

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

TECNOLOGÍA DE APLICACIÓN PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES  
EN TRIGO

por

José Ignacio IRIARTE BARBOSA

Sebastián PAIVA DE VARGAS

Juan Martin RABINO LONG

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. Andrés Villar

Fecha: 11 de diciembre de 2013

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

José Ignacio IRIARTE BARBOSA

\_\_\_\_\_

Sebastián PAIVA DE VARGAS

\_\_\_\_\_

Juan Martín RABINO LONG

## AGRADECIMIENTOS

A los familiares y en especial a nuestros padres que gracias a su apoyo incondicional pudimos llegar hasta acá, sin ellos esto no hubiera sido posible.

A nuestra tutora de tesis, Juana Villalba, por estar siempre a disposición y apoyarnos para que esto salga adelante. Y a Andrés Villar por su colaboración.

A los compañeros, amigos/as y novias que nos dieron una mano y nos apoyaron en todo momento.

Al señor Enrique Oyarzabal, dueño del establecimiento visitado, por brindarnos su tiempo, la maquinaria, personal y el lugar físico para poder realizar el trabajo de campo.

También a los demás profesores/as y funcionarios/as de Facultad que nos ayudaron todos estos años y con el trabajo de tesis.

Y a todos los que de una manera u otra ayudaron a que esto sea posible.

¡GRACIAS!

## 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 VOLUMEN DE APLICACIÓN .....	3
2.2 TAMAÑO DE GOTA .....	8
2.3 TIPO DE BOQUILLA .....	11
2.4 DEPOSICIÓN .....	13
2.5 ENFERMEDADES FOLIARES DE TRIGO .....	14
2.5.1 <u>Mancha Parda o Amarilla (<i>Phyrenophora tritici repentis</i>)</u> .....	14
2.5.2 <u>Septoriosis de la hoja (<i>Septoria tritici</i>)</u> .....	15
2.6 ACCIÓN DE LOS FUNGICIDAS .....	18
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	20
3.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	20
3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS .....	20
3.3 METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN .....	21
3.4 DETERMINACIONES DE LA DEPOSICIÓN SOBRE LAS HOJAS DE TRIGO .....	22
3.5 DETERMINACIONES DE NIVEL DE ENFERMEDAD .....	23
3.6 DETERMINACIONES DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS DURANTE LA APLICACIÓN .....	24
3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	24

4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	26
4.1 DEPOSICIÓN EN HOJAS DE TRIGO .....	26
4.2 CONTROL DE MANCHA AMARILLA .....	30
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	37
6. <u>RESUMEN</u> .....	38
7. <u>SUMMARY</u> .....	39
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	41

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Descripción de los tratamientos.....	21
2. Condiciones meteorológicas durante el experimento .....	24
3. Anava para deposición de trazador en hojas de trigo .....	26
4. Efecto del volumen sobre la deposición.....	26
5. Ajuste de los modelos para diferentes contrastes .....	27
6. Anava para tejido verde integrado de todas las hojas a los 9 DPA y 15 eDPA .....	31
7. Anava para tejido verde 9 los DPA y 15 DPA para cada hoja .....	32
8. Tejido verde promedio de los tratamientos con fungicida y el testigo sin fungicida a los 9 DPA .....	33
9. Tejido verde promedio de los tratamientos con fungicida y el testigo sin fungicida a los 15 DPA .....	34
12. Efecto del tamaño de gota .....	36

## Figura No.

1. Curva de calibración para absorbancia de cantidades conocidas del trazador .....	23
2a. Deposición promedio para tratamientos de gota fina para los diferentes volúmenes. ....	28
2b. Deposición promedio para tratamientos de gota muy gruesa para los diferentes volúmenes.....	28
3. Deposición ( $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) en hojas para la variable tamaño de gota. MG ((Muy gruesa); F (Fina) .....	29
4. Efecto de la interacción volumen y tamaño de gota sobre la cantidad de trazador depositado .....	30
5. Porcentaje de tejido verde promedios de los tratamientos con fungicida y el tratamiento sin fungicida (testigo) a los 9 y 15 dpa.....	31
6. Porcentaje de tejido verde en hoja bandera para la interacción volumen y tamaño de gota y en el testigo en ambas observaciones .....	35
7. Porcentaje de tejido verde según tamaño de gota según día post aplicación .....	36

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción agrícola en el Uruguay ha crecido considerablemente en los últimos años, con incrementos crecientes en el área de siembra. Este crecimiento está explicado principalmente por un aumento en la productividad, sustentado por un proceso de cambio tecnológico y estructural que involucra un mayor uso de insumos (agroquímicos, biotecnología, etc.), aumento del tamaño de los equipamientos agrícolas y adopción creciente de siembra directa. Estos cambios en la forma de producir se han incorporado en todos los cultivos.

El cultivo de trigo, como lo ha sido a lo largo de la historia agrícola del país, actualmente ocupa un lugar de gran importancia en las rotaciones utilizadas, el trigo aporta el 80% del área de cultivos de invierno, y registra un aumento de 22 mil hectáreas con respecto a la zafra anterior (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2013). De su producción de granos solo se exportan los excedentes del mercado interno. En dicho mercado lo producido se utiliza principalmente para la elaboración de harinas de consumo doméstico y como insumo para la panadería tradicional.

El rendimiento y la calidad de la producción son afectados por la ocurrencia de enfermedades causadas por hongos, por ello una correcta aplicación de fitosanitarios es determinante para el control de éstas.

Otro aspecto que está latente en la aplicación de fitosanitarios es el interés por disminuir los costos a través de la disminución de los volúmenes de aplicación. Así es posible aplicar la mayor cantidad de área posible por unidad de tiempo y destinar menos tiempo para realizar la carga del equipo aplicador, bajando así también las frecuencias de recarga de producto y así lograr la disminución de costos.

Por otra parte, las aplicaciones tienen un peso importante en el costo total de los cultivos, ya que por lo general se necesitan varias aplicaciones. Este es el contexto del estudio de tecnologías de aplicación para el uso de agroquímicos. El objetivo de este trabajo fue evaluar tres volúmenes de aplicación vía terrestre, 32, 61 y 100 L.ha<sup>-1</sup> y dos tamaños de gota, fina y muy gruesa en la deposición del pulverizado y en el control de mancha amarilla (*Phyrenophora tritici-repentis*) en el cultivo de trigo.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La tecnología de aplicación es un área multidisciplinaria que estudia aspectos referentes a la llegada del producto químico al objetivo a controlar. Es una de las etapas más importantes del proceso de producción agrícola ya que debe realizarse de forma adecuada para que permita la correcta colocación del producto biológicamente activo en el cultivo, en el momento oportuno para la plaga a controlar y para la aplicación, en cantidad necesaria, de forma económica y con mínimo de contaminación a otras áreas (Matuo, 1998). Entre los factores de importancia en determinar la llegada del producto se encuentran la tasa de aplicación y el tamaño de gotas entre otras.

### 2.1 VOLUMEN DE APLICACIÓN

La pulverización es un proceso mecánico que genera un gran número de gotas, a partir de un caldo preparado para un tratamiento fitosanitario (Christofoletti, citado por Boller, 2011).

Se busca obtener la máxima eficiencia del producto fitosanitario con el menor volumen de caldo posible, lo que es una variable de gran importancia en el momento de seleccionar las boquillas de pulverización. Para disminuir el volumen de caldo y al mismo tiempo proporcionar la cobertura deseada en el objetivo, se puede reducir el tamaño de gota de una pulverización. Este se observa en la siguiente regla: para un mismo volumen de caldo, cada vez que se disminuye el diámetro de gota en un 50%, su número se multiplica por 8, y el área cubierta sobre el objetivo se duplica (Boller, 2011).

El volumen de caldo influye directamente en el nivel de cobertura del objetivo biológico, pero su aumento resulta en un mayor gasto de tiempo para el reabastecimiento de las máquinas aplicadoras, entre otros aspectos. En este sentido se busca utilizar siempre los menores volúmenes de caldo posibles,

pero cabe destacar que hay diferencias de eficiencia observada entre clases de productos fitosanitarios. De modo general, herbicidas sistémicos presentan mejores resultados cuando el volumen de caldo es reducido, pero eso no se aplica a todos los agroquímicos. A su vez los fungicidas tienden a ser más exigentes con respecto a la cobertura del objetivo, necesitando mayor volumen de caldo. Estas reglas establecen los efectos de variación de volumen de caldo aplicado y del tamaño de gotas, sobre la cobertura del objetivo y el riesgo potencial de deriva. Trabajos comparando volúmenes de caldo en aplicaciones de fungicida, en cultivos de avena, trigo y soja, demostraron efectos importantes en el aumento del volumen de caldo de 100 a 200 o más  $L\cdot ha^{-1}$ , en aplicaciones vía terrestre. Como medida de seguridad, las aplicaciones de fungicidas por vía terrestre, pueden indicarse volúmenes de caldo mínimos de 100 a 125  $L\cdot ha^{-1}$ , en la primera aplicación (menor desarrollo del cultivo) y de 125 a 150  $L\cdot ha^{-1}$ , en aplicaciones más tardías. Cuando el cultivo se encuentra más desarrollado y ofrece mayor resistencia a penetración de las gotas de pulverización. Aplicaciones en condiciones muy favorables, utilizando equipos en óptimo estado de conservación, adecuadamente regulado y con el debido acompañamiento técnico, pudieron producir buenos resultados, aunque utilizando volúmenes menores de aplicación de fungicida (Boller, 2011).

