

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

-Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero
Agrónomo-

Modalidad: Proyecto

“EFECTO DEL CAUDAL Y LA ALTURA DEL BOTALÓN
EN LA APLICACIÓN DE PLAGUICIDAS”

Matías Andrés Martin

DNI: 36.747.885

Director: Ing. Agr. Roberto Del Castagner

Co-director: Ing. Agr. Edgar Garetto

Río Cuarto – Córdoba

Septiembre 2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMIA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: “Efecto del caudal y la altura del botalón en la aplicación de plaguicidas”

Autor: Matías Andrés Martín

DNI: 36747885

Director: Ing. Agr. Del Castagner, Roberto

Co-Director: Ing. Agr. Garetto, Edgar

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión

Evaluadora:

Oddino, Claudio _____

Zorza, Edgardo _____

Del Castagner, Roberto _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Secretario Académico

AGRADECIMIENTOS

En este breve espacio quiero hacer llegar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que permitieron la realización de este trabajo. No obstante y en el deseo de señalar en forma resumida a quienes me brindaron su apoyo, les expreso mi reconocimiento y profundo agradecimiento:

A la Universidad Nacional de Río Cuarto y en particular a la Facultad de Agronomía y Veterinaria por su contribución a mi formación profesional y humana brindada durante los años de carrera.

A todos los docentes que brindaron desinteresadamente su apoyo para la concreción de este trabajo; así también a todas aquellas personas que contribuyeron directa o indirectamente.

Por último, a las personas más importantes en mi vida, mis familiares, a quienes les dedico este trabajo, ya que ellos hicieron posible que concluya mis estudios siendo el sostén de mi vida.

ÍNDICE DEL TRABAJO

I.	RESUMEN Y SUMMARY	7
II.	INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	9
III.	HIPÓTESIS Y OBJETIVOS DEL TRABAJO.....	14
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
VI.	CONCLUSIONES.....	37
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	38
VIII.	ANEXOS.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Diseño experimental.....	15
--------------------------------------	----

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I: Gráficos de condiciones ambientales de Estación Aeropuerto Río Cuarto Área de Material (SAOC).....	41
ANEXO II: Cuadros con tarjetas hidrosensibles.....	44

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Condiciones atmosféricas al momento de realizar el ensayo.....	19
Gráfico 2: Número de impactos en ensayo a campo a caudal máximo.....	20
Gráfico 3: Promedios de los distintos diámetros volumétricos.....	22
Gráfico 4: Número de impactos en ensayo a campo a caudal medio.....	23
Gráfico 5: Promedios de los distintos diámetros volumétricos.....	24
Gráfico 6: Número de impactos en ensayo a campo a caudal mínimo.....	25
Gráfico 7: Promedios de los distintos diámetros volumétricos.....	27
Gráfico 8: Condiciones atmosféricas al momento de realizar el ensayo.....	28
Gráfico 9: Número de impactos en ensayo en laboratorio a caudal máximo.....	29
Gráfico 10: Promedios de los distintos diámetros volumétricos.....	30
Gráfico 11: Número de impactos en ensayo en laboratorio a caudal medio.....	31
Gráfico 12: Promedios de los distintos diámetros volumétricos.....	33
Gráfico 13: Número de impactos en ensayo en laboratorio a caudal mínimo.....	34
Gráfico 14: Promedios de los distintos diámetros volumétricos.....	35
Gráfico 15: Amplitud relativa de las diferentes alturas del ensayo.....	36

ÍNDICE DE FOTOS

Foto N° 1: Equipo pulverizador de arrastre con tractor Pauny 230 cc.....	15
Foto N° 2: Soporte porta tarjeta y tarjeta hidrosensible.....	16
Foto N° 3: Banco ensayo con cinta trazado.....	17
Foto N° 4: Tarjetas hidrosensibles a 15cm del botalón.....	21
Foto N° 5: Tarjetas hidrosensibles a distintas alturas.....	22
Foto N° 6: Tarjetas hidrosensibles a 100 cm del botalón.....	24
Foto N° 7: Tarjetas hidrosensibles.....	30
Foto N° 8: Tarjetas hidrosensibles.....	32
Foto N° 9: Tarjetas hidrosensibles.....	34

I. RESUMEN

Una aplicación eficiente de agroquímicos, ya sea en barbecho como los distintos estados fenológicos, se logra cuando la mayor cantidad de producto llega al blanco. En los sistemas productivos actuales es de gran importancia aumentar la eficiencia de aplicación para reducir la contaminación ambiental y los costos. Se logra regulando correctamente la altura del botalón y el caudal con el que se trabaja. Con el objetivo de probar esto, se realizaron dos ensayos, uno en el laboratorio y otro en el campo. Se utilizaron pastillas abánico plano 80015 marca Teejet de plástico a una presión de 3 bares. Se evaluaron los caudales de 147,5, 47,2 y 23,6 l/ha y las alturas de botalón respecto al blanco de 0,15, 0,50 y 1 metro. Se utilizaron tarjetas hidrosensibles para la determinación de número y tamaño de los impactos, las que se colocaron bajo el tercio del botalón opuesto a la dirección del viento predominante. El programa utilizado para la evaluación de las tarjetas fue el StainMaster determinando número de gotas, diámetro volumétrico y amplitud relativa. A partir de los resultados se concluye que al disminuir el caudal, disminuye el número de impactos a los 100 cm de altura con respecto al botalón y aumenta a los 15 cm., obteniéndose tendencias similares para el número y tamaño de gotas en los 2 ensayos. La altura al blanco que muestra mayor homogeneidad con el número y tamaño de gotas es la de 0,50 metros, y por lo tanto la mejor alternativa para realizar eficientemente aplicaciones.

Palabras clave: Altura botalón, Caudal aplicación, StainMaster.

SUMMARY

"Effect of flow rate and boom height on pesticide application"

An efficient application of agrochemicals, either fallow or the different phenological stages, is achieved when the greatest amount of product reaches the target. In current production systems it is of great importance to increase the efficiency of application to reduce environmental pollution and costs. It is achieved by correctly regulating the height of the boom and the flow rate with which one works. In order to prove this, two tests were carried out, one in the laboratory and the other in the field. Plates Teejet brand 80015 plastic plastics at a pressure of 3 bars were used. The flow rates of 147.5, 47.2 and 23.6 l / ha and boom heights with respect to the target of 0.15, 0.50 and 1 meter were evaluated. Hydrosensitive cards were used to determine the number and size of the impacts, which were placed under the third of the boom opposite the predominant wind direction. The program used for the evaluation of the cards was the StainMaster determining number of drops, volumetric diameter and relative amplitude. From the results it is concluded that when decreasing the flow, the number of impacts at 100 cm of height decreases with respect to the boom and increases to 15 cm, obtaining similar trends for the number and size of drops in the 2 tests. The height to the white that shows greater homogeneity with the number and size of drops is 0.50 meters and therefore the best alternative to efficiently perform applications.

Keywords: Boom height, Flow rate application, StainMaster.

II- INTRODUCCIÓN

Con el incremento en la demanda de alimentos de origen vegetal, tanto en calidad como en cantidad, el futuro de las aplicaciones fitosanitarias se convierte cada vez más en un eslabón importante e indispensable en la cadena de producción. Su importancia radica en que prácticamente todas las técnicas de producción de cereales, oleaginosas, hortalizas y frutas incluyen como método básico de protección y cuidado el empleo de agroquímicos. La pulverización es la forma más difundida de aplicación de fitoterápicos, pero su uso es complejo, no solo desde el punto de vista agronómico, sino también por todos aquellos aspectos que involucran la preservación del medio ambiente y la salud humana (Onorato & Tesouro, 2004).

Habitualmente, la evaluación de la eficiencia de los plaguicidas (insecticidas, herbicidas y fungicidas) se realiza exclusivamente por sus dosis de principio activo y momento de aplicación, asumiendo que dicha dosis alcanza en su totalidad "el blanco" objeto del tratamiento (insecto, maleza o microorganismo), cuando en realidad sólo una parte de la misma lo hace. Los procesos involucrados para que una pulverización alcance la plaga a tratar o blanco de aspersion son: a) el proceso de formación de gotas, b) la deriva de gotas hacia otros sitios, c) la capacidad de esas gotas para depositarse sobre el blanco alcanzado y d) la cobertura, medida como número de impactos por centímetro cuadrado y la dosis de principio activo que se deposita sobre el blanco en cuestión (Leiva, 1996).

La idea generalizada que el terrestre es mejor que el avión es errónea; adecuadamente calibrado el avión hace igual o mejor trabajo de aplicación. Es importante comprender que ningún plaguicida, ni equipo aspersor, es mejor que su técnica de aplicación (Leiva, 2008). El objetivo de la aplicación en cualquier cultivo y con cualquier producto es lograr un tamaño apropiado de la gota y uniformidad, teniendo en claro qué cantidad se aplicará y a dónde debe llegar el producto. En este procedimiento entran en juego la pastilla, la presión, la distancia ente picos, la tecnología de la máquina y, principalmente, el operario (Frola, 2013a).

Es frecuente referirse al tamaño de las gotas por su diámetro en micrones (μm). Un mismo volumen puede dispersarse en gotas grandes o pequeñas. Las gotas grandes tienen la ventaja de descender rápidamente y estar menos expuestas a la deriva por viento y por evaporación. Su principal desventaja es la reducción de deposición y adherencia sobre la superficie vegetal, pudiendo rebotar contra las hojas y caer al suelo en forma directa, o deslizarse y juntarse con otras gotas. A igualdad de volumen, es menor el número de impactos que se puede lograr con gotas grandes (Etiennot, 1993). Por lo contrario, las gotas pequeñas mejoran la retención por parte de las hojas, la cobertura, ofreciendo también una

mejor penetración en el cultivo, y la posibilidad de alcanzar la cara inferior de las hojas y tallos. Su principal desventaja es que por su menor peso están más propensas a ser transportadas por el viento (deriva) y por su elevada superficie expuesta en relación al volumen, a sufrir una intensa evaporación antes de depositarse. La práctica indica que, trabajando con agua como dispersante, gotas menores de 150 μm están muy expuestas a la evaporación y deriva, y aquellas mayores de 350 μm no proveen una adecuada cobertura y caen generalmente al suelo arrastrando con ella al agroquímico. Se considera que un adecuado balance se obtiene utilizando gotas entre 200-250 μm de diámetro (Leiva, 1995). En cuanto a la eficiencia en la deposición de las gotas, las mismas deben depositarse y permanecer sobre la superficie foliar. Este proceso depende básicamente de dos aspectos: su tamaño y el estado y características de la superficie de contacto de la hoja. Un volumen representado por muchas gotas grandes hacen que algunas de éstas, cayendo con una velocidad mayor que gotas más pequeñas, reboten y caigan al suelo, que se deslicen sobre las hojas y se mezclen con otras formando gotas aún más grandes y acumulándose en las puntas de las láminas o cayendo finalmente de ellas. Este tamaño de gotas tiene un solo sentido de movimiento, hacia abajo. Junto con la gota cae parte del plaguicida dosificado, factor que agrava la situación porque las gotas grandes transportan más plaguicida que las gotas pequeñas. Las gotas pequeñas, en cambio, tienen la oportunidad de quedar por cierto tiempo suspendidas en el aire y son transportadas por el viento dentro del canopeo impactando no sólo en la cara superior de las hojas, sino en la inferior y sobre tallos y otras estructuras. Una vez en contacto con la superficie vegetal tienen más adherencia por su menor peso (Etiennot, 1990).

Esta mayor eficiencia de penetración y deposición que generan las gotas pequeñas presenta como riesgo los efectos de la deriva. Se conoce por deriva aquella parte de la aspersión que no alcanza el blanco objeto del tratamiento. Algunos autores (Etiennot, 1990) la dividen en exo y endoderiva. La primera corresponde a aquella parte del líquido pulverizado que cae fuera del área a tratar; la segunda, a aquella parte que cae dentro del área pero no sobre el blanco.

Dentro de los factores que inciden sobre la deriva podemos agrupar a aquellos que corresponden a las características de la aspersión; al equipo y técnicas de aplicación; a las condiciones de tiempo atmosférico; y a los equipos y accesorios específicos (Leiva, 1995). Arvidsson *et al.*, (2011), coincide en parte con este agrupamiento pero incorpora también a la habilidad y atención del operador y a las características del ambiente, además de las condiciones meteorológicas.

La combinación de gotas pequeñas, viento, baja humedad relativa y temperatura ambiente elevada, puede provocar graves pérdidas de producto. En relación a los efectos negativos de los procesos de exoderiva por viento Costa *et al.* (1979) indican como límite una velocidad de viento de 15 km/hora en general, sin considerar cuestiones agronómicas específicas. Sin embargo, los cambios acontecidos en la tecnología de aplicación de productos agroquímicos han producido modificaciones en estos aspectos. Etiennot & Piazza (2010) estiman que dicho valor podría considerarse como el límite máximo en zonas próximas a urbanizaciones, cuerpos o fuentes de agua y cultivos sensibles, debiendo ser, además, el sentido del viento, contrario a estas zonas sensibles.

Las aplicaciones de alto volumen tienen como objetivo cubrir toda el área en cuestión. Se presta poca atención al espectro de pulverización, de tal manera que en el transcurso de los años se han empleado numerosas pastillas pulverizadoras que producen una amplia gama de tamaños de gotas. Al asperjar toda el área de un cultivo, muchas gotas pueden caer entre el follaje y en especial en el espacio que queda entre los surcos. Las que impactan sobre las hojas, pueden coalescer a tal grado que no permanecen retenidas y el líquido excedente gotea a las hojas inferiores y de allí al suelo (endoderiva). Bajo estas condiciones pueden perderse en el suelo hasta un tercio de la sustancia aplicada a los cultivos, especialmente en aquellos de follaje denso en donde se busca colocar el producto en las hojas basales incrementando los volúmenes de aplicación. Algunas estimaciones sugieren que es posible que hasta un 80 % del total del pesticida utilizado llegue al suelo (Courshee, 1960).

