

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**COMPARACIÓN DEL NIVEL DE DEPÓSITO INICIAL EN HOJAS DE CIRUELO
JAPONÉS (*Prunus salicina* Lindl.), ANTE DISTINTOS MÉTODOS DE
APLICACIÓN CON UNA MÁQUINA HIDRONEUMÁTICA MODIFICADA**

JUAN CARLOS RÍOS NÚÑEZ

Santiago, Chile

2015

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**COMPARACIÓN DEL NIVEL DE DEPÓSITO INICIAL EN HOJAS DE CIRUELO
JAPONÉS (*Prunus salicina* Lindl.), ANTE DISTINTOS MÉTODOS DE
APLICACIÓN CON UNA MÁQUINA HIDRONEUMÁTICA MODIFICADA**

**COMPARISON OF INITIAL LEVEL OF SPRAY DEPOSIT IN LEAVES OF
JAPANESE PLUM (*Prunus salicina* Lindl.) BETWEEN DIFFERENT
APPLICATION METHODS WITH A MODIFIED HYDROPNEUMATIC MACHINE**

JUAN CARLOS RÍOS NÚÑEZ

Santiago, Chile

2015

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**COMPARACIÓN DEL NIVEL DE DEPÓSITO INICIAL EN HOJAS DE CIRUELO
JAPONÉS (*Prunus salicina* Lindl.), ANTE DISTINTOS MÉTODOS DE
APLICACIÓN CON UNA MÁQUINA HIDRONEUMÁTICA MODIFICADA**

Memoria para optar al título profesional de:
Ingeniero Agrónomo

Mención:
Manejo de Suelos y Aguas

JUAN CARLOS RÍOS NÚÑEZ

	Calificaciones
Profesor Guía	
Ian Homer Bannister Ingeniero Agrónomo, Dr.	7,0
Profesores Evaluadores	
Cristian E. Kremer Fariña Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	6.5
Ricardo A. Pertuzé Concha Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	5,8

Santiago, Chile

2015

*Dedicada a Karina
La mujer y amor de mi vida
Das felicidad y el sentido a mi existencia
Si he logrado ser una mejor persona, es gracias a ti*

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
PALABRAS CLAVE	3
ABSTRACT	4
KEY WORDS	4
INTRODUCCIÓN	5
Objetivo general	8
Objetivos específicos:	8
MATERIALES Y MÉTODOS	9
Ubicación del ensayo	9
Materiales	9
Tratamientos.....	10
Métodos.....	11
Análisis estadístico.....	13
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
CONCLUSIONES	19
BIBLIOGRAFÍA	20
APÉNDICES.....	23
ANEXOS	31

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar cuantitativamente la efectividad de la aplicación de una pulverizadora hidroneumática modificada, se midió el depósito del caldo de aplicación sobre las hojas de *Prunus salicina* Lindl., en un huerto plenamente productivo ubicado en la Comuna de Peumo, Región de O'Higgins, Chile. Se evaluaron 4 tratamientos, diferenciados en el volumen de agua aplicado por hectárea y el número de boquillas utilizadas en la máquina: 1.200 L·ha⁻¹ y 56 boquillas; 1.200 L·ha⁻¹ y 28 boquillas; 600 L·ha⁻¹ y 56 boquillas; y 600 L·ha⁻¹ y 28 boquillas; cada uno con 4 repeticiones. Para cuantificar el depósito sobre las hojas, se utilizó una solución de Azul Brillante FD&C-1 en agua como caldo de aplicación de los cuatro tratamientos, recolectando, inmediatamente seco el residuo, 10 muestras por repetición compuestas por 3 hojas cada una, a las cuales se les midió la superficie y el depósito de la solución mediante espectrofotometría UV. Los valores del depósito logrado fueron expresados como µL del caldo de aplicación por cm² de hoja. El comportamiento del depósito en hojas a distintos niveles de cubrimiento conservó proporcionalidad, logrando obtener aproximadamente la mitad del depósito en hojas al emplear 600 L·ha⁻¹ respecto al depósito logrado al emplear 1.200 L·ha⁻¹. Por su parte, el número de boquillas no logra por sí sólo un efecto en el depósito sobre hojas. Un análisis de varianza de dos factores permitió establecer que el depósito en hojas es afectado por la interacción entre el cubrimiento utilizado y el número de boquillas.

PALABRAS CLAVE

Pulverizadora hidroneumática, boquillas, cubrimiento.

ABSTRACT

With the aim to quantitatively evaluate the effectiveness of an application with a modified hydropneumatic sprayer, spray deposition was measured on leaves of *Prunus salicina* Lindl. in a fully productive orchard (Peumo, O'Higgins Region, Chile). Four treatments were evaluated, differentiated by water volume applied per hectare and the number of nozzles of the machine: 1,200 L·ha⁻¹ and 56 nozzles; 1,200 L·ha⁻¹ and 28 nozzles; 600 L·ha⁻¹ and 56 nozzles; and 600 L·ha⁻¹ and 28 nozzles; each with 4 replications. To quantify the deposit on the leaves, a solution of Brilliant Blue FD&C-1 in water was used as the spray solution of the four treatments, then 10 samples per repeat composed by three leaves each were collected, to measure the surface and the deposit of the solution by UV spectrophotometry. The achieved deposit values were expressed as $\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$ leaf. Deposit behavior at different levels of coverage maintained proportionality, achieving about half the deposit in leaves by using 600 L·ha⁻¹ respect to the deposit when using 1,200 L·ha⁻¹. Meanwhile, the number of nozzles by itself fails effect in the deposit on leaves. ANOVA of two factors showed that interaction between the spray coverage used and the number of nozzles was significant.

KEY WORDS

Hydropneumatic sprayer, nozzles, coverage.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de agroquímicos es un proceso complejo, dado que la eficacia de los tratamientos realizados depende de al menos tres grandes factores vinculados entre sí: (i) el momento u oportunidad de la aplicación; (ii) el pesticida utilizado y (iii) el método de aplicación escogido (Magdalena *et al.*, 2010a). La complejidad de este proceso es debido a que, a su vez, todos estos factores son influenciados por diversos elementos, como por ejemplo, parámetros biológicos de la plaga a controlar (largo del ciclo, estados más susceptibles, etc.) así como de las características del cultivo a tratar (estado fenológico, densidad de canopia, altura, densidad de plantación, entre otros) (Matthews, 1992). Por su parte la elección del pesticida utilizado tendrá distintos resultados según la formulación escogida, el uso o no de adyuvantes en la mezcla, la dosis empleada y la vía requerida de aplicación (Stainer *et al.*, 2006; Garcerá *et al.*, 2011).

Además, la tecnología de aplicación escogida variará la eficiencia de la aplicación, ya que determina la distribución de la aplicación en la planta (Matthews, 1992), así como el nivel de residuos dejado en los tejidos tratados (González, 2002). La creciente preocupación por disminuir la tasa de uso de pesticidas, la disminución en la mano de obra disponible para labores agrícolas, así como el incremento en las regulaciones de seguridad alimentaria han sido algunos de los factores que han justificado una mayor preocupación por mejorar la eficiencia de aplicaciones, fomentando en consecuencia el desarrollo de distintas tecnologías de aplicación de pesticidas (Matthews, 1992; Massinon y Lebeau, 2012). La elección de una tecnología eficiente de aplicación a su vez contribuye a minimizar el impacto ambiental (Payne, 1998); a disminuir los costos energéticos (Hetz y Barrios, 1997) y en consecuencia, los costos económicos asociados a la producción agrícola y forestal.

El desarrollo de distintas tecnologías de aplicación de pesticidas emplea conocimientos de diversas disciplinas, ya que para lograr una aplicación efectiva es necesario considerar los factores previos mencionados, así como también factores intrínsecos a la maquinaria a utilizar, volumen de agua requerido en la aplicación, entre otros aspectos (Payne, 1998). El impacto de algunos de estos factores en la disminución de la eficiencia de aplicación es evidenciado, por ejemplo, en la baja retención y en la mala distribución del depósito de un pesticida sobre el tejido tratado a través de una pulverización agrícola (Di Prinzio *et al.*, 2010; Villalba y Hetz, 2010).

