

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DEL TIPO DE BOQUILLA Y EL VOLUMEN EN LAS
APLICACIONES PARA CONTROL DE ENFERMEDADES EN TRIGO

por

Gonzalo CHARBONNIER BASCOU

Nicolás NADAL FIANDRA

Pedro Ignacio LAFLUF BEREZÁN

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2011

Tesis aprobada por:

Director: _____

Ing. Agr. Dra. Juana Villalba

Ing. Agr. Dr. Juan José Olivet

Ing. Agr. MSc. PhD. Carlos Pérez

Fecha: 13 de abril de 2011.

Autor: _____

Gonzalo Charbonnier Bascou

Bernardo Nicolás Nadal Fiandra

Pedro Ignacio Lafluf Berezán

AGRADECIMIENTOS

El grupo quiere agradecer al Sr. Eduardo Griffin, propietario del establecimiento "Los Charabones" y a los operarios quienes nos permitieron realizar el ensayo, de la misma forma que al Ing. Agr. Julio Irigoyen, responsable técnico del establecimiento.

También a Darío Fros y Francielle Rodrigues, quienes nos ayudaron en los trabajos realizados a campo, así como agradecemos a dos personas que colaboraron de forma ininterrumpida y que sin ellos no podríamos haber logrado el objetivo final, Washington Armand Pilon y la Dra. Ing. Agr. Juana Villalba.

Por último el grupo quiere agradecer también a las familias y amigos que a lo largo de la carrera estuvieron apoyando y ayudando para que pudiéramos cumplir con nuestros objetivos.

De forma particular Gonzalo y Pedro quieren además agradecer a su compañero Nicolás, quien con su mundo paralelo y su "inocencia" infantil nos regaló momentos de mucha alegría y desconcierto por no saber con quién estábamos conviviendo.

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 TASA DE APLICACIÓN.....	4
2.2 TIPO DE BOQUILLA.....	7
2.3 TAMAÑO DE GOTA.....	12
2.4 DESARROLLO DE LAS ENFERMEDADES.....	17
2.4.1 <i>Roya de la hoja (Puccinia triticina)</i>	17
2.4.2 <i>Mancha parda o amarilla (Pyrenophora tritici-repentis)</i>	20
2.5 ACCIÓN DE LOS FUNGICIDAS.....	21
3. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	23
3.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	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 TRIGO.....	25
3.5 DETERMINACIONES DE NIVEL DE ENFERMEDAD.....	26
3.6 DETERMINACIONES DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS DURANTE LA APLICACIÓN.....	26
3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	27

4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	30
4.1 ESTUDIO DE DEPOSICIÓN DEL TRAZADOR EN LAS HOJAS DE TRIGO	30
4.2 ESTUDIO DE DENSIDAD DE IMPACTOS EN HOJA DE TRIGO .	34
4.3 CONTROL DE ROYA DE LA HOJA (<i>Puccinia triticina</i>)	37
4.4 CONTROL DE MANCHA AMARILLA (<i>Pyrenophora tritici-repentis</i>)	41
5. <u>CONCLUSIONES</u>	44
6. <u>RESUMEN</u>	45
7. <u>SUMMARY</u>	46
8. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	47

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Descripción de los tratamientos	24
2. Condiciones meteorológicas promedio durante el experimento (Hora 10:30-11:20)	27
3. Anava para deposición de trazador en hojas de trigo	30
4. Anava para densidad de impactos en hoja	35
Figura No.	
1. Cantidad de trazador depositado en hojas para la variable tamaño de gota. MG (Muy gruesa); F (Fina)	31
2. Cantidad de trazador depositado en hojas para los 3 volúmenes evaluados	32
3. Cantidad de trazador depositado en hojas en los estratos superior y medio del cultivo para diferentes tamaños de gota	33
4. Efecto del volumen y tamaño de gota sobre la cantidad de trazador depositado en hoja	34
5. Densidad de impactos totales para 2 tamaños de gota con tres volúmenes distintos.....	36

6. Efecto del volumen de aplicación sobre el número de impactos en distintos estratos.....	37
7. Condiciones climáticas en el periodo experimental	38
8. Evolución de la severidad para roya de la hoja.....	39
9. Evolución de la severidad de roya sobre la hoja bandera.....	40
10. Evolución de la severidad para Mancha amarilla.....	42
11. Evolución de la severidad de mancha amarilla sobre la hoja bandera en función de los diferentes volúmenes y tamaños de gota	43

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos diez años la agricultura de nuestro país ha sufrido un fuerte proceso de expansión, debido principalmente a una evolución favorable de los precios agrícolas, y una mayor inversión en el sector, tanto nacional como extranjera.

El incremento del área agrícola desarrollado en nuestro país, pasando de 548.500 a 1.697.200 hectáreas sembradas desde la zafra 2002/03 a la zafra 2009/10 (URUGUAY. MGAP. DIEA, s.f.), fue acompañado de nuevas tecnologías de producción, las que se asemejan entre sí por el incremento del uso de productos fitosanitarios tales como fungicidas, insecticidas y herbicidas, aplicados mayoritariamente con equipos autopropulsados. Representativo de esto en el año 2002, la importación de estos productos representó 34 millones de dólares, ascendiendo a 185.6 millones en el año 2008 (URUGUAY. MGAP. DIEA, s.f.).

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 para mejorar la capacidad operativa, generando la posibilidad de que esas mismas maquinas realicen una mayor cantidad de área por unidad de tiempo. Es así que una de las alternativas que se plantea, es la aplicación de los distintos productos fitosanitarios utilizando menores volúmenes de agua. Esta tendencia, puede ser desfavorable desde el punto de vista de la cobertura a alcanzar sobre el objetivo, por ello que el tamaño de gota asociado a los volúmenes y tipos de boquillas adquieren relevancia en la búsqueda de lograr adecuadas eficiencias de control.

La utilización de bajos volúmenes de agua en las aplicaciones de fungicida, con alta eficiencia de control y que permitan una disminución de costos y aumento de la capacidad operativa fue el contexto en el cuál fue planteado este trabajo. El objetivo del mismo fue evaluar sobre un cultivo de trigo, distintas tecnologías de aplicación combinando tres volúmenes de aplicación (32.4, 60.7 y 102 L.ha⁻¹) y dos tamaños de gota (Fina y Muy gruesa) en la deposición del caldo de aplicación y la eficiencia del fungicida en el control de Roya de hoja y Mancha amarilla.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 TASA DE APLICACIÓN

En un relevamiento realizado por Olivet¹ en nuestro país, se encontró que las tasas de aplicación usadas son muy amplias, están en rangos de 50 a 150 L.ha⁻¹, aunque en el 75% de los casos se utilizan tasas de aplicación que van desde 70 a 110 L.ha⁻¹.

Por otra parte en otros países como Australia, el avance de la siembra directa conjuntamente con la escasez de agua de buena calidad, ha llevado a que se utilicen bajos volúmenes para la aplicación de productos fitosanitarios, en promedio se utilizan 40 L.ha⁻¹ a velocidad de aplicación de 16 km/h, alcanzando en algunos casos volúmenes menores a 17 L.ha⁻¹ a velocidades que superan los 28 km/h. La tendencia es aún seguir disminuyendo estos volúmenes de aplicación (Doyle, s.f.).

El volumen de agua utilizado influye en la capacidad operacional de la maquina pulverizadora, de esta forma a menor volumen de aplicación se logra mayor rendimiento con la misma capacidad del tanque.

Marochi, Schmidt, citados por Meneghetti (2006) encontraron que la tasa de aplicación de 100 L.ha⁻¹ en comparación con la de 300 L.ha⁻¹, permitía un ahorro de tiempo llevando a que se realizaran las aplicaciones en los horarios del día donde ocurrían las mejores condiciones para la fumigación.

Investigaciones sobre tecnologías de pulverización, llevadas a cabo por Halley et al. (2008) en la universidad de North Dakota demostraron que los

¹Olivet, J.J. s.f. Tecnología de aplicación de fitosanitarios en cultivos extensivos; informe final (sin publicar).

volúmenes de aplicación recomendados desde la década del 1990 para controlar fusariosis de la espiga (por encima de los 180 L.ha⁻¹), pueden reducirse a la mitad sin perder eficacia, o incluso mejorarla ya que se aumenta la concentración de ingrediente activo que contiene una gota. A esto se debe sumar la disminución en los costos, y el aumento de la eficiencia de aplicación que implica disminuir los volúmenes de pulverización.

El volumen de caldo aplicado está estrechamente relacionado con el objetivo a tratar y con la cantidad de impactos necesarios, lo cual está condicionado por el modo de acción del agroquímico utilizado (contacto o sistémico).

Cunha et al. (2006) mencionan que en general es de esperar que se produzca un aumento en la retención del pulverizado con el incremento del volumen aplicado por unidad de superficie. Sin embargo esto sería hasta cierto punto debido a que volúmenes demasiado elevados (mayores a 160 L.ha⁻¹) podrían no ser retenidos por la superficie foliar, y provocarían escurrimiento, lo cual no es deseado.

Sin embargo, Boller y Schlosser (2010) mencionan como medida de seguridad en aplicaciones terrestres, una tasa mínima de 150 L.ha⁻¹, menores volúmenes solo podrían ser utilizados en condiciones meteorológicas favorables y con equipos en óptimas condiciones y adecuadamente regulados.

Leiva (2006) en soja condujo varios ensayos con el objetivo de responder a interrogantes en aplicaciones terrestres y aéreas. Para condiciones de aplicaciones con temperaturas que oscilaron entre 34 y 36°C y humedad relativa entre 46 y 43% obtuvieron mayores coberturas de gotas, menor incidencia de enfermedades y mayor rinde cuando se usó el volumen más alto (150 L.ha⁻¹). Con este volumen, el promedio de impactos en el tercio medio del

canopeo osciló entre 170 y 75 gotas.cm⁻² para los extremos superior e inferior, respectivamente.

En trigo, Meneghetti (2006) menciona que para las aplicaciones de fungicidas, la utilización de bajos volúmenes de agua puede garantizar una buena cobertura en el objetivo, siempre y cuando las condiciones de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento sean adecuadas para su realización. En este sentido se mencionan como condiciones ideales, temperaturas entre 20-30°C, humedad relativa superior a 60% y también menciona como condición favorable la alta humedad en suelo.

Por otra parte Goddard (s.f.) no encontró diferencias significativas en el rendimiento en grano de trigos invernales cuando se compararon 50 y 100 L.ha⁻¹ de agua utilizando la boquilla de abanico plano para tratamientos de fungicidas corrientes. Lo mismo ocurrió cuando se trabajó con boquillas de aire inducido. De igual modo, concluyó que cuando los tratamientos de fungicidas se aplican a tiempo, los menores volúmenes de agua (50 L.ha⁻¹) no demostraron ser significativamente diferentes a las aplicaciones con 100 L.ha⁻¹. Sin embargo, cuando los tratamientos se realizaron fuera de los tiempos óptimos de control las parcelas en las que se utilizó menor volumen en promedio rindieron 12% menos en comparación con las aplicaciones de mayor volumen de caldo.

Si bien se sabe que los datos de campo son variables, los datos de los volúmenes más bajos (50 L.ha⁻¹) aparentaron (dentro de los límites de un experimento) mostrar una mayor variabilidad que el de los 100 L.ha⁻¹ (Goddard, s.f.).

Sin embargo en trabajos realizados en el INTA Oliveros, Massaro (2008) encontró que tanto para fungicidas como insecticidas, aplicaciones de 29 L.ha⁻¹ lograron obtener un nivel de cobertura suficiente (39 y 13 gotas.cm⁻², en hoja bandera y suelo respectivamente) si se toma como referencia el parámetro

que establece la FAO (30 a 40 gotas.cm⁻² para productos de acción por contacto).

Leiva (s.f.) mencionó que en evaluaciones realizadas en el INTA de Pergamino con equipos automotrices terrestres, para aplicaciones de Glifosato sobre soja RR, se utilizan entre 100 y 120 L.ha⁻¹ de caldo, obteniendo coberturas en la parte superior del canopeo de 60 a 75 impactos.cm⁻². El autor menciona que si se considera que existe un requerimiento mínimo de 30 gotas.cm⁻², serían suficientes entonces tan solo 50 L.ha⁻¹, por lo que concluye que se estarían utilizando volúmenes mayores a los necesarios. El mismo trabajo menciona que estudios realizados en Inglaterra demostraron que solamente el 25% del caldo asperjado llega al objetivo.