Si se considera la cantidad de producto pulverizado en contraste con aquel que realmente alcanzó al objetivo a controlar, también llamado depósito, el proceso de aplicación puede ser considerado como poco eficiente (Courshee, 1960; Graham-Bryce, 1977). La determinación de la eficiencia considerada en los términos precedentes puede ser efectuada a través de distintas metodologías. Domper *et al.* (2015) compara métodos fluorimétricos con procesos de digitalización de imágenes de tarjetas estableciendo que este último sobreestima la cantidad de líquido recolectado sobre el objeto de aplicación, con valores diferenciales para pastillas con y sin inducción de aire. Sin embargo aún deben considerarse otros aspectos que pueden afectar directamente la acción del producto, aunque éste se halle depositado en el objetivo. Entre ellos se puede mencionar la calidad del agua que se utiliza como vehículo del agroquímico. Su pH, la presencia de cationes y coloides repercuten sobre la capacidad biocida pudiendo afectar seriamente el tratamiento (Papa & Massaro, 1999; Leiva, 2010). Si bien existen varias alternativas para minimizar estos efectos, la aplicación con volúmenes de agua reducidos pareciera ser una alternativa viable en determinadas condiciones de trabajo. En este sentido, Leiva & Picapietra (2012) para la aplicación de Glifosato, coinciden en que

al bajar el volumen de pulverización, la incidencia de los coloides del agua es directamente proporcional, menos agua, menos inactivación del Glifosato. Citan la experiencia práctica de muchos contratistas y productores que a lo largo de más de 10 años, han obtenido resultados muy buenos con volúmenes de 40-50 l/ha. Otros fundamentos que encuentra esta técnica son la mejora en la penetración en el canopeo por disminución del tamaño de gota, un aumento de la concentración del principio activo, la disminución en el uso de agua y la reducción de costos por un aumento en la capacidad de trabajo (hectáreas por hora).

Rodríguez (2011) informa que en los últimos años, con la aparición de nuevas plagas, enfermedades más agresivas, en mayor número y con condiciones ambientales no del todo favorables se comenzó a observar que los tratamientos con productos fitosanitarios pierden eficiencia. Para mejorar esta situación propone la evaluación y el aumento de la eficiencia de los productos como así también disminuir el impacto ambiental. Para llevar a cabo estos objetivos se toman decisiones agronómicas de manejo que permiten variar el tamaño y cantidad de impactos logrando mayor penetración y llegada al objetivo de aplicación de acuerdo a las condiciones ambientales y de cultivo que se tenga en determinado momento.

Frola (2013b) menciona que, para cualquier aplicación, la elección del tamaño de la gota está determinada por la cobertura y la dificultad de llegar al objetivo. Para un barbecho sobre rastrojo de maíz, la maleza está cubierta por el mismo y el tamaño de la gota debería rondar los 200 micrones. Si el rastrojo es de soja, la dificultad para impactar la maleza es menor y trabajando a 3 bar de presión y con gota de 250 micrones se cumplirían los objetivos. Recalca además, en relación al uso del agua y la concentración del producto, que no es lo mismo aplicar altos y bajos volúmenes ya que en estos últimos la concentración mayor del producto aumenta la eficiencia del mismo. Asimismo, para que la técnica de aplicación sea válida deben mantenerse premisas como el respeto del tamaño y el número de impactos, pero también el monitoreo de las condiciones ambientales. Establece que se debe trabajar con temperatura inferior a 30°C, humedad relativa superior al 40%, y vientos con velocidades menores a 18-20 km h⁻¹ y tener en cuenta que cuando estas condiciones no son buenas se debe recurrir al uso y manejo de los coadyuvantes antievaporantes, que ayuden a proteger la gota que se está generando. Frola (2017) destaca la función del viento, debido a que disminuye las posibilidades de una inversión térmica y permite la penetración del caldo en cultivos con un canopeo cerrado. Más allá del volumen de líquido utilizado, indica también que lo importante sería obtener un tamaño de gotas adecuado para cada tratamiento y uniformidad en las mismas, sin dejar de lado la cantidad óptima de éstas y su ubicación en el lugar justo.

En cuanto al concepto de eficiencia, la misma está en función de la cantidad de principio activo que se haya depositado sobre el blanco, con una cobertura dada por el número de gotas por cm^2 y el tamaño de las mismas que resulte acorde al tipo de producto empleado. Es condición, además, la persistencia del producto en una forma absorbible sobre la superficie del blanco. En este aspecto, Frola (2013b) considera que se pueden realizar aplicaciones eficientes con bajos caudales y tamaños de gotas uniformes, entre 200 y 400 micrones, de acuerdo al objetivo a controlar, sin grandes riesgos de afectar al cultivo adyacente. Así se aumenta el número de impactos que llegaron al objetivo, mejorando la calidad de aplicación y el posterior control. Sin embargo, advierte que uno de los mayores temores durante la aplicación es el aumento de la deriva. Para minimizarla, hay que evitar las gotas menores de 100 micrones, tanto en aplicaciones aéreas como terrestres, cuando las condiciones del viento lo requieran.

Dentro de las tecnologías existentes para lograr mayor eficiencia en las aplicaciones se puede mencionar el uso de coadyuvantes. Estas son sustancias que agregadas en el tanque al caldo de pulverización, en forma separada a la formulación del pesticida, ayudan a mejorar la calidad en la aplicación. Entre los distintos coadyudantes, se recomiendan los tensioactivos, también denominados surfactantes, cuyo objetivo es disminuir la tensión superficial del caldo de pulverización a fin de lograr un mejor mojado en la superficie foliar (Frola, 2017).

Además, las malas aplicaciones o las ineficientes, en cuanto, a momento y dosis de producto están trayendo aparejados un problema grave como lo son las malezas resistentes, que van en aumento desde el año 2010 (Lanfranconi, 2015).

En este sentido, componentes de vital importancia en una correcta aplicación son el tamaño y la cantidad de gotas que llegan al blanco, estos parámetros varían dependiendo de la altura del botalón y el caudal al que se trabaja. Al variarlos, se modifica la deriva hacia otros sitios, la evaporación, la capacidad de esas gotas para alcanzar el blanco, la cobertura medida como número de impactos por centímetro cuadrado y la dosis de principio activo que se deposita sobre el blanco en cuestión (Leiva, 2015).

Para poder medir la cantidad de impactos por centímetro cuadrado que llegan al blanco se utilizan tarjetas hidrosensibles. Esta es una de las formas de saber si el producto ha llegado donde nosotros queremos, en qué cantidad ha llegado, que cobertura se ha logrado y si se ha alcanzado el objetivo planeado en cobertura. Las tarjetas al recibir la gota de producto o de mezcla sobre su superficie cambian de color, lo cual nos permite calcular el tamaño y la cantidad de gotas, también cuánto principio activo llega sobre el blanco a través de programas específicos (Frola, 2011).

Sin embargo, son escasos los trabajos que evalúan cómo varía la calidad de aplicación a diferentes alturas de botalón y a diferentes caudales. Por ello se plantea la realización de ensayos que permitan evaluar la variabilidad en la calidad de aplicación a diferentes alturas del botalón y a diferentes caudales de pulverización.

III. HIPOTESIS Y OBJETIVOS

1- Hipótesis

El caudal de aplicación y la altura del botalón en la aplicación de plaguicidas modifican la cobertura lograda en el blanco.

2- Objetivos

General

Evaluar la cobertura lograda de la aplicación teniendo en cuenta distintos caudales y alturas del botalón, en condiciones de laboratorio y a campo.

Específicos

Determinar en laboratorio (banco de prueba de pulverizadores) la cantidad de gotas logradas en el blanco a un caudal de aplicación y a distintas alturas de botalón.

Determinar en laboratorio (banco de prueba de pulverizadores) la cantidad de gotas logradas en el blanco a distintos caudales de aplicación y a una altura de botalón.

Determinar en el campo la cantidad de gotas logradas en el blanco a un caudal de aplicación y a distintas alturas de aplicación.

Determinar en el campo la cantidad de gotas logradas en el blanco a distintos caudales de aplicación y a una altura de aplicación.

Comparar los resultados obtenidos en laboratorio con los datos obtenidos con el pulverizador a campo.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

1) **Ensayo a campo:** se llevó a cabo en el predio de la Granja Siquem, ubicada al E de Río Cuarto, al O de la provincia de Córdoba, Argentina, 33° 07' 24.81'' S, 64° 13' 29.11'' O, altitud 403 m.s.n.m.

El equipo pulverizador con el que se realizó el ensayo es del tipo de arrastre, marca Bambuy que cuenta con una bomba a pistón accionada por la toma de fuerza del tractor a 540 r.p.m., un tanque de 2000 litros de capacidad y 18 picos separados a 50 cm con un ancho de labor de 9 metros, con pastillas abanico plano 80015 marca Teejet de plástico, fue propulsado por un tractor marca Pauny 230 cc.



Foto N° 1: Equipo pulverizador de arrastre con tractor Pauny 230 cc.

Previo a realizarse el ensayo se procedió a la limpieza y regulación del equipo. La velocidad de trabajo fue ajustada para erogar 147,5, 47,2 y 23,6 l/ha a una presión de 3 bares. Se trabajó con 3 alturas de botalón, 0,15, 0,50 y 1 m de altura respecto al suelo. Esto resultó en 9 (nueve) tratamientos (Tabla 1) dispuestos en un diseño experimental de parcela dividida con 3 repeticiones. El tamaño de cada parcela fue de 1 m²

Tabla 1: Tratamientos

0,15 m x 23,6 l	0,15 m x 47,2 l	0,15 m x 147,5 l
0,5 m x 23,6 l	0,5 m x 47,2 l	0,5 m x 147,5 l
1 m x 23,6 l	1 m x 47,2 l	1 m x 147,5 l



Foto N° 2: Soporte porta tarjeta y tarjeta hidrosensible.

Durante las aplicaciones se recogieron muestras del pulverizado con tarjetas de papel sensible al agua de 3,5 cm x 2,5 cm. Se utilizaron 2 tarjetas por tratamiento y repetición, ubicadas en el sector medio de la mitad del botalón contraria a la dirección del viento. Antes de la aplicación se tomaron datos de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, observados en el Servicio Meteorológico de Aeropuerto de Río Cuarto Área de Material (SAOC) (Ver Anexo I).

2) **Ensayo de laboratorio:** Se utilizó el banco de ensayo construido por la cátedra de Maquinaria Agrícola de la FAV - UNRC que consta de 2 picos separados 50 cm, y pastillas abanico plano 80015 marca Teejet de plástico. Se utilizó la cinta de trazado con medidor de velocidad para variar la velocidad y ajustar el caudal según lo utilizado en el ensayo a campo. La altura de aplicación fue de 0,15, 0,50 y 1 m, resultando los 9 (nueve) tratamientos indicados en la tabla 1.



Foto N° 3: Banco de ensayo con cinta de trazado.

La toma de muestras se realizó en tarjetas hidrosensibles ubicadas sobre la cinta de trazado. Se registraron 3 repeticiones de cada tratamiento.

La evaluación de las tarjetas de papel hidrosensibles, tanto del ensayo de campo como el de laboratorio, se realizó a través del programa Stainmaster y un scanner de mesa. El programa fue especialmente desarrollado para la evaluación de tarjetas de papel sensible al agua que se manchan de color azul con las gotas obtenidas por la pulverización. Dichas tarjetas son escaneadas a una resolución de 1200 d.p.i. Durante el proceso de análisis de las imágenes guardadas, Stainmaster realiza el conteo de los impactos en cinco ventanas ubicadas en “V”, mide las mismas y mediante procesos exclusivos, se adecuan y se ajustan por medio de índices de corrección para finalmente determinar tamaños de gotas y cálculos que permiten estimar los siguientes parámetros, que serán las variables respuesta del ensayo:

- Cantidad de impactos.cm⁻² - Término conocido como cobertura y que permite determinar a priori si es adecuada una aplicación de herbicidas, insecticidas o fungicidas, según su modo de acción.

- Diámetro Volumétrico Mediano – DV-0.5 o DVM - Definido como el diámetro de la gota que divide por la mitad al volumen contenido en el espectro de pulverización.

- Amplitud Relativa – Relación existente entre la diferencia del DV-0.9 y DV-0.1 con el DV-0.5.

Posteriormente a esto se analizaron los valores obtenidos mediante el ANOVA, cuando el mismo alcanzó significación estadística, se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significación del 5%. En los casos en que el análisis presentó interacciones se procedió a particionar el mismo.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1) Ensayo a campo

Las condiciones atmosféricas al momento de realizarse el ensayo se detallan en el siguiente gráfico:

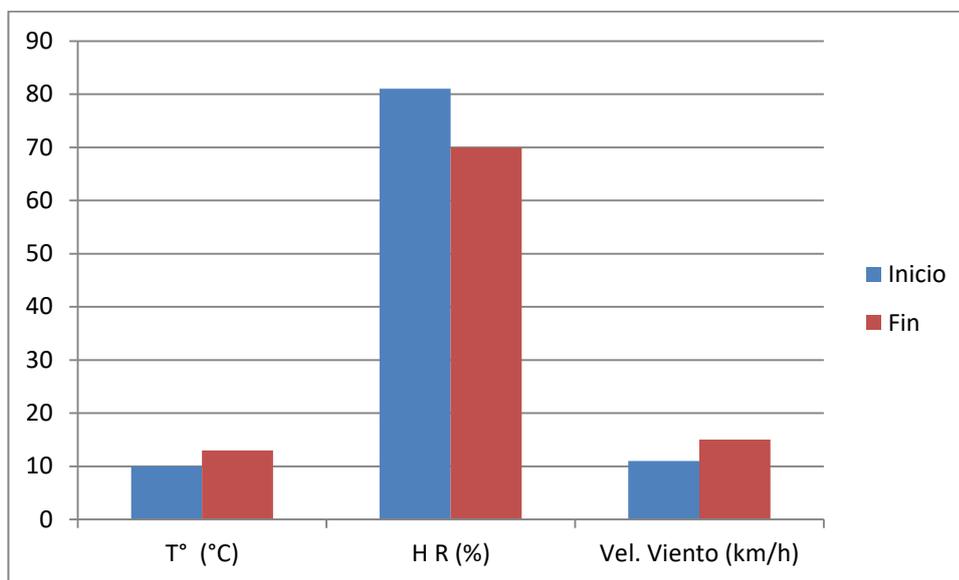


Gráfico 1: Condiciones atmosféricas al momento de realizar el ensayo a campo. T°: Temperatura, HR (%): Humedad relativa, Vel. viento (km/h): Velocidad del viento.

El ensayo se realizó en el transcurso de la mañana del día 22 de noviembre 2016. A lo largo de ésta las condiciones ambientales tuvieron una variación insignificante, tanto al comienzo como al final del ensayo se encuentran dentro de los parámetros planteados por Frola (2013b), donde la máxima temperatura medida fue de 13°C y el límite máximo que establece es de 30°C. Massaro (2005) plantea que las temperaturas superiores a 32 °C se consideran críticas para la pulverización, mientras que las temperaturas bajas son contraproducentes para la acción de los productos foliares (herbicidas), por la disminución de la actividad biológica de las plantas.