Stolentniy (2013) obtuvo en evaluación de deposición y eficiencia de un fungicida mezcla de triazol con estrobilurina, para el control de mancha amarilla, que los factores de variación tamaño de gota, volumen de aplicación y usos de adyuvantes no determinaron iguales efectos en la deposición de dos cultivares. En el cultivar Klein Chajá el uso de adyuvante determinó un incremento de la deposición cuando se utilizaron 158  $L\cdot ha^{-1}$ . Cuando se evaluó la densidad de impactos la utilización de 158  $L\cdot ha^{-1}$  y gotas medias determinaron mayor densidad de impactos. La utilización de 158  $L\cdot ha^{-1}$  además permitió lograr mayor número de impactos en el estrato inferior. Por otro lado, en Biointa 1001

el tratamiento que utilizó gota extremadamente gruesa,  $158 \text{ L.ha}^{-1}$  y adyuvante fue el que logró la mayor deposición, no así la mayor densidad de impactos, siendo el tratamiento con gota media,  $158 \text{ L.ha}^{-1}$  y adyuvante, el que presentó mayor densidad de impactos, aunque sin diferencias entre ellos. El estrato no condicionó la deposición de trazador, ni la densidad de impactos. Así mismo la respuesta al control de mancha amarilla, en ambos cultivares se diferenciaron del testigo, pero no presentaron diferencias significativas provocadas por los factores de variación.

Costa et al. (2011) realizaron un experimento en soja para el control de roya asiática donde los tratamientos fueron los resultados de la combinación de boquillas de pulverización hidráulica, modelo TT110° (Teejet) asociada a los volúmenes de 50, 100 y  $150 \text{ L.ha}^{-1}$ , obtenidos cambiando las salidas de las puntas de pulverización (0,1 gal min, para el volumen de  $50 \text{ L.ha}^{-1}$ , y de 0,2 gal min para los volúmenes de 100 y  $150 \text{ L.ha}^{-1}$ ). Se utilizó un marcador metálico formulado a base de sulfato de manganeso, posibilitando la cuantificación del volumen de caldo depositado en la respectiva hoja colectada. Luego de la aplicación fueron colectadas en cada parcela folíolos de cada altura de la planta representando el tercio inferior, medio y superior. Al analizarse los volúmenes de aplicación se verificó que en el tercio superior y medio, el mayor volumen de aplicación proporcionó mayores tasas de depósito sobre el follaje. En el tercio inferior no hubo diferencias significativas entre los volúmenes testeados. Con ese resultado se verifica la dificultad de penetración del producto en el cultivo, igual que cuando se utilizan mayores volúmenes de aplicación. Se observó que la deposición total con el mayor volumen de aplicación proporcionó una mayor deposición de caldo pulverizado.

Los mismos autores comentan que para este experimento no fueron detectadas diferencias significativas en el progreso de la enfermedad en relación a los volúmenes usados. Aunque el menor volumen ( $50 \text{ L.ha}^{-1}$ ) a pesar

de no diferir significativamente con el medio o mayor volumen, presentó el menor valor medio de progreso de la enfermedad. Se debe considerar que las gotas formadas con este volumen presentaban concentraciones de fungicidas superiores de 100 y 150 L.ha<sup>-1</sup>, esto tal vez pudo justificar el mejor control de dicha enfermedad.

Por otro lado Sauer, citado por Meneghetti (2006) evaluaron también diferentes volúmenes de caldo (50, 100, 200 y 300 L.ha<sup>-1</sup>) para el control de manchas foliares, y verificó que a medida que aumentó el volumen del caldo hubo un control más eficiente, reflejado en un incremento en el rendimiento de granos. Con bases en estos resultados concluyó que volúmenes de caldos inferiores a 300 L.ha<sup>-1</sup>, no permitieron que el fungicida exprese su potencial de control.

Meneghetti (2006) utilizó un fungicida, en un cultivo de trigo en pleno crecimiento para el control de manchas foliares, evaluando 60, 80, y 100 L.ha<sup>-1</sup>. Concluyeron que el rendimiento de los granos estuvo limitado por las condiciones climáticas y la utilización de bajos volúmenes, limitando el control de las manchas. Las aplicaciones realizadas por la mañana alcanzaron buena eficiencia cuando se utilizó volúmenes de 80 L.ha<sup>-1</sup>. Aunque aplicaciones de 100 L.ha<sup>-1</sup>, aseguraron mayor seguridad de obtención de eficiencia, una vez que las condiciones climáticas fueron muy variables a lo largo del día.

Charbonnier et al. (2011), evaluaron 3 volúmenes de caldo (32.4, 60.7 y 102 L.ha<sup>-1</sup>) y 2 tamaños de gotas (fina y muy gruesa), en el control de mancha amarilla y roya en un cultivo de trigo. Para ambas enfermedades el volumen de 60.7 L.ha<sup>-1</sup>, logró buenos resultados en el control, no existiendo diferencias en el tamaño de gota utilizado. Además concluyeron que 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<sup>-1</sup> independientemente del tamaño de gota.

Rodríguez et al. (2008) realizaron un experimento similar evaluando el efecto de diferentes boquillas, combinado con diferentes volúmenes de caldo en la aplicación de fungicida (70, 100 y 130 L.ha<sup>-1</sup>), en el control de enfermedades en maíz. Obtuvieron con boquillas de abanico plano, en los mayores volúmenes evaluados (100 y 130 L.ha<sup>-1</sup>), mayores valores de cobertura de caldo en el follaje de maíz. Esa diferencia no fue suficiente para promover el incremento en la productividad del cultivo. El tipo de boquilla, como los volúmenes de caldo utilizados en la aplicación del fungicida para el control de la enfermedad de maíz, no modificó los rendimientos y la productividad del cultivo. El fungicida evaluado disminuyó la enfermedad con respecto al testigo.

Forcelini et al. (2008) evaluaron para el control de roya y oídio en diferentes cultivares de soja la aplicación de fungicida a dosis de 0,1, 0,2, 0,3 y 0,4 L.ha<sup>-1</sup>, en dos volúmenes de caldo (100 y 150 L.ha<sup>-1</sup>), y comparando con un tratamiento testigo. Las aplicaciones de fungicidas fueron realizadas con intervalos de 21 días, iniciando en estadio R2 (inicio de floración). Se usaron boquillas de abanico plano Teejet XR 110015. Se concluyó que en las situaciones en que la intensidad de las enfermedades tanto de oídio como de roya eran mayores, la aplicación de los fungicidas con 150 L.ha<sup>-1</sup> se mostró más eficiente en relación a los tratamientos de 100 L.ha<sup>-1</sup>, tanto en el control de enfermedades como en el peso de mil granos. En 3 de las 8 evaluaciones realizadas, la dosis de fungicida aplicado al volumen de 100 L.ha<sup>-1</sup> tuvo que ser aumentada para obtener una eficiencia semejante a aquella con 150 L.ha<sup>-1</sup>.

Roman et al. (2008) evaluaron dos tipos de boquillas y tres volúmenes de caldo (100, 150 y 200 L.ha<sup>-1</sup>), cuya aplicación fue para el control de roya en soja. El análisis de porcentaje de cobertura fue realizado por medio de papel

hidrosensible, colocados en tres posiciones de planta, tercio superior, medio e inferior del follaje. Obtuvieron que para todos los estratos no hubo interacción entre los factores evaluados, las boquillas proporcionaron similares porcentaje de cobertura, los volúmenes utilizados no difirieron estadísticamente en el porcentaje de cobertura de fungicida y que el porcentaje de deposición de fungicida aplicado fue mayor en el tercio superior de la planta y decae en el tercio medio e inferior.

Marcondes et al. (2008) estudiaron seis volúmenes de caldo, aplicados con gotas finas (DMV entre 130 y 180  $\mu\text{m}$ ), en dos fases o condiciones de foliación en un cultivar de algodón. En la primera fase (carga parcial de hojas en la planta) se probaron 60, 80 y 100  $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ , y en la segunda fase (máxima carga de hojas en la planta) 100, 120 y 150  $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ , comparados con 120 y 150  $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$  (utilizado por el productor), evaluando cobertura y deposición. Los resultados mostraron que el volumen de caldo no tuvo influencia sobre la deposición, cobertura y nivel de control para las principales plagas del algodón. La utilización de caldo de 60  $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$  en la condición de carga parcial de hojas y de 100  $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$  en la condición de máxima carga de hojas, no redujeron la deposición de caldo sobre el objetivo en los tercios medios e inferiores de la planta. Por lo tanto la adopción de los menores volúmenes evaluados mostró no interferir en la calidad del tratamiento fitosanitario. Considerando los resultados es posible economizar agua, tiempo y combustible, manteniendo o hasta mejorando la calidad de aplicación.

## 2.2 TAMAÑO DE GOTA

Christofolletti, citado por Boller (2011) comentó que el tamaño de gota ideal para una pulverización debe ser, al mismo tiempo, pequeña o suficiente para producir adecuada cobertura sobre el objetivo y grande o necesario para provocar las menores pérdidas por deriva. Por otro lado, las gotas no deben ser

tan grandes al punto de provocar pérdidas por escurrimientos. 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.

Una de las razones principales por la cual la deriva es un problema, es la contaminación 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 debido a la gravedad; por 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).

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

La clasificación de las gotas de pulverización según la norma ASAE S-572 corresponde a, gotas muy finas menor a 100  $\mu\text{m}$ , fina 100-175  $\mu\text{m}$ , media 175-250  $\mu\text{m}$ , gruesa 250-375  $\mu\text{m}$ , muy gruesa 375-450  $\mu\text{m}$ , extremadamente gruesa mayor a 450  $\mu\text{m}$ .

Por lo general, se recomienda el uso de boquillas que producen gotas finas para la aplicación de post-emergencia, que requieren una cobertura excelente del objetivo deseado. Las boquillas más comúnmente utilizadas en la agricultura son aquellas que producen gotas medias. Estas pueden utilizarse

para herbicidas de contacto y sistémicos, herbicidas de pre-emergencia incorporados al suelo, insecticidas y fungicidas (Teejet, 2013).

