

Comparativo de técnicas de pulverización con pastillas y aspersores rotativos

Behr E.¹, Kahl M.¹, Valentinuz E.², Cuatrin A.³ y De Carli R.¹.

¹ AER Crespo
² AER Gualeguay
³ INTA EEA Paraná

La eficiencia de las pulverizaciones agrícolas indica la cantidad de producto que finalmente impacta en el blanco en relación al total pulverizado. En este trabajo se analizaron las principales variables que contribuyen a la eficiencia del proceso de diferentes técnicas de pulverización con pastillas y aspersores rotativos.

La técnica de pulverización es el proceso mecánico a través del cual el caldo de pulverización sometido a presión dentro del circuito hidráulico, es forzado a atravesar una sección calibrada antes de ser liberado. El chorro es perturbado por la expansión que se genera debido a la diferencia de presión entre el interior del circuito y el aire exterior, provocando el rompimiento en gotas de distintos tamaños (Cid y Masiá, 2011). En este sistema el tamaño de las gotas depende de la presión del circuito hidráulico, y del diseño y caudal de las pastillas.

Otra alternativa de pulverización consiste en forzar el caldo de pulverización al paso a través de un disco en rotación que gira a altas revoluciones. En este caso, el tamaño de gota depende del caudal que llega al disco y de la velocidad de rotación (Pami, 1985). Otra característica que presenta este tipo de aspersores es que puede generar tamaños de gota muy variados desde 75 a 500 μ (Micromax, 2002).

El objetivo de este trabajo fue analizar las variables que contribuyen a la eficiencia de pulverización de un aspersor rotativo, comparado con técnicas de pulverización tradicionales con similares tamaños de gota.

¿Cómo se desarrolló el ensayo?

El ensayo se realizó en un lote de producción el 20/11/19, en la Estancia “Las Flores”, en cercanías a la localidad de Gualeguay. Se pulverizó sobre cultivo de maíz en estado vegetativo con una altura de 120 cm.

Los tratamientos se seleccionaron de manera de generar tamaños de gota mediano, que de acuerdo a la Norma ASAE S-572 citada por Cid y Masiá (2011) se ubica entre 175-250 micrones (μ), siendo este el que mejor balance logra entre dificultad de penetración y mínima deriva (Bode, 1984).

Los tratamientos 2 y 3 son disco y núcleo, y se diferencian en el núcleo en tanto comparten el mismo diseño de disco. El tratamiento 4 pertenece al grupo de los llamados abanico plano de baja deriva, este se incluyó de manera de lograr un caudal de campo similar al tratamiento 3 (Tabla 1).

Tabla 1: Tratamientos indicando pastillas, distancia entre las mismas, presión de trabajo, velocidad y caudal de campo resultante.

Tratamientos	Pastillas	Presión (kPa)	Distancia entre pastillas (cm)	Velocidad avance (km h ⁻¹)	Caudal (l ha ⁻¹)
1	Aspersor rotativo*	200	140	17,6	15
2	AD5 AC13 (Albuz)	400	70	20	26
3	AD5 AC23 (Albuz)	400	35	18	78
4	ST015 (Magnojet)	400	35	16	74

*Velocidad de los aspersores 3500 RPM.

Para determinar la eficiencia de pulverización se emplearon tarjetas hidrosensibles marca Syngenta que fueron escaneadas y las imágenes se procesaron con el software de lectura de tarjetas CIR 1.5. Se utilizaron 180 tarjetas en total, que se ubicaron debajo de la trayectoria del lateral derecho del botalón de la pulverizadora en 3 sectores sobre 5 estacas en dos planos horizontales. Una en la parte superior del canopeo (120 cm) y la restante en el tercio inferior del cultivo (40 cm). En todos los tratamientos se ubicaron 3 subsectores con 5 tarjetas, en línea paralela a 50 m de la trayectoria de avance de la pulverizadora en posición vertical y a la misma altura respecto del suelo que el botalón; a efectos de

determinar posible deriva por viento (Figura 1). Tarjetas por tratamiento empleadas 45, 30 debajo de la trayectoria de la pulverizadora y 15 a 50 m de la misma.

