



**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**

# ÁREA DE CONSOLIDACIÓN

## Sistemas Agrícolas de Producción Extensivos



### **CARACTERIZACIÓN DEL ESPECTRO DE GOTAS EN PULVERIZACIONES TERRESTRES**

Autor: Ocampo, Nicolás María  
Tutor: Ing. Agr. Juan Godoy Valdivieso  
Año 2019



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons  
Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

## **Resumen**

Teniendo en cuenta que en Argentina se aplican grandes cantidades de fitosanitarios y que es creciente la repercusión mediática de su mal uso, es que se quiso llevar a cabo este trabajo para que sea de utilidad y se puedan llevar a cabo pulverizaciones de buena calidad, que no afecten a los productores, al medio ambiente ni al resto de la sociedad. Particularmente se hizo foco en las gotas tanto en su tamaño como los impactos, debido a que muchas veces las gotas y por consiguiente el principio activo que se asperja, no llegan al blanco de la aplicación. A ello se lo denomina deriva.

A partir de un experimento, en el cual se evaluaron tres factores (caldo de pulverización, condiciones ambientales y tipo de pastillas), se obtuvieron los datos y calcularon las variables que caracterizaron el espectro de gotas pulverizadas. Esas variables fueron el Diámetro Volumétrico Medio, Diámetro Volumétrico del 10%, Diámetro Volumétrico del 90%, Diámetro Numérico Mediano, la cobertura (impactos por  $\text{cm}^2$ ), el factor de dispersión y la amplitud relativa. Mediante un análisis de la varianza se evaluó el efecto de cada factor y las interacciones entre los mismos. Se determinó que hubo algunas diferencias significativas en los tres factores evaluados y en ciertas interacciones entre ellos.

Se concluye que los factores que influyen al caracterizar el espectro de gotas en una pulverización son muchos, y si bien se evaluaron los más importantes no se debe subestimar ninguno ya que no solo actúan por sí mismos, sino que interactúan entre ellos.

**Palabras claves:** Pulverización, Fitosanitarios, Tarjetas Hidrosensibles, Tamaño de Gotas.

## **Índice de Contenidos**

Resumen .....	2
Índice de Contenidos .....	3
Índice de Figuras .....	4
Índice de Tablas.....	5
Introducción .....	6
Objetivos.....	10
Materiales y Métodos .....	11
Análisis de datos .....	15
Resultados y discusión .....	21
Bibliografía.....	24
Anexo .....	26

## Índice de Figuras

Figura 1: Lote donde se realizó el experimento.....	11
Figura 2: Tarjeta usada en el experimento.....	13
Figura 3: Diámetro Volumétrico Medio (Cid, 2014).....	13
Figura 4: Distribución de una muy buena pastilla (izquierda) y una no tan buena (derecha). (Cid, 2014).....	14
Figura 5: Distribución espacial de las tarjetas hidrosensibles.....	14
Figura 6: Volumen de una gota (Cid, 2014).....	16
Figura 7: Curvas de $\Delta T$ en función de humedad relativa y temperatura (Carrancio y Massaro, 2018).....	18
Figura 8: Curva corregida para viento de 0 – 5 km/h (Carrancio y Massaro, 2018). .....	18
Figura 9: Curva corregida para viento de 6 – 10 km/h (Carrancio y Massaro, 2018). .....	19
Figura 10: Curva corregida para viento de 11 – 15 km/h (Carrancio y Massaro, 2018). .....	19
Figura 11: Gráficos de barras DV0,5, DV0,1, DV0,9, DNM, Amplitud Relativa, Impactos/cm <sup>2</sup> y Factor de Dispersión; según tipo de pastilla, momento de aplicación y caldo de pulverización.....	27

## **Índice de Tablas**

Tabla 1: Tratamientos. ....	12
Tabla 2: Condiciones Meteorológicas (BCCBA, 18 de abril de 2018). ....	15
Tabla 3: Parámetros durante la pulverización. ....	15
Tabla 4: Clasificación de tamaño de gota por la BCPC (Sarubbi, 2010). ....	16
Tabla 5: Valores de cobertura exigibles. (Sarubbi, 2010) ....	17
Tabla 6: Resultados promedio de todas las repeticiones por tratamiento. ....	21

## **Introducción**

Históricamente el hombre ha competido en la obtención de alimentos con otros hombres u otros seres vivos como animales, insectos, vegetales, hongos, etc. y si bien pudo inclinar la balanza a su favor, es una lucha constante día a día. Con el correr de los años fue evolucionando en los métodos y herramientas que utilizó, hasta llegar a la actualidad donde la utilización de productos fitosanitarios juega un rol preponderante en los sistemas productivos.

Los productos fitosanitarios son sustancias químicas, naturales o sintéticas que se utilizan para combatir a las plagas, o sea, a todos aquellos organismos que compiten con el hombre por alimentos y vestidos o hábitats, que afectan directa o indirectamente el bienestar del ser humano. (Novo, et al.,2014, p.11)

En los sistemas actuales de producción de cultivos, la correcta utilización de fitosanitarios es muy importante, no solo por la posibilidad de causar daño al ambiente o a las personas sino también porque de ellos depende el rendimiento final que se obtiene. Más aún si se tiene en cuenta la creciente cantidad de alimentos que se demanda en el mundo.

De acuerdo con un informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2009) se proyecta que para alimentar a una población mundial de 9.100 millones de personas en el año 2050 se debería aumentar un 70% la producción de alimentos. Se calcula que el crecimiento en la producción agrícola a nivel mundial se deba en un 90% a mayores rendimientos y a la intensificación de los cultivos, y el resto a la incorporación de nuevas tierras.

En Argentina el área sembrada en la campaña 2016/17 fue de 39.415.000 has., siendo la mayor de los últimos diez años (Ministerio de Agroindustria, 2018). Si se considera la cantidad de aplicaciones que se realizan en promedio por cultivo según el informe anual de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires (BCBA, 2017) y teniendo en cuenta el área sembrada de cada uno, se estima que se pulverizan aproximadamente 130.500.000 has. por año. Un área equivalente a casi 8 veces la provincia de Córdoba.

Del total de fitosanitarios utilizados el 64% son herbicidas, seguidos los insecticidas con un 16%, luego los fungicidas con un 12% y finalmente un 8% entre curasemillas y acaricidas (KleffmannGroup, 2012). Esto grafica cómo se divide el mercado de productos en nuestro país.

Al hablar de este tema indefectiblemente emerge la cuestión toxicológica por la naturaleza de estas sustancias, los riesgos que conllevan su manipulación y las repercusiones mediáticas de los últimos años por las consecuencias negativas de su uso. En la mayoría de los casos sin tener en cuenta si se utilizó de manera correcta y responsable sino poniendo el foco en los resultados y no en los procesos. Se define como

toxicidad a “la capacidad de una sustancia o sus productos metabólicos de causar, por acción física o físico - química, en determinadas dosis, un daño a la salud” (Novo, et al.,2014, p.15). Andrade (2017) afirma:

El riesgo del uso de un plaguicida está definido por su toxicidad (DL50) y el grado (intensidad y duración) de la exposición. Es decir que, los riesgos asociados con el uso de plaguicidas tienen, por un lado, un componente intrínseco determinado por las características propias del ingrediente activo y tipo de formulación, y por otro, un componente asociado con las prácticas de aplicación (momento, técnica, dosis y lugar). (p.26)

La Organización Mundial de la Salud (como se citó en Novo, et al.,2014), basándose en la DL50, establece y actualiza periódicamente las categorías toxicológicas de los plaguicidas. Cada categoría tiene un color para su rápida identificación y precaución en su uso. De mayor a menor toxicidad se clasifican en: clase Ia (rojo), Ib (rojo), II (amarillo), III (azul) y IV (verde). La tendencia actual es a utilizar productos menos peligrosos y más amigables con el ambiente. Esto se ve reflejado en el porcentaje de productos usados en Argentina, donde se reparte en 0,1% (Ia), 1% (Ib), 11,9% (II), 8% (III) y 79% (IV) (KleffmannGroup, 2012).