Los análisis de residuos de fungicidas aplicados en cultivos de soja en estadios reproductivos indican que los volúmenes de aspersion no tienen por qué afectar la cantidad de residuos de productos fitosanitarios en tejidos vegetales siempre y cuando el producto se aplique a una misma dosis. Pero sería de esperar que se logren mayores coberturas del follaje y mayor eficacia cuando se trabaja con volúmenes de aplicación superiores (Derksen et al., 2008). Los mismos autores encontraron que en general las aplicaciones con volúmenes superiores depositaron mayor cantidad de producto en las hojas del estrato medio del cultivo, esto se observó utilizando la boquilla XR8004 a 145 y 187 L.ha⁻¹, y el método de asistencia de aire Jacto con boquillas 11002 AXI a 93 y 145 L.ha⁻¹. Este efecto del volumen de pulverización no fue significativo para las hojas del estrato inferior.

Sikkema et al. (2008) estudiando la eficiencia de control de herbicidas en soja con 2 volúmenes de aplicación (100 y 200 L.ha⁻¹) encontraron que para bentazon y cloransulam-methyl no hubo efecto del volumen sobre el control de malezas, pero no sucedió lo mismo con otros herbicidas (fomesafen y

quizalofop-*p*-ethyl), donde se observaron diferencias dependiendo de la maleza. Otro resultado que fue contradictorio con los anteriores, fue para el glifosato, donde el efecto del volumen varió con el tipo de boquilla utilizado y con la especie de maleza evaluada.

2.2 TIPO DE BOQUILLA

Las boquillas tienen la función de determinar el caudal aplicado por hectárea, producir gotas de un tamaño determinado y proporcionar una adecuada distribución del líquido en toda la superficie bajo tratamiento. Estas tres características se resumen en cantidad, calidad y uniformidad de las aplicaciones; por lo tanto las boquillas son uno de los elementos más importantes para la aplicación de un agroquímico.

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 pastillas 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 ya obtenidos por manuales, tanto de presión de trabajo, variación de volumen y ángulo del abanico de pulverización.

Olivet¹ en un ensayo en el que compara distintos tipos de boquillas, menciona que las boquillas de aire inducido muestran un mayor tamaño de

mancha (en la tarjeta hidrosensible), pero un menor número de impactos y una menor superficie cubierta. En este mismo ensayo menciona además que la relación existente entre el tamaño de la mancha y el porcentaje de área cubierta es inversa.

Las boquillas de aire inducido (AI) son indicadas para aquellas situaciones donde se necesita tener un gran control de la deriva. Taylor et al., Lund, citados por Jensen (2002) comentan que la deriva producida por pastillas de aire inducido es significativamente menor que la producida por pastillas convencionales de abanico plano. La disminución de la deriva con el uso de pastillas de Aire inducido puede ser explicada por el mayor tamaño de gota producido por estas.

Respecto a estas boquillas Boller et al. (2010) mencionan que cuando se trata de aplicaciones de insecticidas y fungicidas, todavía existen dudas sobre el uso de éstas boquillas. En este mismo capítulo, el autor cita que en numerosos trabajos se ha demostrado que para fungicidas de acción sistémica las boquillas que producen gotas más finas generan mejores niveles de control que las boquillas con control de deriva.

Estudios preliminares sobre el efecto del tipo de boquilla en una amplia gama de cultivos y productos fitosanitarios 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).

En contraste con lo anterior Leiva (2006) utilizando fungicidas en soja encontró que los mayores rendimientos en grano se lograron utilizando cono hueco vs doble abanico plano. Aunque el doble abanico rango extendido superó la cobertura del cono hueco, los rendimientos resultaron superiores utilizando

cono hueco. Estos resultados señalan la importancia de utilizar esta variante, y sólo reemplazarlo por doble abanico plano cuando no resulta posible lograr una presión mínima de 490,33 kpa. Ya que en otros ensayos se demostró que el cono hueco trabajando con baja presión es superado por el doble abanico plano.

Cuando el mismo autor analizó el perfil de distribución de gotas a lo largo del canopeo y particularmente entre los extremos superior e inferior del último tercio, encontró que cuando se usó cono hueco se logró una relación de 4:1, mientras que con doble abanico plano la misma fue de 8:1. Esta mejor distribución de gotas con cono hueco, quizás sea la causa de su mejor respuesta en rendimiento.

Herrera (2008) en un ensayo realizado con herbicida determinó que las boquillas de abanico plano y las de cono hueco propician coberturas semejantes; las gotas formadas con las aplicaciones con boquillas de cono hueco son más propensas a la deriva que las producidas con las boquillas de abanico plano, especialmente cuando son usadas con bajos volúmenes de aplicación. En el mismo estudio el autor menciona que, el aumento del ángulo produce una superposición mayor en la deposición de la boquilla y por consiguiente en la uniformidad de la distribución de la pulverización. Cuando se comparan las boquillas, las de abanico cónico tienen una menor variación en el ángulo de abertura en función de la presión.

Zhu et al. (2004) trabajando en tres estadios del cultivo de maní con cuatro tipos de boquillas diferentes (abanico plano estándar, cono hueco, doble abanico plano y aire inducido) encontraron que la deposición de trazador en los diferentes estratos del canopeo se redujo desde la parte superior hacia la parte inferior del mismo para todos los tipos de boquilla. Esta diferencia fue más acentuada en la medida que el índice de área foliar se incrementó. Por otra

parte, durante las tres etapas de crecimiento se encontró que la boquilla de aire inducido produjo la media más alta de deposición de producto en los estratos inferiores, seguida por la boquilla de doble abanico plano, y seguida a continuación por la boquilla de cono hueco. La boquilla de abanico plano convencional fue la que tuvo peor desempeño para penetrar en el cultivo de maní.

Derksen et al. (2008) trabajando con soja encontraron que a un volumen constante de $145 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, los residuos de fungicida en las hojas del estrato inferior fueron significativamente mayores cuando se utilizó la boquilla de abanico plano XR8004 en contraste con la XR8005. Para el estrato medio no se observaron diferencias en cantidad de residuos cuando se trabajó con diferentes boquillas de abanico plano estándar (XR8002, XR8004, XR8005). Por otra parte los autores no obtuvieron buenos resultados respecto a cantidad de residuos en hojas inferiores cuando se utilizaron las boquillas de doble abanico (Turbo-Duo, Twin-Jet). La boquilla de cono hueco (TX-18) tuvo mayores dificultades para penetrar en el follaje, observándose menores valores de residuo, incluso en el estrato medio.

Derksen et al. (2008) durante 2005 y 2006 estudiaron diferentes tecnologías de pulverización (tipos de boquilla, abridor de canopeo, asistencia de aire) con el objetivo de evaluar la deposición de fungicidas e insecticidas en los diferentes estratos del cultivo de soja. Sin tener en cuenta la calidad del pulverizado, los autores combinando los resultados de dos años encontraron que a un mismo volumen de aplicación utilizado ($145 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$), el pulverizador marca Jacto con asistencia de aire y boquillas JA3 de cono hueco logró depositar mayores cantidades de producto en tallos del estrato medio, y en hojas del estrato inferior, en comparación con la boquilla XR8004 de abanico plano estándar. El abridor mecánico del canopeo fue utilizado solamente el primer año y para el mismo se encontraron significativamente mayores

cantidades de residuos en hojas del estrato medio en comparación con las demás alternativas (Jacto JA3, XR8004, XR8002, XR8005, Turbo-Duo, Twin-Jet, TX-18), no ocurrió lo mismo para los estratos inferiores.

Sikkema et al. (2008) compararon el comportamiento de boquillas de aire inducido y de abanico plano estándar en el control de malezas en soja con diferentes herbicidas (fomesafen, bentazon, glifosato, y cloransulam-methyl), los autores encontraron diferencias en el control de malezas, pero estas fueron muy dependientes de otros factores tales como especie de maleza, volumen de aplicación (100 y 200 L.ha⁻¹), y entre otros, dosis de principio activo.

En general, sean boquillas de abanico plano estándar o anti deriva los resultados respecto a la eficacia de control de *Triticum aestivum* y *Brassica napus*, indican que el control (con herbicidas de contacto) disminuye cuando los tamaños de gota son gruesos a medio-gruesos, ya que Jensen et al. (2001) observaron los mejores resultados tanto con boquillas anti-deriva con tamaño de gota medio como con las boquillas de abanico plano estándar de gota fina. Contrastando estos resultados, no se observaron diferencias entre ambos tipos de boquilla cuando se trabajó sobre el control de la maleza en estado cotiledonar. Por lo que se podría establecer que las boquillas anti-deriva pueden ser una buena alternativa para sustituir las convencionales de abanico plano y así disminuir riesgos de deriva de productos fitosanitarios.

Nuyttens et al. (2009) estudiaron durante 2007 y 2008 el efecto del tipo y tamaño de boquilla sobre la eficacia biológica del fungicida con caudales que variaron de 160 a 320 L.ha⁻¹. Entre los tres tipos boquillas (abanico plano, abanico plano anti-deriva, aire inducido) no se encontraron grandes diferencias en rendimiento a excepción de la boquilla Injet-11004 (aire inducido) que en el año 2007 mostró rendimientos en grano apenas por debajo, pero significativamente diferente a las demás. En ambos años, de las enfermedades

presentes, el tizón foliar presentó mayor importancia seguida por fusariosis de espiga y roya de la hoja. Al igual que en el rendimiento, no se detectaron diferencias entre las boquillas, excepto en el año 2008 donde Injet-11004 en tizón foliar, y abanico plano estándar en roya de la hoja, arrojaron diferencias en cuanto el nivel de enfermedad, los cuales fueron superiores.

Goddard (s.f.) trabajando en aplicaciones de fungicidas con dos volúmenes diferentes (50 y 100 L.ha⁻¹) sobre algunas variedades de trigo invernal y utilizando dos tipos de boquilla (aire inducido vs abanico plano) observó que los rendimientos en grano de cada tratamiento no mostraron diferencias significativas.

Contrariamente, Giese, citado por Jensen et al. (2001) encontró una tendencia negativa en la eficiencia de control de enfermedades mediante el uso de fungicidas sistémicos aplicados con boquillas de Aire inducido en comparación con las de abanico plano.

2.3 TAMAÑO DE GOTA

Existe una relación entre el tamaño y cobertura de gotas de manera que al reducir el diámetro a la mitad, el número de gotas se multiplica por 8, así, de una gota de 400 micras se obtienen 8 de 200. De esta manera una cobertura de 30 gotas.cm⁻² se puede lograr con un volumen de 5.3 L.ha⁻¹ asperjando gotas de 150 micras, o con 42 L.ha⁻¹ utilizando un tamaño de gotas de 300 micras. A su vez el tamaño de gota posee una relación inversa con la superficie evaporante cuando se considera un mismo volumen, por lo que al disminuirlo esta aumenta (IAC-Wageningen, citado por Leiva, s.f.).

Una forma de caracterizar la población de gotas es por medio de la dispersión en el tamaño de las mismas, lo cual da una idea de la heterogeneidad de la aplicación, de este modo, una dispersión igual a 1 indica

que no existen diferencias en cuanto al tamaño de las gotas. En este sentido Olivet¹ determinó que la mayor heterogeneidad en el tamaño de gotas fue logrado con una boquilla de aire inducido con ángulo de 110 y un caudal nominal de 0.15 galones.min⁻¹ (AI110015), y que la misma presentaba una dispersión casi tres veces mayor que la boquilla de abanico plano convencional. El autor resalta que la boquilla de abanico plano uniforme (TP 110015) presentó un porcentaje de área cubierta mayor que las boquillas XR 110015, DG 110015, TT 110015 y AI 110015, como consecuencia de un mayor número de manchas por cm².

La población de gotas producidas por las boquillas depende de la presión de trabajo, del tipo y del tamaño del orificio de salida de la boquilla. Gotas grandes generan una baja cobertura superficial y baja uniformidad de la distribución. Gotas pequeñas consiguen una uniformidad de distribución mayor mientras que pueden generar problemas de deriva (Figuereido et al., 2007).