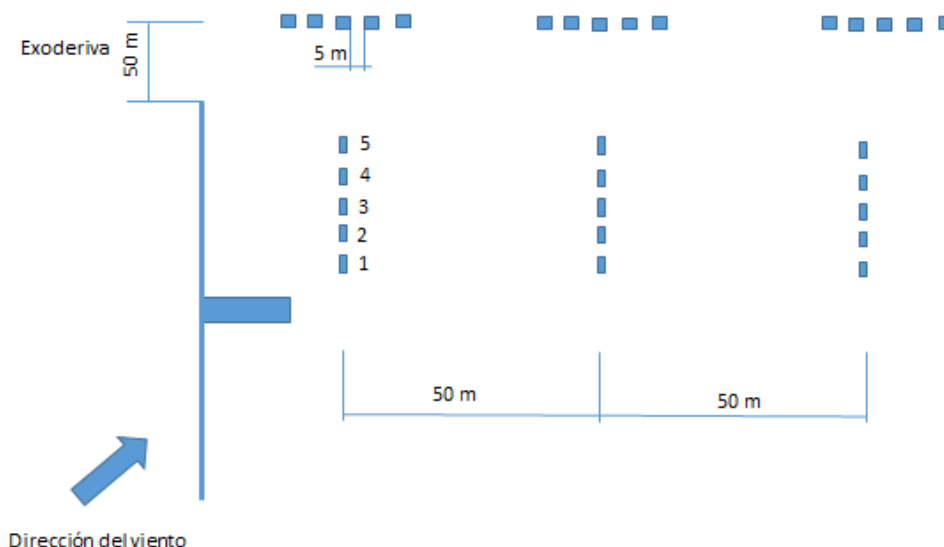


Figura 1. Croquis del diseño del ensayo indicando dirección de pulverizadora con respecto al viento y ubicación de estacas donde se colocaron las tarjetas hidrosensibles.

Todos los tratamientos se efectuaron con agua más un coadyuvante (alcohol lineal etoxilado 37,2 %) a razón de 1‰. Se trabajó con pastillas nuevas de manera de asegurar que no existan modificaciones de tamaños de gota y número de impactos por cm^{-2} como consecuencia del desgaste. Se controló el correcto funcionamiento del circuito de pulverización verificando la presión del manómetro de cabina con uno en el extremo del botalón.

Las condiciones de temperatura, humedad y viento se determinaron en cada tratamiento con termohidroanemometro marca Kestrel 3000, a 150 cm desde el suelo.

Las variables de análisis número de impactos por cm^{-2} , tamaño de gotas en μ (medido a través del diámetro volumétrico medio, DVM), número de gotas menores a 100 μ , amplitud relativa (AR) y factor de dispersión (FD), se determinaron con el software de lectura de tarjetas CIR 1.5. El diseño experimental utilizado fue de parcelas sub sub divididas, donde la parcela es el tratamiento, la subparcela es la posición y la sub sub parcela la altura sobre la estaca. Para el análisis de los datos se utilizó el análisis de varianza y luego las medias se analizaron a través del test de LSD con un nivel de significancia del 5%.

¿Qué resultados se obtuvieron?

Las condiciones meteorológicas registradas al momento de la realización de los tratamientos resultaron críticas y se presentan en la tabla 2. En todos los tratamientos, las combinaciones de temperatura y humedad determinaron diferencias de temperatura de termómetro seco y húmedo (ΔT) superiores a 10. Johnstone y Johnstone (1977) citado por Matthews (1988) recomiendan detener las aplicaciones con ΔT superiores a 8,5 y gotas de tamaños medianos. Sin embargo, estas situaciones de trabajo resultan frecuentes en el transcurso del ciclo agrícola. Para mitigar las condiciones críticas de ambiente se agregó alcohol lineal etoxilado al 32,7 %.

Tabla 2: Condiciones meteorológicas a campo durante los tratamientos.

Tratamientos	Hora	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	ΔT (°C)	Velocidad del viento (km h^{-1})
1	11:55	36,4	41,4	10,5	6,6-7
2	12:17	37,3	37,4	11,5	6,3-8.2
3	12:50	36,6	39,0	10,5	7,7-8,6
4	13:05	40,6	37,1	12	2,5-3

En la figura 2 se observa algunas imágenes de las tarjetas hidrosensibles generadas por los distintos tratamientos.