La tendencia del mercado actual exige producir con seguridad para los consumidores, los trabajadores y el ambiente. Esto hace que al definir la calidad de un producto agroalimentario los fitosanitarios tengan un rol muy importante, ya que influyen directamente sobre los atributos de seguridad e inocuidad que demanda el mercado (Andrade, 2017). En esta línea, Bogliani (como se citó en Andrade, 2017) detalla que:

Los programas de producción responsable incluyen buenas prácticas de uso de fitosanitarios relacionados con registro de aplicación, elección del producto, transporte y almacenamiento, condiciones de mezcla y carga, control y verificación del equipo de aplicación, condiciones de aplicación, elementos de protección personal, gestión de los excedentes, gestión de los envases vacíos, análisis de residuos, respeto del tiempo de carencia, cumplimiento legal, responsabilidad ambiental, formación y capacitación. (p.71)

La responsabilidad en el uso de fitosanitarios está directamente vinculada a la calidad de aplicación. Se considera a esta última como la cantidad de principio activo depositado sobre el blanco (u objetivo), que puede ser absorbida por la superficie foliar. Por lo que es más importante la técnica de aplicación que el plaguicida en sí mismo (Leiva, 1996). La aplicación no es un proceso exclusivamente mecánico, implica conocimiento agronómico para el monitoreo y la toma de decisión de pulverizar o no, el momento oportuno, que aplicar, donde, etc. (Leiva, 2010).

Sarubbi (2010) define a la pulverización como:

Un método físico por el cual se forman gotas, normalmente mediante el choque de una lámina continua e inestable de líquido, forzada a salir por una boquilla, contra un agente externo (el aire, superficie deflectora, etc.). El objetivo de este proceso es generar gotas que permitan depositarse en el blanco objeto de tratamiento, logrando la cobertura necesaria del mismo con un mínimo volumen de caldo. Teóricamente cuanto más pequeñas son las gotas, para un mismo volumen de aplicación, mayor será la superficie del blanco cubierta. (p.25)

Es importante definir que todo lo pulverizado que no llega al objetivo del tratamiento se conoce como deriva. La misma varía de acuerdo al tamaño de gotas; a menor tamaño la velocidad de caída es menor y mayor la evaporación por mayor superficie expuesta. Cuanto más tiempo permanece suspendida más probabilidades tiene de ser transportada por el viento (Leiva, 1996).

La ineficiencia de aplicación genera que se aumenten las cantidades de producto que la aplicación exige, derivando en un aumento de los costos de producción. Además, aumentan los riesgos de sobre y subdosificación, probables causas de daños al ambiente o mermas en la producción (Sarubbi, 2010).

Es poco probable lograr que una aplicación no tenga deriva, pero lo que sí se puede y se debe hacer es minimizar ese porcentaje. Todas las acciones que se realizan tienen un impacto en mayor o menor medida y recién cuando se analiza con detenimiento se toma conciencia a que y/o a quienes se puede afectar. Al pulverizar se debe tener en cuenta a las personas tanto trabajadores del mismo establecimiento como vecinos, los cultivos colindantes, la flora y la fauna de la zona, los cursos de agua, etc. En esta tarea, los actores directos que la realizan (productores, aplicadores y asesores) son quienes deben tomar conciencia ya que está en sus manos disminuir o no el riesgo en el uso de fitosanitarios.

Para disminuir ese riesgo, Carrancio (2018) hace una serie de recomendaciones:

- Identificar los sitios a proteger y clasificarlos de acuerdo con el grado de susceptibilidad que tengan a los fitosanitarios.
- Utilizar productos de baja toxicidad (Clase IV – banda verde)
- No aplicar plaguicidas en días sin viento.
- Utilizar el  $\Delta T$  para evaluar el ambiente.
- Utilizar pastillas de abanico plano aire inducido (gota grande). Las pastillas cono hueco, hacen siempre tamaño de gotas de alto peligro de deriva.
- Aplicar con viento de velocidad y dirección identificable. (contrario a los sitios protegidos, mayor de 0 y menor de 15 km/h)
- Tener en cuenta las propiedades fisicoquímicas y eco-toxicológicas de los fitosanitarios cuando se eligen para aplicarlos.



- Utilizar ropa de protección personal de acuerdo con la tarea que se realiza.
- Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) disminuyen significativamente el riesgo por deriva. Las cortinas y borduras son complemento. Las distancias son complemento.
- Confeccionar ordenanzas adecuadas y controlar el estricto cumplimiento. La figura del veedor es fundamental. Capacitarse.

Siguiendo esta dirección fue que se decidió realizar un experimento a campo para determinar cómo influyen ciertos factores en una aplicación como las condiciones meteorológicas, la utilización de coadyuvante y la elección de la pastilla adecuada. Luego, comparando los datos obtenidos se espera poder ver diferencias entre esas aplicaciones. Y de esta manera, que sea de utilidad para la toma de decisión de cómo y en qué momento pulverizar, ya que estos productos son una gran herramienta y pueden ser muy beneficiosas en los planteos productivos, pero si no se usan de la manera correcta se puede afectar negativamente al ambiente, la sociedad y a uno mismo.

## **Objetivos**

**General:** Caracterizar el espectro de gotas en pulverizaciones terrestres con variaciones en las condiciones ambientales, caldo de pulverización y tipo de pastillas.

**Específico:** Caracterizar las gotas en pulverizaciones terrestres y analizarlas a través del cálculo del Diámetro Volumétrico Medio, Diámetro Volumétrico del 10%, Diámetro Volumétrico del 90%, Diámetro Numérico Mediano, la cobertura (impactos por  $\text{cm}^2$ ), el coeficiente o factor de dispersión y la amplitud relativa.

## **Materiales y Métodos**

El experimento se llevó a cabo el día 18 de abril del año 2018, en el Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC, ubicado en Camino a Capilla de los Remedios Km 15,5, provincia de Córdoba. La pulverización se realizó en el lote 11 (figura 1) sobre rastrojo de maíz picado, con poca cobertura de suelo.



*Figura 1: Lote donde se realizó el experimento.*

Se decidió analizar tres factores: caldo de pulverización (agua y agua + coadyuvante), condiciones ambientales de aplicación (mañana y tarde) y tipo de pastillas (cono hueco y antideriva). A partir de esto, quedaron definidos 8 tratamientos descritos en la tabla 1.

Tabla 1: Tratamientos.

Tratamientos	Caldo de pulverización	Condiciones ambientales	Tipo de pastillas
1	Agua	Mañana (20°C, HR 29%, viento 2km/h)	Cono Hueco
2	Agua	Mañana (20°C, HR 29%, viento 2km/h)	Antideriva
3	Agua	Tarde (32°C, HR 42%, viento 18km/h)	Cono Hueco
4	Agua	Tarde (32°C, HR 42%, viento 18km/h)	Antideriva
5	Agua + Coadyuvante	Mañana (20°C, HR 29%, viento 2km/h)	Cono Hueco
6	Agua + Coadyuvante	Mañana (20°C, HR 29%, viento 2km/h)	Antideriva
7	Agua + Coadyuvante	Tarde (32°C, HR 42%, viento 18km/h)	Cono Hueco
8	Agua + Coadyuvante	Tarde (32°C, HR 42%, viento 18km/h)	Antideriva

Cada tratamiento se evaluó con tarjetas sensibles al agua (Syngenta) de 26 x 38 mm (figura 2). Posteriormente fueron escaneadas en el programa de computación CIR 1.5, donde se obtuvieron los datos del experimento. La utilización de esta metodología tiene la ventaja de “acelerar el proceso de cálculo y garantizar que los resultados serán equivalentes y repetibles cuando lo realizan distintos evaluadores” (Leiva y Araujo, 2007, p.1). Una vez obtenido los resultados de distintos tratamientos, se hizo un análisis de la varianza a través del programa de computación InfoStat para determinar si hubo diferencias significativas, tomando un nivel de significancia de 0,05 (ver Anexo).