Distintos tipos de maquinaria destinadas a la aplicación de agroquímicos se encuentran actualmente disponibles en el mercado agrícola. Si sólo consideramos aquellas empleadas para aplicaciones terrestres de pesticidas y fertilizantes, podemos destacar principalmente seis tipos de pulverizadoras: hidráulicas; hidroneumáticas, neumáticas; centrifugas; térmicas y finalmente la neumática-electroestática (Magdalena *et al.*, 2010b). La distinción entre los tipos de pulverizadores estaría dada por el principio de formación y transporte de las gotas. A modo de ejemplo, podemos comparar dos de las máquinas más utilizadas en fruticultura en nuestro país: la pulverizadora hidráulica, que utiliza el transporte cinético

para transportar la gota, y la pulverizadora hidroneumática, que utiliza una corriente de aire para este fin. En ambos casos la formación de la gota depende de la presión de líquido, pero en el caso de un pulverizador hidroneumático, tanto la formación como el transporte de la gota dependen a su vez de la corriente de aire (Márquez, 1989, citado por Magdalena *et al.*, 2010b).

Junto a lo anterior, para ambos tipos de máquinas pulverizadoras se ha señalado que la selección de la boquilla y presión de operación tendrán un efecto significativo sobre la eficiencia de la aplicación, ya que estos parámetros inciden directamente sobre la deriva (Nuyttens *et al.*, 2011) así como sobre el depósito del agroquímico en las plantas (Salyani y Cromwell, 1992). Además, se plantea que para un mismo sistema de aplicación variando los volúmenes de agua utilizados se pueden obtener niveles de depósito de residuo diferentes, aun cuando se mantenga la dosis del agroquímico por hectárea (Knoche *et al.*, 2000).

Por otro lado, según Zabkiewicz (2007), las etapas de la aplicación de un agroquímico pueden ser divididas en 4: la etapa de establecimiento del depósito, la de retención del residuo, la de degradación o consumo del mismo, y la de translocación. Para Nuyttens *et al.* (2011) los factores que más influyen la primera etapa de la aplicación corresponden al tamaño de gota y altura de la aplicación, ambos factores asociados a la maquinaria utilizada. Según González (2002), el depósito inicial de una aplicación es también influenciado por las características de la superficie tratada y el nivel de retención de residuos que ésta presenta. Por ejemplo, tejidos rugosos o pilosos tienen a retener una mayor cantidad del caldo de aplicación que las superficies lisas; por otro lado, el mismo autor plantea que la retención del residuo en esta primera etapa se vería influenciada por el tipo de pesticida y la afinidad del tejido aplicado, así como por factores ambientales que promueven por ejemplo, la deriva o el lavado del producto fitosanitario.

En resumen, el éxito de una aplicación de agroquímicos estaría determinado principalmente por los siguientes factores: momento correcto de la aplicación (fenología del cultivo y la plaga o enfermedad), factores ambientales (viento, radiación, temperatura, etc.) y características asociadas a la tecnología de aplicación escogida (selección de boquillas, ajuste del volumen de caldo, y relación entre el objetivo de la aplicación y la forma de acción del pesticida) (Villalba *et al.*, 2009).

La mayoría de los estudios dirigidos a establecer o comparar la eficiencia de aplicaciones se centra en la primera etapa de la aplicación, recurriendo a establecer los niveles de depósitos logrados a través de diversos métodos que permiten, por análisis ópticos o químicos, cuantificar el depósito obtenido (Salyani y Whitney, 1988; Butler Ellis *et al.*, 2004). Con el fin de uniformar el criterio de medición del depósito de una aplicación, un estudio realizado por Palladini *et al.* (2005), plantea el uso del trazador alimenticio Azul Brillante FD&C-1 como una alternativa a emplear en investigaciones dirigidas a evaluar la cantidad o distribución del depósito de una aplicación, dado que es posible recuperar este trazador sin que se fije a los tejidos tratados. Esta técnica fue validada posteriormente en el trabajo realizado por Villalba *et al.* (2009), dado que permite una evaluación cualitativa y

cuantitativa de los tratamientos. Dicha técnica está basada en la lectura de la distribución de la aplicación utilizando fluorescencia y la cuantificación del residuo utilizando la lectura de absorbancia de este trazador empleado a una concentración conocida, siendo ambos tipos de evaluaciones alternativas independientes y válidas por sí mismas.

Diversos autores discuten sobre la dificultad de establecer modelos comparables que permitan fijar todos los valores asociados al éxito de una aplicación agrícola (Giles y Ben-Salem, 1992; Nasr *et al.*, 2002; Nuyttens *et al.*, 2011), y por ello es más frecuente encontrar estudios específicos que comparan, bajo ciertas condiciones fijas, sólo el depósito efectivo logrado con una aplicación con una determinada maquinaria (Salyani y Whitney, 1988). Por ejemplo, específicamente en el caso de las pulverizadoras hidroneumáticas, en un estudio conducido por Di Prinzio *et al.* (2010), con el fin de determinar el efecto de la presión de aplicación sobre la cantidad y distribución del depósito generado en el árbol, así como determinar su efecto sobre las pérdidas de producto durante la aplicación, los autores concluyen que el uso de una baja presión de aplicación permitiría disminuir hasta tres veces las pérdidas por deriva, sin afectar la cantidad de depósito logrado en el follaje de los árboles tratados respecto al uso de una alta presión de aplicación. Sin embargo, estos valores pueden verse afectados por el tamaño de gota, lo que será función del tipo de boquilla utilizada (Zhu *et al.*, 2004; Miller *et al.*, 2008), lo que esboza que aún existen diversas combinaciones de maquinarias, boquillas y otros factores sin investigar.

En función de todo lo mencionado anteriormente y considerando la importancia de establecer la eficiencia de la aplicación lograda durante una pulverización de un agroquímico, el presente estudio se centra en establecer, para una pulverizadora hidroneumática que posee modificaciones respecto del número y disposición de boquillas, si la siguiente hipótesis es válida: “al realizar una aplicación con la mitad de un cubrimiento convencional, es posible obtener la mitad de la solución sobre las hojas, independiente del número de boquillas utilizadas”.

Objetivo general

Comparar distintos métodos de aplicación con una máquina hidroneumática modificada, mediante la medición del depósito del caldo de aplicación sobre hojas de ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl.) en un huerto plenamente productivo.

Objetivos específicos:

Comparar el depósito del caldo de aplicación sobre hojas de ciruelo japonés, al utilizar la mitad del cubrimiento normal.

Comparar el depósito del caldo de aplicación sobre hojas de ciruelo japonés, al utilizar 56 y 28 boquillas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del ensayo

Las labores de evaluación y análisis de datos del presente trabajo se realizaron en el Centro de Estudios Postcosecha (CEPOC) y en el Laboratorio de Mecanización Agrícola, ambos pertenecientes a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, ubicados en la Comuna de La Pintana, Región Metropolitana, Chile. Por otra parte, las labores de establecimiento de los tratamientos y toma de muestras, se realizaron en el Fundo La Rosa de Sofruco, ubicado en Ruta H-66 km 67, comuna de Peumo, Región de O'Higgins, Chile.

Materiales

Se seleccionó un cuartel productivo de ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl.), homogéneo en desarrollo y estado fitosanitario, realizando la aplicación y evaluación de los tratamientos durante el período de post-cosecha, aún con follaje activo.

La máquina hidroneumática utilizada es marca Jacto, modelo Arbus 1500, y originalmente cuenta con 18 salidas de boquilla en total (9 por lado), con disposición perpendicular respecto al eje longitudinal de la máquina. El departamento de Maquinaria de la agrícola participante realizó diversas modificaciones del número y disposición de las boquillas, determinando que, en términos cualitativos, la mejor combinación para la máquina señalada¹ es 56 boquillas en total (28 por lado), en disposición radial y alternando un leve ángulo hacia adelante y hacia atrás como se observa en la Figura 1.

Las aplicaciones se realizaron con una solución de trazador alimenticio Azul Brillante FD&C-1 en agua de pozo profundo, mientras que las soluciones evaluadas en laboratorio se componen del trazador alimenticio retenido en los tejidos, disuelto en agua desmineralizada. Las mediciones de absorbancia de las soluciones de agua y el trazador alimenticio se realizaron en un espectrofotómetro modelo T70, PG Instruments Limited, Reino Unido, perteneciente al CEPOC.