Una de las razones principales por la cual la deriva es un problema, es la contaminación de que produce a zonas alejadas al sitio de aplicación. Partículas menores a 200 micras son consideradas altamente derivables (Bouse et al., Schulze et al., citados por Klein y Johnson, 2002). Las gotas producidas por las boquillas de la pulverizadora salen de esta a una velocidad dada, las gotas más pequeñas (menores a 200 micras), pierden este impulso más rápido que las de mayor tamaño y disminuyen su velocidad hasta alcanzar la velocidad final de la gota permitida por la aceleración de la gravedad; debido a su menor velocidad estas se encuentran mayor tiempo en el aire expuestas a otras fuerzas tales como el viento, pudiendo desplazar la gota a otro lugar fuera del objetivo (Klein y Johnson, 2002).

Zhu al igual que Ramos y Pino, citados por Menghetti (2006) coinciden en que gotas con tamaño menor a 50 micras quedan en el aire por tiempo indefinido o hasta su completa evaporación.

Herrera et al. (2008) mencionan que gotas menores a las 200 micras son potencialmente riesgosas para sufrir derivas, en este mismo trabajo los autores se refieren a que no existen valores indicativos del riesgo de deriva en una aplicación segura. En general, valores superiores al 15% del volumen pulverizado compuesto por gotas con diámetro inferior a 100 micras tienden a ser aplicaciones potencialmente más riesgosas para la generación de deriva.

Sin embargo Knoche, citado por Jensen (2002) comentó que las gotas pequeñas son consideradas biológicamente más efectivas que las gotas grandes cuando se está aplicando herbicidas foliares a volúmenes constantes de aplicación.

Bouse et al., citados por Klein y Johnson (2002) mencionan que tamaños de gotas mayores a 400 micras también significan un problema para la aplicación, ya que sostienen que gotas de este tamaño no se mantienen sobre la superficie de la planta, a la vez que proveen de una baja cobertura sobre el objetivo.

En este mismo sentido, Knoche, citado por Wolf (2002), mencionan que los estudios básicos demuestran que las mejores captaciones de producto y eficiencias del mismo se obtienen cuando el tamaño de gota es reducido.

Jensen et al. (2001) observaron que algunos de sus resultados de campo no coincidían con muchos reportes que indicaban mayor eficacia biológica a medida que disminuía el tamaño de gota, pero determinaron que muchos de esos trabajos eran hechos en condiciones de laboratorio, lo que llevó a que los autores establecieran que en condiciones de campo, en

condiciones reales, en muchos casos sea conveniente realizar una pulverización de gotas gruesas en el momento adecuado (realizar la aplicación a tiempo), y no esperar a que las condiciones climáticas sean adecuadas para permitir el pulverizado con gotas finas.

Afirmando estos conceptos, Christofolletti, citado por Meneghetti (2006) menciona que gotas de un mismo tamaño pueden tener comportamiento diferente cuando son evaluadas en diferentes condiciones ambientales.

Wolf (2002) argumenta que las gotas más pequeñas pierden importancia relativa en pulverizaciones de baja deriva, pero que el aporte de estas a la eficiencia del control está dado exclusivamente por la habilidad de redistribuirse dentro del canopeo y alcanzar las partes más sombreadas de la planta.

La homogeneidad de la aplicación está estrechamente relacionada con el tamaño de las gotas. El tamaño de gotas necesario para la aplicación a la vez es sumamente dependiente del modo de acción del producto a utilizar. Hay un consenso general que establece que para los productos de acción sistémica se necesita menos cantidad de impactos que para los productos de acción de contacto. De esta manera Ozeki y Kunz, citados por Meneghetti (2006) establecen que con 30 a 50 gotas.cm⁻² es una cobertura suficiente para productos sistémicos. Por otra parte, Christofolletti, citado por Meneghetti (2006) menciona que son suficientes 30 a 40 gotas.cm⁻², mientras que la FAO establece que para fungicidas e insecticidas de acción sistémica son necesarias entre 20 a 30 gotas.cm⁻², mientras que para productos de acción de contacto son necesarias entre 50 a 70 gotas.cm⁻² (Texeira, 2010).

En un estudio realizado en estadios reproductivos de soja Derksen et al. (2008) observaron que aplicando con una misma boquilla, de abanico plano, y un mismo volumen de aplicación (145 L.ha⁻¹), las gotas medias (321 micras)

permitieron más llegada de activo en comparación con las gotas finas (180 micras) y gruesas (384 micras). Incluso la gota gruesa proporcionada por la boquilla de doble abanico plano (TTJ60-11003) produjo mayor cantidad de depósitos que la de abanico plano estándar (XR8004) cuando se aplicó a 145 L.ha⁻¹. Por otra parte la boquilla de cono hueco (TX-18) que proporcionó gota fina, generó en promedio menos cantidad de residuo en planta en comparación con las boquillas de abanico plano.

Nuyttens et al. (2009) aplicando diversos productos fitosanitarios (fungicidas y herbicidas) y utilizando volúmenes entre 160 y 320 L.ha⁻¹ no encontraron diferencias significativas en el rendimiento de diferentes cultivos cuando se utilizaron en los tratamientos tamaños de gota que variaron de 270 a 580 micras, los mismos fueron proporcionados por diferentes boquillas de aire inducido y de abanico plano estándar.

Jensen et al. (2001) intentando controlar malezas dicotiledóneas y monocotiledóneas de invierno con glufosinato (herbicida de contacto), establecieron que al momento de comparar los diferentes tamaños de gota proporcionados por las diferentes boquillas utilizadas (anti-deriva y abanico plano estándar), los mejores resultados en el control de las malezas con 2-4 hojas fueron dados por las gotas finas y medias proporcionadas por boquillas de abanico plano estándar y anti-deriva respectivamente. Para ambos casos los volúmenes utilizados fueron superiores a los 100 L.ha⁻¹. Sin embargo no se observaron diferencias significativas entre tamaños de gota fina o gruesa cuando la maleza se encontraba en estado cotiledonar.

Halley et al. (2008) trabajando para mejorar los controles de fusariosis de la espiga en cereales de invierno, encontraron que las gotas que tuvieron un mejor comportamiento en la supresión de esta enfermedad fueron las de 300-350 comparadas a las de 200 y 400 micras. Los autores sostienen, entonces,

que las gotas que están en el rango de 300-350 micras de tamaño son lo suficientemente finas como para lograr una distribución uniforme en las espigas y suficientemente grandes como para resistir la deriva.

Para un mismo tipo de boquilla y una misma tasa de aplicación (100 L.ha⁻¹ a 6 km/h) los mejores resultados en control de *Erysiphe graminis* y *Septoria* spp. con fungicida (propiconazole + fenpropimorph), fueron obtenidos con las pulverizaciones de gotas medias y gruesas, en comparación con las pulverizaciones de gotas finas. En el mismo trabajo si bien el estudio de deposición de gotas mostró diferencias entre los experimentos, las eficacias de control resultaron ser similares entre las gotas de tamaño medio, medio-grueso (proporcionadas por las boquillas anti-deriva) y las gotas finas (proporcionadas por las boquillas de abanico plano estándar) (Jensen et al., 2001).

2.4 DESARROLLO DE LAS ENFERMEDADES

2.4.1 Roya de la hoja (*Puccinia triticina*)

Es una de las enfermedades más importantes del cultivo en Uruguay y en la región (Argentina, Brasil, Chile, Paraguay), por causar epidemias generalizadas anualmente (Germán, citado por Germán et al., 2010).

Germán, citado por Germán et al. (2010) mencionan que las condiciones climáticas favorables que ocurren en la región y al alto porcentaje del área nacional y regional que se siembra con cultivares de comportamiento intermedio a susceptible llevan a que se observen altos niveles de enfermedad. También mencionan que la severidad de las epidemias se incrementa cuando la temperatura durante el invierno es superior al promedio histórico.

Cuando ocurren epidemias severas las pérdidas de rendimiento en grano pueden ser superiores al 50%, y la calidad molinera y panadera también puede verse afectada (Germán, citado por Germán et al., 2010).

En la medida que la enfermedad se inicia antes en el ciclo del cultivo las pérdidas en rendimiento son mayores pudiendo alcanzar valores de hasta 60 %, mientras que cuando se inicia relativamente tarde este valor se sitúa alrededor de 28 % variando según el cultivar. Por otra parte German (1996) menciona que el daño es mayor cuanto más acelerado es el progreso de la enfermedad ya que se alcanza un nivel de enfermedad mayor antes en el tiempo.

Esta enfermedad provoca pérdida de agua por ruptura de la epidermis, a lo que se le suma remoción de nutrientes y agua para la producción de micelio y esporas, también hay pérdida de área fotosintética y en infecciones tempranas puede afectarse el desarrollo radicular, todo esto resulta en una menor disponibilidad de recursos para la producción de granos afectándose el número y el tamaño de los mismos (German, 1996).

Puccinia triticina produce lesiones pequeñas y ovales color herrumbre en las hojas, pudiendo también afectar vainas cuando las condiciones para el desarrollo de las enfermedades son muy favorables. Las lesiones visibles corresponden a estructuras de fructificación (uredosoros) que contienen las esporas asexuales (uredosporas) por las cuales el hongo se disemina en las condiciones de Uruguay. Hacia la madurez del cultivo en las mismas lesiones se pueden producir esporas de color negro denominadas teliosporas, pero que no tienen importancia epidemiológica ya que infectan solamente especies vegetales que no existen en nuestro país, ni en toda Latinoamérica (German, 1996).

Para infectar las uredosporas requieren de 4 a 6 horas de agua libre cuando la temperatura varía entre 15 y 25°C, y aproximadamente 10 horas cuando la temperatura es de 10°C, por lo que a mayor período de mojado, mayor eficiencia de infección (Reis y Barcellos, citados por German, 1996).

El desarrollo de la enfermedad es rápido entre 10 y 30°C teniendo un óptimo que se ubica en torno a 20°C, un máximo de 32°C, un mínimo de 2°C para la germinación de esporas y crecimiento del micelio y de 10°C para la penetración y esporulación (German, 1996).

La enfermedad comienza cuando el inoculo primario produce las primeras infecciones, el mismo puede ser local como es el caso de las plantas guachas de trigo que sobreviven al verano, o externo ya que el inóculo se transporta por aire a largas distancias (mayores a 1000 kilómetros); esta característica de dispersión de la spora hace que estos inicios sean de forma uniforme en la chacra. Las fuentes de inoculo local generalmente provocan epidemias más temprano en el tiempo. Luego de las infecciones primarias se dan sucesivos ciclos secundarios que determinan un aumento en el nivel de enfermedad.

Cada ciclo del patógeno dura entre 7 y 10 días según las condiciones predisponentes para el desarrollo, esto sumado a la alta producción de esporas (3000 por día durante 20 días por cada lesión de tipo susceptible) da una idea de la gran capacidad de avance que tiene esta enfermedad sobre un huésped susceptible cuando las condiciones son favorables. En siembras normales de mediados de mayo a julio generalmente el desarrollo en estadios iniciales es lento llegándose con poca disponibilidad de inoculo a la primavera, momento en el cual de desarrollo de la enfermedad se acelera por incrementos en las temperaturas. Las temperaturas durante el otoño pueden no ser limitantes para el desarrollo de la enfermedad por lo que en siembras tempranas de marzo y abril pueden darse ciclos primarios y secundarios en estadios tempranos del cultivo. Las bajas temperaturas del invierno frenan la enfermedad pero en primavera el desarrollo se acelera, en estos casos a diferencia de las siembras normales, se llega a la primavera con un nivel de inoculo superior, lo que puede provocar un incremento más rápido de la enfermedad (German, 1996).

2.4.2 Mancha parda o amarilla (*Pyrenophora tritici-repentis*)

Kohli, citado por Díaz (2010) indican que la enfermedad comienza a adquirir importancia en la región de América del Sur a comienzos de la década de 1980 y que el nivel de pérdidas ocasionado en Paraguay y Argentina a principio de los '90 fluctuó entre el 20 y el 70%.