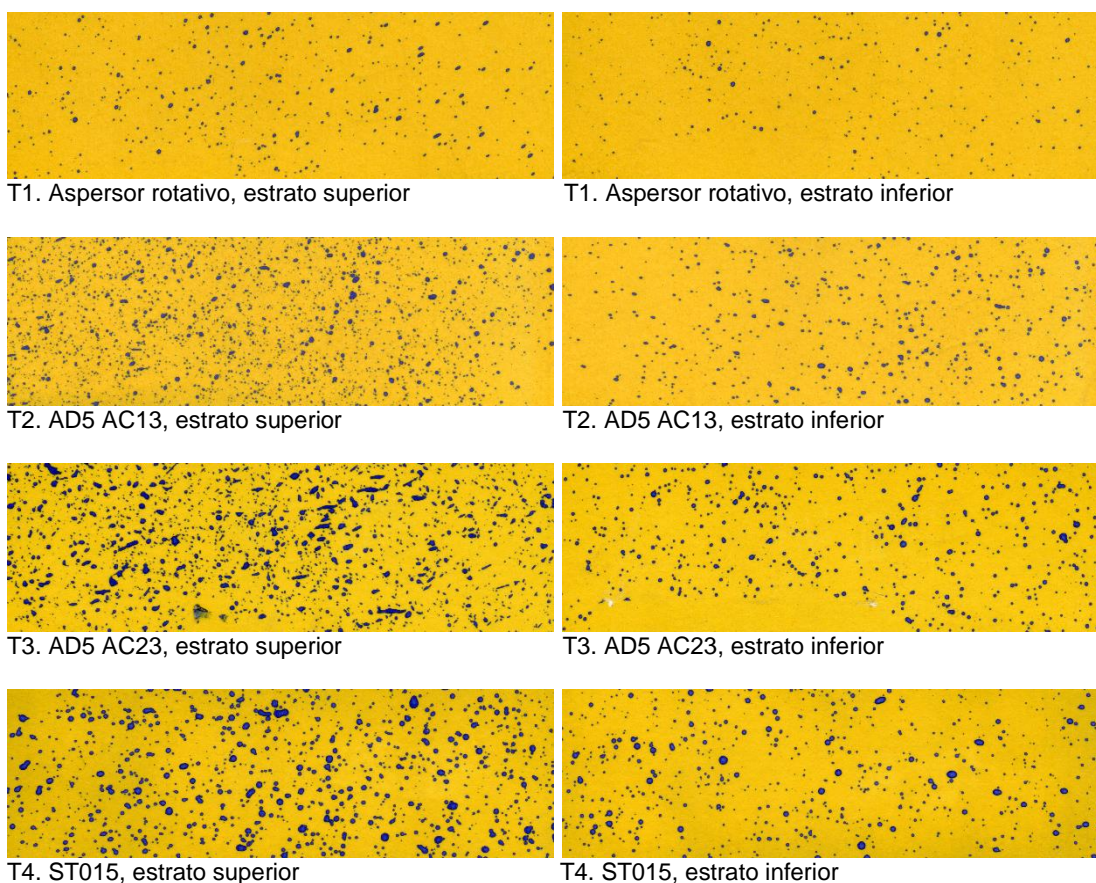


Figura 2. Registro en tarjetas hidrosensibles por los distintos tratamientos y de acuerdo a la posición en el canopeo.

Para la variable DVM existe efecto del tratamiento, y este es el mismo, sin importar el estrato del cultivo (estrato superior vs estrato inferior; $p=0,1762$), como así tampoco la posición dentro del cultivo ($p=0,0851$). Los datos medios se presentan en la tabla 3. Todos los tratamientos lograron tamaños de gota de acuerdo a lo declarado por los fabricantes.

Tabla 3: Diámetro volumétrico medio de la totalidad de las tarjetas y su clasificación (Norma ASAE S-572)

Tratamientos	DVM (μ)	Clasificación
4	297,61 a	Gruesa
3	229,39 b	Media
2	197,31 c	Media
1	191,19 c	Media

* letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$ Test LSD; R^2 : 0,92; CV: 10,86).