Gálvez et al. (2005) trabajaron evaluando la penetración del asperjado con diversas boquillas en el control de roya de la soja. Obtuvieron como conclusión que la densidad de impactos producida por la boquilla cono hueco a  $150 \text{ L.ha}^{-1}$ , fue significativamente superior del resto de boquillas tanto en el estrato superior como inferior. Una serie de combinaciones de boquillas y caudales (XR a  $120$  y  $150 \text{ L.ha}^{-1}$ , porta-boquillas Twin cap con 2 boquillas XR a  $150 \text{ L.ha}^{-1}$ , cono hueco a  $120$  y cono lleno a  $150 \text{ L.ha}^{-1}$ ) mostraron un comportamiento similar en el estrato inferior sin diferencias significativas entre ellas, pero peor desempeño que cono hueco a  $150 \text{ L.ha}^{-1}$ . Para el caso de doble abanico no obtuvieron una mayor penetración por debajo de los  $20 \text{ cm}$  superiores del follaje del cultivo. Las únicas boquillas con las que obtuvieron un número aceptable de impactos y aun mayores ( $50 \text{ gotas cm}^{-2}$ ) fueron las de cono hueco a  $120$  y  $150 \text{ L.ha}^{-1}$ . Destacan que un mayor volumen de aplicación por sí mismo, no es una garantía de un alto número de impactos dentro del follaje, sino que está relacionado con las características de las boquillas en cuanto al modo de generación de gotas. En el caso de cono hueco, el DVM (diámetro volumétrico mediano) estuvo por debajo del valor ideal de  $200 \mu\text{m}$ , los resultados obtenidos por este equipo de investigadores muestran que las gotas finas generadas por estas boquillas fueron la que mejor comportamiento presentaron con respecto a la penetración.

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

Halley et al. (2008) trabajaron 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 micras comparadas a las muy finas (menos de 200 micras) o muy gruesas (más grande de 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.

### 2.3 TIPO DE BOQUILLAS

Las características de mayor interés en las aplicaciones hidráulicas son proporcionadas por las boquillas, siendo de gran importancia conocer las peculiaridades de cada una, a fin de seleccionar la mejor para cada ocasión.

La selección de las boquillas sirve para adecuar el pulverizador al tipo de aplicación que será realizada, buscando optimizar el resultado biológico y la capacidad de la máquina. Los criterios para seleccionarlas deben considerar las condiciones ambientales durante la aplicación, la calidad adecuada de pulverización para cada clase de producto fitosanitario, en términos de tamaño de gota, densidad de cobertura (gotas por unidad de área), minimizar pérdidas por deriva o por escurrimiento, uniformidad de distribución (coeficiente de distribución a lo largo de la barra) y volumen de caldo pulverizado, sin olvidar las características del objetivo biológico (Boller, 2011).

Se presentan básicamente tres tipos de boquillas:

a) las de abanico, son más utilizadas para aplicar herbicidas, trabajan a presiones más bajas (2-4 bares) y emiten gotas de un amplio rango, dependiendo del tipo. Se utilizan más para aplicar en superficies planas.

b) las de cono lleno, son más utilizadas para insecticidas, tienen gotas medianas para lograr una buena penetración en el cultivo, trabajan a presiones medias de (1.4- 5.5 bar), para aplicar en superficies no regulares como el follaje del cultivo.

c) las de cono hueco, son más utilizadas en la aplicación de fungicidas y algunos insecticidas. Tiene un perfil de pulverización fino el cual produce una cobertura profunda, trabajan a altas presiones (2-21bar) (Syngenta, 2013).

Hay muchos tipos de boquillas disponibles, cada uno proporcionando distintos caudales, ángulos de pulverización, tamaños de gotas y perfiles. Algunas de estas características se conocen por la nomenclatura (Teejet, 2013).

Boller (2011) menciona que muchas veces los fabricantes informan solamente si un modelo de boquilla es adecuado para un herbicida, insecticida o fungicida, considerando los modos de acción de contacto o sistémico. La situación más pobre ocurre cuando el fabricante informa solamente la salida de la boquilla en función de la presión, dificultando de sobremanera una selección racional de boquillas.

El caudal de la boquilla varía con la presión de pulverización. La presión más alta no solamente aumenta el caudal a través de una boquilla, sino que influye en el tamaño de la gota y el ritmo de desgaste del orificio. Cuando la presión aumenta, el tamaño de la gota disminuye y el ritmo de desgaste del orificio aumenta (Teejet, 2013).

Boller (2011) cita que muchas veces la regulación de la presión de pulverización puede ser suficiente para obtener la cobertura deseada, sin que haya necesidad de sustituir las boquillas, cuando se pasa de una aplicación de herbicida sistémico a una aplicación de herbicida de contacto.

## 2.4 DEPOSICIÓN

Christofolletti, citado por Vázquez et al. (2010) mencionan que el estudio de la deposición envuelve la cuantificación del producto depositado sobre el objetivo, pudiendo ser expresado en relación al área foliar. La cobertura es la parte de la superficie del área del objetivo cubierta por el producto fitosanitario. Productos de acción sistémica pueden ser aplicados con una cobertura un poco menor (que los de contactos), pero que sea suficiente para propiciar una buena eficiencia. En tanto que los productos de contacto deben ser aplicados con una pulverización más fina, que proporcione una cobertura más eficiente del objetivo, mientras que los productos sistémicos pueden ser aplicados con gotas mayores, que presentan mayor resistencia a la deriva.

Una forma de estimar la cobertura del objetivo puede ser gotas por centímetros cuadrados, esto es, el número de impactos de pulverización por unidades de área. Buena parte de las recomendaciones técnicas de aplicación son basadas en este criterio, informándose un rango o un número mínimo de gotas necesarias para un buen control. Deposición y cobertura pueden ser analizados de diferentes formas, utilizándose objetivos naturales o artificiales. En el caso de los objetivos naturales se adoptan criterios basados en el análisis de distribución del producto fitosanitario o de un trazador (material que será detectado: colorante, sal, material radioactivo, etc.) sobre el objetivo. La espectrofotometría se refiere a la determinación de la concentración de una sustancia por la medida de la absorción relativa de la luz, tomándose como referencia la absorción de la sustancia en una concentración definida. Con relación al uso de trazadores, el primer paso importante se refiere a su elección. Esta debe tener en cuenta la estabilidad a la luz solar, temperatura, almacenamiento y pH, el nivel de detección, la toxicidad, la persistencia y la solubilidad. Tampoco debería de afectar las propiedades y resultados de control de los fitosanitarios a aplicar (Vázquez et al., 2010).

Palladini et al. (2005) mencionan que los trazadores que se utilizan para evaluar la eficacia de pulverización, normalmente modifican la tensión superficial de soluciones acuosas. Encontraron que el Azul Brillante no alteró la tensión de soluciones.

## 2.5 ENFERMEDADES FOLIARES DE TRIGO

El trigo tiene varios tipos de enfermedades foliares, este trabajo inicialmente estaba enfocado a dos de las enfermedades más importantes del trigo en Uruguay Mancha Parda o Amarilla y Septoriosis de la hoja, favorecidas por los cambios tecnológicos que se han dado en la agricultura: siembra directa, sistemas más intensivos y aumento desproporcionado del área de trigo y de más difícil control con fungicidas. Debido al predominio de Mancha amarilla se centró en el control de esta enfermedad. Igualmente se presentan información para estas dos enfermedades.

### 2.5.1 Mancha Parda o Amarilla (*Phyrenophora tritici-repentis*)

La mancha parda o amarilla es causada por *Phyrenophora tritici-repentis*, la misma ha aumentado en el mundo y esto se explica en términos generales por cambios en los cultivares, prácticas culturales (prácticas de conservación de suelo, incluyendo rastrojos y mínimo laboreo, aumento en la intensidad de uso del suelo y del monocultivo) y aumento en el reconocimiento del hongo y de la enfermedad.

En Uruguay la enfermedad fue detectada en 1982 y se ha presentado con alta incidencia y severidad en Salto y Young durante los años 1990 y 1991, respectivamente. Díaz (1992) mencionó que el aumento del uso de técnicas de mínimo o cero laboreo, dificultaría el control de esta enfermedad, y de no contar con cultivares resistentes, el uso de fungicidas se transformará en una

herramienta indispensable de manejo. Hoy en día se constata lo mencionado por Díaz en esos años.

Desde el 90 hasta la fecha, con excepción del año 1992, ha sido la mancha predominante al norte del país en los sistemas de producción que incluyeron trigo sembrado sobre rastrojo de trigo. La distribución de esta enfermedad se restringió a zonas trigueras templadas y húmedas y las pérdidas de rendimiento oscilaron entre 3 y 84% (Díaz, 2011a).

El organismo causal, *P. tritici-repentis*, es un ascomiceto que sobrevive en la paja de trigo como pseudotecio, conidio y micelio. Bajo condiciones ambientales favorables las ascosporas son liberadas de las ascas y junto con el micelio y los conidios constituyen la principal fuente de inóculo primario. Lluvias frecuentes y prolongados períodos frescos y húmedos favorecen el desarrollo de la enfermedad. Las hojas inferiores usualmente se infectan primero, y tan pronto como la estación progresa, la enfermedad se expande a las hojas superiores por salpicado y viento (Díaz, 1992).

La temperatura óptima para el desarrollo de *P. tritici-repentis* es 19 - 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 como lo son para *Septoria tritici* (Díaz, 2011a).

Los síntomas más frecuentes se presentan como una mancha ovalada, con halo clorótico, interior tostado o pardo y centro oscuro. El resultado de la interacción entre diferentes cultivares de trigo y aislamientos puede dar otra gama de síntomas (Díaz, 2011a).

### 2.5.2 Septoriosis de la hoja (*Septoria tritici*)

La septoriosis de la hoja o mancha de la hoja, causada por *Septoria tritici*, está presente en casi todas las áreas templadas a subtropicales y

húmedas donde crece el trigo. Por lo cual no es un problema nuevo en América del Sur (Roberge, citado por Díaz, 2011b).