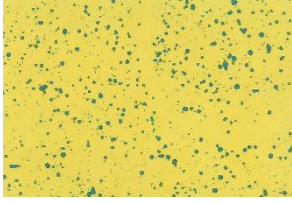


Figura 2: Tarjeta usada en el experimento.

Se analizó la distribución de las gotas mediante el cálculo del Diámetro Volumétrico Mediano (DVM ó  $DV_{0,5}$ ), Diámetro Volumétrico del 10% ( $DV_{0,1}$ ), Diámetro Volumétrico del 90% ( $DV_{0,9}$ ), Diámetro Numérico Mediano (DNM), la amplitud relativa, la cobertura (impactos por  $cm^2$ ), el coeficiente o factor de dispersión. Sarubbi (2010) define estos conceptos:

- El  $DV_{0,5}$  es el diámetro de gota que divide el volumen pulverizado en dos partes iguales en volumen. Como se observa en la figura 3, mitad del volumen pulverizado está conformado por gotas de diámetro menor al  $DV_{0,5}$  y la otra mitad del volumen está conformado por gotas de un diámetro mayor al  $DV_{0,5}$ .

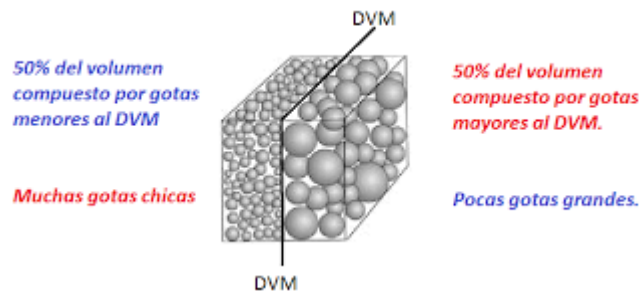


Figura 3: Diámetro Volumétrico Medio (Cid, 2014).

- El  $DV_{0,1}$  es el diámetro que divide al volumen pulverizado de tal forma que el 10% del mismo tiene un tamaño menor al  $DV_{0,1}$ . Se usa como un indicador del potencial de la exoderiva, es decir, aquellas gotas que son arrastradas fuera del área de tratamiento.
- El  $DV_{0,9}$  es el diámetro que divide al volumen pulverizado de tal forma que el 90% del mismo tiene un tamaño menor al  $DV_{0,9}$ . Es usado como un indicador de la endoderiva, es decir aquellas gotas que llegan al blanco, pero por una relación de tamaño y superficie no quedan retenidas por el mismo, y no salen del área de tratamiento.
- El DNM es el diámetro de gota que divide, a la cantidad total de gotas, en dos mitades iguales; esto significa que la mitad de cantidad de gotas formadas tienen un diámetro menor al DNM y la otra mitad de la cantidad de gotas formadas tienen un diámetro mayor al DNM.

- La amplitud relativa expresa la dispersión de los diámetros volumétricos extremos respecto del mediano. Se calcula como el cociente entre  $(DV_{0,9} - DV_{0,1})$  y el DVM. En la figura 4 se observa como se distribuyen las gotas pulverizadas por dos pastillas distintas, una muy buena cuyas gotas se concentran alrededor de un determinado tamaño y otra pastilla no tan buena donde hay mayor variabilidad en los tamaños de gotas pulverizadas.

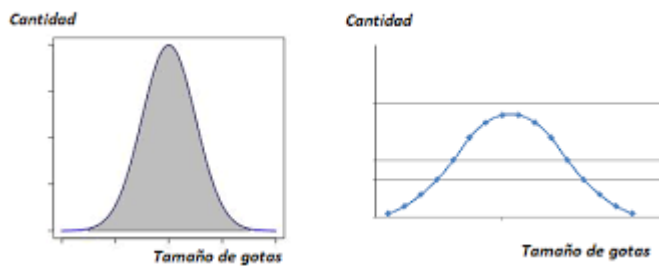


Figura 4: Distribución de una muy buena pastilla (izquierda) y una no tan buena (derecha). (Cid, 2014)

- El factor de dispersión es el cociente entre el  $DV_{0,5}$  y el DNM. Será tanto más amplio cuanto mayor diferencia haya entre las gotas pequeñas y las grandes y entre sus cantidades.

Las tarjetas se dispusieron como lo muestra la figura 5 a modo ilustrativo, separándose entre ellas 40 metros a lo largo y 5 metros a lo ancho. Se colocaron sobre soportes porta tarjetas a 2 cm del suelo.

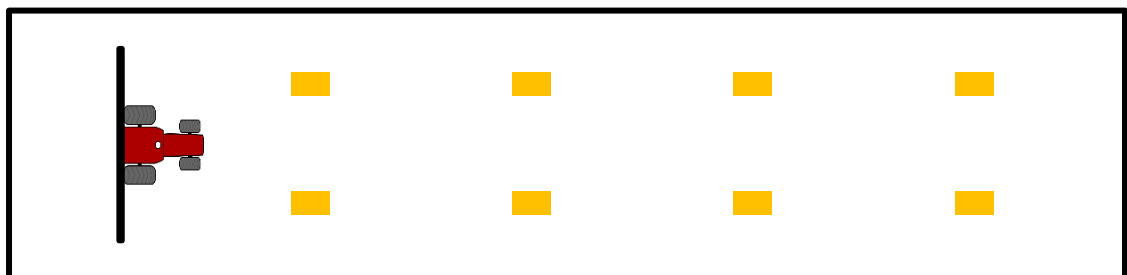


Figura 5: Distribución espacial de las tarjetas hidrosensibles.

En cada estación de muestreo se dejaron dos tarjetas, una a cada lado de la máquina pulverizadora y luego se promediaron los valores para así obtener uno único por punto de muestreo, de esta manera se buscó minimizar el error. Así se obtuvieron 4 repeticiones por tratamiento.

El experimento se realizó con una pulverizadora autopropulsada PLA modelo MAP2850. Las aplicaciones se realizaron en dos momentos distintos para contrastar las condiciones meteorológicas, por la mañana a las 8:00hs y por la tarde a las 14:00hs. Los

datos de la tabla 2 se obtuvieron de la estación meteorológica ubicada en el mismo campo, perteneciente a la Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas de la Bolsa de Cereales de Córdoba (BCCBA, 18 de abril de 2018).

*Tabla 2: Condiciones Meteorológicas (BCCBA, 18 de abril de 2018).*

<b>Cond. Amb.</b>	<b>Hora</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Hum. Rel.</b>	<b>Vel. Viento</b>
Mañana	8:00 hs	20 °C	29 %	2 km/h (NE)
Tarde	14:00 hs	32 °C	42 %	18 km/h (NE)

Se usaron dos tipos de pastillas, una de cono hueco (8002 de polímero) y una de baja deriva (ALBUZ CVI 11002). Esta última se caracteriza por pulverizar gotas grandes cargadas de burbujas de aire que no derivan y estallan en gotas finas al entrar en contacto. Elimina la deriva y al mismo tiempo incrementa el número de impactos (ALBUZ, 2016). A continuación, en la tabla 3, se detallan algunos parámetros de importancia durante la aplicación.

*Tabla 3: Parámetros durante la pulverización.*

<b>Velocidad</b>	<b>Presión</b>	<b>Distancia entre picos</b>	<b>Altura botalón</b>	<b>Volumen pulverizado</b>
16 km/h	3 bar	50 cm	65 cm	60 lts/ha

Los caldos de pulverización utilizados fueron agua y agua + coadyuvante. De este último se eligió SpeedWet Siliconado NG que posee acción antievaporante, tensioactivo, humectante, antideriva y antiespumante (SpeedAgro, 2013). La concentración usada fue de 50cc en 600lts de agua.

