



Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria  
Centro Regional Santa Fe  
Estación Experimental Agropecuaria INTA Oliveros

## Evaluación de la deriva en pulverización aérea y terrestre con plaguicidas en situación de barbecho

Autores: Ing. Agr. Massaro, Rubén A. <sup>(1)</sup>, Ing. Agr. García, Andrea V. <sup>(1)</sup>

**Palabras claves:** *deriva, pulverización aérea, pulverización terrestre, plaguicidas.*

### Introducción

Uno de los efectos no deseados que se produce durante las pulverizaciones agrícolas e inmediatamente después, es el fenómeno de la **deriva**. Se define como tal al “desplazamiento de un plaguicida fuera del blanco determinado, transportado por masas de aire o difusión” (ASABE S-327.1, 2012, 2016). Puede ser por arrastre del producto con las gotas del asperjado o por su volatilidad. Este desplazamiento puede quedar dentro del lote o cultivo pulverizado (*endoderiva*) o llevar los plaguicidas fuera del área pulverizada (*exoderiva*). Con respecto a esta última, existen numerosos factores que la causan siendo uno de los más importantes el tamaño de gota (Lucero, 1998). Según la norma ASABE S-572, si el volumen pulverizado es con gotas de un Diámetro Volumétrico Medio (DVM) que esté por debajo de los 250 micrones ( $\mu\text{m}$ ) presentan mayor riesgo de deriva.

Según Lucero (1998) (citando a Fox et al., 1993; Salyani et al., 1992; Gil Moya, 1993) la deriva “se presenta en toda pulverización y sólo podría reducirse, siendo prácticamente imposible su eliminación”.

Las técnicas de pulverización deberían ser seleccionadas en base al blanco objetivo, el modo de acción de los plaguicidas, las condiciones ambientales y el riesgo de deriva (Massaro, 2011). La elección de la pastilla (diseño y caudal) y la presión de trabajo son las variables directas que definen el tamaño de gota y por consiguiente, el riesgo de deriva.

En algunos trabajos de investigación realizados en Argentina, en condiciones reales de campo para evaluar la exoderiva, se utilizaron diferentes métodos que permitieron detectar el producto llevado fuera del ancho de trabajo del equipo pulverizador terrestre. Lucero (1998), evaluó diferentes pastillas -incluyendo una de tipo hidroneumática. La exoderiva se cuantificó utilizando un “marcador fluorescente (Brilliant Sulfaflavine, Sigma B 4141) en solución acuosa”, en distintas alturas (1 a 4 m) y distancias de la pulverización (50 a 200 m), no encontrando diferencias en la deriva entre tipos de pastilla, alturas y distancias. Bulacio *et al.* (2013), evaluaron diferentes tipos de pastillas hidráulicas, con un volumen de pulverización uniforme pero velocidades de trabajo y presiones diferentes. Estos autores utilizaron la misma metodología que el anterior y no detectaron diferencias significativas entre modelos de pastilla como tampoco por alturas de captura del reactivo (1 a 4 metros); sí por distancias (50 a 200 m). Massaro *et al.* (2015) cuantificaron la deriva de una sola pastilla hidráulica con Sulfato de Cobre pentahidratado como marcador, utilizando placas colectoras hasta los 200 m a favor del viento y contra el viento hasta los 30 m. “En las

---

<sup>(1)</sup> Profesionales de INTA EEA Oliveros. [massaro.ruben@inta.gov.ar](mailto:massaro.ruben@inta.gov.ar)

condiciones locales en las que se realizó el experimento, con variables meteorológicas aceptables y con gotas calificadas como Medianas (M) según normas internacionales, la deriva del compuesto utilizado como marcador químico se detectó sólo a los 10 metros en contra de la dirección general del viento y no llegó a los 25 metros a favor del mismo”.

En esos experimentos las cantidades de reactivos colectadas como deriva fueron ínfimas. Balsari *et. al.* (2007) midieron la deriva en equipo terrestre, debajo de la barra pulverizadora y fuera de la misma en forma lateral para distintas pastillas. Encontraron incremento de la deriva a medida que aumentaba la altura de la barra en todas las pastillas; en menor magnitud en hidroneumáticas. En cuanto al efecto de las condiciones del aire hallaron mayor deriva con mayor temperatura y menor HR.

Tharp (citando a Smith, D) señaló que de dieciséis factores que determinan la deriva, tres fueron los más importantes: altura de la barra pulverizadora, velocidad del viento y la distancia a favor del viento. A medida que aumenta la altura de la barra se incrementa la deriva de gotas; cuando la velocidad del viento era el doble, hubo un incremento del 70 % en la deriva. A medida que se alejaba la medición de la deriva desde el equipo pulverizador, menor era la detección de la misma.

Con el aumento de los conflictos entre la población urbana y los actores de la producción agropecuaria cercana, fue surgiendo la necesidad de establecer un marco regulatorio de la actividad de pulverización, tanto terrestre como aérea. En la actualidad existen leyes provinciales y ordenanzas locales donde se regula el uso de los fitosanitarios (por ej.: Ley 11.273 de Santa Fe). En estas normativas se contempla el resguardo de áreas protegidas, tal como las urbanas y suburbanas, en función de los riesgos de deriva de los plaguicidas desde las zonas cercanas con producción agropecuaria. Por ende es sumamente importante poder contribuir con información científica para dar mayor seguridad a las restricciones o recomendaciones.