En lo que respecta a humedad relativa, el límite planteado por Frola (2013b) es que ésta sea superior al 40% encontrándose en nuestra situación por encima del 60% en todo momento. A pesar de que la mayoría de autores recomiendan aplicar plaguicidas por encima de un 60% de humedad relativa, valores superiores al 80 % también se desaconsejan por aumentar la deriva de las gotas pequeñas (Tomasoni, 2013).

La velocidad del viento al momento de la aplicación se encontró dentro de las sugerencias establecidas por Frola (2013b) quien recomienda aplicar con velocidades menores a 18-20 km/h, aunque Massaro (2005) recomienda no pulverizar con más de 12

km/h, otros autores como Costa *et al.* (1979) y Etiennot (1990) establecen 15 km/h como la velocidad máxima, esta velocidad fue la que se registró al finalizar el ensayo.

Caudal 147 l/ha

El análisis del número de gotas por centímetro cuadrado no arroja diferencias estadísticamente significativas entre las distintas alturas del botalón, aunque se observa una menor cantidad de impactos a 15 cm como se visualiza en el gráfico 2. El número de impactos superó lo establecido por Frola (2013a) quien indica para fungicidas de contacto, 70 impactos por cm^2 . Leiva (2008) en una tabla resumen de la FAO indica que la cantidad de gotas/ cm^2 para herbicidas es entre 30 y 40 con una variabilidad hasta el 30%, para insecticidas sistémicos es de 30 a 40 con una variabilidad del 70% y para los de contacto se requieren 70 impactos/ cm^2 con una variabilidad del 50%.

Este caudal provocó una gran cantidad de impactos por cm^2 . Además, este gran volumen va a influir en el tamaño de gota y que éstas puedan superponerse y dificultar la lectura, tanto la realizada por el programa como la lectura visual.

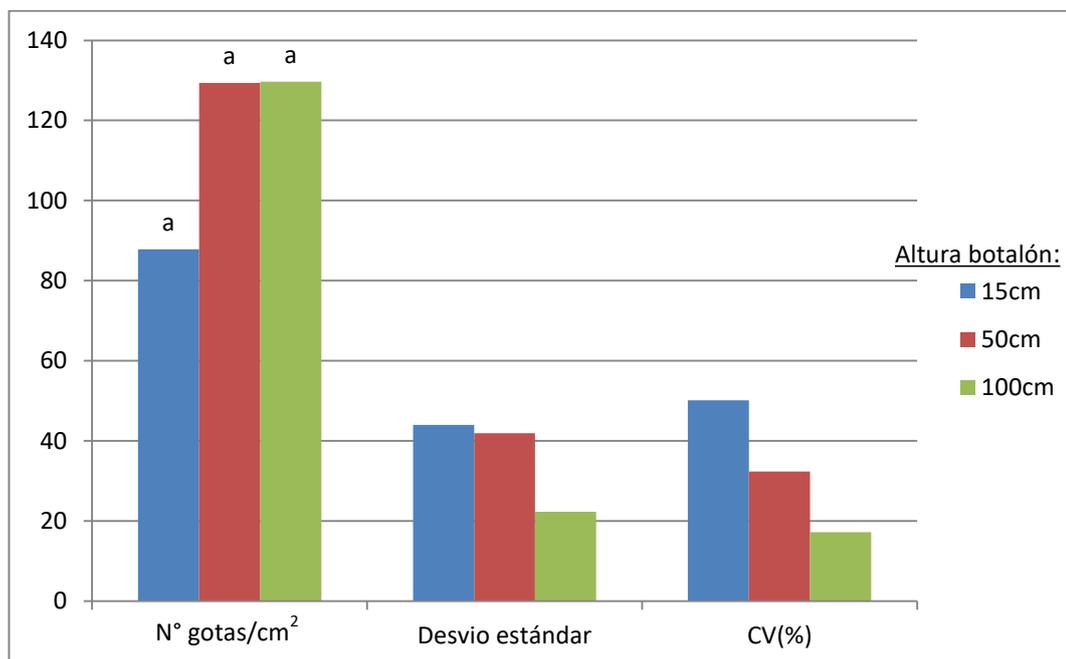
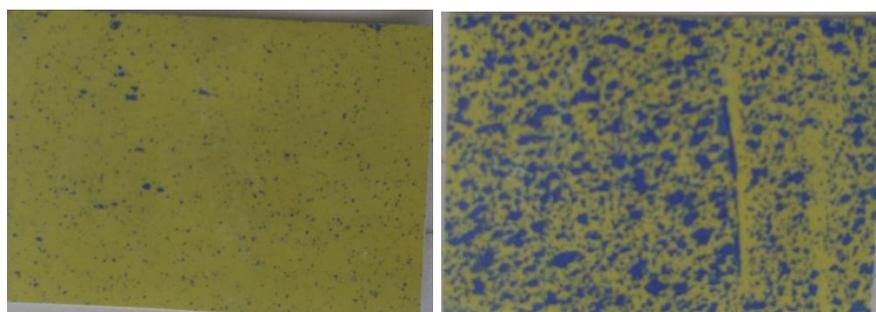


Gráfico 2: Número de impactos en ensayo a campo a caudal máximo. N° gotas/ cm^2 : número de impactos. Desvío estándar: desviación estándar del número de impactos. CV (%): coeficiente de variación del número de impactos.

En cuanto a la uniformidad de aplicación, esta fue mayor en las tarjetas a 50 cm y 100 cm respecto de las de 15 cm. Esto puede ser debido a que la distancia al blanco es muy

pequeña lo que hace que las tarjetas que quedan debajo del pico de aspersión reciban mayor cantidad de impactos que las ubicadas entre dos picos (foto N° 4). Si bien el desvío estándar es similar siendo en una pequeña proporción superior el de 15 cm, el coeficiente de variación es significativamente mayor. Esto implica que en algunos sectores a 15 cm los valores estén al límite de lo establecido para insecticidas y fungicidas sistémicos o de contacto indicado por Leiva (2008).



Tarjeta 1

Tarjeta 2

Foto N° 4: Tarjetas hidrosensibles a 15 cm del botalón en campo. Tarjeta 1 ubicada entre picos, tarjeta 2 ubicada debajo del pico.

En lo que respecta al diámetro volumétrico medio (DVM o $DV_{0,5}$) como se observa en el gráfico 3 no se registró diferencia estadísticamente significativa entre las distintas alturas, si se visualizó gran similitud entre los 50 y 100 cm.

A los 15 cm el $DV_{0,5}$ es menor que el resto y esto se debe a la gran heterogeneidad en las distintas tarjetas a esa altura lo que hace que el promedio disminuya. En las de 50 y 100 cm el tamaño está por encima de lo recomendado por Frola (2013b).

En las alturas de 50 y 100 cm, se observó superposición de las gotas por exceso de caudal (Foto N° 5). Esto provoca un aumento en el DVM lo que aumenta la endoderiva, ya que las gotas de mayor tamaño que se forman se escurren por las nervaduras de las hojas, cayendo y depositándose en el suelo. También, en una de las tarjetas se ve una gota de gran tamaño generada por el goteo de algún pico, estas gotas rebotan sobre las hojas y terminan en el suelo.

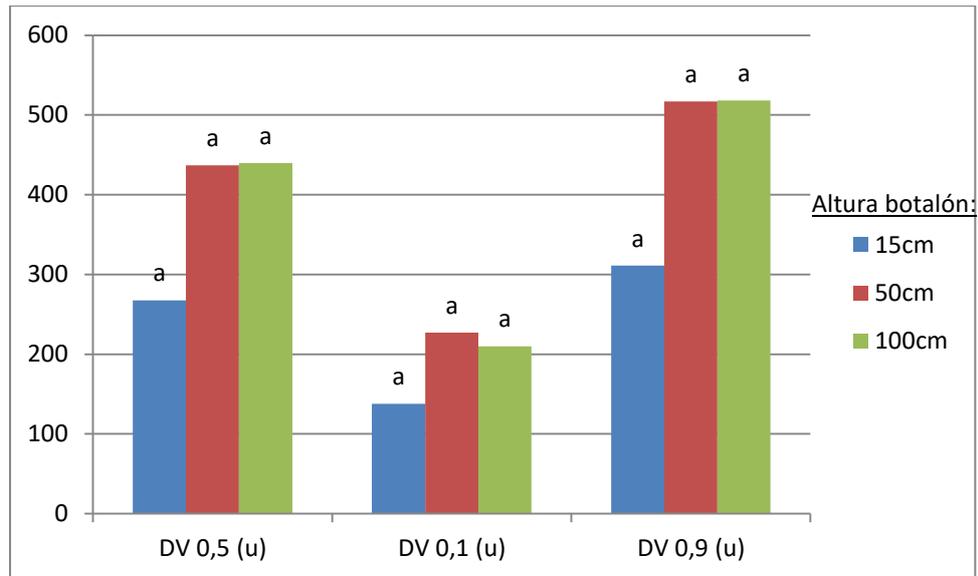


Gráfico 3: Promedios de los distintos diámetros volumétricos en campo. $DV_{0,5}$: Diámetro volumétrico medio. $DV_{0,1}$: Diámetro de gota del volumen acumulado del 10%. $DV_{0,9}$: Diámetro de gota del volumen acumulado del 90%.

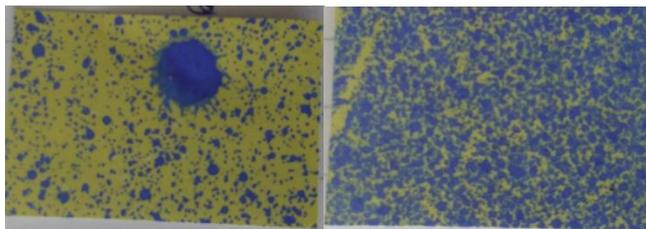


Foto N° 5: Tarjetas hidrosensibles a distinta altura en campo. Izquierda: tarjeta a 100 cm de altura al botalón. Derecha: tarjeta a 50 cm de altura al botalón.

Según Leiva (2011) la deriva no solo depende del DVM ($=DV_{0,5}$) sino también del espectro total de tamaño de gotas. Para obtener información sobre el espectro del tamaño de gotas se buscan los valores de $DV_{0,1}$ y $DV_{0,9}$. Cuanto mayor sea el valor de $DV_{0,1}$, menor será el porcentaje de deriva. Cuanto mayor sea el valor de $DV_{0,9}$, menor será el número de gotas para proporcionar una adecuada cobertura. Para el $DV_{0,1}$, en todos los casos los valores están por encima de 100 micrones, por lo que la deriva, en caso de presentarse, va a ser reducida (Frola, 2013b). En el caso del $DV_{0,9}$, no hay diferencia significativa, si podemos ver mayor tamaño en los 50 y 100 cm que en los 15 cm.

Según Casal (2012) las pastillas abanico plano utilizadas en el ensayo presentan un $DV_{0,5}$ entre 144 y 235 micrones, el $DV_{0,1}$ entre 57 y 111 micrones y el $DV_{0,9}$ entre 274 y 415 micrones. En el ensayo todos los valores fueron superiores, a excepción del valor de $DV_{0,9}$ a los 15 cm que se encuentra dentro de este rango. Los resultados indicarían menor riesgo de deriva, pese a ello, el tamaño de gota superior a 350 micrones puede producir una mayor endoderiva, pudiendo ésta contrarrestarse con la utilización de coadyuvantes (Frola, 2013b),

que reduzcan la tensión superficial de la gota, lo que aumenta el efecto mojante, aumentando así el área específica de contacto (Cid, 2014).

Caudal 47 l/ha

En cuanto al número de gotas por centímetro cuadrado el análisis de datos arroja diferencias significativas de 15 y 50 cm respecto de 100 cm. Las de 15 y 50 cm poseen un 39 y 85% más de impactos que las de 100 cm. En este ensayo, como se visualiza en el gráfico 4, el número de impactos por cm^2 mejora lo mencionado por Frola (2013a) y Leiva (2008).

Este caudal se corresponde con el que utilizan muchos productores/ aplicadores en la práctica común. Muy distinto a la situación anterior, donde en las zonas agrícolas se dejó de aplicar volúmenes de 147,5 litros.

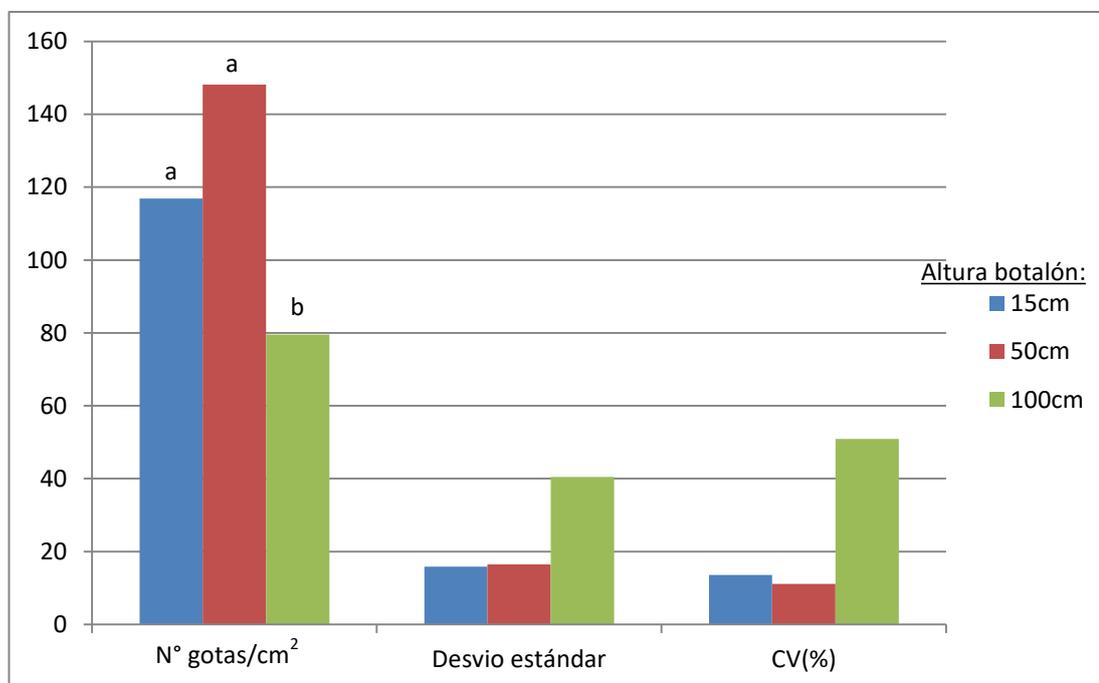


Gráfico 4: Número de impactos en ensayo a campo a caudal medio. N° gotas/cm²: número de impactos. Desvío estándar: desviación estándar del número de impactos. CV(%): coeficiente de variación del número de impactos.