La mancha amarilla a partir del año 1990 con excepción del año 1992 ha sido la mancha predominante al norte del país. Esta enfermedad se restringe a zonas trigueras templadas y húmedas pudiendo causar pérdidas de rendimiento que oscilan de 3 a 84 %. El aumento de la incidencia y la severidad de la enfermedad, son explicados por los cambios en las prácticas culturales (prácticas de conservación de suelos incluyendo rastrojos, mínimo y cero laboreo), los cultivares utilizados y por el aumento en el reconocimiento del hongo y la enfermedad (Díaz, 2010).

Los síntomas más comunes se presentan como una mancha ovalada con halo clorótico, interior tostado o pardo y centro oscuro, aunque la interacción de diferentes cultivares de trigo con distintos aislamientos puede dar otra gama de síntomas (Díaz, 1996).

El hongo sobrevive el verano en la paja de trigo como pseudoperitecio, conidio y micelio. En otoño las ascosporas son liberadas de las ascas y junto con los conidios y el micelios constituyen la principal fuente de inóculo primario. El rol de hospederos como fuente de inóculo es muy discutido, ya que de 24 hospederos reportados, 6 se encuentran en Uruguay, otros 6 no están presente y 12 solo se encuentra el género, por lo que la semilla es la principal fuente de diseminación para el patógeno (Díaz, 2010).

Los niveles de infección están relacionados a la duración del periodo de mojado de los tejidos verdes de la hoja y a la reacción del huésped. La espóra

(ya sea conidio o ascospora) germina formando un tubo germinativo y apresorio. Mediante el apresorio, el hongo logra penetrar a una de las células epidérmicas y forma una vesícula. Una hifa secundaria crece desde la vesícula hacia los espacios intercelulares del mesófilo. El micelio se expande en el mesófilo y la lesión se desarrolla. El número de lesiones es bajo si la duración del periodo de mojado no supera las 6 horas y 10, 20 y 30°C; pasan a ser más alto cuando llega a las 24 horas de mojado a todas las temperaturas ya mencionadas (Díaz, 1996).

La autora 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. Los conidios no pueden ser diseminados por el viento a largas distancias debido a su peso. Los conidios de las lesiones viejas producen infecciones secundarias.

La temperatura óptima para el desarrollo de esta enfermedad oscila entre los 19 y 22°C con un rango de 10 a 31°C. La humedad relativa alta es favorable y las lluvias no son tan importantes en el proceso de dispersión en comparación con otras enfermedades como *Septoria* ya que en el caso de *Pyrenophora tritici-repentis* también están presentes las esporas sexuadas transmitidas por el viento. Lluvias frecuentes y prolongados periodos frescos y húmedos favorecen el desarrollo de la enfermedad (Díaz, 1996).

2.5 ACCIÓN DE LOS FUNGICIDAS

El producto Eminent Pro es un fungicida sistémico compuesto por un benzimidazol (Carbendazim 15 % P/V) y un triazol (Tetraconazole 12,5 % P/V), comercializado en Uruguay por la empresa Lage. Actúa sobre los estados vegetativos del hongo patógeno, tanto en el interior como en el exterior de la planta huésped, a través del bloqueo de las biosíntesis del ergosterol (triazol) y

la inhibición del metabolismo de los ácidos nucleicos y síntesis de proteína (benzimidazol). Es un fungicida de amplio espectro con acción preventiva, curativa y erradicante. El mismo se presenta en una formulación de suspensión emulsionable. Se usa en cultivos de trigo y cebada, a dosis de 0,600 a 0,800 L.ha⁻¹ para el control de roya de la hoja, oidio y manchas foliares. Se recomienda en aplicaciones terrestres usar volúmenes de caldo de 100 a 120 L.ha⁻¹ (LAGE, 2011).

Evaluaciones de diferentes fungicidas sobre el control de roya de la hoja, llevadas a cabo por INIA, en el 2005, determinaron que la eficiencia de control del producto Eminent-Pro varió entre 58 y 74% para las dosis de 0,6 y 1 L.ha⁻¹ respectivamente. La eficiencia de control de la dosis más alta fue similar a la lograda por el producto Folicur (Tebuconazol) aplicado a una dosis de 0,45 L.ha⁻¹. Por otra parte el desarrollo de la enfermedad (mostrado por el área debajo de la curva de progreso de la enfermedad), fue menor y significativamente diferente al testigo sin tratar.²

En otros ensayos el producto Eminent-Pro aplicado a una dosis de 0.4 L.ha⁻¹, también mostró una adecuada capacidad para controlar tanto roya de la hoja (*Puccinia triticina*) como mancha marrón (*Bipolaris sorokiniana*), sin mostrar diferencias respecto a una dosis de 0.45 L.ha⁻¹ de Tebuconazol. El mejor control sobre estas enfermedades se logró cuando a la misma dosis de Eminent-Pro se le agregó Carbendazim³.

² Díaz, M. 2005. Evaluación de fungicidas para el control de roya de hoja en trigo (sin publicar).

³ Mazzilli, S.; Hoffman, E.; Gonzalez, N. 2008. Evaluación de Eminent-Pro, para el control de enfermedades en trigo (sin publicar).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se realizó en un cultivo comercial de trigo ubicado en el establecimiento "Los Charabones", propiedad de Eduardo Griffin. La empresa se encuentra ubicada en el Departamento de Paysandú.

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

El cultivar de trigo era Baguette 18, sembrado el día 5 de Mayo con 100 kg de semilla.ha⁻¹. Según los resultados experimentales de la evaluación de cultivares realizada por INIA, este cultivar presenta susceptibilidad intermedia-alta frente a mancha amarilla y alta a roya de la hoja (Castro et al., 2008).

3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

El diseño utilizado fue de bloques completamente al azar con un arreglo factorial de tratamientos con 2 repeticiones, los cuales combinaron 3 volúmenes de aplicación y 2 tamaños de gota.

Los tratamientos correspondieron a los 3 volúmenes de caldo: 32.4, 60.7 y 102 L.ha⁻¹ y dos tamaños de gotas: Fina y Muy Gruesa (según Norma ASAE S 572). Las condiciones operativas que se emplearon para lograr estos tratamientos se detallan en el Cuadro 1.

El tamaño de las parcelas fue de 14 m de ancho por 50 m de largo.

Cuadro No. 1: Descripción de los tratamientos

Trat	Vol. (L.ha ⁻¹)	T.G.*	Boq.	Ang.	Caudal (L.min ⁻¹ a 280 kPa)	Vel. (km.h ⁻¹)	Presión (kPa)
1	32.4	Muy Gruesa (375- 450 micras)	AI	110°	0,567	20	250
2	60.7				0,756	18	400
3	102				1,134	16	400
4	32.4	Fina (100- 175 micras)	TXA	80°	0,567	20	250
5	60.7				0.756	18	400
6	102				1.134	16	400

Según norma ASAE S 572.

Todos los valores son tomados de Catálogo Teejet.; Trat.: Tratamiento, Vol.: Volumen, T.G.: tamaño de gota, Boq: Boquilla, Ang: Angulo, Vel: Velocidad.

Para los distintos tratamientos se utilizaron dos tipos de boquilla, una de Aire Inducido (AI) y otra de Cono Hueco (TXA). Así con los dos tipos de boquillas se obtuvieron los dos tamaños de gotas, mientras que con la velocidad y la presión utilizada se regularon los caudales que se aplicaron en cada tratamiento.

3.3 METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN

La aplicación fue realizada el 07/09/2010, al momento que el trigo se encontraba en estado de Z 39 (escala Zadoks) y con 600 tallos productivos.m⁻². La aplicación se realizó con un equipo pulverizador terrestre autopropulsado marca Caimán SP 3228, con un ancho operativo de 27.5m, con una distancia entre boquillas de 0.52m, con una capacidad de 3200 litros en el tanque.

Los diferentes tratamientos fueron evaluados con la aplicación del fungicida "Eminent Pro" (Carbendazim + Tetraconazole) a una dosis de 0.5 L.ha⁻¹ de producto comercial. Al caldo se le agregó un corrector de pH, de nombre comercial Sporekill, a una dosis de 0,12 kg.L⁻¹. Además se adicionó al caldo el trazador fluorescente Blankophor BA 267%® (LANXESS AG, Leverkusen, Germany) a razón de 1% del caldo para la cuantificación de la cantidad de pulverizado en las hojas de trigo.

Posterior a la aplicación de los tratamientos y luego de un período de espera de dos horas 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.

3.4 DETERMINACIONES DE LA DEPOSICIÓN SOBRE LAS HOJAS DE TRIGO

Se colectaron 30 hojas por estrato de planta, medio y superior para la cuantificación de la cantidad de producto. Las hojas fueron colectadas individualmente en bolsas de polietileno previamente identificadas y llevadas al laboratorio donde fueron lavadas con agua destilada (25 mL). La solución resultante fue almacenada para la determinación de fluorescencia en un espectrofluorómetro marca Shimadzu RF-150.1X, a una longitud de onda de 330 - 430 nm (excitación y emisión).

La realización de las curvas de calibración con concentraciones de trazador conocidas en el espectrofluorómetro permitió ajustar los datos obtenidos y estimar cantidades de depósitos por área de cada hoja que se expresaron en $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$. Las hojas fueron medidas en largo y ancho, con el producto de estos parámetros y usando el coeficiente 0.75, se estimó el área foliar que permitió expresar la cantidad de trazador por cm^{-2} .

Por otra parte se colectaron 10 hojas (5 estrato medio y 5 estrato superior) por parcela para realizar la estimación de densidad de impactos. El conteo de los impactos (no. de gotas.cm⁻²) se realizaron por intermedio de luz negra y una lupa, aprovechando la fluorescencia del marcador utilizado, el conteo se realizó sumando el número de impactos obtenidos tanto en el haz como en el envés de las hojas y se usó el parámetro de densidad de impactos totales.

3.5 DETERMINACIONES DE NIVEL DE ENFERMEDAD

Previo a la realización del ensayo, se realizó la lectura de la enfermedad del cultivo, la misma consistió en la determinación de las enfermedades presentes a través de la lectura de severidad en hoja (%), esta lectura se realizó el día 06/09/2010.

Las enfermedades presentes en el cultivo fueron Mancha amarilla (*Pyrenophora tritici-repentis*) y roya de la hoja (*Puccinia triticina*). Para determinar el % de severidad de cada enfermedad se realizaron 3 estaciones de monitoreo por parcela, donde en cada una de ellas se tomaron 4 plantas al azar y la lectura se hacía sobre las hojas del tallo principal.

Las evaluaciones posteriores fueron realizadas el 23/09 y 06/10, utilizando la misma metodología, de forma de estimar la evolución de las enfermedades.

3.6 DETERMINACIONES DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS DURANTE LA APLICACIÓN

Al inicio de cada tratamiento se midió la temperatura ambiente, la humedad relativa y la velocidad del viento (Cuadro No. 2).

Cuadro No. 2: Condiciones meteorológicas promedio durante el experimento (Hora 10:30- 11:20)

Temperatura (°C)	HR (%)	Viento (km.h ⁻¹)
19.6	65	2

3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables deposición del trazador y densidad de impactos fueron analizadas tomando en cuenta el factorial. El modelo usado en forma general:

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_k + L_i + H_j + N_l + (LH)_{ij} + (LN)_{il} + (HN)_{jl} + (LHN)_{ijl} + \epsilon_{ijkl}$$

Y_{ijk} = Variable aleatoria observable

μ = Media general.

β_k = efecto del k-ésimo bloque

L_i = Efecto del i-ésimo volumen

H_j = Efecto del j-ésimo tamaño de gota

N_l = Efecto del l-ésimo estrato

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

$(LN)_{il}$ = Interacción entre volumen y estrato

$(HN)_{jm}$ = Interacción entre tamaño de gota y estrato

$(NLH)_{ijl}$ = interacción triple entre volumen, tamaño de gota y estrato

ϵ_{ijkl} = Error experimental

Se usó el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS. Las medias de los efectos significativos fueron comparadas usando el test de Tukey.