### **Análisis de datos**

Para analizar los datos obtenidos según el tamaño de gota se utilizó la clasificación elaborada por la British Crop Protection Council (BCPC) que se describe a continuación en la tabla 4.

Tabla 4: Clasificación de tamaño de gota por la BCPC (Sarubbi, 2010).

Código de color	Clasificación	DV <sub>0,1</sub>	DV <sub>0,5</sub>	DV <sub>0,9</sub>
Muy fina	Rojo	41,5	99,9	170,8
Fina	Anaranjado	65,7	136,6	350,1
Mediana	Amarillo	88	249,4	495,2
Gruesa	Azul	95,6	365,1	683,5
Muy gruesa	Verde	109,2	408,3	842,6
Extremadamente gruesa	Blanco	>109,2	>408,3	>842,6

Otra variable analizada fue la cobertura definida como el número de gotas por unidad de superficie del blanco ( $n^{\circ}$  de gotas  $\text{cm}^{-2}$ ). Tiene relación con el volumen de aplicación y el tamaño de gota con el cual se pulverizó. El volumen de una gota de un diámetro determinado es el mismo que ocupan 8 gotas, pero de la mitad del diámetro de la primera, como se puede ver en la figura 6. Por lo tanto, siempre asperjando el mismo volumen se obtiene mayor cobertura cuanto más finas son las gotas (Sarubbi, 2010).

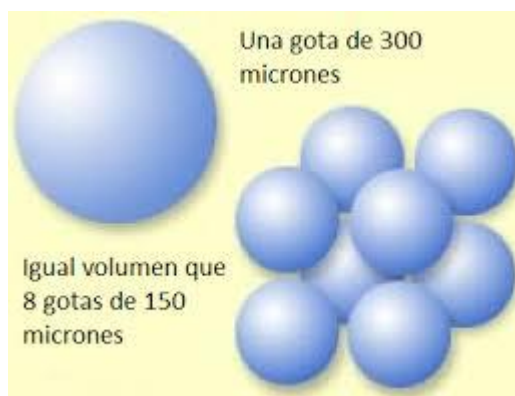


Figura 6: Volumen de una gota (Cid, 2014).

La densidad de gotas requeridas sobre un blanco dependerá tanto del fitosanitario pulverizado como así de los hábitos de la plaga que se busca controlar. La FAO ha indicado valores orientativos de cobertura según modo de acción del producto y tipo de plaga (Sarubbi, 2010). Se puede ver en la tabla 5 como los fitoterápicos de acción sistémica implican menor cobertura que los de acción de contacto.



Tabla 5: Valores de cobertura exigibles. (Sarubbi, 2010)

<b>Fitoterápico</b>	<b>Cobertura (n° gotas cm<sup>-2</sup>)</b>
Herbicidas sistémicos	20 a 30
Herbicidas de contacto	30 a 40
Insecticidas sistémicos	20 a 30
Insecticidas de contacto	50 a 70
Fungicidas sistémicos	20 a 30
Fungicidas de contacto	50 a 70

La elección del tamaño de gota adecuado no es una decisión fácil ya que hay múltiples variables que intervienen. Así, Sarubbi (2010) lo explica:

El tamaño de gota recomendable es muy difícil de definir, ya que depende de una serie de interacciones en la cual interviene el tipo de producto fitosanitario (herbicida, insecticida, fungicida); su modo de acción (sistémico, contacto, mesostémico); su formulación (coadyuvantes del tipo tensoactivos, humectantes, adherentes); de la ubicación de la plaga (expuesta a la aplicación, protegida en la cara abaxial de la hoja, etc.); del tamaño de la plaga (maleza gramínea en emergencia, maleza latifoliada ya instalada, etc.); de las características de la superficie de la plaga (presencia o ausencia de capas cerosas, pubescencias, etc.); de las condiciones ambientales (velocidad relativa del viento, humedad relativa ambiente condicionantes a la exoderiva). Analizando estos factores podemos tratar de definir el tamaño de gota con el cual se podría realizar la aplicación del producto fitosanitarios. (p.81).

Para tomar la correcta decisión de pulverizar no alcanza con conocer los valores de temperatura y humedad relativa por si solos y separados, ya que la capacidad de la atmósfera de retener vapor puede ser diferente a igual humedad relativa, pero con distintas temperaturas. Un indicador confiable y eficiente que relaciona esas variables es el Delta T ( $\Delta T$ ). Se lo define como la diferencia entre la temperatura del termómetro de bulbo seco y la temperatura del termómetro de bulbo húmedo, registrada por el Par Psicrométrico. Para calcularlo se puede utilizar el método mencionado, una tabla Psicrométrica, un gráfico de curvas de  $\Delta T$  (figura 7) o un aparato meteorológico específico. A su vez, este indicador es influenciado por la velocidad del viento (a más velocidad más evaporación), la cual está contemplada si se lo calcula por el par Psicrométrico, pero no si se utiliza el gráfico de curvas. Para ello se ha ajustado dicho gráfico a distintos rangos de velocidades del viento como se puede observar en las figuras 8, 9 y 10 (Carrancio y Massaro, 2018).

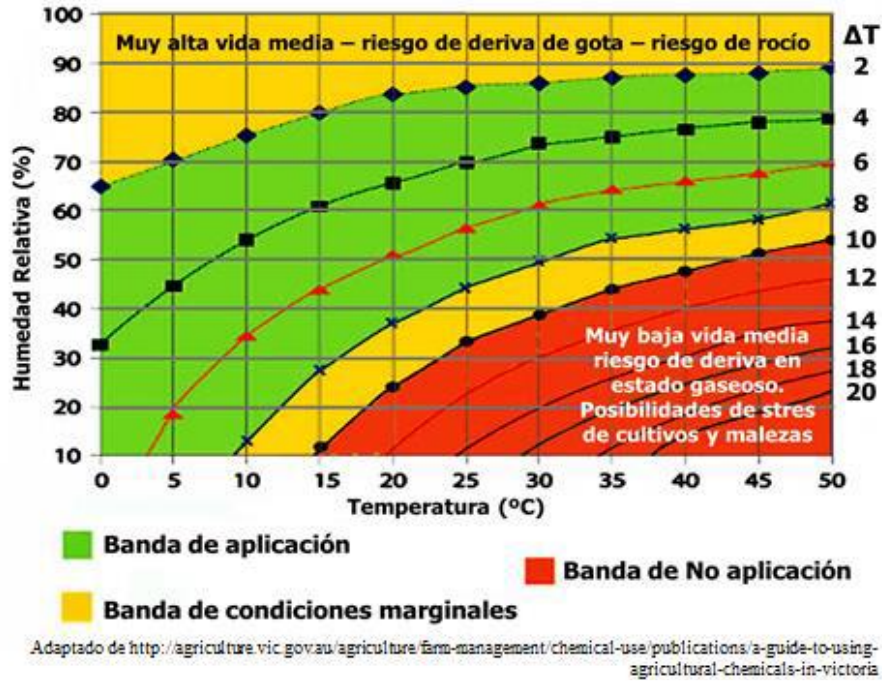


Figura 7: Curvas de  $\Delta T$  en función de humedad relativa y temperatura (Carrancio y Massaro, 2018).