En cuanto a la característica de uniformidad de aplicación, se ve una gran similitud en las tarjetas a 15 y 50 cm, las de 100 cm poseen mayor heterogeneidad como se puede percibir en la foto N° 6. Esto último se puede atribuir, a que la distancia al blanco es demasiado alta y puede haber una mayor deriva, por evaporación o viento, de las gotas menores de 100 o 150 micrones. Tanto el desvío estándar como el coeficiente de variación arrojan diferencias a 100 cm de altura respecto de 15 y 50 cm, en donde no se observa diferencia entre ellos. Esto explica que en algunas tarjetas a 100 cm los valores estén al

límite de lo establecido para insecticidas y fungicidas sistémicos o de contacto indicado por Leiva (2008). No obstante, en todas las muestras recogidas ningún valor está por debajo del límite establecido para la aplicación de herbicidas.

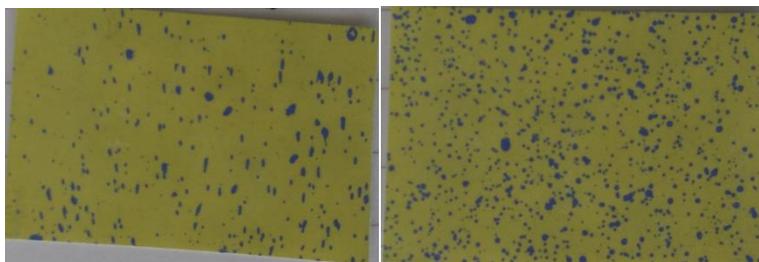


Foto N° 6: Tarjetas hidrosensibles a 100 cm del botalón en campo. Tarjeta uno a la izquierda, tarjeta dos a la derecha

En lo que respecta al diámetro volumétrico medio (DVM o $DV_{0,5}$), no se observa diferencia estadísticamente significativa entre las distintas alturas (Gráfico 5), si hay gran similitud entre los 50 y 100 cm, y una diferencia respecto de 15 cm. A 15 cm los valores están por debajo de los 200 micrones, teniendo en cuenta que el viento rondaba los 15 km/h, hay que tener cuidado de la deriva.

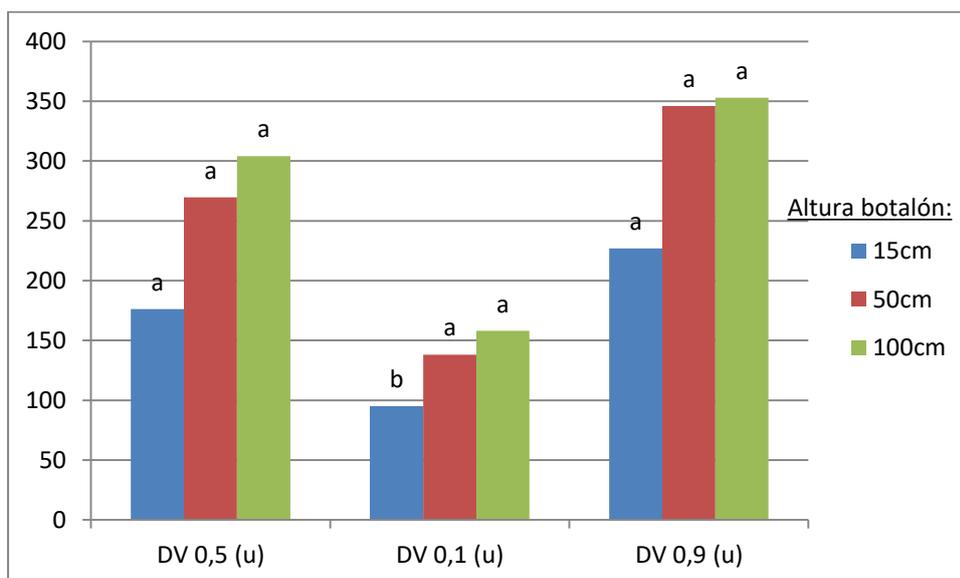


Gráfico 5: Promedios de los distintos diámetros volumétricos a campo. $DV_{0,5}$: Diámetro volumétrico medio. $DV_{0,1}$: Diámetro de gota del volumen acumulado del 10%. $DV_{0,9}$: Diámetro de gota del volumen acumulado del 90%.

Como menciona Leiva (2011) la deriva no solo depende del DVM ($=DV_{0,5}$). El $DV_{0,1}$, en las alturas de 50 y 100 cm está por encima de 100 micrones y presenta diferencia significativa respecto de los 15cm que está dentro de los parámetros de Casal (2012), por lo que la deriva en caso de presentarse va a ser reducida, ya que la menor altura está muy cerca del blanco y el riesgo de deriva va a ser menor. En la medida que aumenta la altura del

botalón puede aumentar la deriva, por eso el mayor DV a los 50 y 100 cm va a reducir este riesgo. En el caso del $DV_{0,9}$, se encuentran dentro de lo mencionado por Casal (2012), siendo mayor en los 50 y 100 cm que en los 15 cm sin llegar a ser significativo.

Caudal 24 l/ha

El análisis del número de gotas por centímetro cuadrado arrojó diferencias estadísticamente significativas a 15 cm de altura respecto de 100 cm. Este gran número de impactos en la primer altura nombrada se puede deber a que la tarjeta quedo debajo del pico de la pulverizadora acaparando así un gran número de gotas. Entre 15 y 50 cm se ve diferencia pero esta no es significativa. Como se visualiza en el gráfico 6, en las alturas de 15 y 50 cm al blanco, el número de impactos supera lo establecido por Frola (2013a), para los 100 cm de altura la cantidad de gotas no alcanza a lo planteado por este autor, pero si llega al valor mencionado por Leiva (2008) para herbicidas e insecticidas sistémicos.

La cantidad de principio activo que llegue al blanco, va a depender de la cantidad de gotas y de la concentración de principio activo de cada gota. No es igual una aplicación de 80 litros de agua, que una con 25 litros. Considerando un tamaño de gota uniforme, cada impacto de la aplicación de bajo volumen tendrá tres veces más de concentración de principio activo. Obteniendo de 30 a 40 impactos por cm^2 en la tarjeta a cielo abierto se estará logrando una buena aplicación, estimo Frola (2013b).

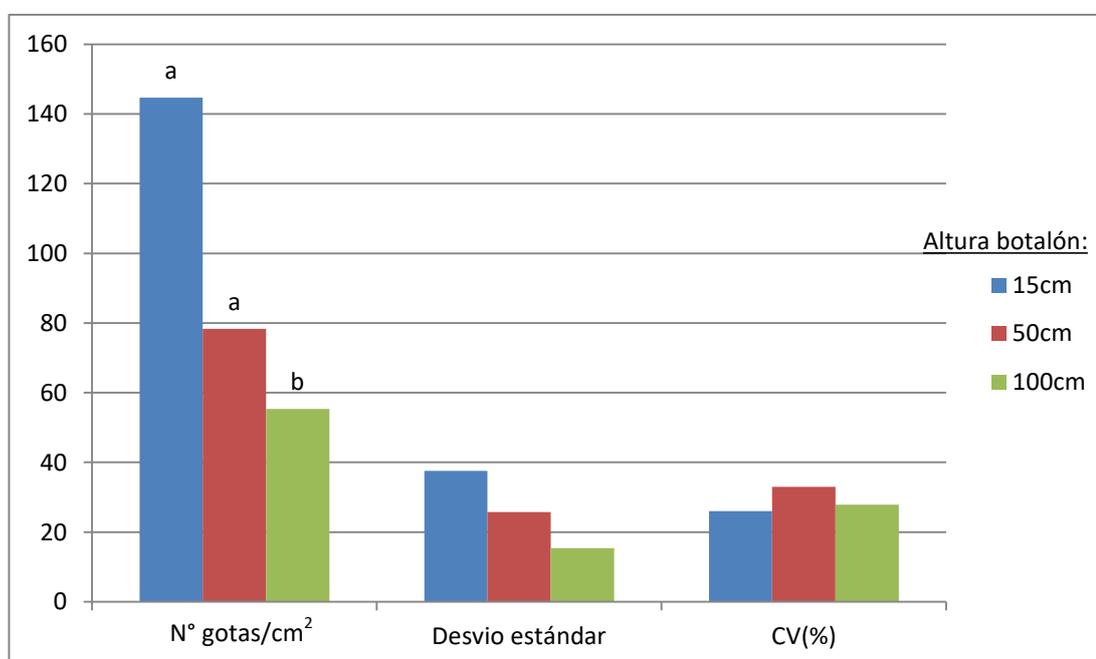


Gráfico 6: Número de impactos en ensayo a campo a caudal mínimo. N° gotas/cm²: número de impactos. Desvío estándar: desviación estándar del número de impactos. CV(%): coeficiente de variación del número de impactos.

En cuanto a la característica de uniformidad de aplicación, se observa una gran similitud entre las tarjetas de cada altura, más allá de que las de 15 cm superan ampliamente a las de 50 cm y casi triplican a las de 100 cm en cantidad de gotas por cm^2 . Si bien el desvío estándar es similar siendo en una pequeña proporción superior el de 15 cm, el coeficiente de variación es menor que el resto. Esto indica que en todas las alturas hay una buena homogeneidad de aplicación, además nos marca que en la de 100 cm los valores están por debajo de lo establecido para insecticidas y fungicidas de contacto indicado por Leiva (2008). No obstante, en todas las muestras recogidas ningún valor está por debajo del límite establecido para la aplicación de herbicidas, fungicidas e insecticidas sistémicos.

En lo que respecta al diámetro volumétrico medio (DVM o $DV_{0,5}$) (gráfico 7), no se observó diferencia estadísticamente significativa entre las distintas alturas, si una similitud entre los 15 y 50 cm, y una mayor diferencia respecto de 100 cm. En la de 100 cm tenemos un promedio de gotas que rondan los 200 micrones y en las de 15 cm el tamaño aumenta un 65% alcanzando 334 micrones de media. En todas las tarjetas el tamaño está dentro de los parámetros establecidos por Frola (2013b), superando los mencionados por Casal para los 15 y 50 cm pero dentro de los valores para los 100 cm. Para el $DV_{0,1}$, los valores de todas las alturas están por encima de 100 micrones, como dijo Frola (2013b), por lo que la deriva en caso de presentarse va a ser reducida.

En el $DV_{0,9}$, no hay diferencia estadísticamente significativa, teniendo en cuenta lo dicho por Frola (2013b) y un $DV_{0,9}$ de 400, quiere decir que la mayoría de las gotas están por debajo de ese tamaño, es decir, en el adecuado para las aplicaciones. Los resultados presentados están dentro de lo planteado por Casal (2012) a excepción de la máxima altura que está por debajo de la mínima propuesta, esto puede atribuirse a una pequeña evaporación. Tomasoni (2013) planteo que las condiciones climáticas que pueden sucederse sobre la parcela asperjada pueden influir en la deriva. Así, el rango de temperaturas ambiente superiores a los 25°C , humedad relativa menor al 60% o mayor al 80%, velocidades de viento por debajo de los 5 km/hr o superiores a los 12 km/hr, condiciones atmosféricas en estado de reversión térmica, alta radiación solar, son algunos de los parámetros ambientales que aumentan las derivas de plaguicidas.

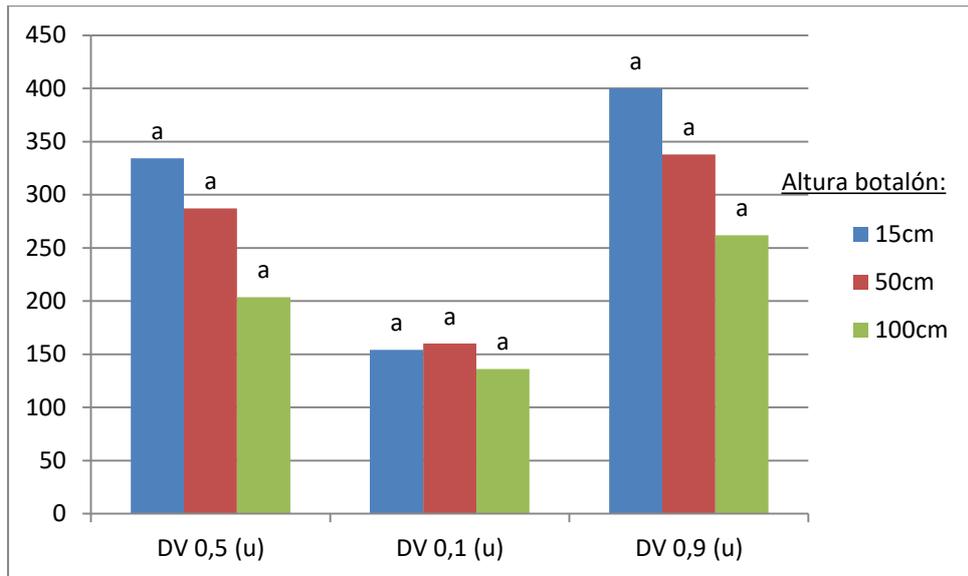


Gráfico 7: Micrones promedios de los distintos diámetros volumétricos a campo. DV_{0,5}: Diámetro volumétrico medio. DV_{0,1}: Diámetro de gota del volumen acumulado del 10%. DV_{0,9}: Diámetro de gota del volumen acumulado del 90%.

Quando baja el volumen es cuando hay que prestarle mayor atención a la técnica y forma de aplicación, haciendo referencia exclusivamente para este caso puntual cuando se aumenta la altura del botalón, porque en estos casos es cuando se aumenta la deriva de las diversas formas pudiendo ser entre otras por viento y/o evaporación.