¹ José Mery G.; Ing. Agrónomo, Dr.; Gerente Técnico Soc. Agrícola la Rosa de Sofruco.; 2014; jhmery@gmail.com (comunicación personal).



Figura 1. Máquina utilizada en la aplicación de los tratamientos

Tratamientos

Los tratamientos del presente estudio (Cuadro 1) se diferencian por dos factores, el volumen de agua utilizado por hectárea ($L \cdot ha^{-1}$) y el número de boquillas empleadas. Como la máquina empleada posee 56 boquillas en total, para obtener los tratamientos de 28 boquillas en total, se procedió a cerrar la mitad de las boquillas, manteniendo la proporción de caudal por sección de la máquina y conservando el ángulo de proyección de las boquillas.

Cuadro 1. Tratamientos con el número de boquillas y cubrimiento asociado a cada uno.

Tratamiento	Número de boquillas	Tipo de aplicación	Volumen de agua
T1	56	Volumen normal	$1.200 L \cdot ha^{-1}$
T2	56	Volumen bajo	$600 L \cdot ha^{-1}$
T3	28	Volumen normal	$1.200 L \cdot ha^{-1}$
T4	28	Volumen bajo	$600 L \cdot ha^{-1}$

La distribución de los tratamientos en el campo es completamente aleatorizada y responde a un arreglo factorial de dos factores. Se establecieron 4 repeticiones por cada tratamiento, las que a su vez se componen de 10 muestras (grupos de 3 hojas). La unidad experimental corresponde a 20 plantas lineales, en estado productivo, sin frutos y de crecimiento regular

respecto del cuartel. Para evitar el traslape de tratamientos y la desproporción de la aplicación al iniciar y terminar la aplicación, se aplicó tres hileras, evaluando sólo la hilera central, considerando como borde los 5 primeros y los 5 últimos árboles.

Métodos

Previo a la aplicación de los tratamientos se obtuvo una curva de calibración del trazador alimenticio Azul Brillante FD&C-1 en el espectrofotómetro del CEPOC, midiendo la absorbancia en longitud de onda de 630 nm (Palladini *et al.*, 2005), para distintas concentraciones del trazador en solución con agua destilada (Apéndice I); los resultados se ajustaron a una curva de calibración (Figura 2) mediante una regresión lineal que permite, de acuerdo a la metodología descrita por Villalba *et al.* (2009), transformar los valores de concentración medidos en el espectrofotómetro a un volumen de caldo depositado sobre el tejido evaluado. Esta curva de calibración también permitió determinar la concentración mínima detectable, estableciendo así la concentración adecuada para el caldo de aplicación.

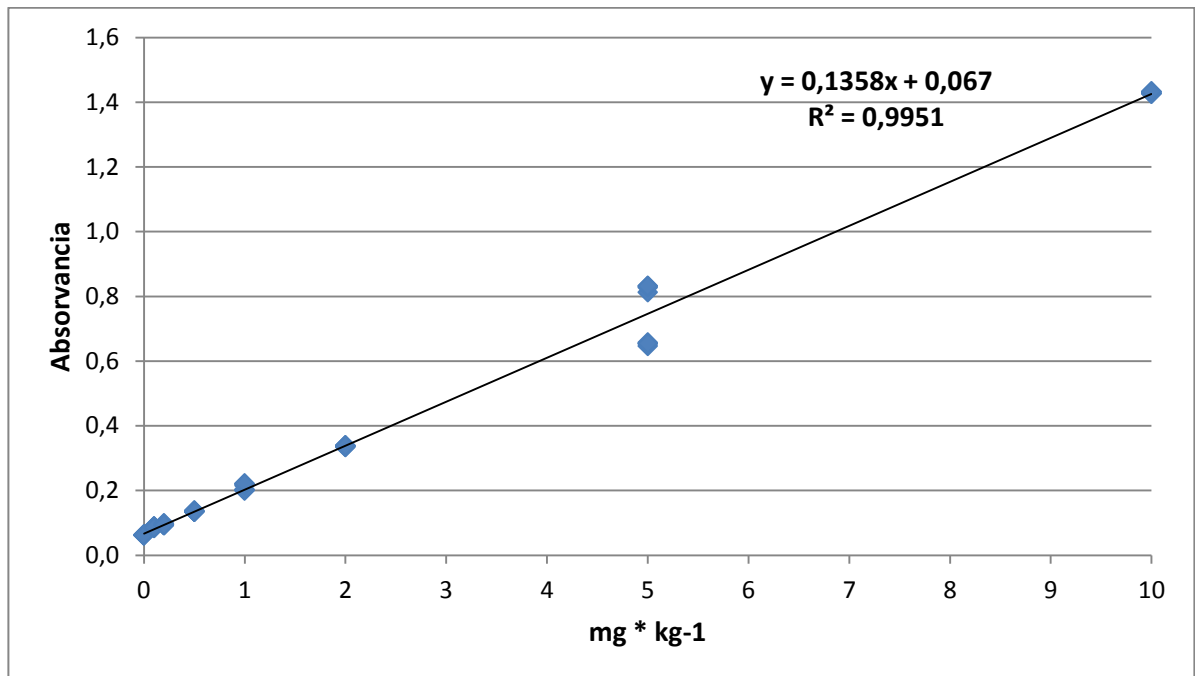


Figura 2. Curva de calibración y su ecuación obtenidas a partir de los resultados presentados en el Apéndice I.

Todos los tratamientos se establecieron en el huerto durante el amanecer, logrando disminuir con ello la volatilización de la mezcla producto de la alta radiación solar, y la deriva en la aplicación por la presencia del viento, principales factores de pérdida de eficiencia en la aplicación (Salyani y Cromwell, 1992; Behmer *et al.*, 2010; Villalba y Hetz,

2010). Durante la aplicación, el tractor operó con el motor a 2.000 rpm, en marcha cuarta baja lo que se tradujo en una velocidad real de $4.0 \text{ km}\cdot\text{hr}^{-1}$. La máquina hidroneumática se reguló en cada ocasión a una presión de 11 bares. Las boquillas utilizadas fueron Albuz ATR, y el arreglo de las boquillas procuró una distribución de caudal constante entre tratamientos (Apéndice II) y representativa de una aplicación eficiente de acuerdo al tipo de cultivo y sistema de conducción.

Se colectaron sólo aquellas hojas ubicadas a $2 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$ de altura y expuestas directamente al paso de la maquinaria, a fin de evitar la interferencia de obstáculos entre las hojas y la boquilla. Para obtener las tres hojas correspondientes a una muestra, se procedió cortando el peciolo y dejando caer las hojas libremente (evitando su manipulación) en una bolsa zipper, las que se mantuvieron cerradas tanto en el traslado como el almacenamiento de las muestras. Las muestras fueron refrigeradas y aisladas de la luz hasta su traslado al Laboratorio de Mecanización Agrícola, donde fueron procesadas durante el mismo día. Junto a las hojas colectadas, se tomaron muestras del agua utilizada para la mezcla y de las soluciones utilizadas en los estanques, a fin de descartar la influencia de sales y otros solutos sobre los resultados obtenidos de las lecturas del espectrofotómetro.

De acuerdo a la metodología descrita por Villalba *et al.* (2009), cada grupo de 3 hojas fue lavado en 100 mL de agua destilada dentro de las bolsas donde se colectaron inicialmente, obteniendo una solución que fue analizada en el espectrofotómetro para determinar su absorbancia. Luego de obtener los valores con el espectrofotómetro, se calculó el volumen de solución depositada sobre las hojas (mL), según la siguiente ecuación:

$$C1 \times V1 = C2 \times V2$$

donde, $C1$ = concentración de la solución ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) al momento de la aplicación; $V1$ = cantidad en mL que se depositó en las plantas; $C2$ = lectura de concentración de la muestra ($500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$); $V2$ = cantidad de agua destilada usada en el lavado (100 mL).

Los valores obtenidos de este cálculo (mL sobre las hojas) deben ser relacionados con sus respectivas superficies de hojas aplicadas, lo que permite conseguir el volumen de solución por unidad de superficie ($\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$).