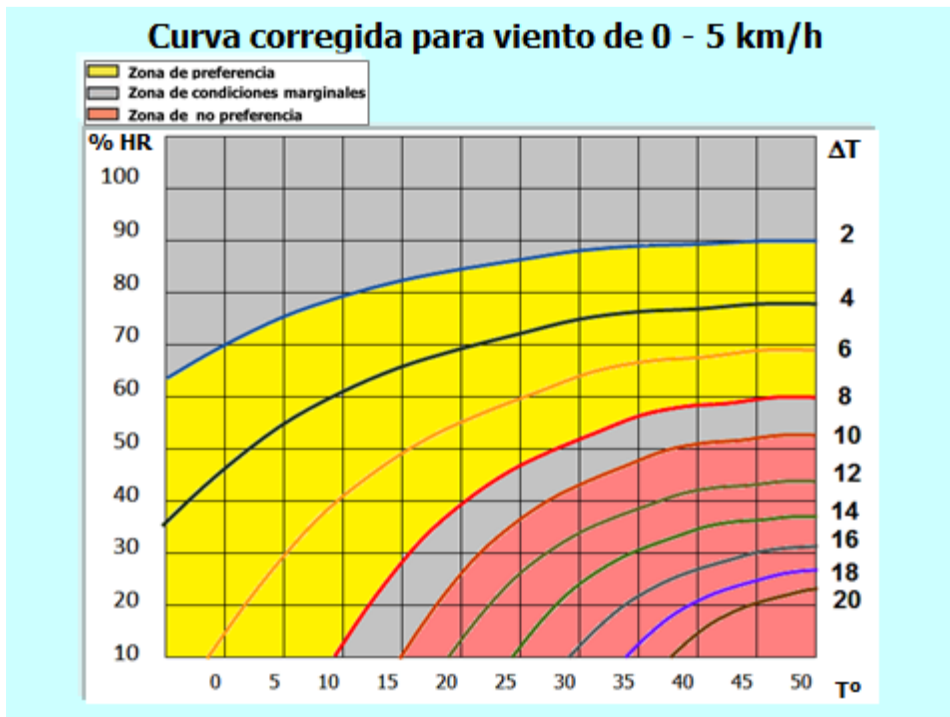


Figura 8: Curva corregida para viento de 0 – 5 km/h (Carrancio y Massaro, 2018).

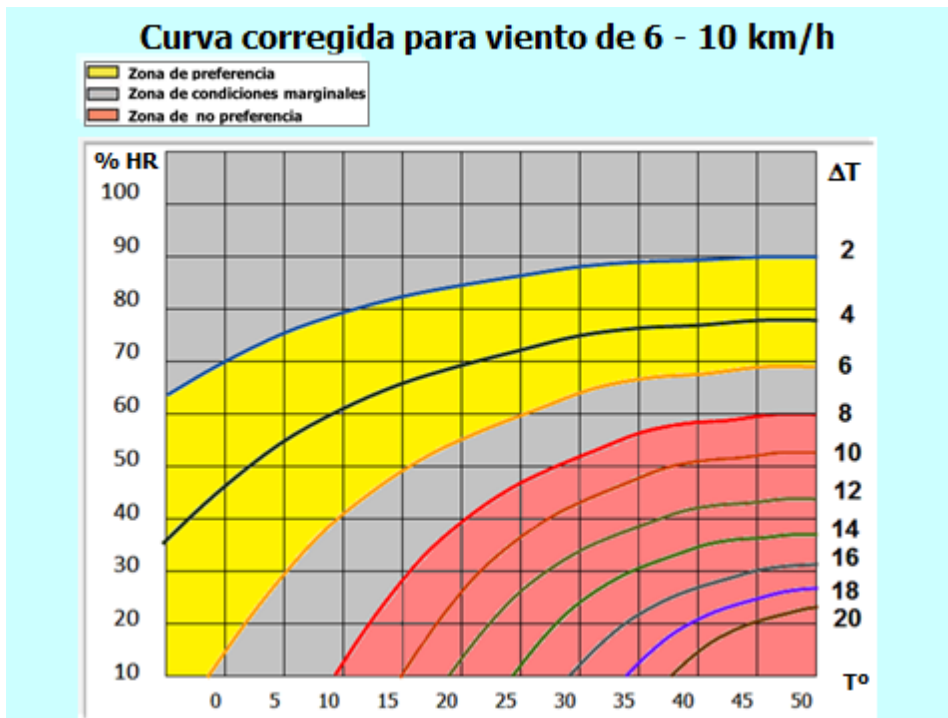


Figura 9: Curva corregida para viento de 6 – 10 km/h (Carrancio y Massaro, 2018).

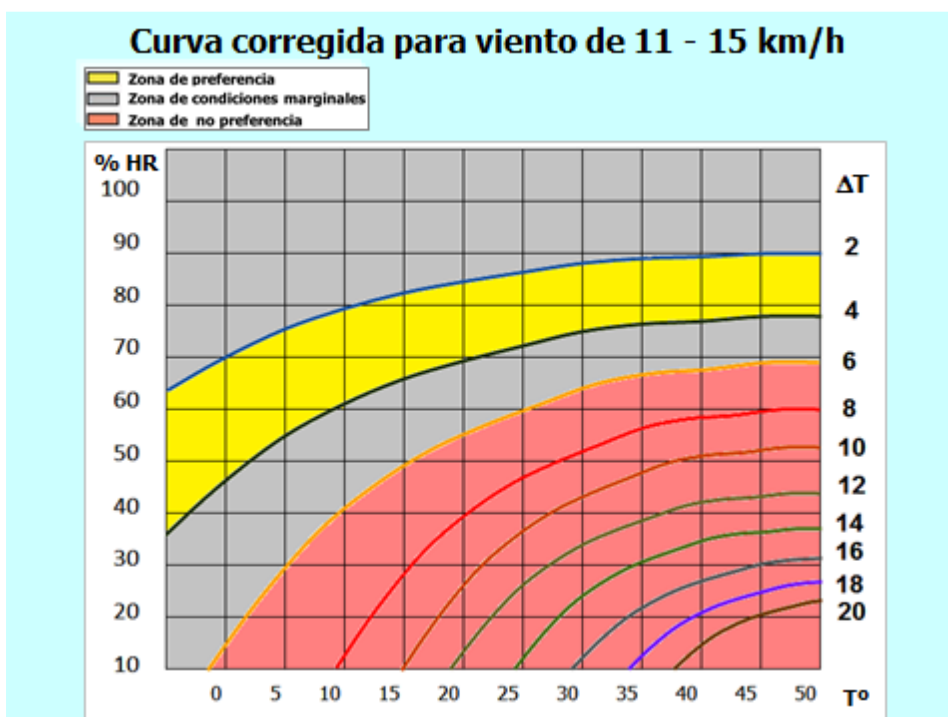


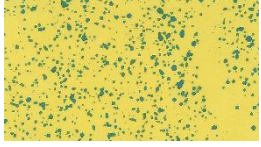
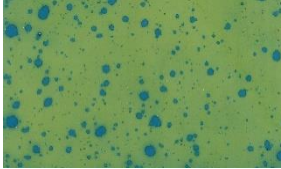
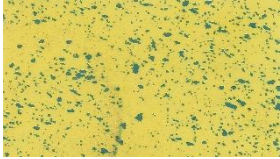
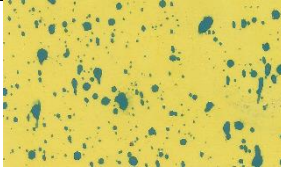
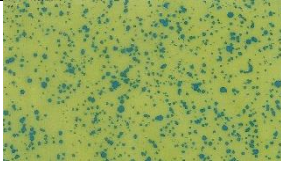
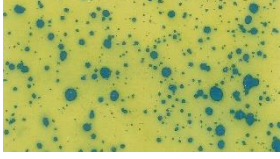
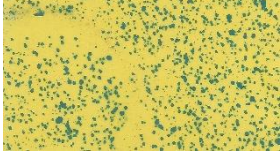
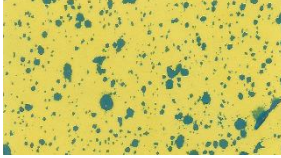
Figura 10: Curva corregida para viento de 11 – 15 km/h (Carrancio y Massaro, 2018).

