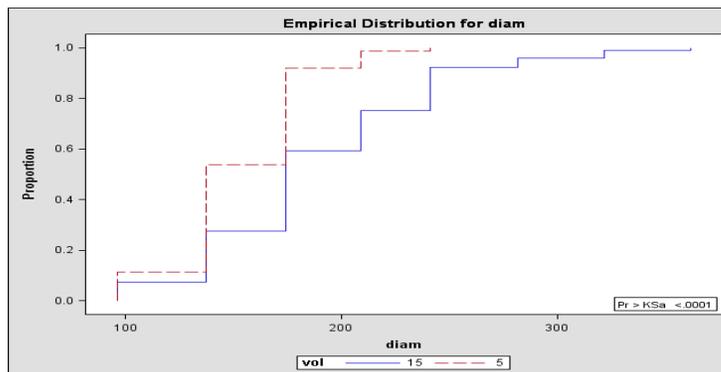
En particular, la estadística que se usa para la prueba es la diferencia máxima entre ambas distribuciones. En la representación de la figura No. 6, la diferencia máxima es de 0.2466. La curva del tratamiento de 10 L (la curva roja) acumula antes, es decir que es una distribución con más concentración de observaciones a la izquierda, que tiene mediana más chica y percentil 1% también más chico. El volumen de 10 L tiene mayor proporción de gotas más chicas.

Figura No. 6: Distribuciones acumulativas empíricas de los tratamientos de 15 L (línea azul) y 10 L (línea roja).



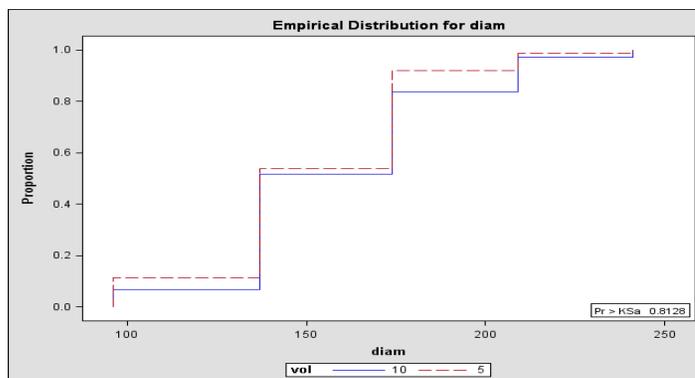
La comparación de los tratamientos de 15L y 5 L en la representación de la figura No. 7, la diferencia máxima es de 0.3291. La curva del tratamiento de 5 L (la curva roja) acumula antes, es decir que es una distribución con más concentración de observaciones a la izquierda, que tiene mediana más chica y percentil 1% también más chico. El volumen de 5 L, que tiene mayor proporción de gotas más chicas.

Figura No. 7: Distribuciones acumulativas empíricas de los tratamientos de 15 L (línea azul) y 5 L (línea roja).



La comparación de los tratamientos de 10L y 5 L en la representación de la figura No. 8 indica que las curvas de acumulación de los tratamientos en relación al tamaño de gotas no difieren.

Figura No. 8: Distribuciones acumulativas empíricas de los tratamientos de 10 L (línea azul) y 5 L (línea roja).



## 5. CONCLUSIONES

La evaluación de tecnologías de aplicación aérea en la deposición en hojas de soja a través de la recuperación del trazador Tinopal presentó limitantes metodológicas.

A pesar de las limitaciones metodológicas, considerando la deposición y el estudio de las tarjetas hidro sensibles podemos afirmar que la deposición fue mayor en el tratamiento de 15 L.ha<sup>-1</sup>. La deposición en este tratamiento fue mayor en ambos estratos de la planta.

La relación de deposición en el tratamiento de mayor volumen fue de 2 veces superior en el estrato superior respecto al estrato medio.

El programa e-sprinkle arrojó que en la aplicación con 15 L.ha<sup>-1</sup> se encontró un diámetro mediano volumétrico (DMV) mayor que en los otros tratamientos, a su vez un potencial riesgo de deriva (PRD) bastante menor. Estos indicadores aportan a la comprensión de las diferencias encontradas entre este tratamiento y los restantes.