2) Ensayo en laboratorio

Las condiciones atmosféricas al momento de realizarse el ensayo se detallan en el siguiente gráfico:

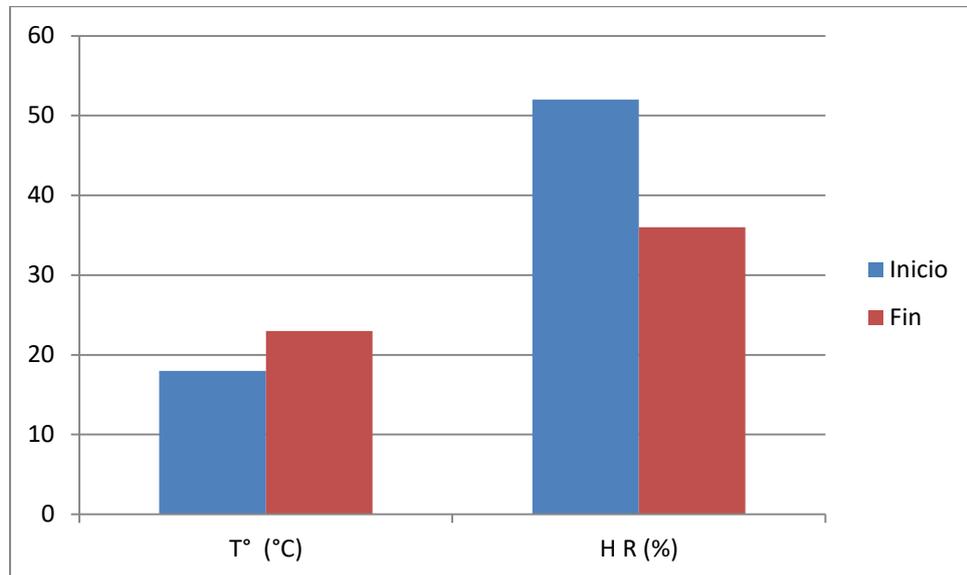


Gráfico 8: Condiciones atmosféricas al momento de realizar el ensayo en laboratorio. T°: Temperatura, HR°: Humedad relativa.

El ensayo se realizó en el transcurso de la mañana del día 20 de diciembre de 2016. A lo largo de ésta la temperatura y la humedad relativa tuvieron una variación insignificante, tanto al comienzo como al final del ensayo se encuentran dentro de los parámetros planteados por Frola (2013b) y Massaro (2005).

En lo que respecta a humedad relativa, el límite planteado por Frola (2013b) es que ésta sea superior al 40% encontrándose en nuestra situación por encima de este valor en todo momento. Leiva (2007) plantea que a mayor humedad ambiente se reducen los efectos de evaporación provocados por las altas temperaturas, en caso de temperaturas por encima de 25°C la humedad relativa tiene que rondar el 60% para asegurar una buena aplicación. En este estudio la temperatura máxima fue de 23°C; menor al límite propuesto.

En cuanto a la velocidad del viento se considera que no tuvo influencia significativa debido a que se realizó bajo condiciones controladas.

Caudal 147 l/ha

Este caudal provocó una gran cantidad de impactos por cm^2 (Foto N° 7), además este gran volumen va a influir en el tamaño de gota y en la superposición de las mismas dificultando la lectura, ya sea por el programa utilizado como por la lectura visual.

El análisis del número de gotas por centímetro cuadrado se vio imposibilitado y perjudicado debido a que el volumen con el que se trabajó inundó las tarjetas que se encontraban a 15 cm y a 50 cm, superpuso muchas gotas dificultando evaluar el número y el tamaño de las gotas (Foto N° 7) (Ver Anexo II). En la única altura que se logró medir el número de impactos por cm^2 sin dificultad fue a los 100 cm. Como se observa en el gráfico 9, el número de impactos a esa altura superó lo establecido por Frola (2013a) y Leiva (2008).

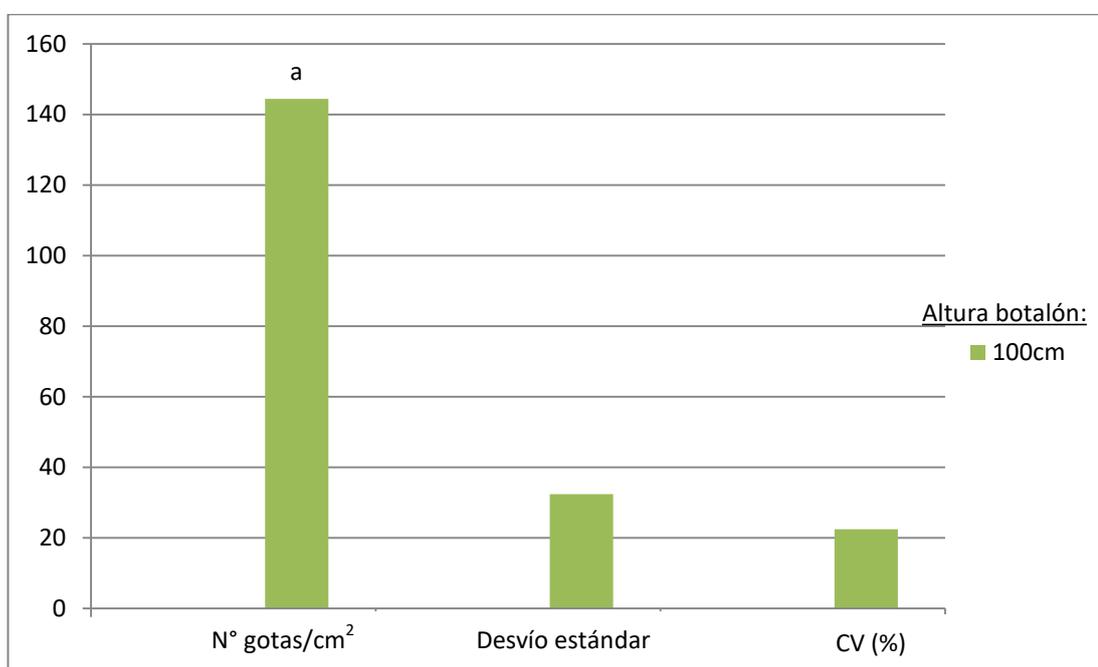


Gráfico 9: Número de impactos en laboratorio a caudal máximo y 100 cm de altura del botalón. N° gotas/ cm^2 : número de impactos. Desvío estándar: desviación estándar del número de impactos. CV (%): coeficiente de variación del número de impactos.

En cuanto a la característica de uniformidad de aplicación, se observa elevada similitud entre las tarjetas a 100 cm. En estas se ve un desvío estándar y un coeficiente de variación acorde a lo establecido por Leiva (2008).

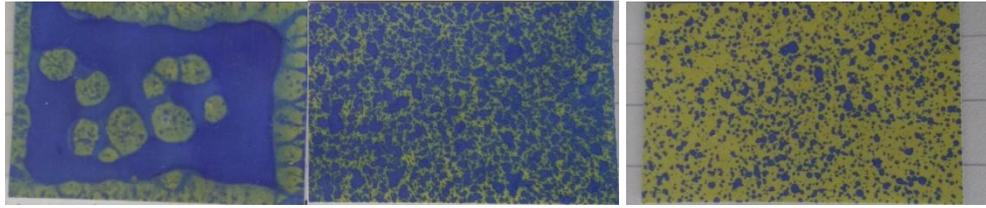


Foto N° 7: Tarjetas hidrosensibles. Tarjeta a 15 cm de altura del botalón a la izquierda. Tarjeta a 50 cm de altura del botalón al medio. Tarjeta a 100 cm de altura del botalón a la derecha.

En lo que respecta al diámetro volumétrico medio (DVM o $DV_{0,5}$), a la altura a 100 cm del botalón se observó que el tamaño de las gotas estuvo dentro de los valores recomendado por Frola (2013b), (gráfico 10).

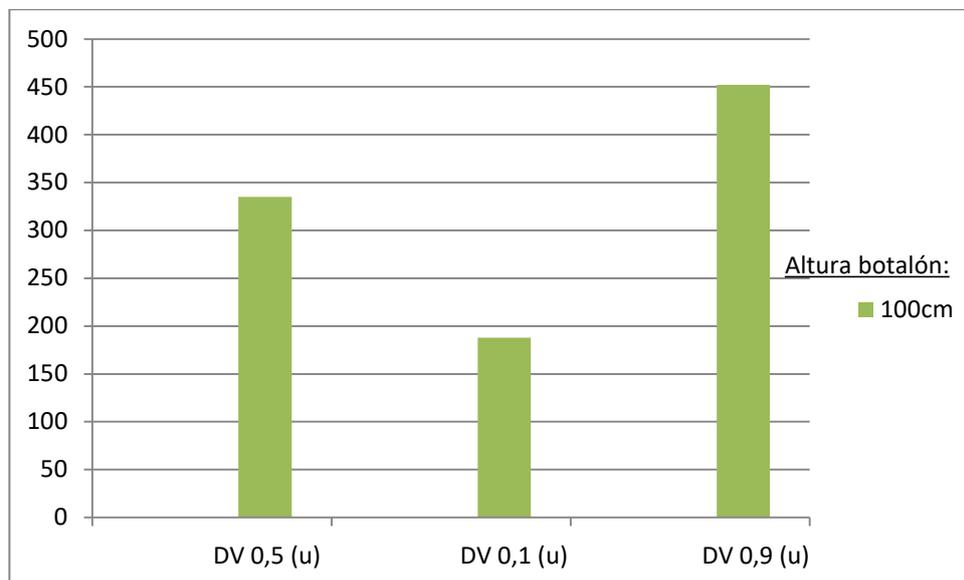


Gráfico 10: Promedios de los distintos diámetros volumétricos para altura de 100 cm de botalón en laboratorio. $DV_{0,5}$: Diámetro volumétrico medio. $DV_{0,1}$: Diámetro de gota del volumen acumulado del 10%. $DV_{0,9}$: Diámetro de gota del volumen acumulado del 90%.

Como mencionó Leiva (2011) la deriva no depende solo del DVM por lo que se evaluaron otros DV. El $DV_{0,1}$, estuvo por encima de 100 micrones, por lo que, la deriva, en caso de presentarse, va a ser reducida (Frola, 2013b). En el caso del $DV_{0,9}$, sobrepasó los 400 micrones, pudiendo provocar este tamaño de gotas una menor cobertura o una cobertura inadecuada. Esto puede atribuirse al volumen aplicado, el cual en la actualidad se trata de reducir (Frola, 2013b).

En base a los datos del informe de Casal (2012) se comparó con los resultados obtenidos. Todos los valores del ensayo se encuentran por encima de éstos. Como ya se dijo el mayor tamaño de gota puede atribuirse al alto volumen aplicado debido a la baja velocidad con la que se realizó. Esto resultados indicarían menor riesgo de deriva, pese a ello, el tamaño de gota superior a 350 micrones puede producir una mayor endoderiva, pudiendo

está contrarrestarse con la utilización de coadyuvantes como dijo Frola (2013b) y Cid (2014).

Caudal 47 l/ha

El análisis del número de gotas por centímetro cuadrado arrojó que no hay diferencias estadísticamente significativas entre 50 cm y 100 cm. Como se observa en el gráfico 11, el número de impactos supera lo establecido por Frola (2013a) y Leiva (2008).

A la altura de 15 cm, como las tarjetas quedaron debajo del pico de aspersión, las gotas se superponen dificultando o produciendo errores en su medición, ya que el programa las lee como una sola, en consecuencia da menor número de impactos por cm^2 y modifica también el DV. En el campo algunas tarjetas quedan debajo del pico y otras entre 2 picos por lo que, el promedio da un resultado adecuado, en laboratorio todas las tarjetas están debajo del pico.

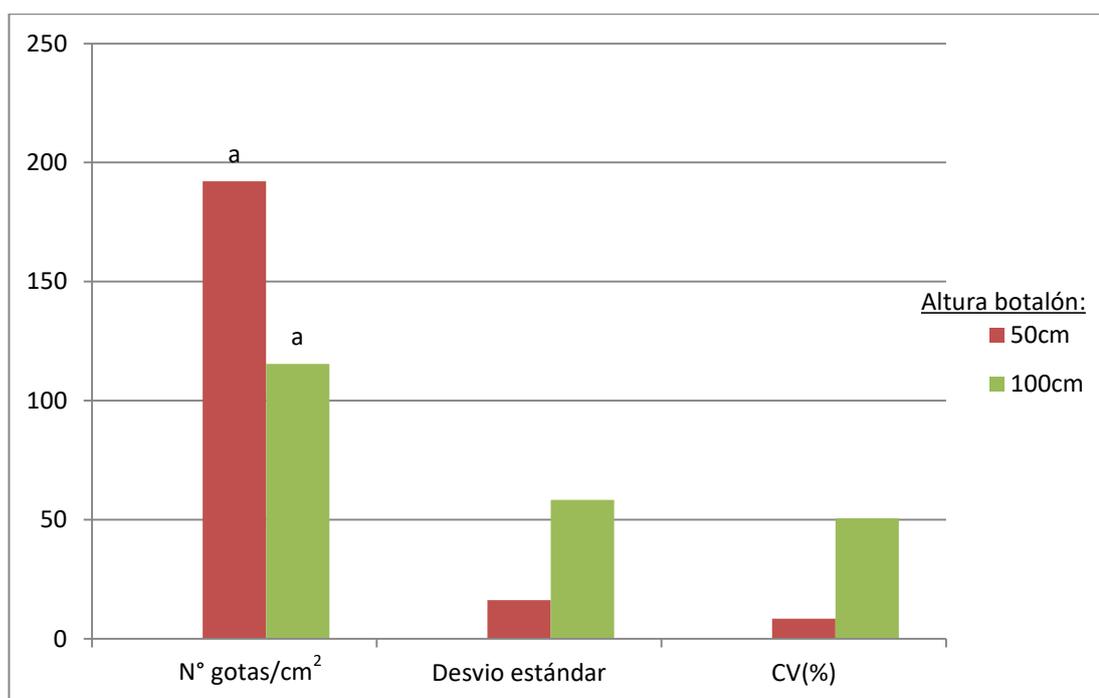


Gráfico 11: Número de impactos en laboratorio a caudal medio y 50 y 100 cm de altura de botalón. N° gotas/cm²: número de impactos. Desvío: desviación estándar del número de impactos. CV(%): coeficiente de variación del número de impactos.

En cuanto a la característica de uniformidad de aplicación, se observa mayor similitud en las tarjetas a 15 cm y 50 cm respecto de las tarjetas a 100 cm, en estas últimas se observa mayor heterogeneidad, aunque está dentro de los parámetros establecidos por Leiva (2008) quien plantea que se puede tener una variabilidad del 50% hasta el 70% dependiendo sean productos de contacto o sistémicos respectivamente. Si bien el desvío estándar y el

coeficiente de variación son mayores para el de 100 cm que para el de 50 cm, están dentro de los parámetros aceptados. No obstante, en todas las muestras recogidas ningún valor está por debajo del límite establecido para la aplicación de herbicidas.