Tepper (como se citó en Carrancio y Massaro, 2018) indica que los valores de  $\Delta T$  apropiados para pulverizar deben estar entre 2 y 8, y nunca más de 10. Esto es debido a que los  $\Delta T$  menores a 2 prolongan la vida media de las gotas incrementando el riesgo de deriva a mayores distancias. En contraposición los valores altos de  $\Delta T$ , mayores a 8, hablan de altas tasas de evaporación y por lo tanto muy baja vida media de las gotas.

## Resultados y discusión

Los resultados de los distintos tratamientos se agruparon en la tabla 6 y se determinó el tamaño de gota de cada uno según la clasificación de la tabla 4.

*Tabla 6: Resultados promedio de todas las repeticiones por tratamiento.*

Trat.	DV <sub>0,5</sub> (µm)	DV <sub>0,1</sub> (µm)	DV <sub>0,9</sub> (µm)	DNM (µm)	Amp. Rel.	Imp. por cm <sup>2</sup>	Fact. de Disp.	Muestra tarjeta hidrosensible
1	191,34	94,90	293,63	73,98	1,04	181,25	2,66	
2	494,06	212,26	792,82	82,72	1,18	99,00	6,00	
3	169,98	82,52	306,78	77,64	1,30	153,50	2,20	
4	467,44	201,42	745,52	107,13	1,15	68,88	4,50	
5	211,70	113,00	359,90	102,02	1,14	168,75	2,17	
6	510,08	237,34	780,47	116,15	1,08	69,00	4,67	
7	190,01	91,28	360,70	84,19	1,47	189,38	2,25	
8	489,98	212,62	755,50	97,86	1,14	95,13	5,42	

Teniendo en cuenta las condiciones de aplicación y las curvas de  $\Delta T$  corregidas por Carrancio y Massaro (2018) se puede ver que las pulverizaciones realizadas por la mañana caen en la zona de condiciones marginales con un  $\Delta T$  entre 8 y 10 (figura 8). En cambio, las pulverizaciones hechas por la tarde se encuentran en la zona de no preferencia del gráfico con un  $\Delta T$  entre 10 y 12 (figura 10). Se aprecia que, si bien ninguno de los dos momentos de aplicación eran los ideales, las condiciones encontradas por la mañana eran preferibles a las de la tarde.

De acuerdo con el análisis estadístico de las variables  $DV_{0,5}$ ,  $DV_{0,1}$  y  $DV_{0,9}$ , utilizadas para caracterizar el tamaño de gota pulverizada (tabla 4), mostraron diferencias significativas con respecto al factor tipo de pastilla. En los tratamientos donde se pulverizó con pastillas antideriva se obtuvo gotas de mayor tamaño que cuando se usó pastillas de cono hueco. Este resultado concuerda con lo descrito en el catálogo de la pastilla antideriva utilizada donde detalla que genera una “pulverización de gotas grandes cargadas de burbujas de aire las cuales no derivan y estallan en gotitas finas al ponerse en contacto con las plantas” (ALBUZ, 2016). A su vez, “las boquillas de cono hueco estándar producen una pulverización finamente atomizada” (Teejet, 2004). El poder determinar el tamaño de gota y saber como lo afecta el tipo de pastilla elegida, da una noción de que es un factor primordial a tener en cuenta en cada pulverización que se haga en base al objetivo buscado.

La variable  $DV_{0,1}$  también tuvo diferencias significativas en cuanto al factor condiciones ambientales. Esto podría explicarse por Carrancio y Massaro (2018) cuando desarrollan que “la relación entre el  $\Delta T$  y la Vida Media de la gota para un determinado  $DV_{0,5}$ , muestra que a mayor  $\Delta T$  menor vida media; dicha relación se hace más crítica a medida que disminuye el  $DV_{0,5}$ . (...) El viento es un factor determinante para la evaporación del agua de la gota, dado que éste remueve la capa de aire saturado de vapor de agua que rodea a la gota, aumentando el gradiente de humedad entre esta y el aire que circunda.” Por lo tanto, esta diferencia significativa en el  $DV_{0,1}$  puede deberse a que las condiciones ambientales de la tarde representaban un  $\Delta T$  y velocidad del viento mayor que a la mañana, afectando a las gotas más pequeñas en su vida media y disminuyendo aún más su tamaño. Esto permite concluir en la importancia práctica que tiene esta herramienta ( $\Delta T$ ) para determinar el momento óptimo de hacer una pulverización, debido a la influencia de las condiciones ambientales en los factores que me definen una pulverización de calidad.

En la variable DNM se encontraron diferencias significativas en el factor caldo de pulverización, tipo de pastillas y en la interacción caldo de pulverización con condiciones ambientales. Con respecto al caldo de pulverización puede explicarse su efecto ya que, al referirse a los coadyuvantes con propiedades tensioactivas, Sarubbi (2015) especula que “al disminuir la tensión superficial, disminuye el tamaño de la gota formada en el espacio, pero

en la superficie del blanco el área cubierta sería mayor”. Las diferencias en el factor tipo de pastillas podrían deberse a las características de cada una de ellas como se citó anteriormente. Por último, la interacción caldo de pulverización con condiciones ambientales puede explicarse en parte por Carrancio y Massaro (2018) cuando detallan como el efecto del viento sobre la evaporación aumenta con el aumento de la velocidad (situación que se presentó en las pulverizaciones de la tarde, junto con el resto de los parámetros climáticos que determinaron un  $\Delta T$  no recomendable para pulverizar). Además, Sarubbi (2015) plantea que al utilizar coadyuvantes tensioactivos teóricamente la evaporación sería mayor por obtener una gota de menor volumen y mayor superficie expuesta. Por lo tanto, podemos observar que cuando se pulverizó a la tarde ( $\Delta T$  no deseable) con coadyuvante en el caldo se obtuvieron gotas más pequeñas que cuando no se utilizó coadyuvante. En cambio, cuando se pulverizó por la mañana ( $\Delta T$  cercano al ideal) en presencia de coadyuvante las gotas fueron mayores que cuando no se usó coadyuvante.

Al analizar la Amplitud Relativa, hubo diferencias significativas en las condiciones ambientales y la interacción condiciones ambientales con tipo de pastillas, las cuales no se pudo explicar.

La variable Impactos por  $\text{cm}^2$  marcó diferencias significativas en el factor tipo de pastillas. De manera similar a lo obtenido por Massaro *et al.* (2014), en todos los tratamientos se obtuvieron menos impactos por  $\text{cm}^2$  con la pastilla antideriva que cuando se usó cono hueco. Esto podría explicarse en parte por Leiva (2011) cuando detalla que las pastillas inducidas por aire (antideriva) incrementan el tamaño de la gota buscando reducir la deriva y en consecuencia disminuyen el número de gotas. Se concluye que se debe tener muy en claro cual es el objetivo del control fitosanitario ya que al buscar reducir la deriva por el tipo de pastilla se puede estar afectando la llegada de las gotas al objetivo reduciendo su efectividad.

La variable Factor de Dispersión tuvo diferencias significativas en los factores tipo de pastillas y la interacción caldo de pulverización con condiciones ambientales. No se pudo encontrar explicación a la causa de estas diferencias.

Finalmente, son muchos los factores que influyen al caracterizar el espectro de gotas en una pulverización y si bien se evaluaron los más importantes no se debe subestimar ninguno ya que no solo actúan por sí mismos, sino que interactúan entre ellos.