Para determinar las superficies de las hojas de cada muestra, se escanearon las tres hojas de cada muestra junto a un cuadrado de papel de superficie conocida (4 cm^2). Luego, mediante el programa de manipulación de imágenes GIMP 2.8.10, se contabilizó el número de píxeles del cuadrado de papel y de las hojas de la muestra, como se ejemplifica en el Apéndice III.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron mediante los test de normalidad y homogeneidad de varianzas, para luego realizar un ANDEVA ($p \leq 0,05$) el cual determinó la existencia de diferencias significativas entre tratamientos. Los datos fueron analizados bajo un arreglo factorial de dos factores: “cubrimiento utilizado” (A) y “número de boquillas” (B), y al comprobar la existencia de interacción entre los factores, se realizaron ANDEVA ($p \leq 0,05$) para cada combinación de factores, los cuales determinaron la existencia de diferencias significativas entre algunas combinaciones de tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de absorbancia obtenidos en el espectrofotómetro fueron transformados a volumen de solución mediante la regresión lineal previamente descrita (Figura 2), y ajustados de acuerdo a sus respectivas superficies foliares. Los valores resultantes, expresados en microlitros de solución por centímetro cuadrado de hoja ($\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$), fueron sometidos a un análisis de varianza de dos factores, y sus resultados se presentan a continuación.

Cuadro 2. Resultados obtenidos del ANDEVA para los factores Cubrimiento y Número de boquillas.

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Factor A: Cubrimiento	1	23,48	23,49	139,62	0,00
Factor B: N° Boquillas	1	0,09	0,09	0,51	0,48
Interacción A*B	1	0,74	0,74	4,41	0,04
Error	156	26,23	0,17		
Total	159	50,54			

Como se observa en el Cuadro 2, al evaluar la interacción se logra establecer que los factores están relacionados entre sí, pero para entender qué tipo de relación existe entre ellos, es necesario analizar los datos gráficamente (Figura 3). Junto a lo anterior, es necesario identificar fehacientemente el comportamiento de la interacción, estableciendo si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, para lo cual se realizaron análisis de varianza de una vía para cada par de tratamientos con un factor en común. A continuación se presentan los resultados.

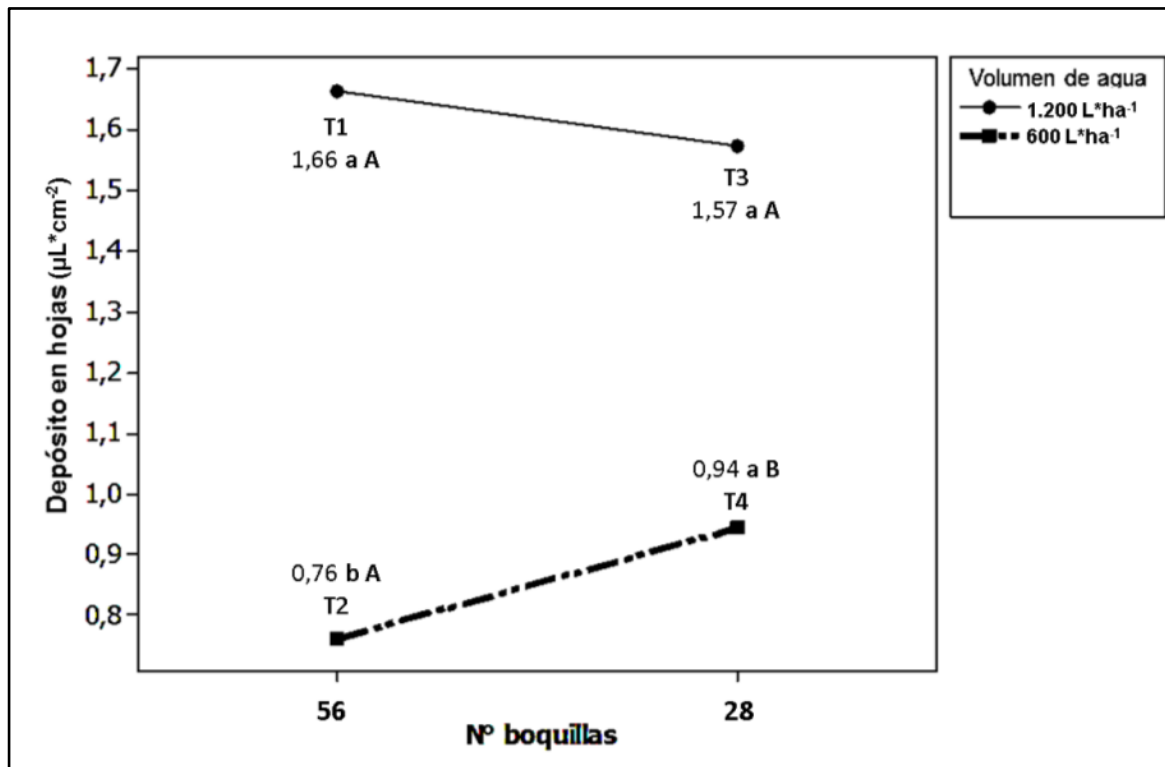


Figura 3. Depósito en hojas de ciruelo japonés ($\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$) luego de aplicación con máquina hidroneumática, bajo distintas condiciones de volumen y número de boquillas. Letras minúsculas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en tratamientos de igual número de boquillas (vertical), y letras mayúsculas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) a igual cubrimiento (horizontal).

De acuerdo a lo presentado en la Figura 3, el cambio del depósito sobre las hojas al cambiar el número de boquillas responde de distinta forma cuando se trabaja en distintos volúmenes; esta diferencia en la tasa de respuesta es la que explica la interacción señalada en el análisis de varianza de dos factores.

Como se aprecia en la Figura 3, T1 y T2 (ambos con 56 boquillas, y distinto cubrimiento) presentan diferencias estadísticamente significativas (letras minúsculas); así también se observa una diferencia significativa entre los tratamiento T3 y T4 (ambos con 28 boquillas, y distinto cubrimiento). Estas diferencias significativas permiten confirmar parte de la hipótesis planteada, la cual señala que una aplicación de $600 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ presentará la mitad del depósito respecto de una aplicación de $1.200 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$. Si bien los promedios de los tratamientos de $1.200 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ no son exactamente el doble de los promedios de los volúmenes bajos, los errores estándar cubren un rango de valores donde se cumple esta situación (Apéndice IV).

Es así que, bajo las condiciones del presente estudio, manteniendo el número de boquillas utilizadas y la dosis por hectárea de un ingrediente activo, es posible disminuir el volumen

de agua de 1.200 a 600 L·ha⁻¹ y conseguir el mismo depósito de ingrediente activo sobre las hojas. Si bien, al disminuir el volumen de agua aplicado por hectárea se logra una considerable disminución de los costos asociados a esta labor, se debe evaluar responsablemente las implicancias agronómicas que esto conlleva (fitotoxicidad, pérdida de eficacia, incompatibilidad en el estanque, etc.).

Por otra parte, al comparar tratamientos de igual cubrimiento y distinto número de boquillas (Figura 3), sólo se observan diferencias significativas al utilizar 600 L·ha⁻¹, ya que los resultados a 1.200 L·ha⁻¹ no presentan diferencias estadísticamente significativas. Esto indica que para cubrimientos de 1.200 L·ha⁻¹ no hay diferencias significativas al utilizar 56 o 28 boquillas en la máquina de aplicación; pero al utilizar cubrimientos de 600 L·ha⁻¹, el número de boquillas puede generar cambios en el depósito sobre las hojas. Es por esto que los resultados obtenidos coinciden sólo parcialmente con lo expuesto por Knoche *et al.* (2000), quien señala que para un mismo sistema de aplicación y a igual dosis del agroquímico por hectárea, al variar los volúmenes de agua utilizados se pueden obtener respuestas diferentes. Una explicación para este fenómeno puede encontrarse en los tamaños de gotas obtenidos por las combinaciones de boquillas empleadas, que pueden resultar en comportamientos de deriva y evaporación distintos; este punto será evaluado a continuación.

Como se mencionó previamente, para lograr las combinaciones utilizadas para el factor volumen (normal y bajo), se debe utilizar distintas combinaciones de tipo de boquillas, por lo cual el factor número de boquillas y sus dos niveles definidos (56 y 28 boquillas) lleva consigo una modificación en la distribución del tamaño de gotas generadas. En la Figura 4 se presenta un gráfico que indica el tamaño de gotas logrado por cada tratamiento, de acuerdo a la combinación de boquillas utilizadas y los caudales de cada una. Los valores que generan este gráfico son obtenidos del caudal teórico de las boquillas y el D90 entregados por el fabricante (Anexo I y Anexo II).