En la foto N° 8 se observa lo mencionado, la gran cantidad de impactos y la superposición en las tarjetas ubicadas a 15 cm del botalón que dificultan la medición de éstas. También podemos ver la diferencia en DV que se presenta a simple vista entre 50 y 100 cm de altura de botalón, aunque no llega a ser estadísticamente significativa.

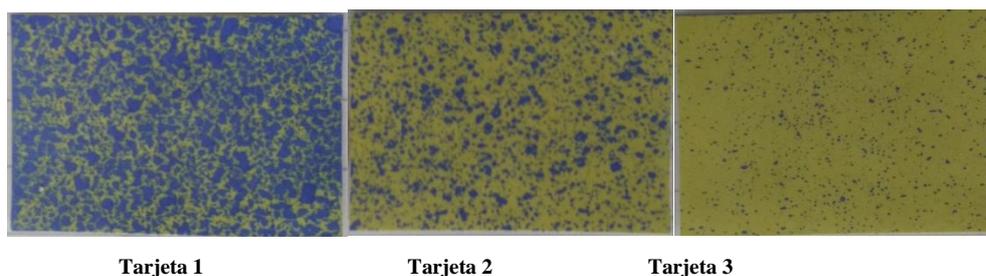


Foto N° 8: Tarjetas hidrosensibles. Tarjeta 1 a 15 cm de altura del botalón. Tarjeta 2 a 50 cm de altura del botalón. Tarjeta 3 a 100 cm de altura del botalón.

En lo que respecta al diámetro volumétrico medio (DVM o $DV_{0,5}$), como se observa en el gráfico 12 hay una diferencia que no es estadísticamente significativa entre 50 y 100 cm. Hay que tener presente que a 15 cm hubo sobre posición de gotas que hacen nulos los resultados, en lo que respecta a 100 cm, esta mayor altura puede producir una mejor distribución de las gotas en la tarjeta. En todos los casos el tamaño está dentro de los valores recomendado por Frola (2013b).

Según lo planteado por Casal (2012), en el $DV_{0,1}$ los valores se encontraron por encima de lo referenciado, para la altura de 50 y 100 cm se supera en 34 y 13% respectivamente el máximo permitido por el autor. Estos resultados, especialmente los de $DV_{0,1}$ y $DV_{0,5}$, indicarían menor riesgo de deriva porque todas las tarjetas superan lo dicho por Frola (2013b).

El $DV_{0,9}$, no es significativamente mayor en 50 cm que en los 100 cm.

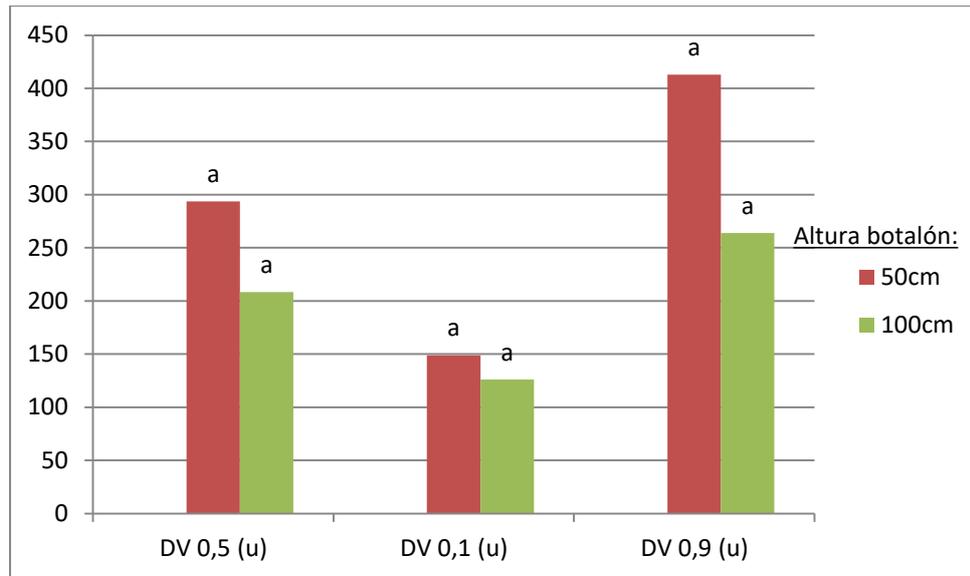


Gráfico 12: Promedios de los distintos diámetros volumétricos para altura de 50 y 100 cm del botalón. DV_{0,5}: Diámetro volumétrico medio. DV_{0,1}: Diámetro de gota del volumen acumulado del 10%. DV_{0,9}: Diámetro de gota del volumen acumulado del 90%.

Caudal 24 l/ha

El análisis del número de gotas por centímetro cuadrado arrojó diferencias estadísticamente significativas a 50 cm de altura respecto de 100 cm. A los 15 cm se observó superposición de gotas que dificultaron la correcta evaluación. Como se observa en el gráfico 13, el número de impactos superó lo establecido por Frola (2013a) y Leiva (2008).

La cantidad de principio activo que llegue al blanco, va a depender de la cantidad de gotas y de la concentración de principio activo de cada gota (Frola, 2013b).

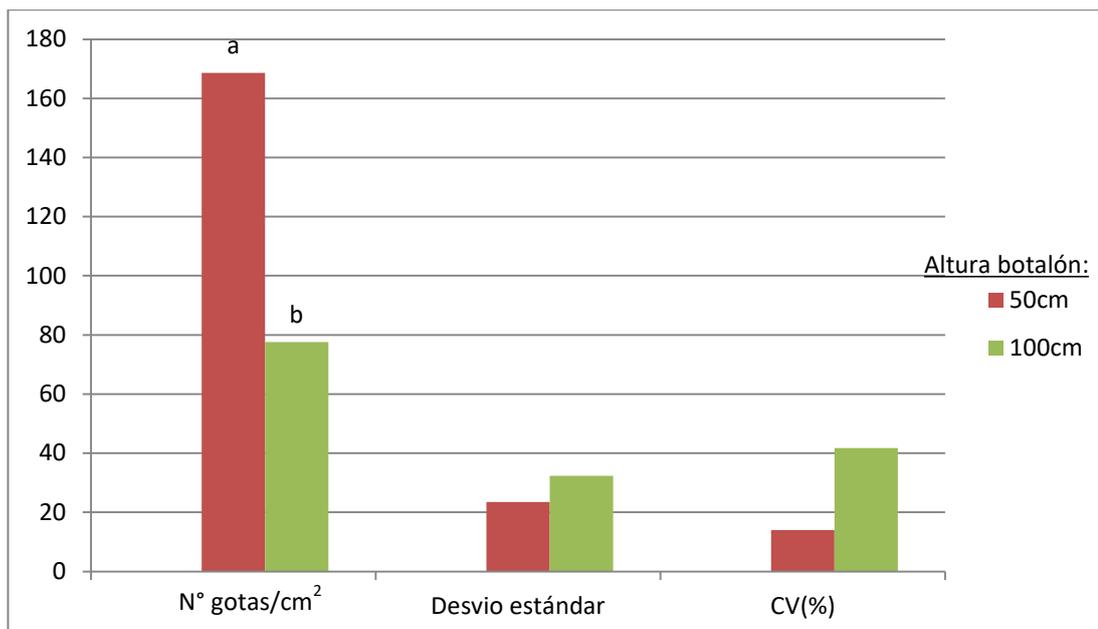


Gráfico 13: Número de impactos en ensayo en laboratorio a caudal mínimo para altura de botalón de 50 y 100 cm. N° gotas/cm²: número de impactos. Desvío: desviación estándar del número de impactos. CV(%): coeficiente de variación del número de impactos.

En cuanto a la característica de uniformidad de aplicación, se observa una gran similitud en las tarjetas, sin grandes variaciones entre las distintas alturas. En cuanto al coeficiente de variación se visualiza una diferencia a 50 cm respecto de 100 cm, pero en las 2 alturas se está dentro de los valores fijados por Leiva (2008). En todas las muestras recogidas ningún valor está por debajo del límite establecido para la aplicación de herbicidas.

En la figura N° 9 se puede visualizar tarjetas a distintas distancias del botalón, en la tarjeta a 15 cm se puede ver la superposición de gotas que dificultaron la correcta lectura y evaluación de ella. En las tarjetas a 50 y 100 cm se puede ver la diferencia en el número de gotas que presenta cada una.

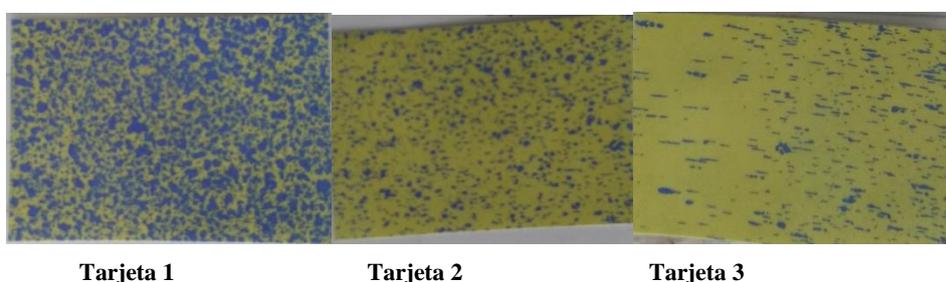


Foto N° 9: Tarjetas hidrosensibles. Tarjeta a 15 cm del botalón a la izquierda. Tarjeta a 50 cm del botalón al medio. Tarjeta a 100 cm del botalón a la derecha.

En lo que respecta al diámetro volumétrico medio (DVM o $DV_{0,5}$) (gráfico 14), hay gran similitud entre las 2 alturas, no observándose diferencia significativa. Todas están dentro de los valores recomendados por Frola (2013b). Los valores van desde 254 a 284 micrones, y según Leiva (2008), la práctica indica que, trabajando con agua como dispersante, gotas menores de 150 micrones están muy expuestas a la evaporación y deriva, y aquellas mayores de 350 micrones no proveen una adecuada cobertura.

El $DV_{0,1}$, los valores están por encima de 100 micrones, como dijo Frola (2013b), por lo que la deriva en caso de presentarse va a ser reducida. En el caso del $DV_{0,9}$, no es significativamente mayor en ninguna altura, brindando un buen tamaño de gota en las 2 alturas evaluadas, presentándose los valores dentro de los parámetros establecidos por Casal (2012).

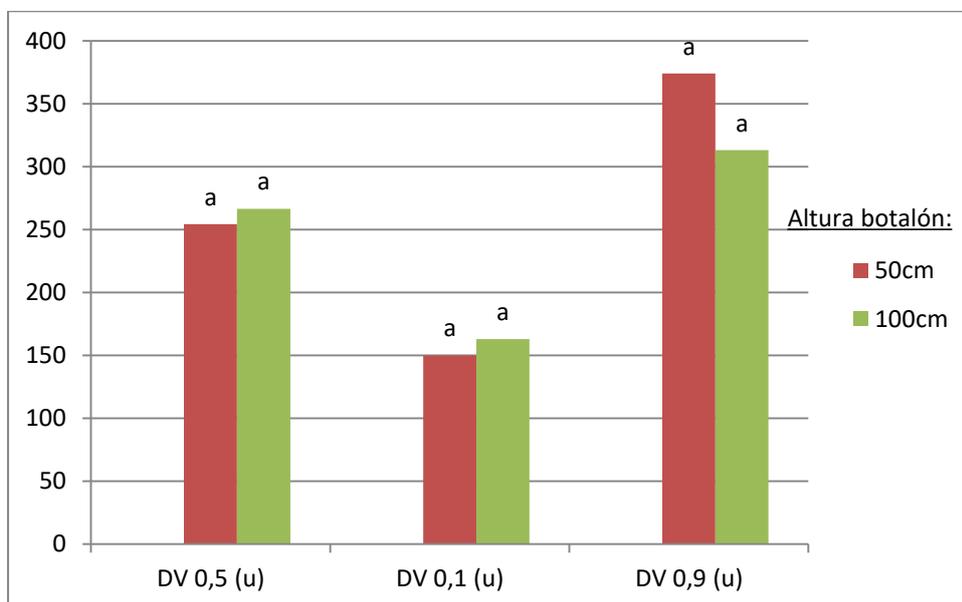


Gráfico 14: Promedios de los distintos diámetros volumétricos en laboratorio para alturas de 50 y 100 cm. $DV_{0,5}$: Diámetro volumétrico medio. $DV_{0,1}$: Diámetro de gota del volumen acumulado del 10%. $DV_{0,9}$: Diámetro de gota del volumen acumulado del 90%.

En el gráfico 15 se visualizan los valores de amplitud relativa para las alturas de 50 y 100 cm a un caudal mínimo. Para este valor se encontraron diferencias significativas en las tarjetas de 50 cm respecto de las de 100 cm, por lo que los mismos fueron diferentes en el tamaño de las gotas pero relativamente homogéneos.

La amplitud relativa se analizó en todas las alturas y en todos los caudales del trabajo, en las muestras previas a ésta, en ninguna se registró diferencias estadísticamente significativa por lo que las aplicaciones que se realizaron fueron homogéneas.

Según Leiva (2011) cuanto menor sea el número de amplitud relativa, menor es la variación que hay entre el tamaño de las gotas en su espectro de pulverización. Este aspecto no es tenido en cuenta por Frola (2013b).

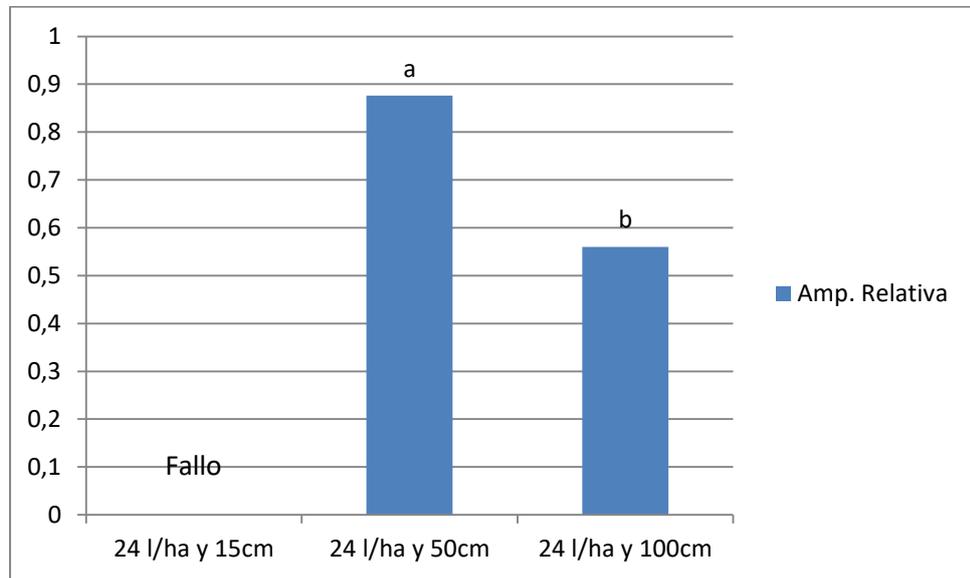


Gráfico 15: Amplitud relativa para altura de 50 y 100 cm del botalón en laboratorio.