La variable severidad de enfermedad analizada ajustando un modelo de medidas repetidas en el tiempo. El modelo estadístico tuvo la siguiente forma general.

$$Y_{ijklm} = \mu + \beta_k + L_i + G_j + H_m + N_l + (LH)_{im} + (LN)_{il} + (HN)_{ml} + (LHN)_{iml} + D_n(H_m) + D_n((GH)_{jm}) + D_n((LH)_{im}) + D_n((G \times L \times H)_{jim}) + \epsilon_{ijklm}$$

Y_{ijklm} = Variable aleatoria observable

μ = Media general.

β_k = efecto del k-ésimo bloque

L_i = Efecto del i-ésimo volumen

G_j = Efecto del j-ésimo tamaño de gota

H_m = Efecto del m-ésima hoja

N_l = Efecto del l-ésimo estrato

$(LH)_{im}$ = Interacción entre volumen y hoja

$(LN)_{il}$ = Interacción entre volumen y estrato

$(HN)_{ml}$ = Interacción entre hoja y estrato

$(LHN)_{iml}$ = Interacción triple entre volumen, hoja y estrato

$D_n(H_m)$ = es el efecto del m-ésimo día dentro de la hoja

$D_n((GH)_{jm})$ = es el efecto del m-ésimo día dentro tamaño de gota y hoja

$D_n ((LH)_{im})$ = es el efecto del m-ésimo día dentro de volumen y hoja

$D_m ((GxLxH)_{jim})$ = es el efecto del m-ésimo día dentro de tamaño de gota, volumen y hoja

ϵ_{kijmIn} = Error de la medida repetida

Se usó el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS. La autocorrelación entre mediciones repetidas fue estimada según un modelo autorregresivos de orden 1. Las medias de los efectos significativos fueron comparadas usando el test de Tukey. Para todos los análisis se utilizó nivel de significancia de 0.05.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ESTUDIO DE DEPOSICIÓN DEL TRAZADOR EN LAS HOJAS DE TRIGO

El análisis estadístico de la cantidad de trazador depositado sobre las hojas del cultivo de trigo, considerando los factores tamaño de gota, volumen y estrato, no detectó diferencias significativas para cada variable en particular, ni para las diferentes interacciones posibles (Cuadro No. 3).

Cuadro No. 3: Anava para deposición de trazador en hojas de trigo

	Pr > F
Tamaño de gota (TG)	0.2568
Volumen (Vol.)	0.2241
TG*Vol.	0.9739
Estrato (Est.)	0.5768
TG*Est.	0.7575
Vol.*Est.	0.5869
TG*Vol.*Est.	0.6124

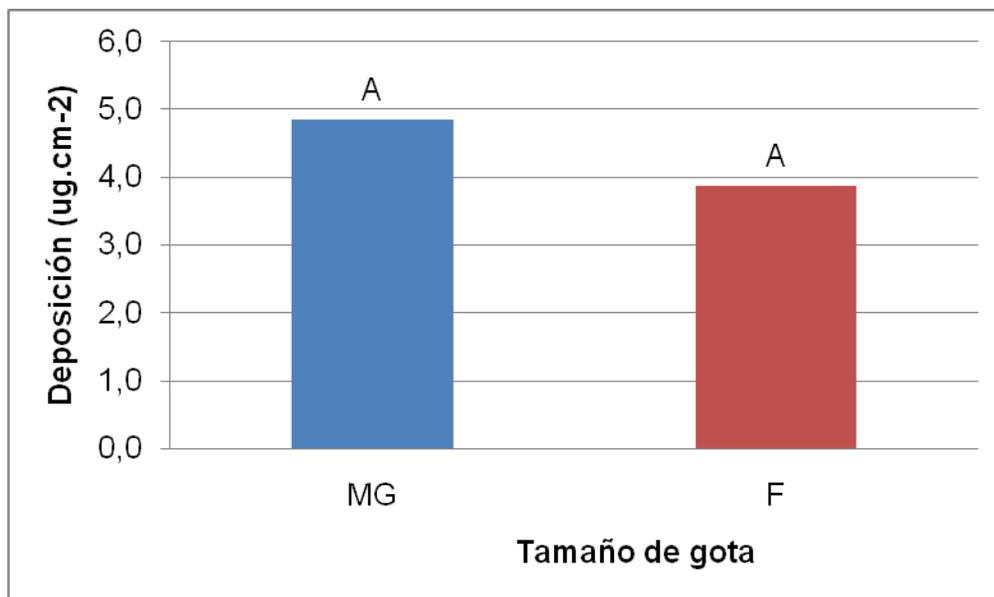
En lo que refiere a los diferentes tamaños de gota utilizados, las diferencias no fueron significativas. La menor deposición cuando se trabajó con gotas finas proporcionadas por las boquillas de cono hueco (Figura No. 1) podría explicarse por su mayor potencial de deriva. Aun cuando las condiciones climáticas del experimento no fueron propicias para la ocurrencia de deriva por viento, dado que el valor máximo de velocidad del viento fue de 5.15 km.h⁻¹.

La tendencia de mayor deposición de las gotas gruesas no es coincidente con datos de bibliografía. Bouse et al., citados por Klein y Johnson (2002) mencionan que estas gotas (mayores a 400 micras) tienen mayor capacidad de escurrimiento y por tanto menor retención en la planta.

Trabajando en este sentido Derksen et al. (2008) para soja en estadios reproductivos encontró los mejores valores de deposición utilizando gotas

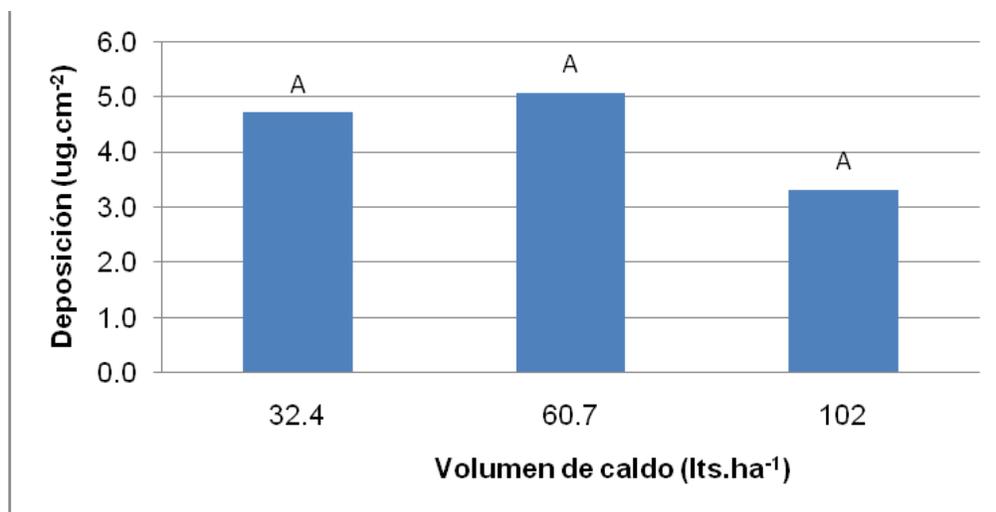
medias en comparación con las gotas finas y gruesas, lo que genera cierta interrogante ya que este tamaño de gota no fue evaluado en este estudio.

Figura No. 1: Cantidad de trazador depositado en hojas para la variable tamaño de gota. MG (Muy gruesa); F (Fina)



Por otra parte la variable volumen de caldo aplicado por hectárea tampoco mostró diferencias estadísticamente significativas, pero en este caso contrariamente a lo esperado el mayor volumen (102 L.ha^{-1}) obtuvo aproximadamente 35% menos deposición respecto al volumen intermedio (60.7 L.ha^{-1}), y 30% menos respecto al menor volumen utilizado (32.4 L.ha^{-1}) (Figura No. 2). Como fue mencionado anteriormente esta menor deposición observada en los tratamientos de mayor volumen podría ser explicada por pérdidas generadas por escurrimiento desde las hojas del cultivo hacia el suelo cuando se utilizan volúmenes elevados (Cunha et al., 2006).

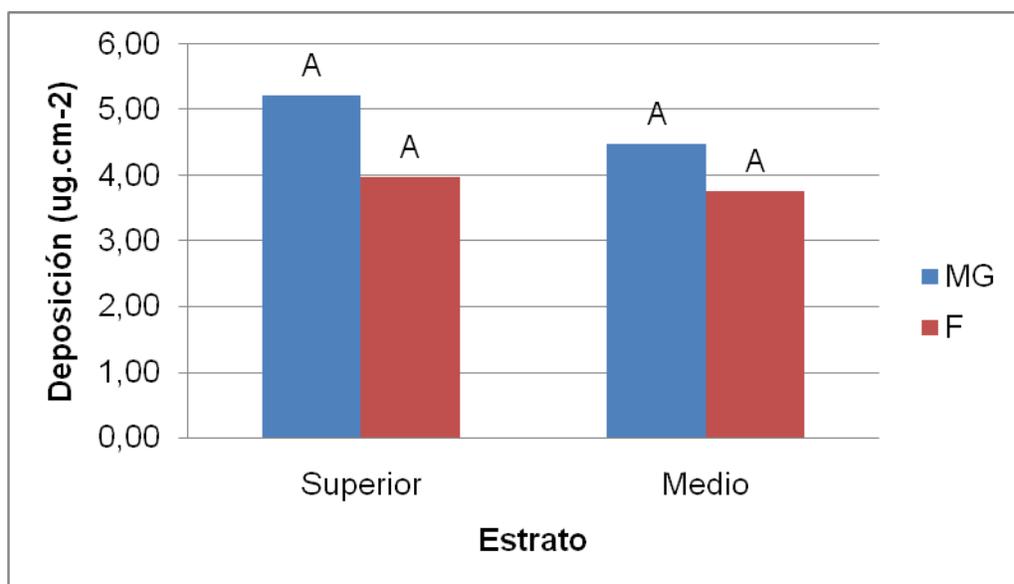
Figura No. 2: Cantidad de trazador depositado en hojas para los 3 volúmenes evaluados



Por último, los diferentes estratos (superior y medio) no afectaron la cantidad de producto depositado sobre las hojas. Coincidentemente, Stoletniy et al. (2010) en cultivo de trigo y con igual metodología a la utilizada en el presente trabajo, tampoco encontraron diferencias en la deposición sobre los diferentes estratos en la planta, lo que posiblemente sea explicado por la estructura del canopeo de la especie, la cual permite mayor penetración hacia estratos inferiores. Estas observaciones difieren de las realizadas por Zhu et al. (2004), quienes en un trabajo en el cultivo de maní observaron que la deposición de trazador para los diferentes estratos se redujo de la parte superior hacia la parte inferior del mismo para todos los tipos de boquilla. Similares resultados también en especie dicotiledónea fueron encontrados por Villalba et al. (2009), donde la deposición en el estrato inferior de soja fue un tercio de la colectada en el estrato superior.

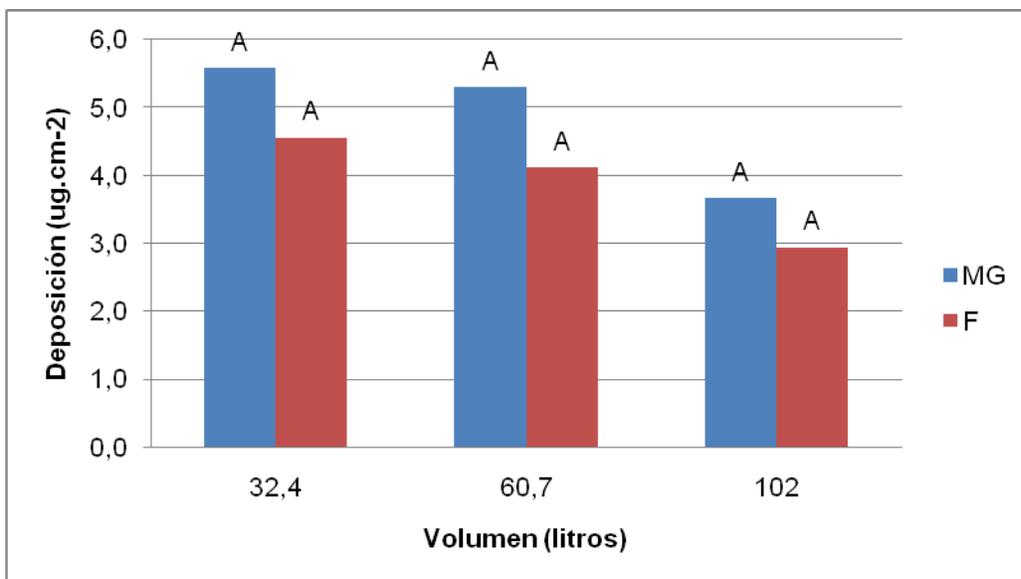
En la figura No. 3 se observa que los menores tamaños de gota alcanzaron en menor proporción los estratos medios en contraste con la gota muy gruesa, esto coincide con los trabajos realizados por Derksen et al. (2008) quienes demostraron que para el cultivo de soja la boquilla de cono hueco (TX 18) fue la que tuvo mayores dificultades para penetrar en el follaje en comparación con otras alternativas, lo que acompaña el sentido de la leve tendencia observada.