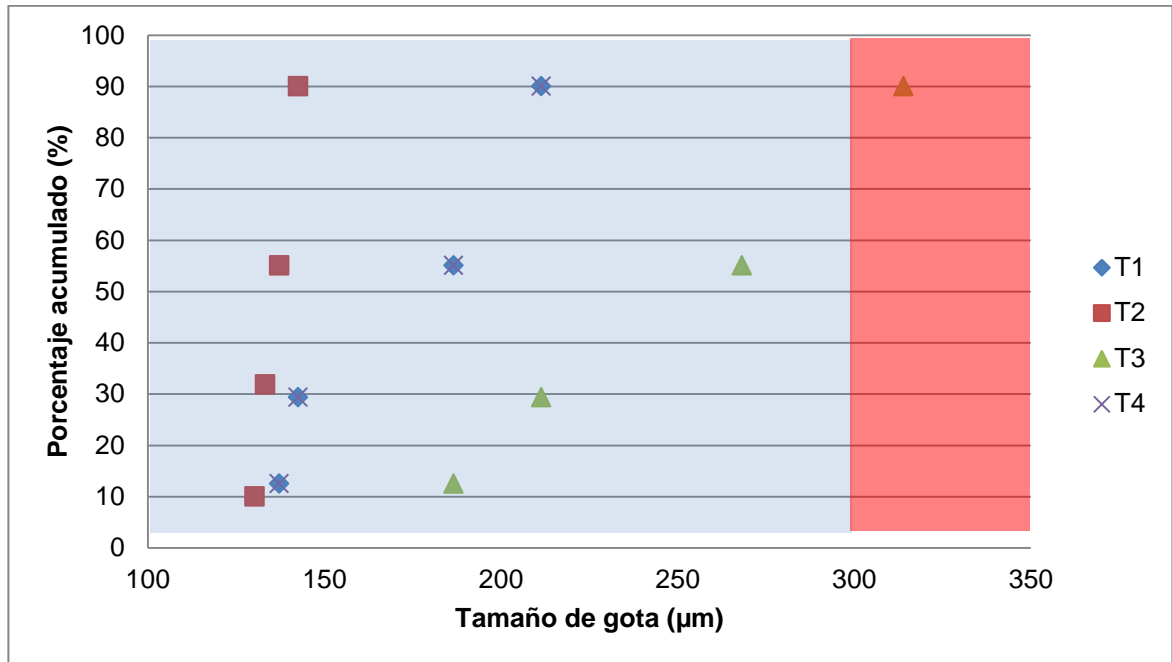


Figura 4. Gráfica del diámetro medio de gotas (diámetro en μm) para cada tratamiento en función del porcentaje acumulado de tamaños de gota. El fondo celeste señala gotas de tamaño muy fino, y el fondo rojo señala gotas de tamaño fino, según sistema de BCPC.

Por lo expuesto previamente, el diseño y selección de los tratamientos genera una limitante al momento de interpretar los resultados: como los factores que se compararon en este trabajo responden a las características de la máquina y el cultivo seleccionado, los factores se consideran fijos. Por ello, los resultados obtenidos sólo pueden explicar los efectos sobre las combinaciones aquí evaluadas, sin ser extrapolables por ejemplo, a otras pulverizadoras o combinaciones de la misma máquina. Esto dado que, si variamos el número de boquillas (o su tipo, que también depende de los requisitos de funcionamiento de cada máquina) y/o el cubrimiento utilizado, la respuesta de los tratamientos será distinta. Esta situación se puede remediar si los tratamientos que generan los factores a evaluar son seleccionados al azar dentro del rango de situaciones posibles, y a lo menos se establecen 3 tratamientos por factor.

No obstante existen limitantes intrínsecas a los requisitos de funcionamiento de la pulverizadora hidroneumática escogida para este estudio, si nos basamos en la clasificación de tamaños de gota según el sistema desarrollado por British Crop Protection Council (BCPC) (Hewitt *et al.*, 1998), los tratamientos T1, T2 y T4 generan un tamaño de gota categorizado como muy fino, mientras que T3 presenta sólo un 20% de gotas finas. Por ello, aun cuando el cambio del tipo de boquillas provoca un cambio en la distribución del tamaño de gotas generadas (Figura 4), para los tratamientos T1, T2 y T4 esta variación no afecta su clasificación respecto al tamaño de gotas logrado durante la aplicación, y el caso de T3 la proporción de gotas finas es baja, por lo que aún puede ser clasificada dentro de una aplicación de gotas muy finas bajo el estándar D50 VMD.

Según Matthews (1992), las aplicaciones realizadas con tamaño de gota muy fino permiten una buena retención del caldo de aplicación incluso en superficies difíciles, lo cual, según Knoche (1994), permite aumentar la eficiencia de la aplicación. Lo anterior permite explicar que, respecto a los tratamientos comparados en este estudio, el depósito logrado en el follaje no fuese directamente afectado por el número de boquillas utilizado (Figura 3) sino que dependiera de la interacción de ambos factores, ya que en la mayoría de los casos se trabajó con gotas muy finas. Como afirman Matthews (1992) y Knoche (1994), una importante desventaja de trabajar con gotas muy finas es la posibilidad de que parte del depósito se pierda por deriva o evaporación. La principal fuente de estos fenómenos son el viento y la radiación solar, la cual se intentó evitar mediante la aplicación en la madrugada.

Teniendo en cuenta que las condiciones de operación de la maquinaria utilizada, así como las condiciones ambientales, se mantuvieron constantes durante la aplicación de los cuatro tratamientos, intentar explicar la diferencia significativa entre T2 y T4 (Figura 3) mediante el fenómeno de deriva es inconsistente. Bajo las condiciones descritas resulta plausible explicar esta diferencia, además de las condiciones propias de los tratamientos, a través de fenómenos de evaporación directa al momento de pulverizar la mezcla. Bajo esta evidencia, resulta interesante considerar que la utilización de un bajo volumen de cubrimiento resulta más eficiente con tamaños de gota mayores, ya que así se puede minimizar los fenómenos de evaporación y, en segunda instancia, deriva de las aplicaciones.

En las condiciones evaluadas en el presente estudio, además de confirmar el comportamiento del depósito al variar el volumen aplicado, el número de boquillas resultó ser un factor que influye sobre el comportamiento del depósito a volúmenes de $600 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$. Este último punto resulta interesante de analizar, ya que es frecuente asumir por referencias no cuantificadas la necesidad del cubrimiento de la aplicación (volumen de agua requerido por hectárea) frente a distintas alturas o densidades de la copa de los árboles, pero no se considera si es favorable cambiar también el número de boquillas utilizadas.

En ese sentido, y en virtud de la validación de la metodología presentada, resultaría interesante evaluar una mayor variedad de cubrimientos y número de boquillas, estableciendo previamente una distribución de boquillas que mantenga un diámetro uniforme, o agregue un tercer factor al análisis (tipo de gota).

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones específicas de maquinaria modificada empleada, y cultivo seleccionado para la realización del presente estudio (*Prunus salicina* Lindl.), los resultados obtenidos permiten concluir que:

Los factores “cubrimiento” y “número de boquillas”, presentan una interacción evidenciada en un cambio del comportamiento del depósito de aplicación sobre las hojas.

Al disminuir el cubrimiento de $1.200 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ a $600 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, el depósito en las hojas se comporta de igual forma, disminuyendo en una proporción similar. Esta situación es válida para ambos números de boquillas.

En cubrimientos de $1.200 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, la variación del número de boquillas en la máquina de 56 a 28, no genera diferencias en el nivel del depósito sobre las hojas.

En cubrimientos de $600 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$, al utilizar 28 boquillas se obtienen niveles de depósito mayores que al utilizar 56 boquillas.

Es necesario evaluar el comportamiento de más combinaciones de número de boquillas y cubrimientos, para obtener resultados que describan el comportamiento del depósito en distintas situaciones.

BIBLIOGRAFÍA

Behmer, S., A. Di Prinzio, G. Striebeck, and J. Magdalena. 2010. Evaluation of low-drift nozzles in agrochemical applications in orchards. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70 (3): 498-502.