Las primeras grandes pérdidas publicadas datan de 1939 para Argentina y Uruguay (Boerger, Shipton et al., citados por Díaz 2011b), y de 1975-76 para Chile (Gilchrist y Madariaga, citados por Díaz 2011b). La enfermedad es un serio problema en el Sur de Chile, de Uruguay y de las Provincias de Córdoba y Buenos Aires. También en los restantes países del Cono Sur (Paraguay, Brasil y Bolivia) (Díaz, 2011b).

La enfermedad causa graves pérdidas de rendimiento Eyal et al., citados por Díaz (2011b). A nivel mundial se ha informado que las mismas oscilan entre 31 y 54%. A nivel nacional, en el período desde 1976 a 2009 se han observado promedios de rendimiento nacionales por debajo de los esperados en 14 años. Las mermas nacionales oscilaron entre 2 y 54% (Díaz, 2011b). Por otra parte, Zamuz et al., Ackermann, citados por Díaz (2011b) informa que la reducción promedio de rendimiento causada por septoriosis de la hoja ha sido del orden del 30% en Uruguay.

Los síntomas de la septoriosis de la hoja varían según la variedad, las prácticas de cultivo y la localización geográfica. Los síntomas se desarrollan a través de toda la estación de crecimiento. Inicialmente aparecen como manchas cloróticas usualmente en las hojas inferiores en contacto con el suelo (Díaz, 2011b).

El inóculo primario puede provenir de restos de cultivos infectados, ascosporas transportadas por el viento, de otras especies gramíneas susceptibles o micelio de *S. tritici* latentes en los restos de cultivos. La esporas asexuadas (picnidiosporas) o sexuadas (ascosporas) en los restos de cultivo parecen ser la principal fuente de inóculo primario para la mayoría de los países. En INIA La Estanzuela se realizó un ensayo colocando baldes

sembrados con un cultivar susceptible, con tierra estéril sobre el edificio, a una altura de 6 metros, donde se obtuvieron excelentes síntomas de *S. tritici*, esto indica que el inóculo fue transportado por el viento (ascosporas) o bien estaba presente en la semilla (Díaz, 2011b).

Eyal et al., citados por Díaz (2011b) mencionan que la temperatura óptima para el desarrollo de *S. tritici* es 20-25 °C con un rango de 2-3/33-37 °C. La humedad relativa alta es favorable y las lluvias son importantes, sobre todo en el proceso de dispersión. Los procesos de infección se producen mejor en días nublados y lluviosos con temperaturas entre 20 y 25°C.

Otras enfermedades foliares del trigo que no las tomamos en cuenta pero que son de importancia para el cultivo son:

- Roya de la hoja, que es causada por el patógeno llamado *Puccinia triticina*. Esta enfermedad es importante en los cultivos de invierno ya que incrementa el costo de producción por la necesidad de control químico en cultivares susceptibles.
- Oídio del trigo que tiene como patógeno *Blumeria graminis f.sp. tritici* ataca todas las partes aéreas de la planta, donde se observan masas de micelio y esporas blancas pulverulentas particularmente sobre el haz de las láminas. Estas enfermedades son comunes en áreas húmedas, pero han sido considerados de importancia secundaria en Uruguay.
- Tizón bacteriano de la hoja causada por unas bacterias llamadas *Pseudomonas syringae*, esta se encuentra en la superficie de las hojas (epífitia), que se hace patógena al penetrar al tejido vegetal a través de heridas y estomas. Forma pequeñas manchas verdes decoloradas, que se expanden rápidamente

tornándose blanquecinas. Bajo condiciones favorables, se produce exudado bacteriano.

- Estría bacteriana causada por *Xanthomonas translucens* pv. *translucens*. Los síntomas primarios aparecen en las hojas más jóvenes como lesiones pequeñas, húmedas que luego se alargan a estriás lineales. Se pueden extender a toda la hoja. Luego la lesión se vuelve traslúcida y necrótica con apariencia marrón.
- Virus del enanismo amarillo de la cebada causado por BYDV. Los primeros síntomas aparecen en pequeños manchones localizados en la chacra luego de la aparición de pulgones. Las plantas se ven enanas, con pérdida de clorofila, con hojas de color amarillo, salmón a rojizo.

## 2.6 ACCIÓN DE LOS FUNGICIDAS

El producto utilizado en este experimento es un fungicida sistémico de amplio espectro, de efecto preventivo, curativo y erradicante. Compuesto por una Estrobilurina (Kresoxim metil 125 g/L) y un Triazol (Tebuconazol 150 g/L), comercializado en Uruguay por la empresa Cibeles, siendo su nombre comercial Conzerto 27,5 SC.

Actúa a través de la acción de los dos principios activos, inhibiendo la germinación de las esporas, el desarrollo del tubo germinativo y la esporulación (Estrobilurina) y en tanto el Triazol inhibiendo la biosíntesis del ergosterol otorgando así un efecto curativo y erradicante. Con la combinación de los dos principios activos de diferente acción se disminuye notablemente la posibilidad de que se genere resistencia al producto y se mejora la acción de cada uno por separado. Se usa en cultivos de arroz, trigo, soja y cebada, a dosis de 0,500 a 0,900 L.ha<sup>-1</sup> para el control de roya anaranjada, septoriosis, mancha amarilla y

golpe blanco. En las etiquetas comerciales del producto se recomienda volúmenes de caldo de más 200 L.ha<sup>-1</sup> para aplicaciones terrestres (Cibeles, 2013).

Los fungicidas sistémicos son los que aplicados sobre la planta o suministrados en el agua de riego son absorbidos y transportados luego por el sistema vascular, la absorción ocurre por las hojas, estos no pueden ser fitotóxicos y su acción es selectiva afectando objetivos que son exclusivos de los hongos.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se realizó en un cultivo comercial de trigo cultivar Nogal, ubicado en el establecimiento "Cerro Alegre" del Sr. Enrique Oyarzabal, localizado en las coordenadas (33°17'41.76"S y 57°56'6.69"W), ubicado en el Departamento de Soriano al Sur-Este de la ciudad de Mercedes.

El cultivar Nogal presenta (susceptibilidad baja frente mancha de la hoja, frente a mancha amarilla la susceptibilidad es baja-intermedia, a fusariosis es alta, a roya de la hoja es intermedia-baja y a oídio baja).

#### 3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

El diseño utilizado fue de bloques al azar con un arreglo factorial de tratamientos con 2 repeticiones, los cuales combinaron 3 volúmenes de aplicación y 2 tamaños de gota. La unidad experimental eran parcelas de 18 m de ancho por 50 m de largo.

Los tratamientos correspondieron a los 3 volúmenes de caldo: 32.4, 61 y 100 L.ha<sup>-1</sup> y dos tamaños de gotas, lograda por tipos de boquilla, una de Aire Inducido (AI) y otra de Cono Hueco (TXA) Cuadro No. 1.

Cuadro No. 1. Descripción de los tratamientos

Trat	Vol. (L.ha <sup>-1</sup> )	TG*	Boquillas	Vel.(Km.h <sup>-1</sup> )	Presión (bar)
1	32.4	F	TXA 80015	12.5	2.5
2	32.4	MG	AI 110015	12.5	2.5
3	61	F	TXA 8002	20	2.5
4	61	MG	AI 110025	20	2.5
5	100	F	TXA 8004	14.5	2
6	100	MG	AI 11004	14.5	2

TG (Tamaño de gota); F (Fina); MG (Muy Gruesa); Vol. (Volumen); Vel (Velocidad); Trat (Tratamiento).

\*Clasificación según norma ASAE S 572.

### 3.3 METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN

La aplicación fue realizada el 18/10/2011, al momento que el trigo se encontraba en estado de Z 6.9 (escala Zadoks) y con 600 tallos productivos por metro cuadrado. La aplicación se realizó con un equipo autopropulsado marca CASE PATRIOT 3330 con un ancho operativo de 36.5 m con un tanque de 4542 litros.

Los diferentes tratamientos fueron evaluados con la aplicación del fungicida "Conzerto" (125 g/l kresoxim metil + 150 g/l tebuconazol) a una dosis de 1 L.ha<sup>-1</sup> de producto comercial. Al caldo se le agregó un corrector siliconado marca comercial GROW. Además se adicionó al caldo el trazador Azul Brillante F&C no. 1, a razón de 2000 ppm del caldo para la cuantificación de la cantidad de deposición sobre 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 al azar la hoja que se encontraba por debajo de la hoja bandera.

#### 3.4 DETERMINACIONES DE LA DEPOSICIÓN SOBRE LAS HOJAS DE TRIGO

Se recolectaron 50 hojas del estrato medio, para la cuantificación de la cantidad de producto. Solamente se cuantifico la deposición en ese estrato, considerando los resultados sin diferencias por estrato del trigo que habían obtenido Charbonnier et al. (2011), Stoletniy (2013).

Las hojas fueron colectadas individualmente en bolsas de polietileno previamente identificadas y llevadas al laboratorio donde fueron lavadas con agua destilada (20 mL). La solución resultante fue almacenada para la determinación de la absorbancia en el espectrofotómetro marca UNICO, a una longitud de onda de 630 nm (metodología utilizada por Palladini et al. 2005, Villalba et al. 2009).

Se realizó una curva de calibración con concentraciones de azul brillante conocidas y a partir de las lectura de absorbancia en el espectrofotómetro y usando los datos de la regresión entre esos parámetros (Figura No. 1) se pudo ajustar los datos de absorbancia de cada muestra y estimar la deposición del trazador por hoja.