## **Bibliografía**

- ALBUZ. (2016). *Boquillas de pulverización*. (Catálogo 2016). Recuperado de <http://albuspray.com/>
- Andrade, F. H. (2017). *Los desafíos de la agricultura argentina*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones INTA.
- BCBA. (2017). *Relevamiento de Tecnología Agrícola Aplicada: campaña 2016/2017*. (Informe Anual N°4). Recuperado de <http://www.bolsadecereales.com/>
- BCCBA. (18 de abril de 2018). *Red de Estaciones Meteorológicas*. (Toledo ZR – 94059). Santa María, Córdoba, Argentina. Recuperado de <http://clima.bccba.com.ar/>
- Carrancio, L. A. (2018). *Criterios y tecnologías para el uso de plaguicidas en áreas críticas. Segunda Jornada Provincial Fitosanitaria, Agricultura Periurbana: Producción – Sociedad – Medioambiente*. Colegio de Ingenieros Agrónomos de la Provincia de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Carrancio, L. A. y Massaro R. A. (2018). *El Delta T ( $\Delta T$ ) como indicador del ambiente meteorológico para pulverizaciones*. Estación Experimental Agropecuaria Oliveros, INTA.
- Cid, R. E. (2014). *El proceso de formación de gotas*. Recuperado de <https://inta.gov.ar/>
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M. y Robledo C.W. (2017). *InfoStat*. (Versión 2017). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Recuperado de <http://www.infostat.com.ar/>
- FAO. (2009). *La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050*. Recuperado de <http://www.fao.org/>
- KleffmannGroup. (2012). *Mercado Argentino de Productos Fitosanitarios 2012*. Recuperado de <http://www.casafe.org/>
- Leiva, P. D. (1996). *Calidad de aplicación de plaguicidas. 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.
- Leiva, P. D. (2010). *Concepto de calidad de aplicación en pulverización agrícola*. Recuperado de <https://www.fertilizar.org.ar/>
- Leiva, P. D. (2011). *Pastillas para pulverización agrícola, su correcta selección y uso para una óptima calidad de aplicación*. Recuperado de <https://www.engormix.com/>
- Leiva, P. D. y Cordeiro Araujo E. (2007). *Comparación de programas de computación para recuento y tipificación de impactos de aspersion sobre tarjetas sensibles*. INTA, EEA Pergamino - Agrotec Tecnología Agrícola e Industrial Ltda (Pelotas, RS, Brasil).



- Massaro, R. A. (2013). *Aplicación terrestre de plaguicidas: ¡hay que cambiar la forma de trabajar!* Estación Experimental Agropecuaria Oliveros, INTA.
- Massaro, R., Kahl, M., Behr, E. (2014). *Aplicación de herbicidas con pastillas antideriva para el control de malezas en barbecho químico*. EEA Oliveros, INTA.
- Ministerio de Agroindustria. (2018). *Estimaciones Agrícolas*. (Informe Semanal 01 02 18). Recuperado de <https://www.agroindustria.gob.ar/>
- Novo, R. J., Cavallo, A. R., Cragolini, C. I., Nóbile, R. A., Bracamonte, E. R., Conles, M. Y., ...Viglianco, A. I. (2014). *Protección Vegetal*. Córdoba, Argentina: Sima Editora.
- Sarubbi, C. A. S. (2010). *Tecnología de aplicación de productos fitosanitarios en equipos pulverizadores terrestres*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Facultad Agronomía Universidad de Buenos Aires.
- Sarubbi, C. A. S. (2015). *Efecto de los surfactantes siliconados en el tamaño y evaporación de la gota de aspersion*. FAUBA, Buenos Aires, Argentina.
- SpeedAgro. (2013). *SpeedWet Siliconado NG* (Folleto). Recuperado de <http://www.speedagro.com.ar/>
- Teejet. (2004). *Guía del Usuario de Boquillas de Pulverización*. Recuperado de <https://www.teejet.com/>

## **Anexo**

### **Análisis de la varianza**

#### **DV 0.5**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
DV 0.5	32	0,92	0,89	15,31

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	725428,11	7	103632,59	38,11	<0,0001
CP	3116,55	1	3116,55	1,15	0,2950
CA	4029,55	1	4029,55	1,48	0,2353
TP	718231,09	1	718231,09	264,10	<0,0001
CP*CA	19,07	1	19,07	0,01	0,9340
CP*TP	1,69	1	1,69	6,2E-04	0,9803
CA*TP	6,75	1	6,75	2,5E-03	0,9607
CP*CA*TP	23,41	1	23,41	0,01	0,9268
Error	65269,39	24	2719,56		
Total	790697,50	31			

CP= Caldo de Pulverización; CA= Condiciones Ambientales;  
TP= Tipo de Pastilla

#### **DV 0.1**

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
DV 0.1	32	0,91	0,88	14,36

#### **Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	120879,94	7	17268,56	34,57	<0,0001
CP	1993,25	1	1993,25	3,99	0,0572
CA	2426,34	1	2426,34	4,86	0,0374
TP	116134,89	1	116134,89	232,51	<0,0001
CP*CA	269,67	1	269,67	0,54	0,4696
CP*TP	44,43	1	44,43	0,09	0,7681
CA*TP	1,09	1	1,09	2,2E-03	0,9631
CP*CA*TP	10,27	1	10,27	0,02	0,8872
Error	11987,39	24	499,47		
Total	132867,34	31			

CP= Caldo de Pulverización; CA= Condiciones Ambientales;  
TP= Tipo de Pastilla

**DV 0.9**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DV 0.9	32	0,88	0,85	16,78

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1557552,87	7	222507,55	26,17	<0,0001
CP	6941,07	1	6941,07	0,82	0,3752
CA	1700,32	1	1700,32	0,20	0,6587
TP	1537030,45	1	1537030,45	180,79	<0,0001
CP*CA	49,78	1	49,78	0,01	0,9396
CP*TP	7512,62	1	7512,62	0,88	0,3566
CA*TP	3717,38	1	3717,38	0,44	0,5147
CP*CA*TP	601,26	1	601,26	0,07	0,7926
Error	204037,63	24	8501,57		
Total	1761590,51	31			

CP= Caldo de Pulverización; CA= Condiciones Ambientales;  
TP= Tipo de Pastilla

**DNM**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DNM	32	0,74	0,66	10,63

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6483,15	7	926,16	9,53	<0,0001
CP	1725,27	1	1725,27	17,76	0,0003
CA	32,47	1	32,47	0,33	0,5686
TP	2180,06	1	2180,06	22,44	0,0001
CP*CA	2059,78	1	2059,78	21,20	0,0001
CP*TP	54,59	1	54,59	0,56	0,4608
CA*TP	205,97	1	205,97	2,12	0,1583
CP*CA*TP	225,01	1	225,01	2,32	0,1411
Error	2331,54	24	97,15		
Total	8814,68	31			

CP= Caldo de Pulverización; CA= Condiciones Ambientales;  
TP= Tipo de Pastilla

**Amplitud Relativa**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Amplitud Relativa	32	0,45	0,28	13,95

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,53	7	0,08	2,76	0,0296
CP	0,01	1	0,01	0,47	0,5008
CA	0,19	1	0,19	6,90	0,0148
TP	0,08	1	0,08	2,74	0,1108
CP*CA	0,01	1	0,01	0,48	0,4942
CP*TP	0,07	1	0,07	2,71	0,1130
CA*TP	0,17	1	0,17	6,04	0,0216
CP*CA*TP	1,5E-04	1	1,5E-04	0,01	0,9410
Error	0,66	24	0,03		
Total	1,19	31			

CP= Caldo de Pulverización; CA= Condiciones Ambientales;  
TP= Tipo de Pastilla

**Impactos/cm2**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Impactos/cm2	32	0,66	0,56	30,74

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	71246,80	7	10178,11	6,56	0,0002
CP	192,57	1	192,57	0,12	0,7276
CA	61,88	1	61,88	0,04	0,8434
TP	65115,38	1	65115,38	41,99	<0,0001
CP*CA	5473,20	1	5473,20	3,53	0,0725
CP*TP	367,88	1	367,88	0,24	0,6306
CA*TP	4,88	1	4,88	3,1E-03	0,9557
CP*CA*TP	31,01	1	31,01	0,02	0,8887
Error	37221,06	24	1550,88		
Total	108467,87	31			