El número de impactos por cm^2 se transformó a escala logarítmica y se analizó. Esta variable se comportó diferente según sea la posición de la tarjeta dentro de la franja pulverizada y altura del canopeo (interacción triple), p -valor: 0,029; CV: 7,62.

Si bien el número de impactos es, junto con el DVM, una de las variables más importantes a la hora de caracterizar la calidad de pulverización, debido a las interacciones surgidas en el presente trabajo no fue posible adjudicar las diferencias observadas al efecto tratamiento (figura 3 y 4).

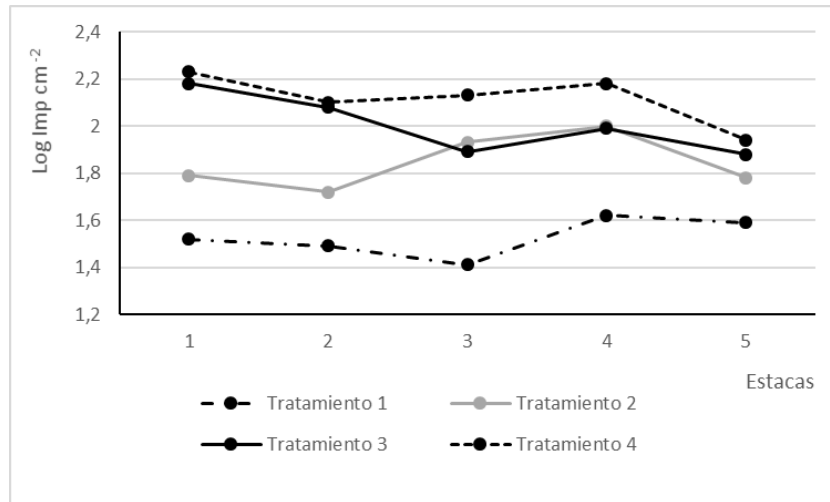


Figura 3. Impactos cm⁻² transformados a log de los distintos tratamientos (1, 2, 3 y 4) en las tarjetas superiores.

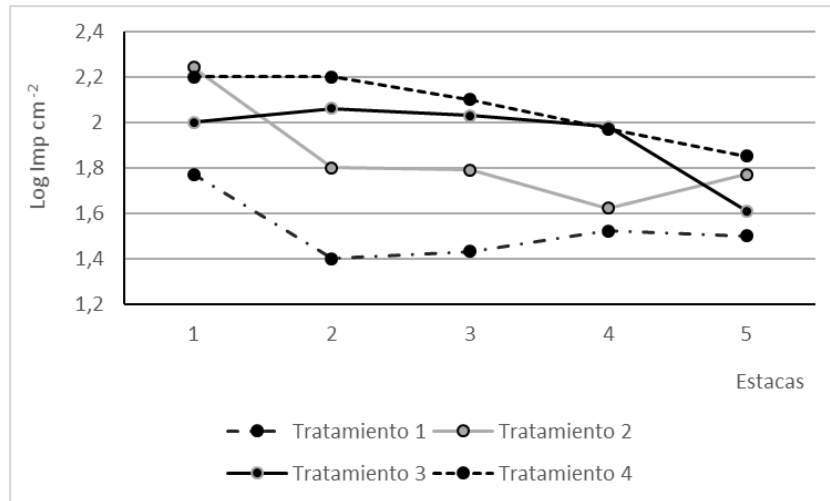


Figura 4. Impactos cm⁻² transformados a log de los distintos tratamientos (1,2,3 y 4) en las tarjetas inferiores.

Los impactos de gota menores a 100 μ (figura 5) se analizaron previa transformación a escala logarítmica al igual que impactos por cm⁻² a esta variable hubo que transformarla para poder analizarla. Dentro de los resultados más relevantes, se observó que existe interacción entre la posición y la altura de estaca (P-valor: 0,0307; CV: 13,04, en tanto no existe efecto del tratamiento con P>0,05). Al no haber

interacción con los tratamientos, este comportamiento fue el mismo en todos los tratamientos.