## 6. RESUMEN

La dinámica del sector agrícola de los últimos años en nuestro país estuvo enmarcada por un aumento de precios de los granos y la fuerte inversión tanto nacional como extranjera, lo cual llevo al incremento del área agrícola. Esto ha llevado hacia un aumento significativo en el uso de agroquímicos y a de la demanda de aplicaciones aéreas. La tecnología de aplicación es una herramienta esencial, por lo que surge la necesidad de profundizar los conocimientos sobre aplicaciones aéreas para realizarla en forma precisa, de forma de mejorar la eficiencia, reducir costos, conseguir resultados satisfactorios y como también disminuir los riesgos de contaminación ambiental. Los volúmenes de aplicación utilizados hoy en día son variables y la tendencia es a disminuir los mismos debido a necesidad de disminuir costos, pero existe escasa información para aplicaciones aéreas sobre la efectividad de aplicaciones con bajos volúmenes, incluso por dificultades metodológicas. Por lo cual, el objetivo del siguiente trabajo fue determinar la deposición del pulverizado en los diferentes estratos del cultivo de soja con distintos volúmenes de aplicación aérea (5, 10 y 15 L.ha<sup>-1</sup>), usando como indicador la recuperación del trazador fluorescente Tinopal. El experimento se instaló en aplicación en franjas, donde cada franja correspondió a un tratamiento, correspondiente a los volúmenes de aplicación de 5, 10 y 15 L.ha<sup>-1</sup> con el agregado de aceite a una dosis de 1L.ha<sup>-1</sup>. Al caldo de aplicación se le adicionó el trazador Tinopal para la cuantificación de la deposición por fluorescencia. Se evaluó la deposición a través de la recuperación en los foliolos de dos estratos de la planta (superior y medio). Paralelamente, se caracterizó la población de gotas, colocando 10 tarjetas hidrosensibles por tratamiento y evaluando por el programa e- Sprinkle los parámetros de DMV, amplitud relativa, PRD y densidad de gotas. El estudio de deposición por recuperación del trazador en los foliolos presentó limitantes de detección límite para los tratamientos de menor volumen. Considerando esas limitantes se obtuvo la mayor cantidad de deposición para la aplicación de 15 L.ha<sup>-1</sup> y en el estrato superior. El estudio de población de gotas indica que este tratamiento proporcionó gotas medias, una densidad de 18 gotas.cm.<sup>-2</sup> y un PRD de 6.7.

Palabras clave: Volumen; Deposición; Aplicación aérea

## 7. SUMMARY

The dynamics of the agricultural sector in recent years in our country has given increased grain prices and strong domestic and foreign investment, which led to the increase in agricultural area. This has led to a significant increase in the use of agrochemicals applied mainly with aerial equipment. Implementation technology is an essential tool, so there is a need to deepen knowledge about issues related aerial applications to perform it accurately, so as to improve efficiency, reduce costs, achieve satisfactory results and also reduce the risks environmental pollution. Application volumes used today are variable and the trend is to decrease them because of the benefits that are achieved, but there is little specific information on aerial application technology products. Therefore, the purpose of this study was to evaluate different application volumes and deposition strata of soybean plants. The experiment was installed in the field of Chalkling family, in the department of Paysandú. Whereas trial presented no experimental design, there were stripes application, each strip corresponded to a treatment. Then sampling was performed for the block where randomization combined 3 volumes of broth (5, 10 and 15 L.ha<sup>-1</sup>) in two layers of the plant (upper and middle). There were effects of treatments on the amount of deposition of the sheet product. The largest amount was found in the application of 15 L.ha<sup>-1</sup> and top tie, though it noted that the amount of product found in the middle layer was very good, exceeding those found in the literature consulted.

Keywords: Volume; Deposition; Aerial application

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Antuniassi, U. R.; Siqueri, F. V.; Santen, M. L. V.; Velini, E. D.; Figueiredo, Z. N.; Silva, J. R. M.; De Siqueira, J. L.; De Oliveira, M.A.P. 2008. Desempenho de sistemas de pulverizacao aérea para controle curativo da ferrugem da soja. In: Sintag - Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos (4º, 2008, Ribeirão Preto, SP, BR). Trabalhos apresentados. s.n.t. 1 disco compacto.
2. Barber, J. A. S.; Parkin, C. S.; Chowdhury, A. B. M. N. U. 2003a. Effect of application method on the control of powdery mildew (*Bulmeria graminis*) on spring barley. *Crop Protection*. 22: 949–957
3. \_\_\_\_\_; Parkin, C. S. 2003b. Fluorescent tracer technique for measuring the quantity of pesticide deposited to soil following spray applications. *Crop Protection*. 22: 15-21.
4. Bayer, T. M.; Loeck, A. E.; Guerrero, M. F. C.; Gonçalves, M.; Dessbesell, R. 2012. Tecnologia de aplicação aérea na cultura do arroz irrigado. Pelotas, Universidade Federal de Pelotas. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Programa de Pós-graduação em Fitossanidade. 62 p.
5. Boller, W.; Cabeda, R.; Busch, J. L.; Forcelini, C.A. 2008. Aplicacoes de funguicida em trigo por via aérea e terrestre, com diferentes volúmenes de calda e doses de adjuvante. In: Sintag - Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos (4º., 2008, Ribeirão Preto, SP, BR). Trabalhos apresentados. Ribeirão Preto, s.e. 1 disco compacto.
6. \_\_\_\_\_. 2011. Avanços tecnológicos em pontas de pulverização. In: Sintag - Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos (5º, 2011, Cuiabá, MT, BR). Trabalhos apresentados. Cuiabá, s.e. 1 disco compacto.
7. Castillo, B. 2010. Formación de gotas en la aplicación de plaguicidas. *Tecnología de Aplicación de Agroquímicos*. 8: 56-64.
8. Carbonari, C. A.; Velino, E. D. 2011. Perdas por deriva em Aplicacoes de agrotóxicos. In: Sintag - Simpósio Internacional de Tecnologia de