Butler Ellis, M. C., D.A. Webb, and N.M. Western. 2004. The effect of different spray liquids on the foliar retention of agricultural sprays by wheat plants in a canopy. *Pesticide Management Science* 60: 786-794.

Di Prinzio, A., S. Behmer, J. Magdalena, and G. Chersicla. 2010. Effect of pressure on the quality of pesticide application in orchards. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70 (4): 674-678.

Garcerá, C., E. Moltó, and P. Chueca. 2011. Effect of spray volume of two organophosphate pesticides on coverage and on mortality of California red scale *Aonidiella aurantii* (Maskell). *Crop Protection* 30: 693-697.

Giles, D.K., and E. Ben-Salem. 1992. Spray droplet velocity and energy in intermittent flow from hydraulic nozzles. *J. agric. Engng Res.* 51: 101-112.

González, R. 2002. Degradación de residuos de plaguicidas en huertos frutales en Chile. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 163p.

Hetz, E., y A. Barrios. 1997. Costo energético de las operaciones agrícolas mecanizadas más comunes en Chile. *Agro Sur* 25 (2): 146-161.

Hewitt, A.J., D.L. Valcore, M.E. Teske, and R.J. Schick. 1998. Droplet size classification for agricultural sprays. pp. 55-59. *In: 11th Annual Conference on Liquid Atomization and Spray Systems*. Sacramento, California, EEUU. May 17-21, 1998. Sacramento, California, EEUU.

Knoche, M., N. Lownds, and M. Bukovac. 2000. Spray application factors and plant growth regulator performance: IV. Dose response relationships. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 125 (2): 195-199.

Magdalena, J., F. Fernández, A. Di Prinzio, y S. Behmer. 2010a. Pasado y presente de la aplicación de agroquímicos. pp.17-26. *In: Magdalena, J.C., B. Castillo, A. Di Prinzio, I. Homer, y J. Villalba (Eds). Tecnología de aplicación de agroquímicos*. INTA Alto Valle. Buenos Aires, Argentina. 196p.

Magdalena, J., A. Di Prinzio, y S. Behmer. 2010b. Equipos para la aplicación de agroquímicos-denominación y clasificación. pp.97-106. *In: Magdalena, J.C., B. Castillo,*

A. Di Prinzio, I. Homer, y J. Villalba (Eds). Tecnología de aplicación de agroquímicos. INTA Alto Valle. Buenos Aires, Argentina. 196p.

Massinon, M., and F. Lebeau. 2012. Experimental method for the assessment of agricultural spray retention based on high-speed imaging of drop impact on a synthetic superhydrophobic surface. *Biosystems engineering* 112: 56-64.

Matthews, G.A. 1992. *Pesticide Application Methods*. 2nd ed. Longman Scientific & Technical publications, Essex, England. 405p.

Miller, P.C.H., C.R. Tuck, S. Murphy, and M. da Costa. 2008. Measurements of the droplet velocities in sprays produced by different designs of agricultural spray nozzle. *European Conference on Liquid Atomization and Spray Systems*, Como Lake, Italy. 8p.

Nasr, G.G., A. J. Yule, and L. Bending. 2002. Chapter 5: Processes involving spray surface impact. pp. 185-209. *In: Nasr, G.G., A. J. Yule, and L. Bending. Industrial sprays and atomization. Design, Analysis and Applications.* Springer, London, Reino Unido. 501p.

Nuyttens, D., M. De Schamphelre, E. Brusselman, D. Dekeyser, and P. Verboven. 2011. Drift from field crop sprayers using an integrate approach: results of a 5 year study. *Transactions of the ASABE*. 54(2): 403-408.

Palladini, L., C. Raetano, and E. Velini. 2005. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. *Scientia Agrícola* 62 (5): 440-445.

Payne, N. 1998. Developments in aerial pesticide application methods for forestry. *Crop Protection* 17(2): 171-180.

Salyani, M., and J.D. Whitney. 1988. Evaluation of methodologies for field studies of spray deposition. *Transactions of the ASAE* 31(2):390-395.

Salyani, M., and R Cromwell. 1992. Spray drift from ground and aerial applications. *Transactions of the ASAE* 35 (4): 1113-1120.

Stainer, C., M.F. Destain, B. Schiffers, and F. Lebeau. 2006. Droplet size spectra and drift effect of two phenmedipham formulations and four adjuvants mixtures. *Crop Protection* 25: 1238–1243.

Villalba, J., D. Martins, A. Rodrigues, y L. Alves-Cardoso. 2009. Depósito del caldo de aspersión de distintos tipos de boquillas en dos cultivares de soya en el estadio V3. *Agrociencia* 43 (5): 465-473.

Villalba, J., y E. Hetz. 2010. Deriva de productos agroquímicos - Efecto de las condiciones ambientales. pp.45-54. *In: Magdalena, J.C., B. Castillo, A. Di Prinzio, I.*

Homer, y J. Villalba (Eds). Tecnología de aplicación de agroquímicos. INTA Alto Valle. Buenos Aires, Argentina. 196p.

Zabkiewicz, J. A. 2007. Spray formulation efficacy-holistic and futuristic perspectives. *Crop Protection* (26): 312-319.

Zhu, H., J.W. Dorner, D.L. Rowland, R.C. Derken, and H. E. Ozkan. 2004. Spray penetration into peanut canopies with hydraulic nozzle tips. *Biosystems Engineering* 87 (3): 275–283.

APÉNDICES

Apéndice I. Concentraciones utilizadas para la obtención de la curva de calibración y promedio de absorbancia obtenido en el espectrofotómetro.

Cantidad de trazador	Volumen de agua	Concentración	Promedio de absorbancia
gr	cm³	mg · kg⁻¹	
0,1	10000	10	1,429
0,001	200	5	0,739
0,0002	100	2	0,336
0,0001	100	1	0,210
0,00005	100	0,5	0,135
0,00004	200	0,2	0,094
0,00001	100	0,1	0,086
0	100	0*	0,072
0	100	0**	0,061

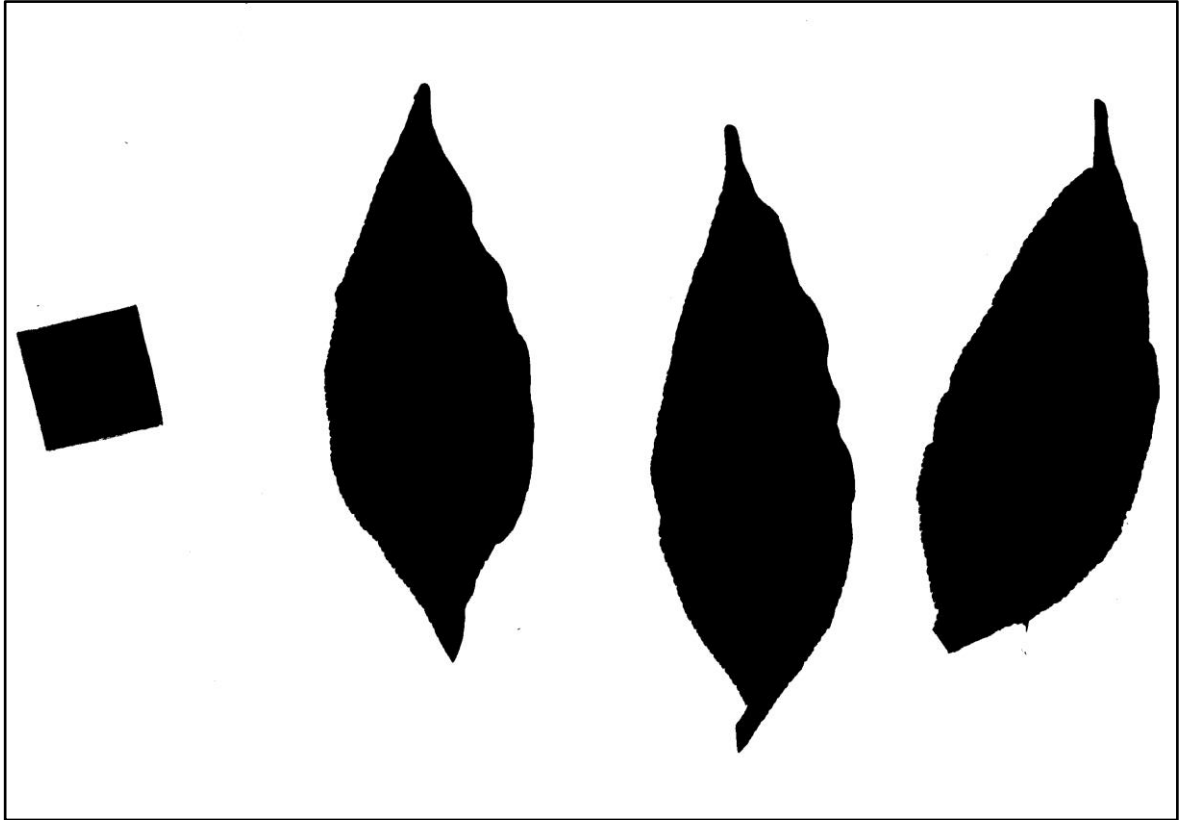
* Agua utilizada en los estanques al momento de la aplicación

** Agua destilada utilizada en el lavado de las hojas

Apéndice II. Distribución del caudal entregado por la máquina hidroneumática, separados en 4 grupos de igual número de boquillas desde la parte superior (1° cuarto) hasta la inferior (4° cuarto).