Figura No. 3: Cantidad de trazador depositado en hojas en los estratos superior y medio del cultivo para diferentes tamaños de gota



A pesar que no hubo efectos de la doble interacción, se presentan los resultados en la Figura No. 4. En la misma se observa que para todos los volúmenes el tamaño de gota fina determinó menor deposición en las hojas de trigo reafirmando lo observado en la figura No 3.

Figura No. 4: Efecto del volumen y tamaño de gota sobre la cantidad de trazador depositado en hoja



4.2 ESTUDIO DE DENSIDAD DE IMPACTOS EN HOJA DE TRIGO

La densidad de impactos obtenida por los diferentes tamaños de gota presentó diferencias significativas al igual que se obtuvo diferencias para los distintos volúmenes de aplicación, la interacción entre estos factores y la interacción entre volumen y estrato (Cuadro No 4). A pesar de existir diferencias entre algunos tratamientos, es de destacar que ninguno de los tratamientos alcanzó el número mínimo de impactos necesario según las recomendaciones bibliográficas de Texeira (2010) para garantizar una buena cobertura del fungicida que permita un buen control biológico.

Cuadro No. 4: Anava para densidad de impactos en hoja

	Pr > F
Tamaño de gota (TG)	<.0001
Volumen (Vol.)	<.0001
TG*Vol.	0.0071
Estrato (Est.)	0.9927
TG*Est.	0.0940
Vol.*Est.	0.0471
TG*Vol.*Est.	0.0836

Cabe destacar, que esos valores de referencia son estimados en papeles hidrosensibles y para nuestra metodología pueden existir diferencias; primero porque el objetivo fue la propia hoja de trigo y segundo, porque la observación no haya sido capaz de identificar los impactos más pequeños. Por ello creemos que no es factible comparar los impactos observados sobre las hojas con estándares obtenidos sobre las tarjetas hidrosensibles.

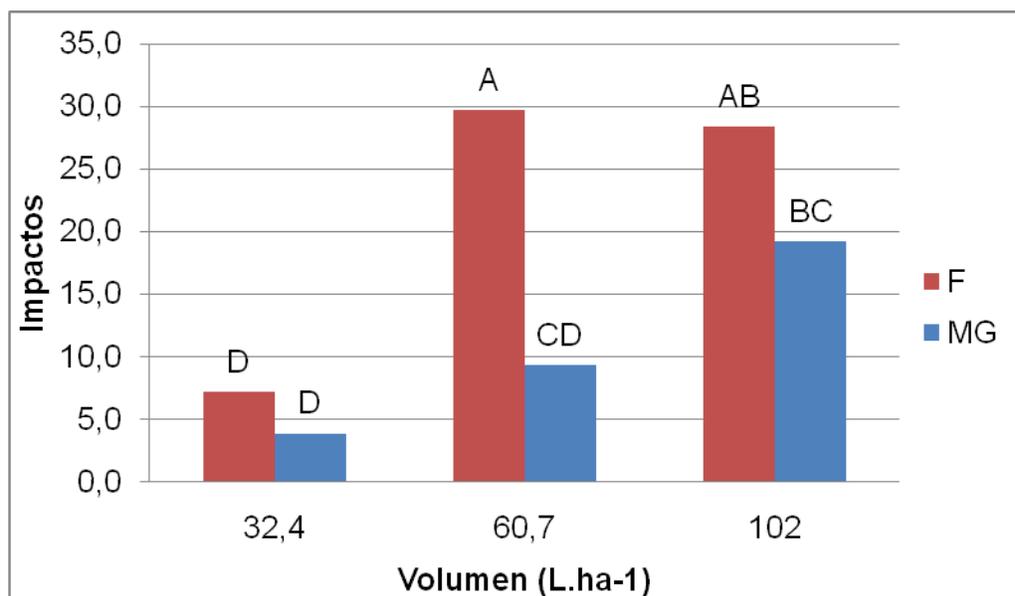
Los tratamientos con gota fina presentaron en todos los casos más impactos en contraste con los de gota muy gruesa a un mismo volumen (Figura No. 5), posiblemente debido al mayor número de gotas que se forman cuando se disminuye el tamaño de gota.

Al reducir el diámetro de la gota a la mitad, el número de las mismas se multiplica por 8, lo que podría explicar los resultados obtenidos en el experimento.

En la figura No. 5 se observa que el menor volumen ($32.4 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$) independientemente del tamaño de gota, determinó, aproximadamente, un 83 % menos impactos que cuando se utilizó gota fina con volumen de $60.7 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ (mejor resultado), lo que indica que el tamaño de gota adquiere poca relevancia

en el número de impactos cuando el volumen de aplicación es muy bajo. Esto contrasta con Massaro (2008) que usando tarjetas hidrosensibles, obtuvo coberturas suficientes ($39 \text{ impactos.cm}^{-2}$ en hoja bandera) con volúmenes de aplicación de 29 L.ha^{-1} . Por otra parte, cuando se analiza el resultado obtenido con 102 L.ha^{-1} , se puede observar una tendencia a un aumento en la densidad de impactos con el menor tamaño de gota.

Figura No. 5: Densidad de impactos totales para 2 tamaños de gota con tres volúmenes distintos



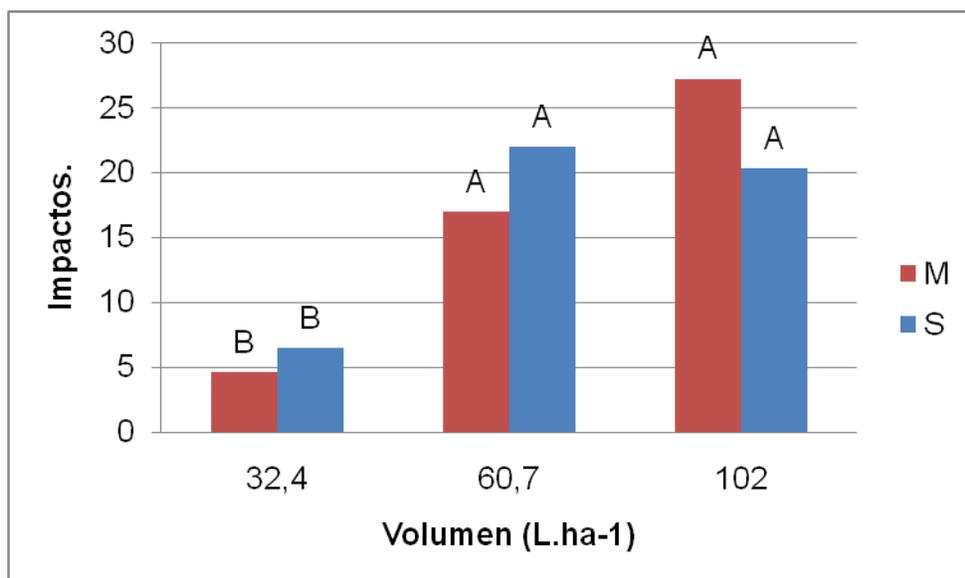
Teniendo en cuenta estos resultados sería de esperar que los tratamientos con el volumen de aplicación de 32.4 L.ha^{-1} , aunque sin diferencias en la cantidad de trazador, alcancen un menor control biológico sobre las enfermedades en cuestión debido a una menor superficie cubierta por el fungicida, considerando la acotada sistemática del mismo.

A pesar de no existir diferencias significativas entre los volúmenes mayores para la interacción, volumen por estrato, se pudo observar una

tendencia que al aumentar el volumen se obtuvieron más cantidad de impactos en el estrato medio (Figura No. 6).

Contrariamente a lo esperado cuando se utilizó el mayor volumen se detectaron más impactos en el estrato medio en contraste con el superior. Esto puede atribuirse a la dificultad de detección de los impactos debido al escurrimiento, fundamentalmente en el estrato superior.

Figura No. 6: Efecto del volumen de aplicación sobre el número de impactos en distintos estratos (M= estrato medio; S= estrato superior)

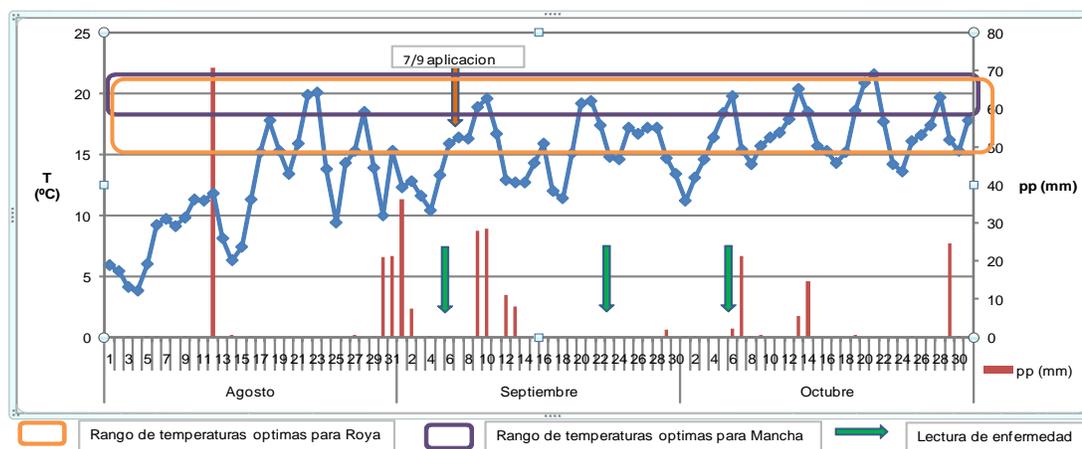


4.3 CONTROL DE ROYA DE LA HOJA (*Puccinia triticina*)

La información obtenida a partir de las lecturas de enfermedad realizadas en el campo, permite observar y analizar la evolución de la epifitía (Figura No. 8). En este sentido los datos muestran que el cultivo llegó a la etapa de llenado de grano (Zadoks 70) solamente con la hoja bandera, ya que las hojas inferiores se encontraban senescentes.

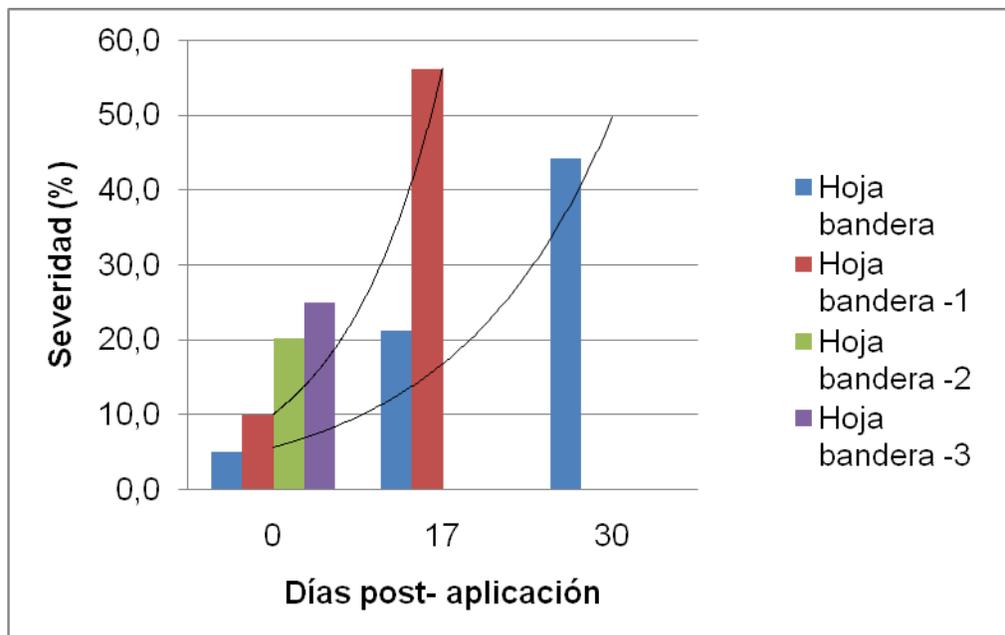
Teniendo en cuenta la susceptibilidad del cultivar evaluado (Baguette 18) frente a esta enfermedad, el importante nivel de enfermedad presente al inicio del experimento y las condiciones climáticas favorables para el desarrollo de la enfermedad (Figura No 7) durante principios de la primavera, los resultados parecen ser lógicos, ya que estos factores condicionan de forma negativa la eficiencia de los fungicidas.