Aplicação de Agrotóxicos (5º, 2011, Cuiabá, MT, BR). Trabalhos apresentados. Cuiabá, s.e. 1 disco compacto.

9. Charbonnier, G.; Nadal, N.; Lafluf, P. 2011. Efecto del tipo de boquilla y el volumen en las aplicaciones para control de enfermedades en trigo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 52 p.
10. Cogo, J. P. 2008. Determinação de resíduos de pesticidas em plantas de arroz empregando e modificado. Tesis Ing. Agr. Santa Maria, Brasil. Universidade Agromomia. 133 p.
11. Costa, A. G. F. 2003. Métodos para estimar perdas em pulverizações de herbicidas em pré-emergência. Tesis Ing. Agr. Sao Paulo, Brasil. Universidade Agronomia 53 p.
12. CP Productos. s.f. Fabricantes de boquillas de pulverización agrícola y válvulas de retención. Productos aéreos. (en línea). Arizona, EEUU. 3 p. Consultado 12 mar. 2013. Disponible en <http://www.cproductsinc.com>
13. Criadero Santa Rosa. s.f. Posicionamiento del cultivar RA 633. (en línea). Santa Fe, Argentina. s.p. Consultado 12 mar. 2013. Disponible en <http://www.criaderosantarosa.com.ar/index.php/productos/ra-633/>
14. Cunha, J. P. A.; Carvalho, W. P. A. 2010. Tecnología de aplicación de agroquímicos por vía aérea. Tecnología de Aplicación de Agroquímicos. 13: 158-167.
15. Da Cunha, J. P. A. R.; Farnese, A. C.; Olivet, J. J.; Villalba, J. 2011. Deposicao de calda pulverizada na cultura da soja promovida pela aplicação aérea e terrestre. Engineering Agricultural. 31(2): 343-351.
16. De Oliveira, M. A. P.; Antuniassi, U. R.; Siqueri, F. V.; Salvador, J. F.; DCavenaghi, A. L.; Velini, E. D.; Carbonari, C. A.; Ruas, J. M. 2008. Aplicação aérea de tebuconazole + benzimidazol com atomizadores rotativos para o controle da ferrugem da soja. In: Sintag - Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos (4º., 2008, Ribeirão Preto, SP, BR). Trabalhos apresentados. Ribeirão Preto, s.e. 1 disco compacto.