Tratamiento	Distribución de caudal por sección (%)			
	1° cuarto	2° cuarto	3° cuarto	4° cuarto
T1	38,77	28,61	18,72	13,90
T2	37,57	27,91	20,93	13,60
T3	38,21	28,59	19,10	14,10
T4	38,77	28,61	18,72	13,90

Apéndice III. Ejemplo de imagen obtenida para el cálculo de superficie de muestras. Se observa en la parte izquierda el cuadrado de 4 cm² y hacia la derecha las tres hojas correspondientes a Tratamiento 2, Repetición 4, Submuestra 6.



Apéndice IV. Tratamientos ordenados según factor, acompañados por sus respectivos valores promedio y su error estándar, expresados en $\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$.

Factor B: Numero de boquillas	Factor A: Cubrimiento	
	600 L·ha ⁻¹	1.200 L·ha ⁻¹
	----- $\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$ -----	
28	T4 0,94 ± 0,04	T3 1,57 ± 0,07
56	T2 0,76 ± 0,04	T1 1,66 ± 0,06

Apéndice V. Valores de depósito y superficie de cada muestra, y el depósito en hojas para cada repetición y submuestra del estudio.

Tratamiento	Repetición	Submuestra	Depósito en muestra	Superficie muestra	Depósito en hojas	
			(mL)	(cm ²)	(μL·cm ⁻²)	
1	1	1	0,197	163,778	1,2002	
		2	0,249	178,156	1,3961	
		3	0,266	141,495	1,8771	
		4	0,312	165,003	1,8886	
		5	0,212	159,023	1,3325	
		6	0,267	202,240	1,3209	
		7	0,241	184,638	1,3055	
		8	0,207	130,417	1,5895	
		9	0,235	125,709	1,8687	
		10	0,270	184,263	1,4664	
	2	2	1	0,189	145,629	1,2971
			2	0,240	119,123	2,0106
			3	0,261	141,766	1,8410
			4	0,131	108,771	1,2006
			5	0,161	165,182	0,9763
			6	0,284	129,743	2,1890
			7	0,217	131,256	1,6495
			8	0,163	132,004	1,2334
			9	0,246	130,796	1,8781
			10	0,167	147,464	1,1353
	3	3	1	0,175	162,902	1,0748
			2	0,198	133,557	1,4832
			3	0,264	149,424	1,7672
			4	0,226	126,326	1,7867
			5	0,318	149,074	2,1315
			6	0,252	165,801	1,5186
			7	0,296	123,017	2,4084
			8	0,312	147,446	2,1134
			9	0,336	170,640	1,9700
			10	0,275	163,975	1,6759
	4	4	1	0,281	154,634	1,8168
			2	0,255	136,734	1,8639
			3	0,422	180,139	2,3430
			4	0,264	134,314	1,9660
			5	0,252	138,262	1,8211
			6	0,220	149,991	1,4639
			7	0,256	157,833	1,6244
			8	0,197	144,669	1,3587
			9	0,292	154,434	1,8887
			10	0,273	152,937	1,7868

(continúa)

Apéndice V. Continuación.

Tratamiento	Repetición	Submuestra	Depósito en	Superficie	Depósito en	
			muestra	muestra	hojas	
			(mL)	(cm ²)	(μL*cm ⁻²)	
2	1	1	0,048	101,461	0,4706	
		2	0,052	120,397	0,4348	
		3	0,078	169,657	0,4623	
		4	0,055	151,068	0,3669	
		5	0,075	184,740	0,4079	
		6	0,065	127,561	0,5066	
		7	0,078	205,133	0,3823	
		8	0,095	144,946	0,6575	
		9	0,147	155,809	0,9465	
		10	0,065	180,853	0,3573	
	2	2	1	0,204	175,883	1,1612
			2	0,170	164,125	1,0387
			3	0,181	164,552	1,1013
			4	0,144	194,144	0,7438
			5	0,144	156,157	0,9247
			6	0,063	118,118	0,5341
			7	0,129	159,282	0,8102
			8	0,114	153,697	0,7399
			9	0,158	148,446	1,0657
			10	0,140	211,104	0,6622
	3	3	1	0,129	159,946	0,8069
			2	0,100	136,993	0,7293
			3	0,082	131,119	0,6216
			4	0,071	144,678	0,4891
			5	0,124	176,430	0,7054
			6	0,128	168,238	0,7580
			7	0,118	163,994	0,7215
			8	0,095	176,713	0,5393
			9	0,077	139,472	0,5513
			10	0,126	155,416	0,8107
	4	4	1	0,121	164,692	0,7371
			2	0,100	139,053	0,7185
			3	0,124	175,559	0,7089
			4	0,092	124,305	0,7420
			5	0,184	148,126	1,2441
			6	0,184	119,205	1,5460
			7	0,151	156,007	0,9649
			8	0,121	139,999	0,8671
			9	0,266	165,622	1,6036
			10	0,098	124,771	0,7884

(continúa)

Apéndice V. Continuación.

Tratamiento	Repetición	Submuestra	Depósito en muestra	Superficie muestra	Depósito en hojas
			(mL)	(cm ²)	(μL*cm ⁻²)
3	1	1	0,149	138,944	1,0724
		2	0,111	124,966	0,8854
		3	0,132	148,091	0,8922
		4	0,147	163,080	0,9043
		5	0,140	110,333	1,2670
		6	0,166	139,833	1,1863
		7	0,207	150,277	1,3794
		8	0,071	111,762	0,6331
		9	0,147	147,424	1,0003
		10	0,109	129,060	0,8455
	2	1	0,382	148,872	2,5672
		2	0,282	102,792	2,7480
		3	0,376	127,878	2,9407
		4	0,302	151,393	1,9975
		5	0,528	202,158	2,6115
		6	0,359	169,723	2,1162
		7	0,321	130,694	2,4548
		8	0,330	148,940	2,2158
		9	0,250	143,134	1,7484
		10	0,193	133,494	1,4494
	3	1	0,157	144,391	1,0851
		2	0,106	91,185	1,1630
		3	0,143	142,935	0,9995
		4	0,105	168,602	0,6199
		5	0,152	222,012	0,6850
		6	0,281	138,638	2,0264
		7	0,111	116,629	0,9487
		8	0,146	163,278	0,8938
		9	0,229	116,372	1,9659
		10	0,147	136,484	1,0805
	4	1	0,256	157,520	1,6277
		2	0,332	147,755	2,2440
		3	0,321	138,146	2,3223
		4	0,321	183,936	1,7442
		5	0,312	156,553	1,9905
		6	0,235	145,167	1,6182
		7	0,212	110,828	1,9120
		8	0,256	149,944	1,7099
		9	0,232	159,918	1,4498
		10	0,282	147,364	1,9168

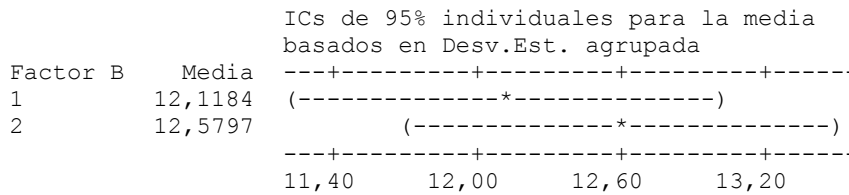
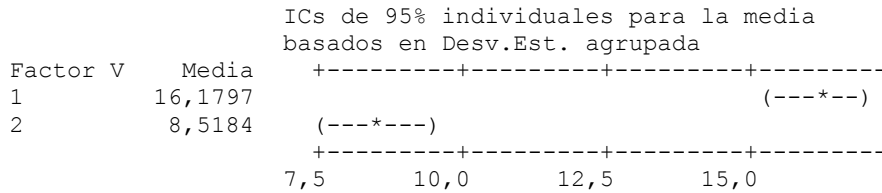
(continúa)

Apéndice V. Continuación.