Figura No 7: Condiciones climáticas en el periodo experimental



A si mismo las dosis recomendadas según la empresa registrante del producto (LAGE) es de 0,600 a 0,800 L.ha⁻¹, de esta manera la dosis decidida por el productor podría considerarse como baja. Al mismo tiempo si se toma en cuenta el nivel de enfermedad presente en el cultivo, parecería lógico que esta aumente tal como se presenta en las figura No. 8.

Figura No. 8: Evolución de la severidad para roya de la hoja



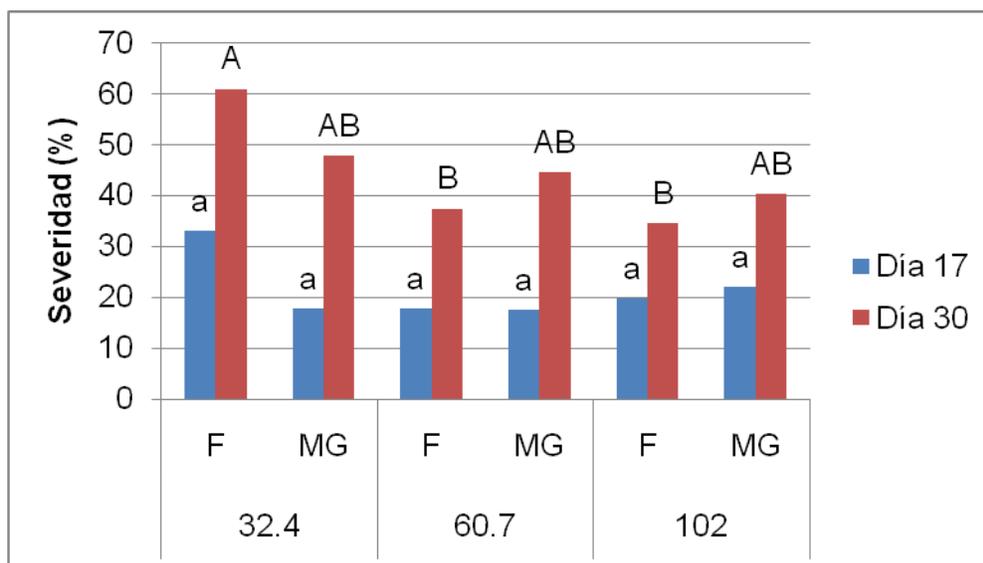
A los 17 días post- aplicación (dpa) no se detectaron diferencias significativas en el nivel de severidad de roya de la hoja.

Mientras que a los 30 dpa, el análisis estadístico determinó interacción entre los efectos tamaño de gota y volumen de aplicación. Se identificó un mayor nivel de enfermedad cuando el volumen bajo se combinó con tamaño de gota fina, y este se mostró estadísticamente diferente respecto al nivel de enfermedad presente en los tratamientos correspondientes a los 2 volúmenes superiores con gota fina (Figura No. 9). Este comportamiento sigue la tendencia de menor densidad de impactos cuando se utilizan volúmenes bajos (Figura No. 5). El promedio de impactos para el tratamiento con mayor desarrollo de la enfermedad fue de $7.2 \text{ impactos.cm}^{-2}$, mientras que para los tratamientos de 60.7 y 102 L.ha^{-1} con gota fina se obtuvieron 29.7 y $28.4 \text{ impactos.cm}^{-2}$, respectivamente, observándose en estos los menores niveles de enfermedad.

Además es de destacar que los niveles de enfermedad, no se pudieron diferenciar significativamente para ninguno de los tratamientos realizados con 60.7 y 102 L.ha⁻¹, ni estos con el tratamiento de 32.4 L.ha⁻¹ con el tamaño de gota muy gruesa.

Para la variable deposición del trazador no pudimos encontrar coherencia para los valores de enfermedad, ya que el volumen mayor presentó una tendencia a la menor deposición en hojas.

Figura No. 9: Evolución de la severidad de roya sobre la hoja bandera



Letras en minúscula muestran diferencia significativa ($p < 0.05$) a los 17 días. Letras en mayúscula muestran diferencia significativa ($p < 0.05$) a los 30 días.

El escaso movimiento de los fungicidas en la planta explicaría la dependencia del control de la enfermedad con la cobertura que se obtiene en la aplicación. Estos resultados parecerían ser lógicos si se toma en cuenta que los tratamientos con mayor volumen fueron los que presentaron mayor cantidad de impactos sobre las hojas del cultivo (Figura No. 5). Teniendo en cuenta que en el ensayo los tratamientos con fungicida se realizaron con un nivel de

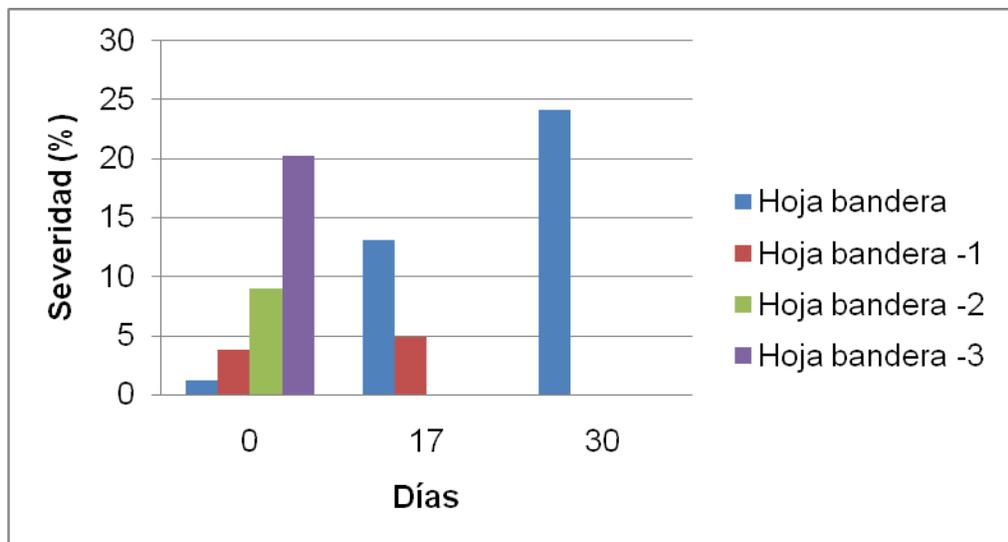
enfermedad bastante elevado (15 % de severidad), nos adherimos a la explicación de Goddard (s.f.) quien comenta que en tratamientos de fungicidas aplicados a tiempo, los menores volúmenes de agua (50 L.ha^{-1}) logran el mismo resultado que los de 100 L.ha^{-1} , pero cuando los tratamientos se realizan fuera de los tiempos óptimos de control el resultado no es el mismo, obteniéndose rendimientos menores en las parcelas tratadas con menor volumen de caldo.

Por otra parte, Nuyttens et al. (2009) trabajando con volúmenes mayores (160 y 320 L.ha^{-1}) para la aplicación de diversos productos fitosanitarios (fungicidas y herbicidas), no encontraron diferencias significativas en el rendimiento de diferentes cultivos cuando se utilizaron tamaños de gota media a muy gruesa.

4.4 CONTROL DE MANCHA AMARILLA (*Pyrenophora tritici-repentis*)

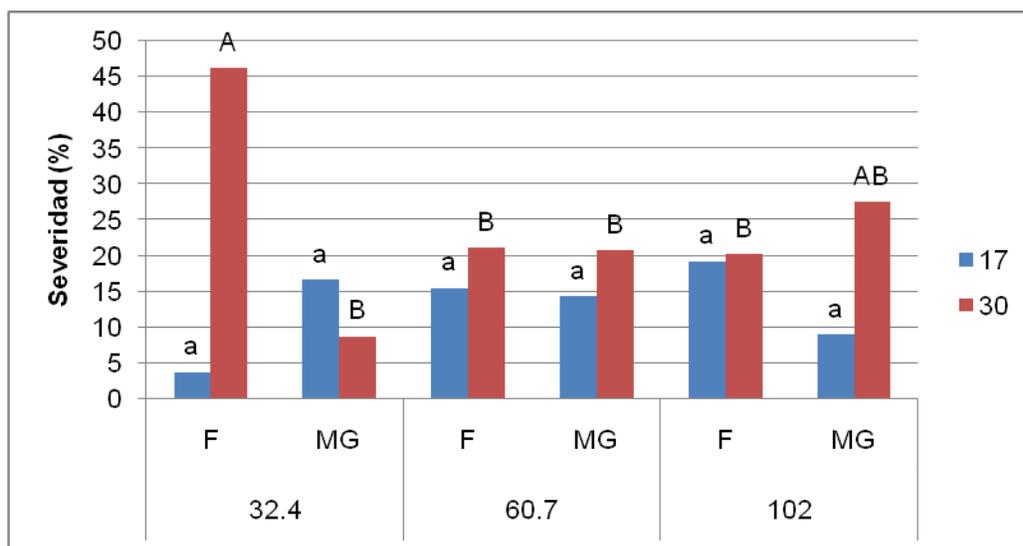
Tal como fue mencionado anteriormente, el cultivo a los 30 días de realizado el tratamiento mantenía solamente la hoja bandera, resultado esperable teniendo en cuenta la susceptibilidad del cultivar, el nivel de enfermedad presente al inicio del experimento y las condiciones climáticas durante la primavera, pero a diferencia de lo observado en roya de la hoja y contrariamente a lo esperado, para mancha amarilla la lectura realizada el día 17 post-aplicación muestra un nivel de enfermedad significativamente mayor en la hoja bandera respecto a la hoja bandera -1 (Figura No. 10).

Figura No. 10: Evolución de la severidad para Mancha amarilla



Quando se analizan los resultados de la interacción entre volumen y tamaño de gota, se puede apreciar que a los 17 días no había efecto en el control de la enfermedad (Figura No. 11). A los 30 días el mayor nivel de enfermedad, al igual que en roya, se alcanza con el menor volumen y utilizando gota fina. El valor de enfermedad alcanzado difiere de los demás tratamientos a excepción de la combinación de volumen alto con gota muy gruesa. En este caso en contraste con la gota fina para el mismo volumen, se combina un 30 % menos de impactos con la baja deposición de caldo propia de los 102 L.ha⁻¹. Probablemente esto permitió un mayor desarrollo de la enfermedad. En los demás casos si bien, en las combinaciones que incluían gotas gruesas presentaban baja densidad de impactos, compensaban con una mayor deposición en las hojas.

Figura No. 11: Evolución de la severidad de mancha amarilla sobre la hoja bandera en función de los diferentes volúmenes y tamaños de gota



Letras en minúscula muestran diferencia significativa ($p < 0.05$) a los 17 días. Letras en mayúscula muestran diferencia significativa ($p < 0.05$) a los 30 días.

5. CONCLUSIONES

Para ambas enfermedades, el volumen de 60.7 L.ha^{-1} , logró buenos resultados en el control, no existiendo diferencias en función del tamaño de gota utilizado.

Los factores estudiados, volumen y tamaño de gota y su interacción no determinaron diferencias en la deposición de cantidad de trazador en hojas de trigo. Tampoco se identificaron diferencias en la deposición de los estratos superior y medio de las plantas.