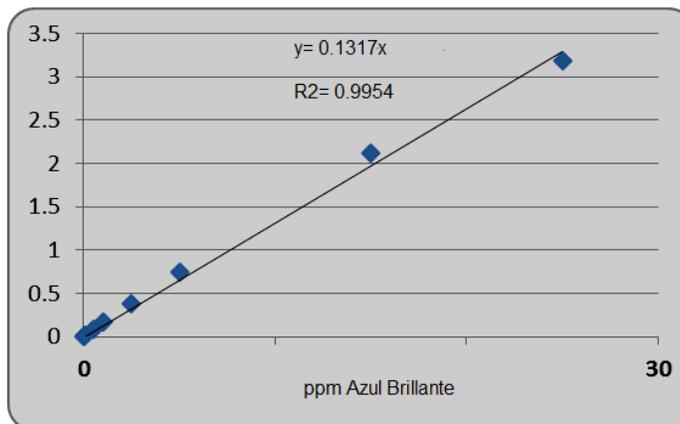


Figura No. 1. Curva de calibración para absorbancia de cantidades conocidas del trazador.

Por otra parte una muestra de 50 hojas fueron escaneadas para la estimación del área foliar en el programa Image Tool, con esa medida y el producto del largo y ancho de la hoja por el coeficiente 0.75 fue construida una regresión. A partir de los datos de la regresión y el producto del largo, ancho y coeficiente de todas las muestras fue estimada el área foliar para así expresar la deposición (cantidad de trazador) en  $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ .

### 3.5 DETERMINACIONES DE NIVEL DE ENFERMEDAD

Previo a la aplicación del fungicida, se realizó la cuantificación de las enfermedades foliares, la misma consistió en la determinación del porcentaje del área foliar afectada por la enfermedad (% de severidad).

Las enfermedades presentes en el cultivo fueron Mancha amarilla (*Pyrenophora tritici-repentis*) y Septoriosis de la hoja (*Septoria tritici*), aunque se presentan solo para mancha amarilla, ya que fue la enfermedad predominante. Para determinar el % de severidad de cada enfermedad se realizaron monitoreo en 3 estaciones (puntos de muestreo) por parcela. Donde en cada una de ellas se tomaron cuatro plantas al azar y la lectura se hacía sobre las hojas del tallo

principal, tomando como hoja 1 la hoja bandera. Además se evaluaron la hoja debajo de la hoja bandera (HB-1) y la hoja por debajo de esta (HB-2).

Se presenta el análisis para el control de la enfermedad expresado en tejido verde, considerando que es el inverso de la expresión de la enfermedad (Cuadro No. 6). Primeramente se analizó tejido verde integrando todas las hojas presentes en el momento de la evaluación y luego se analizó para cada hoja en ambas fechas de muestreo.

La evaluación de las enfermedades se determinó en base a tres determinaciones: i) 18 de octubre-inmediatamente antes de la aplicación, ii) 27 de octubre (9 DPA, días post aplicación) y iii) 3 de noviembre (15 DPA).

### 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 durante el experimento

Tratamientos	Temperatura (°C)	HR (%)	Viento (km.h <sup>-1</sup> )
T1 – T2	25.5	43.5	10
T3 – T4	25	42	14
T5 – T6	27	42	6

### 3.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La variable deposición fue analizada tomando en cuenta el factorial. El modelo usado en forma general:

$$Y_{IJK} = \mu + B_i + V_j + \delta_{ij} + G_k + \alpha_{IK} + (VG)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

$Y_{IJK}$  = Variable aleatoria observable

$\mu$  = Media general.

$\beta_i$  = efecto del i-ésimo bloque

$V_J$  = Efecto del j-ésimo volumen

$\delta_{ij}$  = Error del Volumen

$G_K$  = Efecto del k-ésimo tamaño de gota

$\vartheta_{IK}$  = Error Tamaño de Gota

$(VG)_{JK}$  = Interacción entre volumen y tamaño de gota

$\varepsilon_{ijk}$  = Error Interacción Volumen y Tamaño de Gota

Las medias de los efectos significativos fueron comparadas usando el test de Tukey al 10%.

Teniendo en cuenta que el volumen es una variable cualitativa y como forma de profundizar en el análisis se decidió estudiar su respuesta por contrastes de tendencias, se realizó para el efecto principal y separando para cada tipo de tamaño de gota ajustes lineales y cuadráticos.

Para estudiar el efecto de los diferentes tratamientos sobre la cantidad de tejido de verde (inverso de severidad) se analizó el efecto testigo (si o no aplicación de fungicida), el factorial volumen de aplicación x tamaño de gota anidado en testigo y todas las interacciones para cada fecha de monitoreo. No se consideran los tratamientos correspondientes a 32 L.ha<sup>-1</sup> por perderse dichas parcelas.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1 DEPOSICIÓN EN HOJAS DE TRIGO

Para los tratamientos evaluados no se constataron efectos significativos del volumen y tamaño de gota sobre la deposición (Cuadro No. 3). Tampoco hubo efecto en la interacción volumen y tamaño de gota en la deposición del trazador sobre las hojas de trigo.

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

Efecto	P- valor
Bloque	0.5005
Volumen (VOL)	0.1629
Tamaño de Gota (TG)	0.7732
TG *VOL	0.9219

Con respecto a los volúmenes evaluados, el de 100 L.ha<sup>-1</sup> tuvo una mayor deposición de trazador (Cuadro No. 4). Haciendo una representación porcentual para resaltar dichas diferencias y tomando al mayor volumen como referencia (100%), los demás volúmenes presentaron una deposición del 41 y 21 %, para el volumen de 61 y 32 L.ha<sup>-1</sup> respectivamente, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas, debido a los altos coeficientes de variación.

Cuadro No. 4. Efecto de volumen sobre la deposición

Volumen (L.ha <sup>-1</sup> )	Deposición (µg.cm <sup>-2</sup> )	%
100	117.29 A	100
61	49.17 A	41
32	25.66 A	21

Teniendo en cuenta la relación entre la cobertura en la aplicación y variables como volumen y tamaño de gota y entendiendo que la cobertura está directamente relacionada al volumen, era esperable una mayor deposición con el volumen de 100 L.ha<sup>-1</sup>, coincidiendo con lo expresado por Costa et al. (2011).

Analizando el volumen a través de contrastes de tendencias, se encontró que la respuesta fue lineal y significativa, independiente del tamaño de gota, mostrándose en el cuadro el ajuste de la regresión general y para cada tamaño de gota (Cuadro No. 5).

Cuadro No. 5. Ajustes de los modelos para diferentes contrastes

Efecto volumen	Tamaño de Gota	P – valor
Modelo lineal	-	0.0245
Modelo cuadrático	-	0.3763
Modelo lineal	F	0.006
Modelo lineal	MG	0.0078
Modelo cuadrático	F	0.3428
Modelo cuadrático	MG	0.5374

En las siguientes figuras se presenta los resultados de deposición con diferentes volúmenes para ambos tamaño, siendo las mismas muy similares. Como observamos, a mayor volumen de aplicación mayor fue la deposición. Para gota fina, cada 1.43 L de aumento de volumen en la aplicación aumentaba un punto la deposición (Figura No. 2a), y para gota muy gruesa el aumento en la deposición fue cada 1.34 L (Figura No. 2b). Estos resultados eran los esperados y también concordantes con lo que mencionan Costa et al. (2011) donde el mayor volumen de aplicación proporcionó mayores tasas de deposición sobre el follaje.

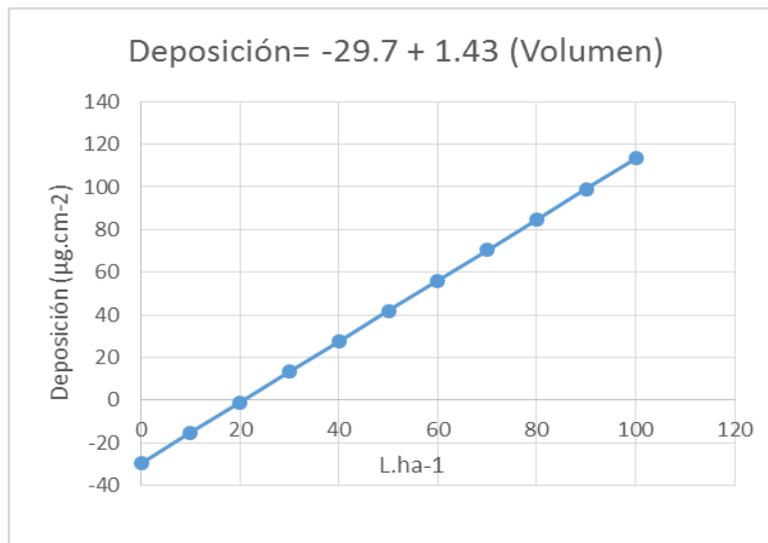


Figura No. 2a. Deposición promedio para tratamientos de gota fina para los diferentes volúmenes

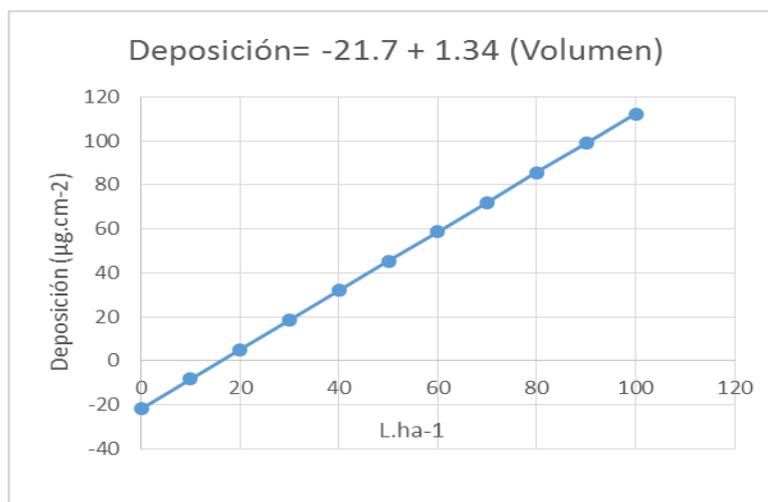


Figura No. 2b. Deposición promedio para tratamientos de gota muy gruesa para los diferentes volúmenes

Considerando el tamaño de gota, no se encontraron diferencias significativas en la deposición obtenida, tanto para tamaño de gota muy gruesa, como para tamaño de gota fina (Figura No. 3). Si bien en la bibliografía las

gotas finas se relacionan a las que tienen mayor probabilidad de deriva, así explica Klein y Johnson (2002), comentando que las partículas menores a 200 micras son consideradas altamente derivables. Pero en las condiciones del presente trabajo, este tamaño de gota no presentó problemas de deriva, aunque en el momento de aplicación las condiciones no eran las adecuadas, ya que se registraron ráfagas de hasta  $14 \text{ Km.h}^{-1}$ , siendo que a esta velocidad se aconseja no aplicar según lo citado por Fillat et al. (2010).