Tratamiento	Repetición	Submuestra	Depósito en muestra	Superficie muestra	Depósito en hojas
			(mL)	(cm ²)	(μL*cm ⁻²)
4	1	1	0,101	152,343	0,6659
		2	0,109	165,973	0,6574
		3	0,083	115,532	0,7187
		4	0,220	193,046	1,1374
		5	0,120	147,566	0,8122
		6	0,203	179,010	1,1323
		7	0,118	170,287	0,6948
		8	0,072	150,872	0,4792
		9	0,158	141,118	1,1211
		10	0,101	123,234	0,8232
	2	1	0,149	128,302	1,1613
		2	0,131	123,572	1,0568
		3	0,120	105,100	1,1404
		4	0,097	123,838	0,7820
		5	0,101	97,210	1,0436
		6	0,100	151,199	0,6608
		7	0,144	122,613	1,1777
		8	0,224	183,748	1,2200
		9	0,123	155,288	0,7916
		10	0,161	129,459	1,2458
	3	1	0,170	129,549	1,3159
		2	0,195	181,927	1,0720
		3	0,138	139,384	0,9920
		4	0,226	191,908	1,1761
		5	0,267	234,543	1,1389
		6	0,094	136,118	0,6889
		7	0,140	132,731	1,0532
		8	0,124	158,437	0,7855
		9	0,105	163,522	0,6391
		10	0,115	129,802	0,8879
	4	1	0,105	135,076	0,7737
		2	0,154	163,536	0,9393
		3	0,143	165,630	0,8626
		4	0,141	140,561	1,0055
		5	0,103	160,411	0,6420
		6	0,200	165,305	1,2076
		7	0,118	132,931	0,8901
		8	0,241	218,378	1,1038
		9	0,200	154,855	1,2891
		10	0,106	144,574	0,7335

Apéndice VI. Resultados de ANDEVA de dos factores ($\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$ vs. Factor V “volumen de cubrimiento” y Factor B “número de boquillas”). (complementa al Cuadro 2)

S = 4,101 R-cuad. = 48,09% R-cuad.(ajustado) = 47,09%



Apéndice VII. Resultados obtenidos del ANDEVA de una vía, para T1 v/s T2 ($1.200 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ v/s $600 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$; ambos con 56 boquillas).

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamiento	1	17,0511	17,0511	176,82	0,000
Error	78	7,5219	0,0964		
Total	79	24,5730			
S = 0,3105		R-cuad. = 69,39%		R-cuad.(ajustado) = 69,00%	

Apéndice VIII. Resultados obtenidos del ANDEVA de una vía, para T3 v/s T4 ($1.200 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ v/s $600 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$; ambos con 28 boquillas).

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamiento	1	6,341	6,341	54,19	0,000
Error	78	9,127	0,117		
Total	79	15,468			
S = 0,3421		R-cuad. = 40,99%		R-cuad.(ajustado) = 40,24%	

Apéndice IX. Resultados obtenidos del ANDEVA de una vía, para T1 v/s T3 (56 boquillas v/s 28 boquillas; ambos con 1.200 L·ha⁻¹).


Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamiento	1	0,493	0,493	3,17	0,079
Error	78	12,125	0,155		
Total	79	12,618			
S = 0,3943		R-cuad. = 3,90%		R-cuad.(ajustado) = 2,67%	

Apéndice X. Resultados obtenidos del ANDEVA de una vía, para T2 v/s T4 (56 boquillas v/s 28 boquillas; ambos con 600 L·ha⁻¹).

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamiento	1	0,8269	0,8269	14,26	0,000
Error	78	4,5238	0,0580		
Total	79	5,3507			
S = 0,2408		R-cuad. = 15,45%		R-cuad.(ajustado) = 14,37%	

ANEXOS

Anexo I. Cuadro de caudales en función de la presión de operación para las boquillas ALBUZ ATR.

	Débit en l/mn								
	BLANCHE	LILAS	MARRON	JAUNE	ORANGE	ROUGE	GRISE	VERTE	NOIRE
3	0,21	0,28	0,38	0,57	0,77	1,08	1,18	1,40	1,57
4	0,24	0,32	0,43	0,65	0,89	1,24	1,35	1,60	1,80
5	0,27	0,36	0,48	0,73	0,99	1,38	1,50	1,78	2,00
6	0,29	0,39	0,52	0,80	1,08	1,51	1,63	1,94	2,18
7	0,32	0,42	0,56	0,86	1,17	1,62	1,76	2,09	2,35
8	0,34	0,45	0,60	0,92	1,24	1,73	1,87	2,22	2,50
9	0,36	0,48	0,64	0,97	1,32	1,83	1,98	2,35	2,64
10	0,38	0,50	0,67	1,03	1,39	1,92	2,08	2,47	2,78
11	0,39	0,52	0,70	1,07	1,45	2,01	2,17	2,58	2,90
12	0,41	0,55	0,73	1,12	1,51	2,09	2,26	2,69	3,03
13	0,43	0,57	0,76	1,17	1,57	2,17	2,35	2,79	3,14
14	0,44	0,59	0,79	1,21	1,63	2,25	2,43	2,89	3,26
15	0,46	0,61	0,81	1,25	1,69	2,33	2,51	2,99	3,36
16	0,47	0,63	0,84	1,29	1,74	2,40	2,59	3,08	3,47
17	0,48	0,64	0,86	1,33	1,79	2,47	2,67	3,17	3,57
18	0,50	0,66	0,89	1,37	1,84	2,54	2,74	3,25	3,67
19	0,51	0,68	0,91	1,40	1,89	2,60	2,81	3,34	3,76
20	0,52	0,70	0,93	1,44	1,94	2,67	2,88	3,42	3,85
21	0,54	0,71	0,95	1,48	1,99	2,73	2,95	3,50	3,94
22	0,55	0,73	0,98	1,51	2,03	2,79	3,01	3,57	4,03
23	0,56	0,74	1,00	1,54	2,07	2,85	3,07	3,65	4,12
24	0,57	0,76	1,02	1,58	2,12	2,91	3,14	3,72	4,20
25	0,58	0,77	1,04	1,61	2,16	2,97	3,20	3,80	4,28

Fuente: Catálogo de boquillas ALBUZ ATR, <<http://www.ndfc.saint-gobain.com>>**Anexo II.** Cuadro de tamaño de gotas de las boquillas ALBUZ ATR. El tamaño de gota es presentado en micras, y los valores son obtenidos de un medidor de partículas Malvern.

	BLANCHE			LILAS			MARRON			JAUNE			ORANGE			ROUGE			GRISE			VERTE			NOIRE		
	5 bar	10 bar	15 bar	5 bar	10 bar	15 bar	5 bar	10 bar	15 bar	5 bar	10 bar	15 bar	5 bar	10 bar	15 bar	5 bar	10 bar	15 bar	5 bar	10 bar	15 bar	5 bar	10 bar	15 bar	5 bar	10 bar	15 bar
D 10	35	28	23	36	28	25	36	29	25	38	30	25	39	31	27	40	31	28	41	33	28	42	34	29	50	38	30
D 50 VMD	72	65	57	77	68	61	81	70	64	88	78	71	96	84	79	116	100	88	124	105	92	131	109	94	151	127	102
D 90	145	135	126	152	139	130	165	145	133	203	191	169	240	213	205	292	268	234	311	275	241	340	287	253	385	320	290

Fuente: Catálogo de boquillas ALBUZ ATR, <<http://www.ndfc.saint-gobain.com>>