CP= Caldo de Pulverización; CA= Condiciones Ambientales;

TP= Tipo de Pastilla

**Factor de Dispersión**

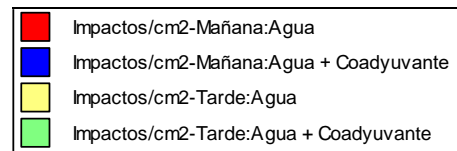
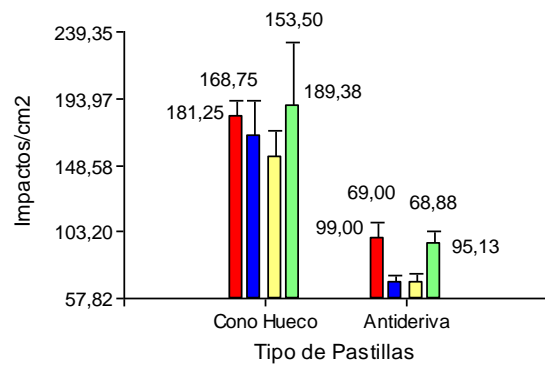
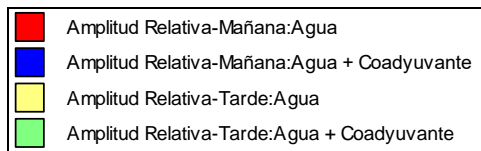
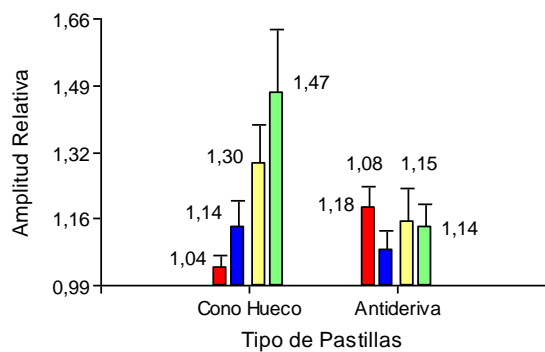
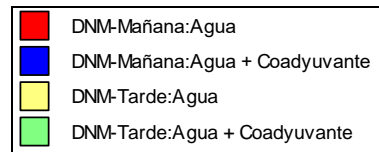
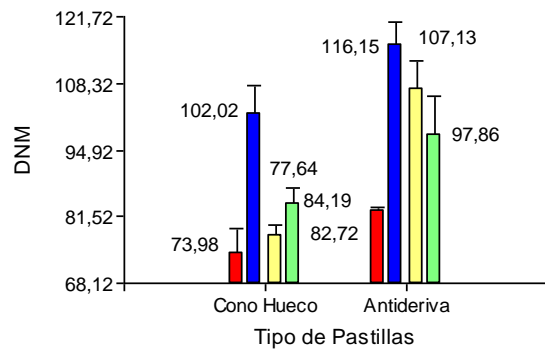
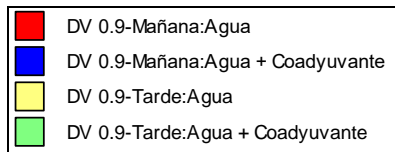
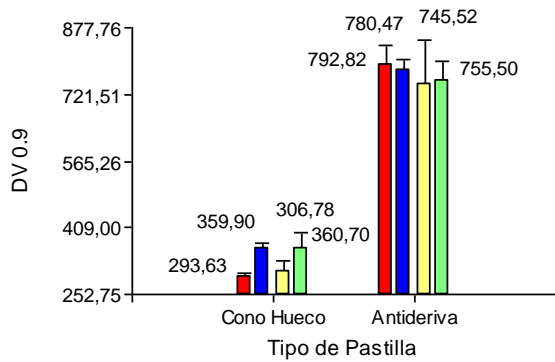
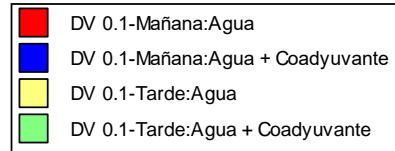
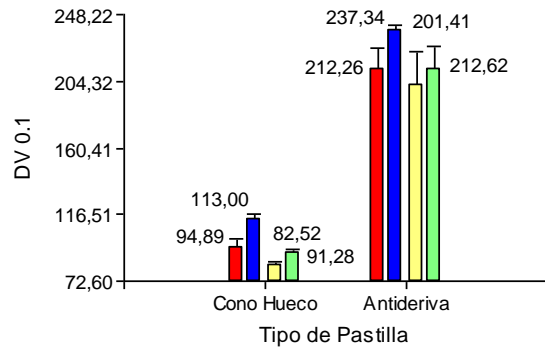
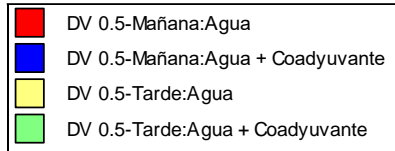
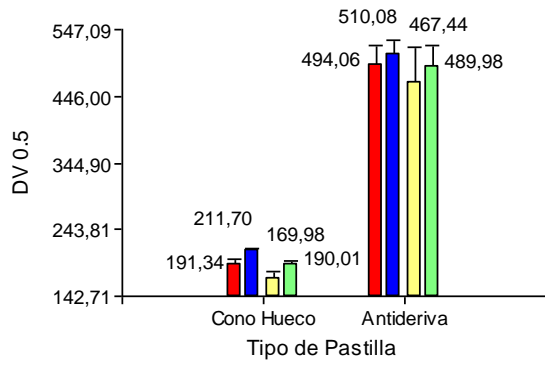
Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Factor de Dispersión	32	0,81	0,75	22,58

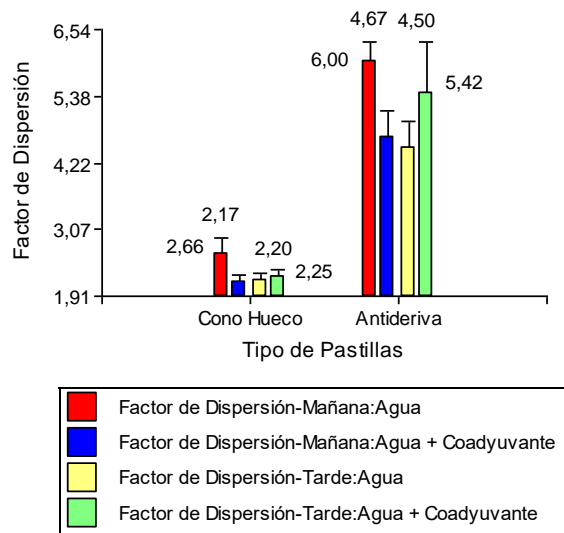
**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	70,38	7	10,05	14,17	<0,0001
CP	0,36	1	0,36	0,50	0,4856
CA	0,63	1	0,63	0,88	0,3570
TP	63,97	1	63,97	90,15	<0,0001
CP*CA	3,90	1	3,90	5,49	0,0278
CP*TP	4,9E-04	1	4,9E-04	6,9E-04	0,9793
CA*TP	0,07	1	0,07	0,10	0,7564
CP*CA*TP	1,46	1	1,46	2,05	0,1650
Error	17,03	24	0,71		
Total	87,41	31			

CP= Caldo de Pulverización; CA= Condiciones Ambientales;

TP= Tipo de Pastilla





*Figura 11: Gráficos de barras DV0,5, DV0,1, DV0,9, DNM, Amplitud Relativa, Impactos/cm2 y Factor de Dispersión; según tipo de pastilla, momento de aplicación y caldo de pulverización.*