VI. CONCLUSIÓN

Las aplicaciones de agroquímicos mejor logradas son aquellas que se realizan con el mínimo caudal y consiguen superar los umbrales críticos de número de gotas por cm^2 para cada situación.

En este estudio, el número de impactos por cm^2 disminuyó a medida que aumentó la altura del botalón respecto al blanco, evidenciándose mayor homogeneidad de datos en las tarjetas hidrosensibles ubicadas a las 50 y 100 cm del botalón, y muestras más aleatorias a los 15 cm.

El número de gotas por cm^2 se redujo cuando disminuyó el caudal de la aplicación a los 50 y 100 cm de altura del botalón respecto al blanco, caso contrario, a los 15 cm que aumentó notablemente.

A partir de los resultados se concluye que con el mínimo caudal se supera el umbral mínimo de gotas por unidad de superficie y con la altura de botalón de 50 cm respecto al blanco se obtiene la mayor homogeneidad en cantidad de gotas en los distintos caudales. Esto permite realizar aplicaciones correctas, con gotas de mayor concentración de principio activo, haciendo un uso más eficiente del agua y mejorando la autonomía de los equipos pulverizadores, que es una aptitud cada vez más valorada por la breve duración de los períodos de trabajo que presenta la región.

VII. BIBLIOGRAFIA

Arvidsson, T., Bergström, L. & J. Kreuger, 2011. Spray drift as influenced by meteorological and technical factors. *Pest. Manag. Sci.* 67, 586-598.

Casal, G.A. 2012. Hacia Aplicaciones Sustentables y Eficientes. Simposio Internacional de Aplicaciones Eficientes de Fitosanitarios. Cideter, Las Parejas, Santa Fe. 29 al 31 Agosto. Pdf 97 págs.

Cid, R. 2014. Aplicación eficiente de fitosanitarios. Coadyuvantes. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Castelar. Cap. N°9. 13hojas. Ed. INTA.

Costa, J. J., A. E. Margheritis & O. Marsico. 1979. Introducción a la Terapéutica Vegetal. Ed. Hemisferio Sur. Primera reimpresión. Argentina. 533 pp.

Courshee, R. J. 1960. Some aspects of the application of insecticides. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, vol. 5. pp. 327 - 352.

Domper, G. N., M. Mur, & R. H. Balbuena. 2015. Eficiencia de aplicación de pastillas de pulverización con inducción de aire en el cultivo de soja. *Revista de la Facultad de Agronomía* 113 (2) 202-210.

Etiennot, A. E. 1990. Cuarto Curso de Actualización para Pilotos Aeroaplicadores. (Pergamino-BA, 01 al 07 de Septiembre de 1990) Instituto Nacional de Aviación Civil (INAC), Buenos Aires. 119 p.

Etiennot, A. E. 1993. Pulverizaciones terrestres. Segundo Congreso Nacional de Siembra Directa. Septiembre 1993. Huerta Grande, Córdoba, Argentina. pp. 163 - 173.

Etiennot A. E. & A. Piazza. 2010. Buenas prácticas de aplicación en cultivos planos extensivos. Distancias a zonas urbanas. Criterios y soluciones. *Acta toxicol. Argent.* 18 (2): 40 – 53.

Frola, E., 2011. Agricultura consciente. Entrevista. En: https://www.youtube.com/watch?v=E-CkJsvkg_8. Consultado: 11/04/2017.

Frola, E., 2013a. En pulverización, la clave está en la gota. En: <http://www.admiteagro.com.ar/2504-en-pulverizacion-la-clave-esta-en-la-gota/>. Consultado: 10/04/2017.

Frola, E. 2013b. Manejar tamaño, número y distribución de impactos para lograr aplicaciones de calidad. Disponible en: <http://www.todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=25566>. Consultado: 10/04/2017. 1pp.

Frola, E. 2017. Comunicación personal en Campo Montanari. Venado Tuerto.

Graham-Bryce, I. J. 1977. Crop protection: a consideration of the effectiveness and disadvantages of current methods and of the scope for improvement. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London B*, 281, 163-179.

Lanfranconi, L., 2015. Diez claves para enfrentar las malezas en esta campaña. En: <http://www.aapresid.org.ar/rem/diez-claves-para-enfrentar-las-malezas-en-esta-campana/>. Consultado: 11/04/2017.

Leiva, P. D. 1995. Manejo de la deriva en la aplicación de agroquímicos. *Carp. Produc. Vegetal*. INTA, EEA Pergamino, SERIE: Generalidades, Tomo XIV, Información N° 139, Octubre, ISSN 0326-2138. 6 pp.

Leiva, P. D. 1996. Calidad de aplicación de plaguicidas. En: primera Jornada de Control Químico de Enfermedades del trigo en sistemas de manejo para alta productividad. *Bolsa de Cereales de Buenos Aires*. Estación Experimental Agropecuaria Pergamino, INTA. 12 pp.

Leiva, P. D. 2007. “Calidad de aplicación de plaguicidas”. Centro Internacional de Capacitación INTA-CIMMYT. I Jornada de Control Químico de enfermedades del trigo. Centro Internacional de Capacitación INTA –CIMMYT. CDRom interactivo Bayer – División Agrícola. 2007.

Leiva, P. D., 2008. Consideraciones generales en cuanto a la tecnología de aplicación de fungicidas. Grupo Protección Vegetal – INTA, Estación Experimental Agropecuaria Pergamino.

En:[http://www.agroconsultasonline.com.ar/documento.html/Consideraciones%20generales%20en%20cuanto%20a%20la%20tecnolog%EDa%20de%20aplicaci%F3n%20de%20fungicidas%20\(2008\).pdf?op=d&documento_id=47](http://www.agroconsultasonline.com.ar/documento.html/Consideraciones%20generales%20en%20cuanto%20a%20la%20tecnolog%EDa%20de%20aplicaci%F3n%20de%20fungicidas%20(2008).pdf?op=d&documento_id=47). Consultado: 11/04/2017.

Leiva, P. D. 2010. Consideraciones generales sobre calidad de agua para pulverización agrícola. Grupo Protección Vegetal - INTA, Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. En: <http://sindag.org.br/wp-content/uploads/2016/11/Consideraciones-generales-sobre-calidad-de-agua-para-pulverizaci%C3%B3n-agr%C3%ADcola.pdf>. Consultado: 11/04/2017.

Leiva, P. D. 2011. Pastillas para pulverización agrícola, su correcta selección y uso para una óptima calidad de aplicación. En: http://agroconsultasonline.com.ar/ticket.html/Microsoft%20Word%20-%20Pastillas%20de%20pulverizacion%20agricola.pdf?op=d&ticket_id=2007&evento_id=4130. Consultado: 17/08/2017.

Leiva, P. D. & P. Picapietra. 2012. Compatibilidad para mezclas de tanque de tres herbicidas utilizados en barbecho químico. Grupo Protección Vegetal - INTA, Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_combate_de_plagas_y_malezas/161-Ensayo_mezclas.pdf. Consultado: 10/04/2017.

Leiva, P. D. 2015. Recaudos por deriva en pulverizaciones agrícolas. Siete aspectos importantes para su manejo. En: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_pergamino_recaudos_por_deriva_en_pulverizaciones.pdf. Consultado: 11/04/2017.

Massaro, R. A. 2005. Criterios para la aplicación de herbicidas en barbechos químicos. INTA EEA Oliveros. Revista Especial Maleza. Aapresid. Pág. 77 a 84.

Papa, J. C. & R. A. Massaro. 1999. Evaluación de la fitotoxicidad sobre maíz de nicosulfurón aplicado solo y en mezcla con clorpirifos. Maíz: para mejorar la producción N° 10. E.E.A. Oliveros INTA. pp. 63-66.

Onorato A. A. & M. O. Tesouro. 2004. Desempeño antideriva de una boquilla de pulverización agrícola de cono hueco inducida por aire. Revista de investigaciones agropecuarias, 33 (2): 3-13.

Rodríguez, J. F. 2011. Calidad de aplicación de productos Fitosanitarios y su influencia en el efecto de control de plagas, malezas y enfermedades. Disponible en: http://www.agriculturaconsciente.com/admin/content/materiales/material_12062013165540.pdf. . 26 pp. Consultado: 10/04/2017.

Tomasoni, M. 2013. No hay fumigación controlable. Generación de derivas de plaguicidas. Red Universitaria de Ambiente y Salud. Red de médicos de pueblos fumigados. En: <http://reduas.com.ar/generacion-de-derivadas-de-plaguicidas/>. Consultado: 24/08/2017.

ANEXO I

Gráficos de condiciones ambientales de Estación Aeropuerto Río Cuarto Área de Material (SAOC)

Gráficas de Tiempo Real en la estación Aeropuerto RIO CUARTO AREA DE MATERIAL (SAOC)

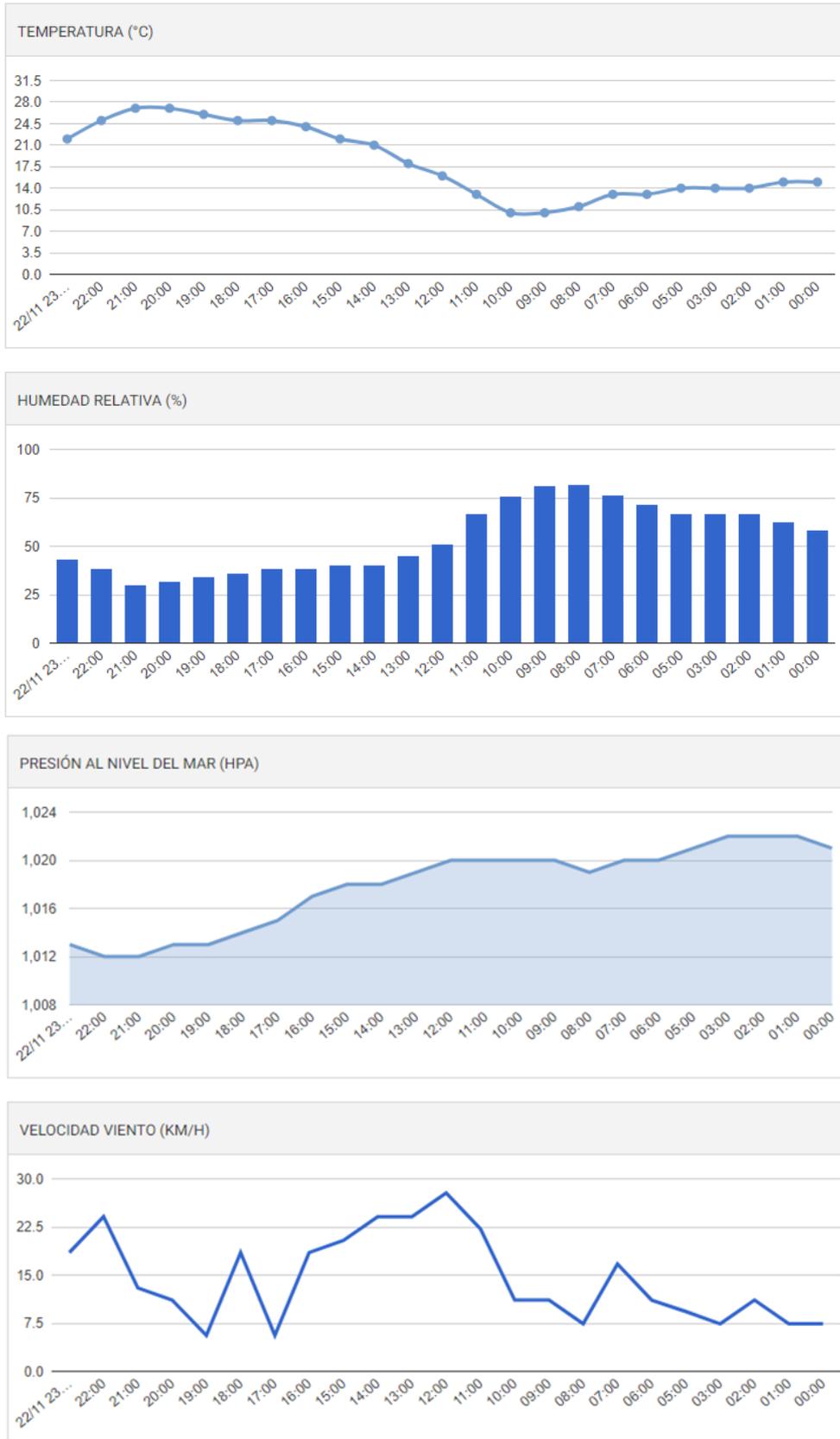


Gráfico 1: Condiciones ambientales del día en el que se realizó el ensayo a campo.