17. Díaz, M. 1996. Mancha parda del trigo causada por *pyrenophora tritici-repentis* (died.) drechs., estado perfecto de *drechslera tritici-repentis* (died.) shoem. In: Díaz, M. ed. Manejo de enfermedades en cereales de invierno y pasturas. Montevideo, INIA. pp. 63-78 (Serie Técnica no. 74).
18. Ettientot, A.; Ferrazzini, H. s.f. Análisis para determinar la calidad de una aplicación. (en línea). Montevideo, MGAP. 5 p. Consultado 30 jun. 2013. Disponible en [http://www.mgap.gub.uy/dgssaa/DivAnalisisDiagnostico/documentosDAYD/ANALISIS\\_DETERM\\_CALIDAD\\_AEROAPL.pdf](http://www.mgap.gub.uy/dgssaa/DivAnalisisDiagnostico/documentosDAYD/ANALISIS_DETERM_CALIDAD_AEROAPL.pdf)
19. Fiorini, M. V.; Velini, E. D.; Adegas, F. S. 2006. Averiguação das perdas por deriva nas pulverizações de agrotóxicos no norte do Paraná. In: Congreso Brasileiro da Ciencia das Plantas Daninhas (25<sup>o</sup>., 2006, Brasília, SP, BR). Trabalhos apresentados. Ribeirão Preto, s.e. 1 disco compacto.
20. Gepp, V. s.f. Manejo de enfermedades en cultivos orgánicos. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 12 p. Consultado 15 set. 2013. Disponible en [http://www.pv.fagro.edu.uy/cursos/pvh/DocsPVH/Manejo\\_enfermedadesPO.pdf](http://www.pv.fagro.edu.uy/cursos/pvh/DocsPVH/Manejo_enfermedadesPO.pdf)
21. Holownicki, R.; Doruchowski, G.; Swiechowski, W.; Jaeken, P. 2002. Methods of evaluation of spray deposit and coverage on artificial targets. (en línea). Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. 5: 6. Consultado 30 jun. 2013. Disponible en <http://www.ejpau.media.pl>
22. Igarzábal, D. 2008. Manejo de plagas en soja en situaciones de sequía. s.n.t. pp. 1-5 (Informe técnico no. 2).
23. Jadoski, S. O.; Maggi, M. F.; Schipanski, C. A.; Rezende, J. L.; Suchoronczek, A. 2009. Efeito de diferentes vazes e adjuvantes na pulverizacao aérea e terrestre da cultura do milho. Pesquisa Aplicada y Agrotecnologia. 2 (2): 7.
24. Leiva, P. D. s.f. Aviación agrícola, principios aerodinámicos de vuelo y tecnología de pulverización. (en línea). Pergamino, INTA. 5 p. Consultado 12 mar. 2013. Disponible en <http://www.flyclick.com.ar/PDF/AVIACION%20AGRICOLA.pdf>

25. \_\_\_\_\_. s.f. Calidad de aplicación de plaguicidas. (en línea). In: Jornada de Control Químico de Enfermedades del Trigo. (en línea). Pergamino, INTA. 15 p. Consultado 30 jun. 2013. Disponible en <http://www.argenpapa.com.ar/img/Calidad%20aplicaci%C3%B3n%20agqcos..pdf>
26. \_\_\_\_\_. 2008. Consideraciones generales en cuanto a la tecnología de aplicaciones de fungicidas. (en línea). Pergamino, INTA. 8 p. Consultado 12 mar. 2013. Disponible en [http://www.agroconsultasonline.com.ar/documento.html/Consideraciones%20generales%20en%20cuanto%20a%20la%20tecnolog%EDa%20de%20aplicaci%F3n%20de%20fungicidas%20\(2008\).pdf?op=d&documento\\_id=47](http://www.agroconsultasonline.com.ar/documento.html/Consideraciones%20generales%20en%20cuanto%20a%20la%20tecnolog%EDa%20de%20aplicaci%F3n%20de%20fungicidas%20(2008).pdf?op=d&documento_id=47)
27. \_\_\_\_\_. 2011. Pastillas para pulverización agrícola, su correcta selección y uso para una óptima calidad de aplicación. (en línea). Pergamino, INTA. 8 p. Consultado 12 mar. 2013. Disponible en <http://www.pregonagropecuario.com.ar/cat.php?txt=2521>
28. Lonardoni, L. 2011. Deriva dos produtos fitosanitarios - modelagem da dinâmica e Impacto ambiental. In: Sintag - Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos (5º, 2011, Cuiabá, MT). Trabalhos apresentados. Cuiabá, s.e. 1 disco compacto.
29. Masia, G.; Cid, R. 2010. Las boquillas de pulverización. Tecnología de Aplicación de Agroquímicos. 2: 78-87.
30. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2010. Anuario estadístico agropecuario. Montevideo. 240 p.
31. Nuyttens, D.; D'hoop, M.; De Blauwer, V.; Hermann, O.; Hubrechts, W.; Mestdagh, I.; Dekeyser, D. 2009. Drift- reducing nozzles and their biological efficacy. (en línea). Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences. 74(1): 47-55. Consultado 12 mar. 2013. Disponible en [http://www.irbab-kbivb.be/nl/publications/mechanization/drift\\_reducing\\_techniques\\_09\\_ISCP.pdf](http://www.irbab-kbivb.be/nl/publications/mechanization/drift_reducing_techniques_09_ISCP.pdf)
32. Olivet, J. J.; Zerbino, S. 2007. Tecnología de aplicación en el control de insectos en soja. In: Jornada de Cultivos de Verano (2007, La

Estanzuela, Colonia, UY). Memorias. Montevideo, INIA. pp. 33-43 (Actividades de Difusión no. 505).