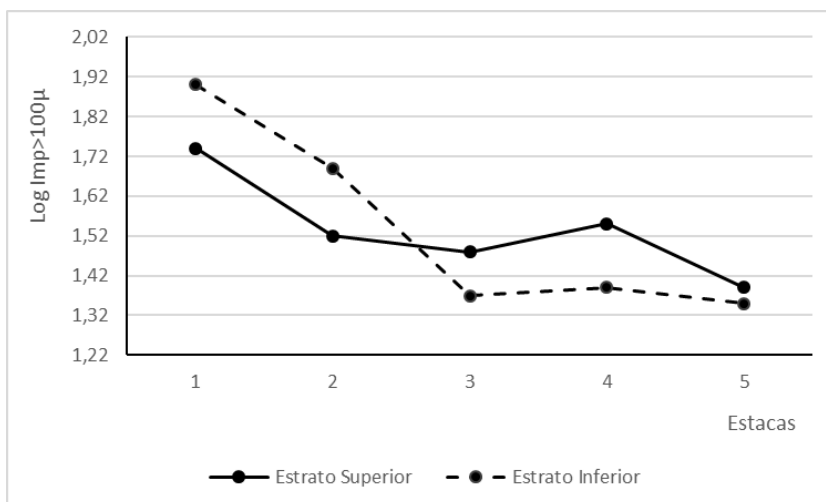


Figura 5. Impactos menores a 100 μ transformados a log para el total de tratamientos en las diferentes estacas en los distintos estratos de cultivo.

La Amplitud Relativa (AR) expresa la dispersión de los diámetros volumétricos extremos respecto del mediano. Cuanto menor sea este cociente, menor será la variación de tamaños de gotas del espectro de pulverización (Sarubbi, 2010): La AR varió entre tratamientos (p-valor: 0,0019); como así también la posición respecto del ancho de botalón. p-valor: 0,0240; CV: 13,04).

De la tabla 4 es posible observar, al analizar la totalidad de las tarjetas debajo del botalón (120), el tratamiento 1 con menor amplitud relativa diferenciándose estadísticamente. Esta variable junto con las gotas menores a 100 μ muestran a dicho tratamiento como el menor generador de deriva potencial.

Tabla 4: Amplitud relativa promedio de la totalidad de las tarjetas

Tratamientos	AR*
2	1,06 a
4	1,04 a
3	0,92 b
1	0,76 c

*letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$ Test LSD; R^2 : 0,85; CV: 20,31).

La figura 6 muestra los resultados de AR obtenidos del CIR 1.5 para los tratamientos según la posición de las tarjetas en el cultivo.

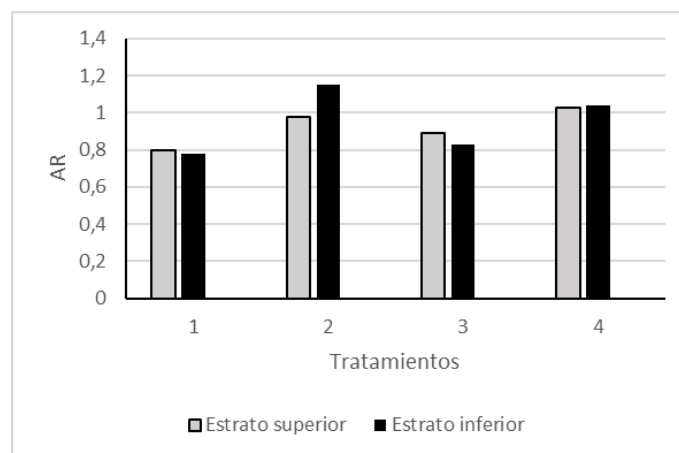


Figura 6. Valores de AR para los distintos tratamientos según la posición de las tarjetas en el cultivo.

El factor de dispersión o cociente de dispersión relaciona, el diámetro volumétrico medio con el diámetro numérico medio. Este cociente será mayor cuanto mayor sea la diferencia entre tamaños de gotas pequeñas y grandes y entre sus respectivas cantidades (Sarubbi, 2010).

Factor de dispersión: La variable se transformó para poder realizar el análisis. Existe efecto de la altura de la tarjeta en la estaca (p-valor: 0,0115) como así también interacción entre la posición de la tarjeta y el tratamiento aplicado (p-valor: 0,0168).

En la tabla 5, quedan reflejadas claramente las diferencias estadísticamente significativas según los distintos estratos evaluados del cultivo.

Tabla 5: Factor de Dispersión promedio de las dos alturas de estacas evaluadas.