Aunque existen autores como Gálvez et al. (2005) que mencionan a las gotas finas como las que ofrecen mayor cobertura o deposición, no se encontraron ventajas al uso de este tamaño de gota, que sí es muy riesgoso desde el punto de vista ambiental.

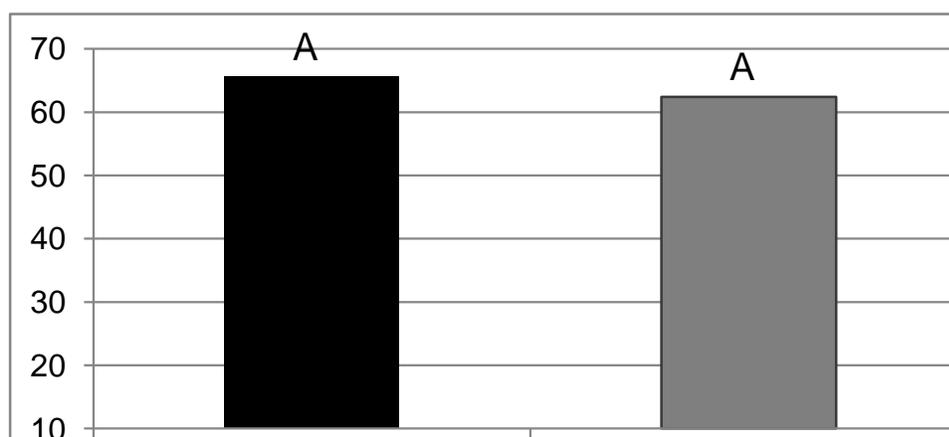


Figura No. 3. Deposición ( $\mu\text{g.cm}^{-2}$ ) en hojas para la variable tamaño de gota. MG (Muy gruesa); F (Fina)

Como se presentó en el Cuadro No. 1 la interacción no fue significativa y las diferencias en la deposición para cada tamaño de gota en cada volumen, en términos absolutos fueron mínimas (Figura No. 4).

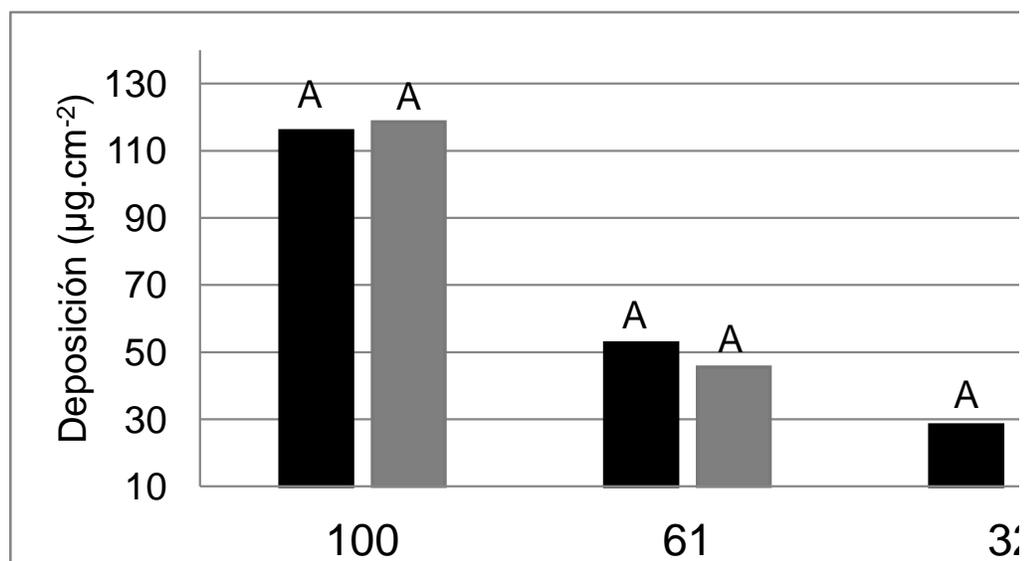


Figura No. 4. Efecto de la interacción volumen y tamaño de gota sobre la cantidad de trazador depositado.

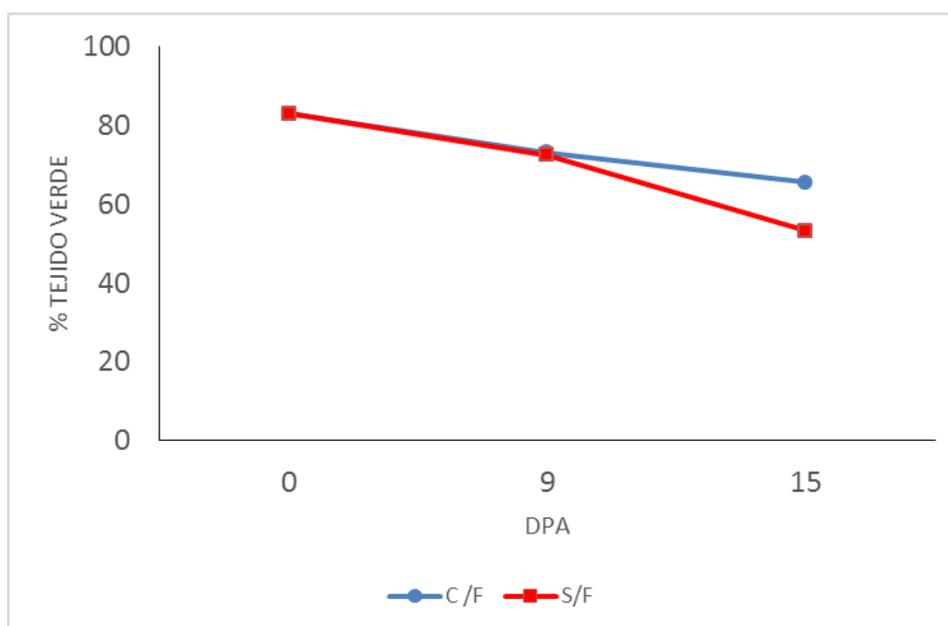
#### 4.2 CONTROL DE MANCHA AMARILLA

Analizando el efecto de los tratamientos en la variable tejido verde tomando el dato de la variable que integra todas las hojas de las plantas evaluadas (en algunas plantas evaluadas existía la HB-3 y HB-4) no se encontraron efectos estadísticamente significativos de la aplicación del fungicida en ambas fechas (Cuadro No. 6). Sin embargo, la tasa de caída de la evolución del porcentaje de tejido verde fue mayor en el tratamiento sin aplicación de fungicida en relación a los tratamientos con fungicida. Así, a los 15 DPA la cantidad de tejido verde para los tratamientos que recibieron fungicida era 12 % mayor al testigo (Figura No. 5).

Cuadro No. 6. Anava para tejido verde integrado de todas las hojas a los 9 DPA y 15 DPA

	9 DPA	15 DPA
	P – valor	P – valor
(Testigo)	0.9285	0.1719
Vol. (Testigo)	0.93.26	0.8803
TG (Testigo)	0.8916	0.2365
Vol*TG (Testigo)	0.4325	0.5892

Vol = Volumen; TG= tamaño de gota



C/F: Promedio de los tratamientos con fungicida

S/F: Tratamiento sin fungicida

Figura No. 5. Porcentaje de tejido verde, promedios de los tratamientos con fungicida y el tratamiento sin fungicida (testigo) a los 9 y 15 dpa.

La eficiencia del fungicida a los 15 dpa fue de 23%, este valor es muy bajo, considerando que la bibliografía indica controles promedios del 50 al 70% para esta enfermedad. El bajo control de la enfermedad esta explicado

principalmente por el alto nivel inicial de la misma antes de la aplicación que fue de 17%. Según Pereira (2011) para el control de mancha amarilla las aplicaciones deben comenzar con un nivel de 5-6% de enfermedad. Cuanto más alto es el nivel de la enfermedad menor es la eficiencia de los fungicidas, visto que es una enfermedad necrotrófica y que produce disrupción de la translocación, por tanto con altos niveles de infección el fungicida no logra la sistemía necesaria en la hoja.

La ocurrencia de lluvias a los 4-5 días post aplicación de los tratamientos, también condicionó la efectividad final del fungicida ya que cuando se dan las condiciones predisponentes ocurre una reinfección de la enfermedad desde el inóculo en superficie.

Por otro lado, se procedió a hacer un análisis del % tejido verde por hoja y para cada fecha, con el objetivo de analizar el efecto solamente en las hojas fisiológicamente más importante en ese estadio del cultivo (HB, HB-1, HB-2). En este sentido, solamente se detectó efecto de la aplicación de fungicida en la evaluación de los 15 DPA para la hoja bandera (Cuadro No. 7).