33. Palladini, L. A.; Raetano, C. G.; Velini, E. D. 2005. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. *Scientia Agrícola*. 8: 440-445.
34. Pereira, W. 2011. Inovações tecnológicas Universidade Federal de Lavras - UFLA 2011. *In*: Sintag - Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos (5º, 2011, Cuiabá, MT, BR). Trabalhos apresentados. Cuiabá, s.e. 1 disco compacto.
35. Pinto, J. R.; Loeck, A. E.; de Souza, R. T.; Louzada, R. S. 2007. Estabilidade à exposição solar dos traçantes azul brilhante e amarelo tartrasina utilizados em estudos de deposição de pulverização. *Revista Brasileira Agrociência (Pelotas)*. 4: 105-107.
36. Rezende, D. T.; Raetano, C. G.; Pogetto, M. H. F. A. D.; Costa, S. I.; Vieira, B. C.; Mastria, G. 2011. Tracers extraction on different surface targets. *In*: Sintag - Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos (5º., 2011, Cuiabá, MT, BR). Trabalhos apresentados. Cuiabá, s.e. 1 disco compacto.
37. Sander, T.; Leiva, P. D.; Luna, M. s.f. Efecto de antievaporantes y volúmenes de aspersión para tratamientos aéreos con atomizadores rotativos. (en línea). Pergamino, INTA. 9 p. Consultado 15 abr. 2013. Disponible en <http://www.terraaviacao.com.br/pesquisa.pdf>.
38. Scramin, S.; Chaim, A.; Pessoa, M. C. P. ., Ferracini, V. L.; Antonio, P. L.; Alvarenga, N. 2002. Avaliação de bicos de pulverização de agrotóxicos na cultura do algodão. *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*. 3: 43 - 50.
39. Shepard, D.; Agnew, M.; Fidanza, M.; Kaminski, J.; Dant, L. 2006. Selecting nozzes for fungicide spray applications. (en línea). Pennsylvania, USA, s.e. 6 p. Consultado 12 mar. 2013. Disponible en [http://www.turf.uconn.edu/pdf/research/kaminski/gcm\\_74\\_83.pdf](http://www.turf.uconn.edu/pdf/research/kaminski/gcm_74_83.pdf).
40. Stoletniy, I. 2013. Tamaño de gota, volumen de aplicación y uso de adyuvantes en la deposición del pulverizado y el control de mancha amarilla causada por *Pyrenophora tritici-repentis* en trigo.

Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 50 p.

41. SYNGENTA. s.f. Calibración de los equipos de aplicación por pulverización. (en línea). México, D.F. s.p. Consultado 12 mar. 2013. Disponible en <http://www.syngenta.com.mx/equipos-aereos.aspx>.
42. TAMSA (Trabajos Aéreos Marismeños Sociedad Anónima, ES) s.f. Factores que afectan a las aplicaciones aéreas de productos (en línea). Sevilla. 2 p. Consultado 30 mar. 2013. Disponible en <http://www.tamsa.arrakis.es/factores.htm>
43. Teixeira, M. M. 2010. Estudio de la población de gotas de pulverización. Tecnología de Aplicación de Agroquímicos. 5: 9.
44. Thomas, W. E. 2005. Yield and physiological response of nontransgenic cotton to simulated glyphosate drift. Weed Technology. 7: 35-42.
45. Valverde. L. 2007. Abundancia y distribución de los huevos de las principales especies de lepidópteros noctuidos plagas en el cultivo de soja en Tucumán, Argentina. (en línea). Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas. 33 (2): 163-168. Consultado 30 ago. 2013. Disponible en [http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_Plagas/BSVP\\_33\\_02\\_163\\_168.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Plagas/BSVP_33_02_163_168.pdf).
46. Van De Zande, J. C.; Porskamp, H. A. J.; Holterman, H. J. 2002. Influence of reference nozzle choice on spray drift classification. In: International Advances in Pesticide Application (2002, Guildford, Surrey). Scientific papers. Wellesbourne, UK, Association of Applied Biologists. pp. 49-55 (Aspect of Applied Biology no. 66).
47. Villalba, J. 2007. Interferencia de boquillas y volúmenes de caldo en pulverizaciones de dos cultivares de soja. Tesis de Doctorado. Sao Paulo, Brasil. Universidad de Agronomía. 72 p.
48. \_\_\_\_\_.; Martins, D.; Rodrigues, A.; Cardoso, A. 2009. Depósitos del caldo de aspersión de distintos tipos de boquillas en dos cultivares de soja en el estadio. Agrociencia (México). 3: 465 – 473.

49. \_\_\_\_\_.; Hetz, E. 2010. Deriva de productos agroquímicos – efecto de las condiciones ambientales. Tecnología de Aplicación de Agroquímicos. 2: 27.