La mayor densidad de impactos se registró en los volúmenes de 60.7 y 102 L.ha^{-1} con gota fina. Cabe destacar que las condiciones de aplicación fueron favorables para aplicaciones con este tipo de gota.

Ambas variables, deposición y densidad de impactos no presentaron diferencias según el estrato de planta.

La aplicación del fungicida no determinó la detención de la enfermedad. El alto nivel de enfermedad presente al momento de iniciado el ensayo, las condiciones climáticas favorables para el desarrollo de la enfermedad y la alta susceptibilidad del cultivar condicionaron de forma muy importante los resultados de control a los 17 días post-aplicación y no permitieron detectar diferencias entre tratamientos.

A los 30 días post-aplicación y para las condiciones particulares del experimento, los mayores controles de las enfermedades de roya de la hoja y mancha amarilla se determinaron para los tratamientos de 60.7 y 102 L.ha^{-1} independientemente del tamaño de gota.

6. RESUMEN

La dinámica del sector agrícola de los últimos años en nuestro país consecuencia de los precios de los granos y la fuerte inversión tanto nacional como extranjera, han llevado a un aumento significativo del uso de agroquímicos aplicados mayoritariamente con equipos autopropulsados. Los volúmenes de aplicación utilizados hoy en día son variables y la tendencia es a disminuir los mismos debido a los beneficios que se logran, pero existe escasa información concreta sobre las tecnologías de aplicación de productos fitosanitarios. Por lo cual, el objetivo del siguiente trabajo fue evaluar diferentes volúmenes de aplicación y tamaños de gota contrastantes, en la deposición y eficiencia en el control de Mancha amarilla (*Pyrenophora tritici-repentis*) y Roya de la hoja (*Puccinia triticina*) en trigo. El experimento se instaló en el establecimiento "Los Charabones", en el departamento de Paysandú. El diseño utilizado fue de bloques completamente al azar con un arreglo factorial de tratamientos que combinaron 3 volúmenes de caldo (32.4, 60.7 y 102 L.ha⁻¹) con 2 tamaños de gota (Fina y Muy Gruesa). No hubo efectos de los tratamientos en la deposición de la cantidad de trazador en hojas. La mayor densidad de impactos se registró en los volúmenes de 60.7 y 102 L.ha⁻¹ con gota fina. La aplicación del fungicida no determinó la detención de la enfermedad. Los tratamientos de mayor nivel de control de las enfermedades fueron los volúmenes de 60.7 y 102 L.ha⁻¹ independiente del tamaño de gota.

Palabras clave: Tipo de boquilla; Volumen; Tamaño de gota; Densidad de impactos.

7. SUMMARY

The dynamics of the agricultural sector in recent years in our country due to grain prices and strong domestic and foreign investment have led to a significant increase in the use of agrochemicals, mostly with self-propelled equipment. Application volumes used today are variable and the tendency is to reduce them due to the benefits achieved, but there is little specific information on application technology of plant protection products. Therefore, the aim of this work was to evaluate different application volumes and contrasting droplet sizes in deposition and efficiency in control of yellow spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) and leaf rust (*Puccinia triticina*) in wheat. The experiment was installed in “Los Charabones” establishment located in the department of Paysandú. The design used was randomized complete block with a factorial arrangement of treatments that combined 3 volumes (32.4, 60.7 and 102 L.ha⁻¹) with 2 drop sizes (fine and very coarse). There were no treatment effects on the deposition of the tracer in leaves. The highest density of impacts was observed in volumes of 60.7 and 102 L.ha⁻¹ with fine droplets. The application of fungicide did not determine acceptable control of the disease. The treatments with higher control of disease 30 days post-application were 60.7 y 102 L.ha⁻¹ regardless of droplet size.

Keywords: Nozzle type; Volume; Droplet size; Density impacts.

8. BIBLIOGRAFIA

1. ASABE. 2006. Standard ASAE S572 spray nozzle classification by droplet spectra. St. Joseph, MI. ASABE. pp. 438-440.
2. BOLLER, W.; SCHLOSSER, J. F. 2010. Consideraciones operativas de las boquillas pulverizadoras. In: Magdalena, J.C. coord. Tecnología de aplicación de agroquímicos. Alto Valle, INTA. pp. 89-95.
3. CASTRO, M.; DÍAZ, M.; GERMÁN, S.; VÁZQUEZ, D.; IBAÑEZ, V. 2008. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigo de ciclo intermedio período 2006-2007-2008. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 28 ene. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/trigoci08.htm
4. CUNHA, J. P. A. R.; DOS REIS, E. F.; DE OLIVEIRA SANTOS, R. 2006. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. *Ciência Rural*. 36 (5): 1360-1366.
5. DERKSEN, R.C.; ZHU, H.; OZKAN, H.E.; HAMMOND, R.B.; DORRANCE, A.E.; SPONGBERG, A.L. 2008. Determining the influence of spray quality, nozzle type, spray volume, and air assisted application strategies on deposition of pesticides in soybean canopy. *Transactions of the ASABE*. 51 (5): 1529-1537.
6. DIAZ, 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).

7. _____. 2010. Mancha parda o amarilla de trigo. In: Manejo de enfermedades en trigo y cebada. Montevideo, INIA. pp. 81-91 (Actividades de Difusión no. 618).
8. GERMAN, S. 1996. Las royas del trigo. In: Díaz, M. ed. Manejo de enfermedades en cereales de invierno y pasturas. Montevideo, INIA. pp. 125-138 (Serie Técnica no. 74).
9. _____.; DÍAZ, M.; PEREYRA, S. 2010. Royas y oídio de trigo y cebada. In: Manejo de enfermedades en trigo y cebada. Montevideo, INIA. pp. 139-163 (Actividades de Difusión no. 618).
10. DOYLE, R.B. s.f. The development of a system for the in-field evaluation of boom sprays. (en línea). Merredin, Australia, s.e. 5 p. Consultado 25 nov. 2010. Disponible en <http://www.caws.org.au/awc/1984/awc198410411.pdf>
11. FIGUEREIDO, J.; TEXEIRA, M.M.; COUTINHO PICANÇO, M.; CARVALO PINTO, F.; HERRERA PRAT, M.I. 2007. Evaluación de la uniformidad de aplicación y del espectro gotas de boquillas hidráulicas. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 16 (3): 47-52.
12. GODDARD, R. s.f. Results from field scale trials comparing air induction and standard flat fan nozzles at reduced volumes. (en línea). Colchester, UnitedKingdom, s.e. 5 p. Consultado 18 nov. 2010. Disponible en http://pep.wsu.edu/drift04/pdf/proceedings/pg422-426_Poster23.pdf.
13. HALLEY, S.; VAN EE, G.; HOFMAN, V.; MCMULLEN, M.; HOLLINGSWORTH, C.; RUDEN, B. 2008. Ground application of fungicide for the suppression of fusarium head blight in small grains.

(en línea). Fargo, North Dakota, North Dakota State University. s.p.
Consultado 25 nov. 2010. Disponible en
http://mawg.cropdisease.com/pdf/AE-1314_Ground_Application_of_Fungicides_REVISED.pdf

14. HERRERA, M.I.; RODRIGUEZ, G.J.; TEXEIRA, M.M. 2008. Características operacionales de las boquillas de pulverización hidráulicas de chorro plano y cono hueco. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 17: 61-67.
15. JENSEN, P.K.; JØRGENSEN, L.N.; KIRKNEI, E. 2001. Biological efficacy of herbicides and fungicides applied with low-drift and twin-fluid nozzles. *Crop Protection*. 20: 57-64.
16. _____. 2002. Influence of air-assistance to flat fan and air-induction nozzles and the use of nozzle sledge on the activity of haloxyfop against ryegrass. *In: International Advances in Pesticide Application (2002, Guildford, Surrey). Scientific papers. Wellesbourne, UK, Association of Applied Biologists. pp. 73-78 (Aspect of Applied Biology no. 66).*
17. KLEIN, R.N.; JOHNSON, A.K. 2002. Nozzle tip selection and its effects on drift and efficacy. *In: International Advances in Pesticide Application (2002, Guildford, Surrey). Scientific papers. Wellesbourne, UK, Association of Applied Biologists. pp. 217-230 (Aspect of Applied Biology no. 66).*
18. LAGE Y CÍA. 2011. Eminent pro. (en línea). Montevideo. Consultado 11 ene. Disponible en <http://www.lageycia.com/EMINENTPRO.pdf>.

19. LEIVA, P.D. s.f. Consideraciones generales en cuanto a la tecnología de aplicaciones de fungicidas. Pergamino, Buenos Aires, INTA. 8 p.
20. _____. 2006. Uso de fungicidas en soja, tecnologías para mejorar la calidad de aplicación. (en línea). Pergamino, Buenos Aires, INTA. s.p. Consultado 15 ene. 2011. Disponible en http://www.sindag.org.br/Uploads/documentos/art_24.pdf
21. MASSARO, R.A. 2008. Aplicaciones de plaguicidas con pulverización terrestre en Trigo; condiciones operativas y aportes del desarrollo de la maquinaria. (en línea). INTA. Para Mejorar la Producción. 37: 70-76. Consultado 20 nov. 2010. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/oliveros/info/documentos/trigo/08calidad%20de%20aplicacion.pdf>
22. MENEGHETTI, R.C. 2006. Tecnología de aplicação de fungicidas na cultura do Trigo. Dissertação de Mestrado. Santa María, RS, Brasil. Universidad Federal de Santa María. 65 p.
23. 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 15 nov. 2010. Disponible en http://www.irbab-kbivb.be/nl/publications/mechanization/mechanization/drift_reducing_techniques_09_ISCP.pdf
24. SHEPARD, D.; AGNEW, M.; FIDANZA, M.; KAMINSKI, J.; DANT, L. 2006. Selecting nozzles for fungicide spray applications. (en línea).

- Pennsylvania, USA, s.e. 6 p. Consultado 7 ene. 2011. Disponible en http://www.turf.uconn.edu/pdf/research/kaminski/gcm_74_83.pdf
25. SIKKEMA, P.H.; BROWN, L.; SHROPSHIRE, C.; SPIESER, H.; SOLTANI, N. 2008. Flat fan and air induction nozzles affect soybean herbicide efficacy. *Weed Biology and Management*. 8: 31-38.
26. SPRAYING SYSTEMS CORPORATION. 2010. Catálogo 50-E. (en línea). Wheaton, Illinois. 192 p. Consultado 6 set. 2010. Disponible en <http://www.teejet.com>
27. STOLETNIY, I.; VILLALBA, J; OLIVET, J.; PEREZ, C. 2010. Efecto del tamaño de gota, volumen de aplicación y adyuvante en el control de *Drechslera tritici-repentis* en trigo. In: Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola (9o.), Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (39º., 2010, Vitória, Brasil). Trabajos presentados. Vitoria, s.e. s.p.
28. TEXEIRA, M.M. 2010. Estudio de la población de gotas de pulverización. In: Magdalena, J.C. coord. Tecnología de aplicación de agroquímicos. Alto Valle, INTA. pp. 67-75.
29. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. ÁREA DE ESTUDIOS AGRONÓMICOS. 2010. Anuario estadístico agropecuario. Montevideo. 240 p.
30. VAN DE ZANDE, J.C.; PORSKAMP, H.A.J.; H 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).

31. VILLALBA, J.; MARTINS, D.; RODRIGUES, A.; ALVES-CARDOSO, L.
2009. Depósito del caldo de aspersión de distintos tipos de boquillas en dos cultivares de soya en el estadio V3. *Agrociencia*. 43: 465-473.
32. WOLF, T.M. 2002. Optimising herbicide performance – biological consequences of using low-drift nozzles. In: International Advances in Pesticide Application (2002, Guildford, Surrey). Scientific papers. Wellesbourne, UK, Association of Applied Biologists. pp. 79 - 86 (Aspect of Applied Biology no. 66).
33. ZHU, H.; DORNER, J.W.; ROWLAND, D.L.; DERKSEN, R.C.; OZKAN, H.E.
2004. Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips. *Biosystems Engineering*. 87 (3): 275-283.