Cuadro No. 7. Anava para tejido verde a los 9 DPA y 15 DPA para cada hoja

	9 DPA			15 DPA		
	HB	HB-1	HB-2	HB	HB-1	HB-2
Efecto	P-Valor	P-Valor	P-Valor	P-Valor	P-Valor	P-Valor
Testigo	0.2994	0.4661	0.2623	0.0246	0.1983	0.2549
Vol (Testigo)	0.8691	0.8620	0.8518	0.5295	0.8202	0.9583
TG (Testigo)	0.5419	0.4873	0.5056	0.3014	0.3151	0.2876
Vol*TG (Testigo)	0.3757	0.5433	0.2495	0.6276	0.3785	0.9117

Vol = Volumen; TG= tamaño de gota

Existieron diferencias entre los diferentes estratos ya que en la hoja bandera el valor es entorno a los 80 a 96% de tejido verde (considerando las 2 fechas) y en la parte inferior (HB-3) no llega al 10%. Esto es consecuencia por un lado del desarrollo natural del cultivo, y por otro lado como menciona Díaz (1992), las hojas inferiores usualmente se infectan primero, y tan pronto como la estación progresa, la enfermedad comienza a instalarse en las hojas inferiores por salpicado y viento, luego la enfermedad continua avanzando verticalmente, dependiendo de las condiciones.

Al analizar cada hoja en forma individual en relación al porcentaje de tejido verde, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar las plantas testigo con las plantas en las que se realizó el tratamiento a los 9 DPA (Cuadro No. 8). Era esperable encontrar diferencias, ya que el período de latencia de esta enfermedad puede ser de tan solo 7 días bajo condiciones ambientales favorables.

Cuadro No. 8. Tejido verde promedio de los tratamientos con fungicida y el testigo sin fungicida a los 9 DPA

	HB	HB-1	HB-2	HB-3
Promedio tratamientos con fungicida	95.4 A	87.1 A	62.8 A	9.6 A
Testigo sin fungicida	90.2 A	81.7 A	47.2 A	9.2 A

Al momento de la segunda observación, a los 15 DPA se encontraron diferencias estadísticamente significativas únicamente a nivel de la hoja bandera (HB) (Cuadro No. 9). Esta diferencia encontrada es de importancia, ya que desde el punto de vista fisiológico es la hoja de mayor relevancia en el

aporte al llenado de grano, contribuyendo en un 75% del mismo (Couretot et al., 2011).

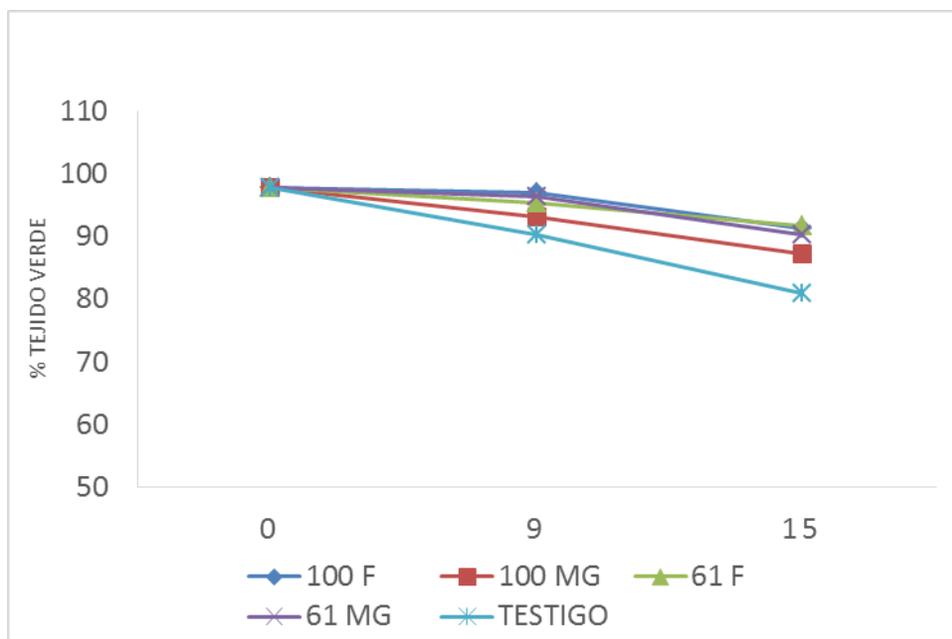
Cuadro No. 9. Tejido verde promedio de los tratamientos con fungicida y el testigo sin fungicida a los 15 DPA

	HB	HB-1	HB-2
Promedio tratamientos con fungicida	90.1 A	71.1 A	35.4 A
Testigo sin fungicida	81.1 B	58.5 A	20.3 A

En el único estrato que hubo diferencias significativas fue donde el nivel de enfermedad fue menor, ya que al momento de la aplicación en la HB la severidad era de 2.3 %, mientras que en la HB-1 era de 3.6 y en la HB-2 era de 14.7%. Otro aspecto importante a destacar que puede estar determinando el efecto de la aplicación de fungicidas solamente en la hoja bandera es que es la hoja en la cual la cobertura del producto que llega puede ser mayor.

No hubo efecto estadísticamente significativo de los tratamientos volumen, tamaño de gota ni de la interacción sobre el porcentaje de tejido verde promedio por planta. Estos resultados pueden estar enmascarados por la baja eficiencia que presentó el fungicida.

No obstante esto, se observó que la evolución del porcentaje de tejido verde fue diferente para los distintos tratamientos. En la Figura No. 6 se observa que el tratamiento de 100 L.ha<sup>-1</sup> y gota muy gruesa fue el que presentó menor tejido verde en ambas evaluaciones en hoja bandera, quizás pueda explicarse por el mayor escurrimiento que ocurre en ese estrato de la planta. Similarmente, Charbonnier et al. (2011), obtuvieron una leve tendencia a menor deposición en el mayor volumen utilizado (100 L.ha<sup>-1</sup>)



C/F: Promedio de los tratamientos con fungicida

S/F: Tratamiento sin fungicida

100 F: 100 L. Gota fina

100 MG: 100 L. Gota Muy Gruesa

61 F: 61 L. Gota fina

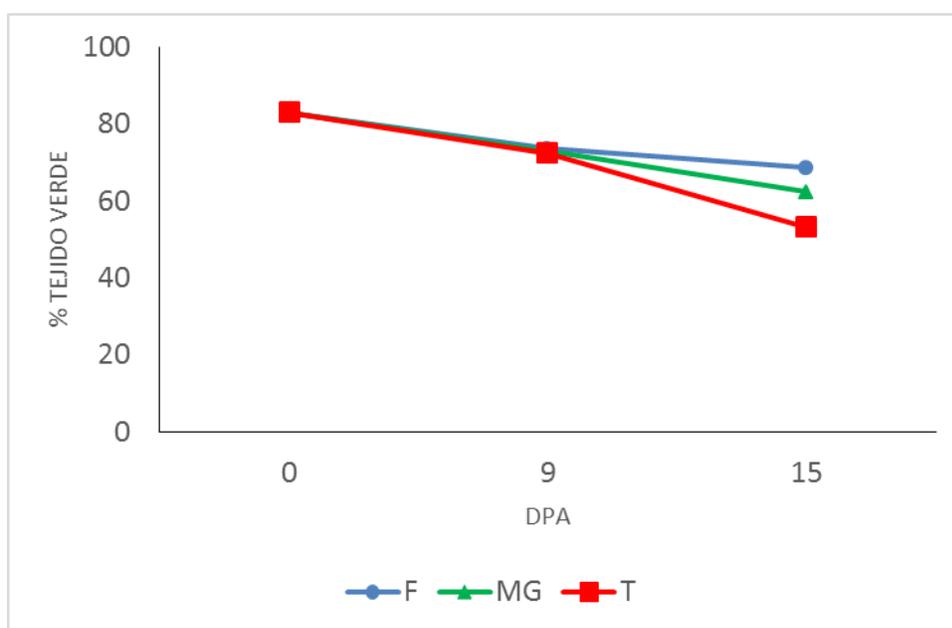
61 MG: 61 L. Gota Muy Gruesa

Figura No. 6. Porcentaje de Tejido Verde en Hoja Bandera para la interacción volumen y tamaño de gota y en el testigo en ambas observaciones

El volumen de 100 L.ha<sup>-1</sup> fue el que presentó la tendencia a mayor deposición, esto no se reflejó en un mayor control de la enfermedad, quizás este mayor volumen de agua determinó una menor concentración de fungicida en la gota que determinó la tendencia a menor control con las gotas gruesas, mientras que con gotas finas la mejor distribución pudo incidir en la tendencia a mejor control para este volumen. En resumen, se observó la tendencia de que con 61 L.ha<sup>-1</sup> en general hay igual o mayor porcentaje de tejido verde que

cuando se utilizó  $100 \text{ L.ha}^{-1}$  con gota fina. Por lo tanto como menciona Marcondes et al. (2008) la adopción de los menores volúmenes evaluados en las condiciones de este ensayo mostró no interferir en la calidad del tratamiento fitosanitario. Adicional y de interés operativo ya que permite economizar agua, tiempo y combustible, manteniendo o hasta mejorando la calidad de aplicación.

Analizando el efecto del tamaño de gota (Figura No. 7), vemos que a los 9 y a los 15 DPA hubo una leve tendencia a menor valor de tejido verde con tamaño de gota gruesa y esto como fuera comentado estuvo afectado por los resultados de este tamaño de gota en el volumen mayor.



F: gota fina; MG: gota muy gruesa

Figura No. 7. Porcentaje de Tejido Verde según tamaño de gota según día post aplicación.

## 5. CONCLUSIONES

La deposición sobre las hojas de trigo no fue afectada por el volumen, tamaño de gota y tampoco por la interacción tamaño de gota-volumen. Hubo una tendencia a mayor deposición con el volumen de 100.L.ha<sup>-1</sup>.

El modelo que mejor ajustó para representar la variable principal volumen en la deposición en hojas de trigo, fue el lineal y fue independientemente del tamaño de gota. . En promedio cada 1.38 L de aumento de volumen en la aplicación aumentó un punto la deposición.