Gráficas de Tiempo Real en la estación Aeropuerto RIO CUARTO AREA DE MATERIAL (SAOC)

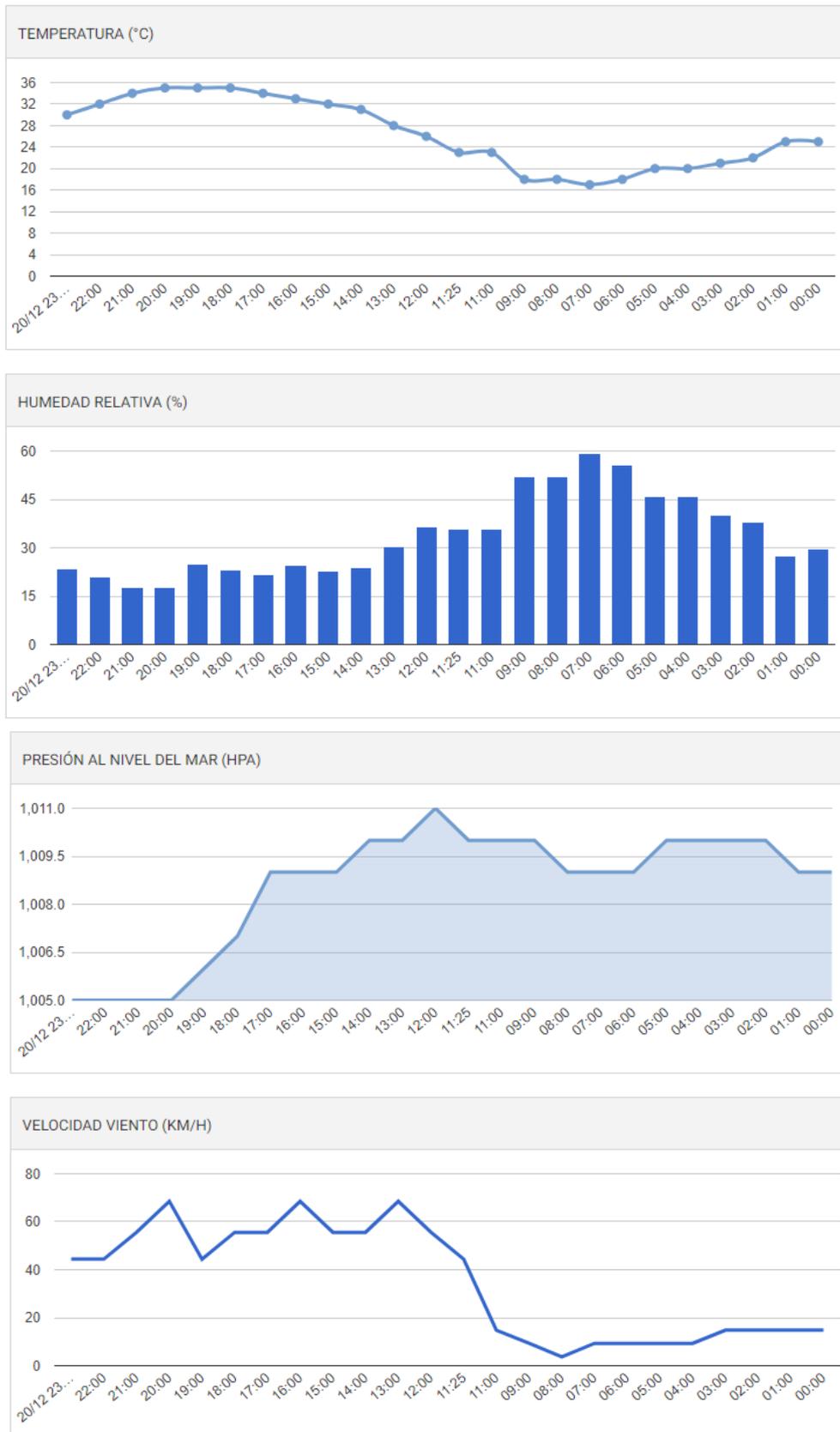


Gráfico 2: Condiciones ambientales el día en el que se realizó el ensayo a laboratorio.

ANEXO 2

Cuadros con tarjetas hidrosensibles

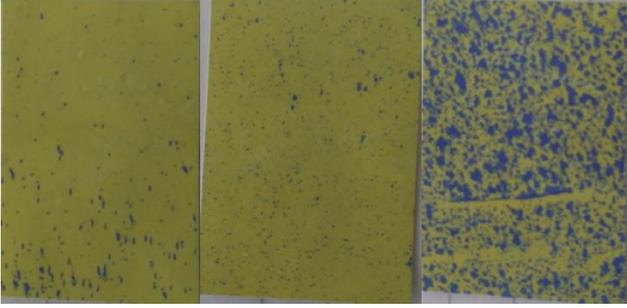
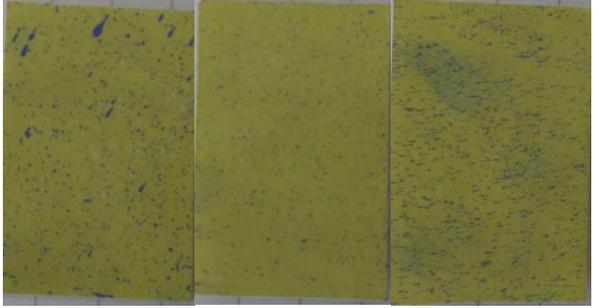
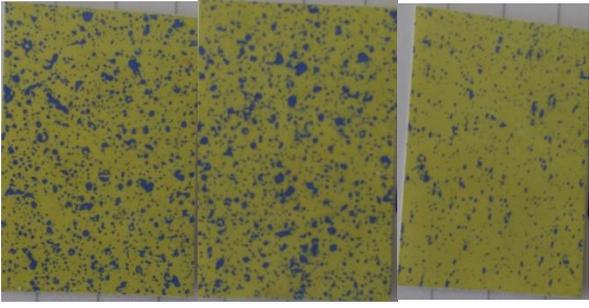
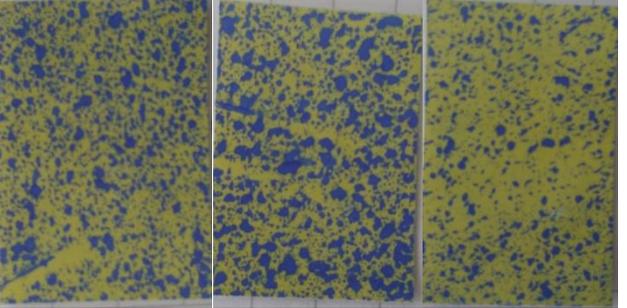
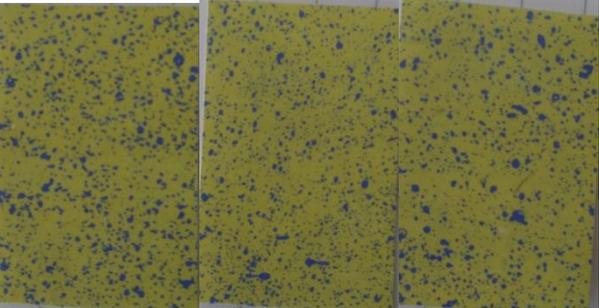
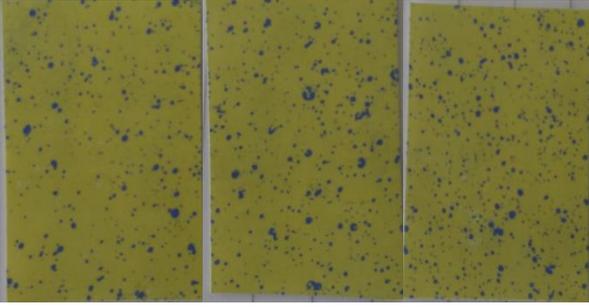
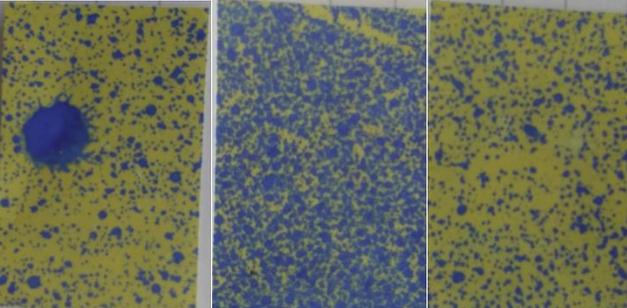
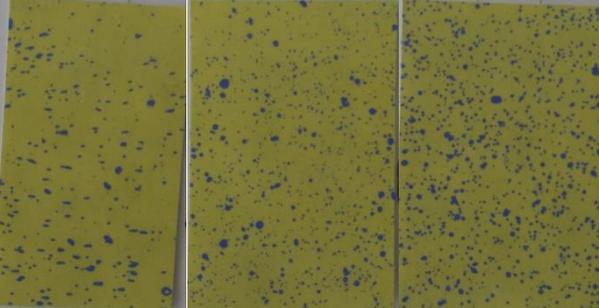
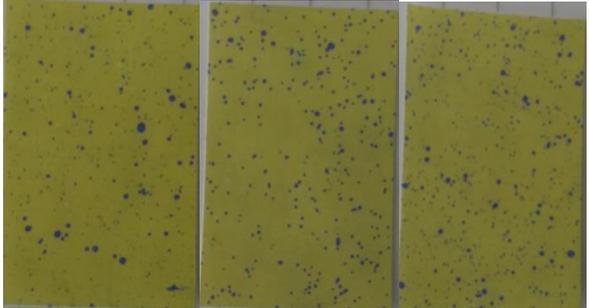
147 l/ha	47 l/ha	24 l/ha	
			15 cm
			50 cm
			100 cm

Gráfico 3: Total de tarjetas hidrosensibles en el ensayo a campo a todas las alturas y velocidades realizadas.

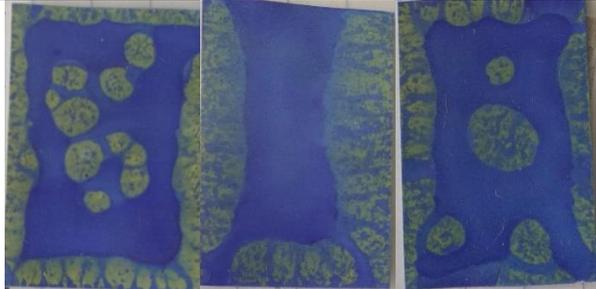
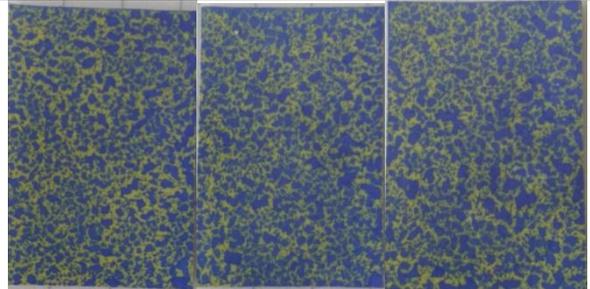
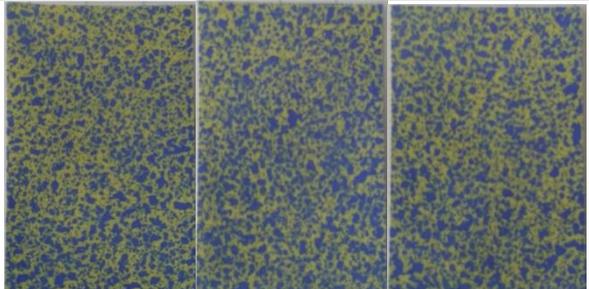
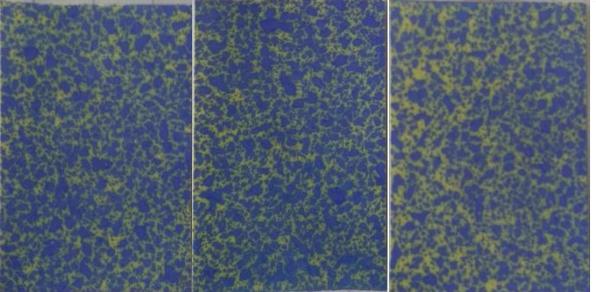
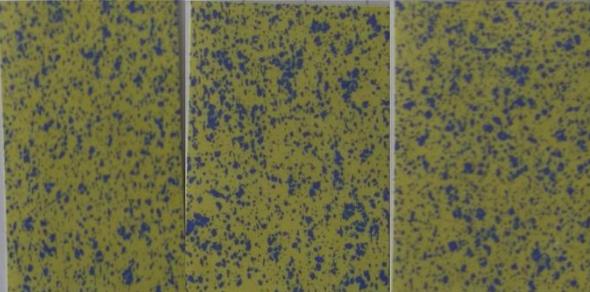
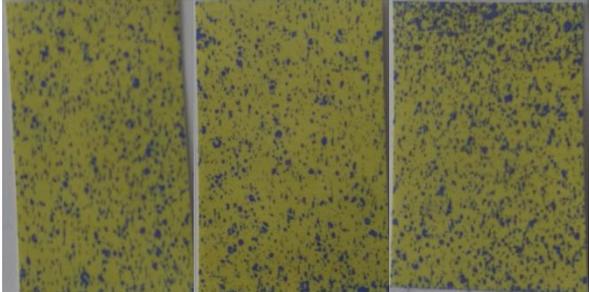
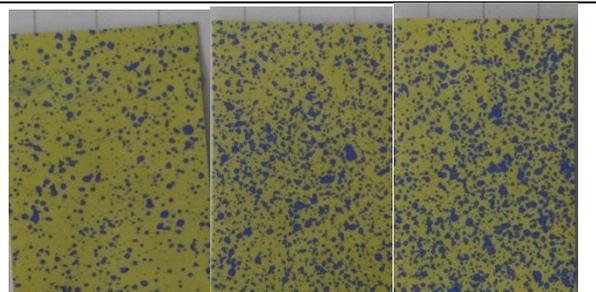
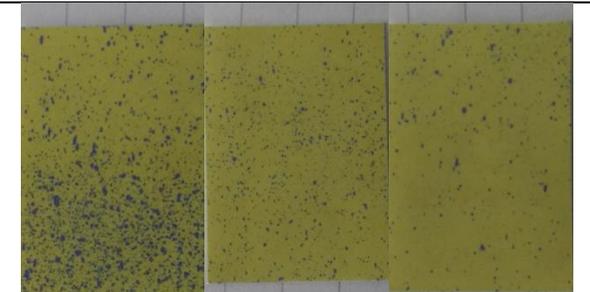
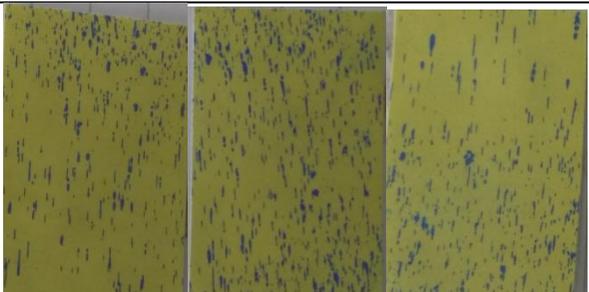
147 l/ha	47 l/ha	24 l/ha	
			15 cm
			50 cm
			100 cm

Gráfico 4: Total de tarjetas hidrosensibles en el ensayo en laboratorio a todas las alturas y velocidades realizada.