Alturas en estaca	Log	FD*
Inferior	0,46	2,88 a
Superior	0,39	2,45 b

*letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$ Test LSD; R^2 : 0,80; CV: 34,63)

En la figura 7 se muestran las interacciones del FD para los tratamientos según la posición de las estacas.

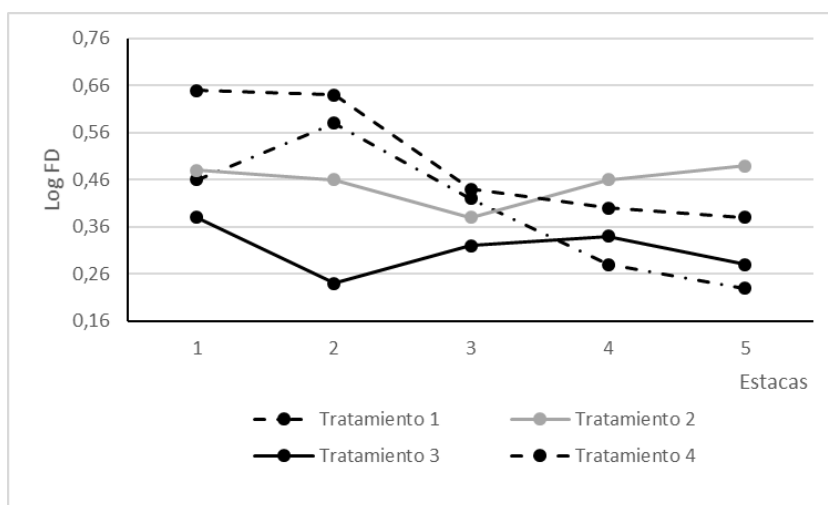


Figura 7. Factor de dispersión transformados a log para el total de tratamientos en las diferentes estacas.

El comportamiento de las variables analizadas puede hallar su explicación en dos posibles causales, un mal funcionamiento de la máquina o que las condiciones meteorológicas hallan influenciado.

La primera situación queda totalmente desestimada al haber constatado la presión del circuito de pulverización con un manómetro colocado en el extremo derecho del barral y la utilización de pastillas nuevas. Esto queda evidenciado por los DVM registrados que coincide con lo declarado por los fabricantes. Por lo que las condiciones ambientales parecerían ser las principales responsables de los resultados hallados.

De las tarjetas ubicadas a 50 m de la trayectoria de avance de la pulverizadora, a efectos de determinar posible deriva por viento, no se registraron impactos muy probablemente condicionado por las condiciones ambientales en las que se realizó el ensayo.

Consideraciones finales

Solo se observaron efecto del tratamiento en el DVM y AR. En tanto no resulta tan claro, para las otras variables analizadas.

Sería conveniente repetir esta experiencia en condiciones de ambiente menos extremas y con distintos coadyuvantes para las distintas técnicas.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó gracias al apoyo brindado por las empresas D&E, Agro Aéreo Gualeguay y los profesionales Joaquín Wertmuller y Sofia Gervasoni.

Bibliografía:

- BODE L.E. 1984. Downwind drift deposits by ground applications. In: Proc. Pesticide drift management symp. 50, South Dakota State University, Brookings,S.D.
- CID R. y G. Masiá 2011. Proceso de formación de gotas. En: Manual para agroaplicadores. Uso responsable y eficiente de fitosanitarios. Ediciones INTA. Buenos aires, Argentina. p. 18-28.
- MATTHEWS G.A. 1988. Gotitas. En: Métodos para la aplicación de pesticidas. Compañía editorial continental S.A. de C.V. Calz. De Tlalpan Num. 4620. México D.F.P.77-95
- Micromax, 2002. Micron Group. Bromyard Industrial Estate, Bromyard, Herefordshire, UK. [Verificación: octubre, 2020]

- PAMI 1985. Evaluation report 455. Prairie Agricultural Machinery Institute. Humboldt, Saskatchewan, Canada.
- Sarubbi C. 2010. Gota de aspersión y las boquillas pulverizadoras. En: tecnología de aplicación de productos fitosanitarios en equipos pulverizadores terrestres. Editorial Facultad de agronomía Universidad Nacional de Buenos Aires. p. 37-106.