La eficiencia del fungicida en el control de mancha amarilla fue baja. El control de la enfermedad no fue afectada por el volumen de aplicación, ni el tamaño de gota, ni por la interacción de estos factores. El control de mancha amarilla solo presentó diferencia estadística en la hoja bandera a los 15 días post- aplicación, donde el promedio de los tratamientos con fungicida presentó un 12% más de tejido verde comparado al testigo sin fungicida.

Estos resultados muestran que en las condiciones de este ensayo no fue necesario usar volúmenes de aplicación superiores a 60 L.ha<sup>-1</sup> y tampoco considerar el tamaño de gota a ese volumen. Esto se logro aun en una situación donde la presión del inoculo fue alta. De esta manera se estaría economizando agua, tiempo y combustible, manteniendo la calidad del tratamiento fitosanitario y con menores riesgos de deriva.

## 6. RESUMEN

La producción agrícola en el Uruguay ha crecido considerablemente en los últimos años, también las actividades realizadas en el proceso han ido cambiando. Esto ha incrementado el uso de agroquímicos, hasta el punto de llegar a ser dependientes en gran forma de esta actividad, lo cual lleva a que represente un porcentaje importante en los costos totales de los cultivos. En este contexto se planteó este trabajo con el objetivo de sumar evidencias en relación a las variables de tecnología de aplicación en el uso de fungicidas en trigo. Se evaluó el efecto de 3 volúmenes de aplicación (32, 61, 100 L.ha<sup>-1</sup>) combinado con 2 tamaños de gota (fina y muy gruesa) en la deposición y el control de mancha amarilla (*Phyrenophora tritici/repentis*) en la aplicación del fungicida kresoxim metil + tebuconazol. El experimento se realizó en un cultivo comercial con un diseño experimental de bloques completos al azar con un arreglo factorial de tratamientos y 2 repeticiones. La aplicación del fungicida determinó que se obtuviera a los 15 días post-aplicación un mayor nivel de tejido verde a nivel de la hoja bandera si la comparamos con el testigo sin aplicación. Estadísticamente no se registraron diferencias entre los volúmenes, tamaños de gotas ni de ninguna combinación entre ellos, en relación a la deposición y al control de la enfermedad.

Palabras clave: Tipo de boquilla; Volumen; Tamaño de gota

## 7. SUMMARY

Agricultural production in Uruguay has grown considerably in recent years, also the activities in the process have changed. This has increased the use of agrochemicals, to the point of becoming dependent in great shape for this activity, which leads to represent an important factor in the total cost of crop percentage. In this context, this work was designed with the aim of adding evidence variables regarding application technology fungicide use in wheat. The effect of 3 volumes of application (32, 61, 100 L.ha<sup>-1</sup>) combined with two drop sizes (fine and very coarse) deposition and control of yellow stain (*Phyrenophora tritici / repentis*) was evaluated in the application of the fungicide tebuconazole + kresoxim methyl. The experiment was conducted in a commercial crop with an experimental design of randomized complete block with a factorial arrangement of treatments and 2 replications. The application of fungicide found that post- application a higher level of green tissue at the flag leaf when compared with the control without application is obtained at 15 days. No statistically significant differences between the volumes, drop size or any combination thereof, in relation to the deposition and control of the disease was recorded .

Keywords: Nozzle type; Volume; Droplet size

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. BOLLER, W. 2011. Avanços tecnológicos em pontas de pulverização. In: Sintag - Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos (5º., 2011, Cuiabá, MT, Brasil). Trabalhos apresentados. s.n.t. s.p.
2. CHARBONNIER, G.; NADAL, N.; LAFLUF, I. 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. 59 p.
3. CIBELES. 2011. Conzerto 27,5 SC. (en línea). Montevideo. s.l. s.p. Consultado 22 jul. 2013. Disponible en [http://www.cibeles.com.uy/es/producto\\_agro.php?ca=69&nu=10](http://www.cibeles.com.uy/es/producto_agro.php?ca=69&nu=10)
4. COSTA, L.; DA COSTA, M.; BORGES, H.; FRANCO, A. 2011a. Deposição e cobertura na cultura da soja em função de pontas de pulverização e diferentes volumes de calda fungicida. In: Sintag – Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos (5º., 2011, Cuiabá). Trabalhos apresentados. s.n.t. s.p.
5. \_\_\_\_\_. 2011b. Pontas de pulverização e volumes de aplicação no controle da ferrugem asiática (*phakopsora pachyrhizi* sydon & sydon). In: Sintag – Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos (5º., 2011, Cuiabá). Trabalhos apresentados. s.n.t. s.p.
6. COURETOT, L.; FERRARIS, G.; MOUSEGNE, F. 2011. Experiencias en el control químico de enfermedades foliares de trigo y cebada en la zona Norte de la Pcia de Bs As. Proyecto Regional Agrícola; campaña 2010-2011. Pergamino, Buenos Aires, INTA. s.p
7. DÍAZ DE ACKERMANN, M. 1992. Mancha parda del trigo causada por *pyrenophora tritici repentis*. Montevideo, INIA pp. 5-14 (Boletín de Divulgación no. 19).
8. \_\_\_\_\_. 2011a. Mancha parda o amarilla del trigo en Uruguay. In: Seminario de Actualización en Manejo de Enfermedades en Trigo y Cebada (2010, La Estanzuela, Colonia). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 95-111 (Serie Técnica no. 189).
9. \_\_\_\_\_. 2011b. Septoriosis de la hoja del trigo. In: Seminario de Actualización en Manejo de Enfermedades en Trigo y Cebada (2010,

La Estanzuela, Colonia). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 75-95 (Serie Técnica no. 189).

10. FORCELINI, C. A.; BOLLER, W.; CAUS, D. C.; TORESAN, A. 2008. Definição da dose de um fungicida considerando volumen de calda em soja. In: Sintag - Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos (4º., 2008, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Trabalhos apresentados. s.n.t. s.p.
11. GÁLVEZ, M.R.; VINCIGUERRA, H.F.; RODRÍGUEZ, W.; SABATÉ, S.; SOLDINI, E.A.; DEVANI, M.R.; OLEA, I.L.; PLOPER, D.L. 2005. Evaluación de la penetración del asperjado producido por diferentes boquillas en aplicaciones terrestres orientadas al control de la roya de la soja. (en línea). Tucumán, INTA. 9 p. Consultado 24 jul. 2013. Disponible en <http://www.eeaoc.org.uy/roya/Evaluacion-boquillas.roya.pdf>.
12. 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 20 jul. 2013. Disponible en [http://mawg.cropdisease.com/pdf/AE-1314\\_Ground\\_Application\\_of\\_Fungicides\\_REVISED.pdf](http://mawg.cropdisease.com/pdf/AE-1314_Ground_Application_of_Fungicides_REVISED.pdf)
13. 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).
14. MARCONDES, F. S. F.; RAMOS, H. H.; YANAI, K.; DA ROCHA, D. S. R.; CORRÊA AGUIAR, V.; SCAPIN, M. S.; LIBANORE, F. A. M. 2008. Possibilidade de redução da calda utilizada no tratamento fitossanitário do algodoeiro. In: Sintag - Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos (4º., 2008, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Trabalhos apresentados. s.n.t. s.p.
15. MATUO, T. 1998. Fundamentos da tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: Guedes, J.V.C.; Dornelles, S.H.B. eds. Tecnologia e segurança na aplicação de agrotóxicos; novas tecnologias. Santa María, Sociedade

de Agronomia de Santa María. Departamento de Defesa Sanitária. pp. 95-103.

16. 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.
17. 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 19 jul. 2013. Disponible en [http://www.irbab-kbivb.be/nl/publications/mechanization/mechanization/drift\\_reducing\\_techniques\\_09\\_ISCP.pdf](http://www.irbab-kbivb.be/nl/publications/mechanization/mechanization/drift_reducing_techniques_09_ISCP.pdf)
18. PEREIRA, S.; GERMÁN, S. 2012. Manejo de enfermedades en trigo y cebada en un contexto de márgenes reducidos. In: Jornada Cultivos de Invierno (2012, Mercedes, Soriano). Memorias. Montevideo, INIA pp. 15-26 (Actividades de Difusión no.677).
19. RODRIGUES DA CUNHA, J.P.A.; PEREIRA, R.G.; OLIVEIRA, D.R. F.; NASCIMENTO, C. 2008. Efeito de pontas e volumes de pulverização no controle químico de doenças do milho. In: Sintag - Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos (4º., 2008, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Trabalhos apresentados. s.n.t. s.p.
20. ROMÁN, R.A.A.; CORTEZ, J.W.; GUIMARÃES DI OLIVEIRA, J.R.; DA COSTA FERREIRA, M. 2008. Pulverização de fungicida na cultura da soja em função de pontas e volumes de aplicação. parte 1: avaliação de cobertura. In: Sintag - Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos (4º., 2008, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Trabalhos apresentados. s.n.t. s.p.
21. SYNGENTA. 2013. Selección del uso de la boquilla adecuada. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 24 jul. 2013. Disponible en <http://www.syngenta.com.mx/uso-de-la-boquilla-adecuada.aspx>
22. TEEJET. SPRAYING SYSTEMS CORPORATION. 2013. Catálogo 50-E. (en línea). Wheaton, Illinois. pp. 174-175. Consultado 24 jul. 2013. Disponible en <http://www.teejet.com>

23. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS. 2013. Resultados de la encuesta agrícola "Invierno 2013". (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 18 oct. 2013. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hqxpp001.aspx?7,5,27,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
24. VÁZQUEZ, J.; RODRIGUES, J. 2010a. Avaliação das aplicações. In: Manual de aplicação de produtos fitossanitários. Viçosa, MG, Aprenda Fácil. pp. 565-570.
25. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2010b. Fungicidas. In: Manual de aplicação de produtos fitossanitários. Viçosa, MG, Aprenda Fácil. pp. 38-39.