El objetivo de este experimento fue evaluar la exoderiva de una pulverización aérea y otra terrestre en situación de barbecho, aplicando glifosato y clorpirifos, por medio de tarjetas hidrosensibles.

## **Materiales y métodos**

Este experimento se realizó en el distrito Serodino (Sta. Fe) sobre un lote de producción agrícola en barbecho con rastrojo de soja (cobertura del suelo: 80%). Para las aplicaciones se utilizó un avión de 40 picos distanciados a 20 cm cada uno y un equipo pulverizador terrestre automotriz de 54 cuerpos separados entre sí a 35 cm. La descripción completa de las técnicas de pulverización utilizadas, se detalla en el Cuadro 1.

**Cuadro 1:** Resumen de las técnicas de pulverización empleadas.

Tipo de pulverización	Velocidad de trabajo (km/h)	Presión (bar)	Tipo de Pastilla	Distancia entre picos (cm)	Altura botalón (cm)	L/ha
Aérea	165	2-2,1	TT 11003*	20	200	12
Terrestre	20	2-2,3	TT 11003*	35	70	80

\*Pastilla Abanico Plano Turbo TeeJet (TT).

Las pulverizaciones se realizaron con dos plaguicidas muy utilizados en la producción agrícola. La descripción de los mismos, se detalla en el Cuadro 2.

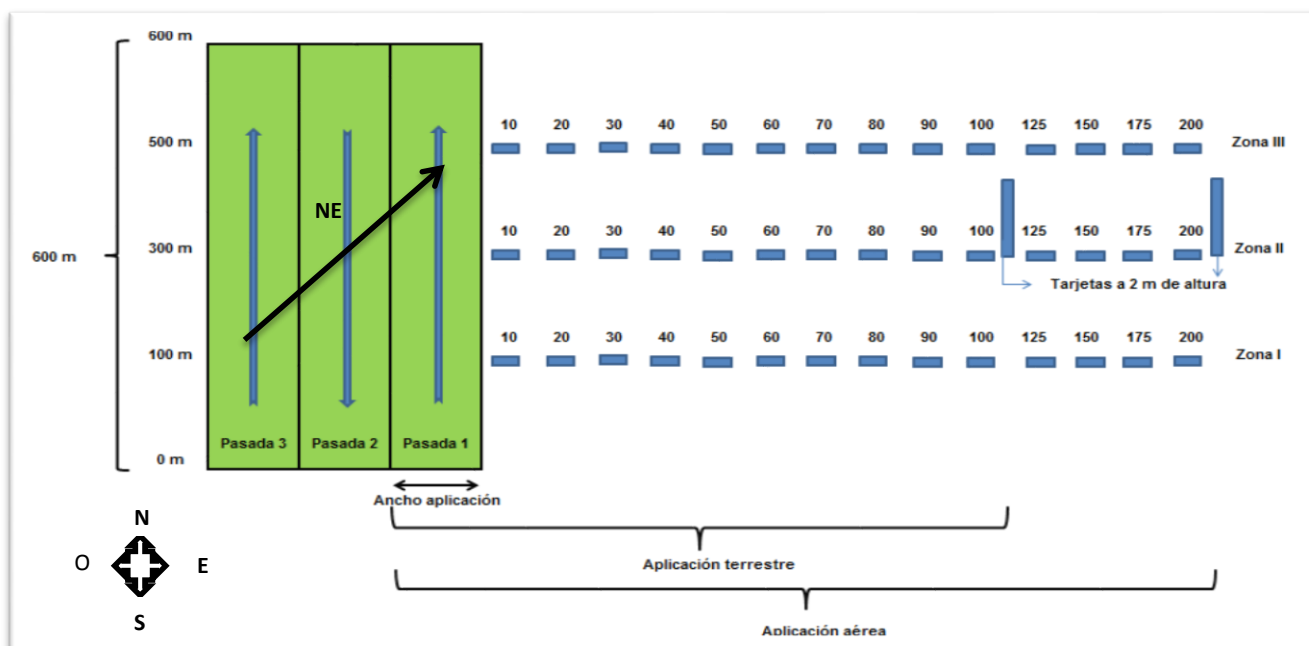
**Cuadro 2:** Productos aplicados en los tratamientos con pulverización aérea y terrestre.

Principio Activo	Formulación	Concentración (%)	Dosis p.c. (l/ha)
glifosato	Concentrado Soluble	39,2	3
clorpirifos	Concentrado Emulsionable	48	1

Las condiciones meteorológicas de humedad relativa (%), temperatura (°C) y velocidad del viento (Km/h) se midieron con un termo-higro-anemómetro portátil en cada aplicación.

Para determinar la calidad de la pulverización y la deriva se utilizaron tarjetas hidrosensibles (Syngenta Crop Protection AG) y la cobertura (gotas/cm<sup>2</sup>) se leyó con lupa binocular 20X en tres muestras por tarjeta. Para ambas pulverizaciones, aérea y terrestre, se realizaron tres repeticiones (I, II y III) a los 100, 300 y 500 m de forma transversal a la dirección de avance de los equipos (punto 0 = centro del equipo) y a favor del viento. En cada repetición se colocó una hilera de tarjetas separadas cada 10 m hasta llegar a los 100 m, a nivel del suelo y a 50 cm de altura. En la pulverización aérea se agregaron más tarjetas en cada repetición (I, II y III), desde los 100 m hasta los 200 m, distanciadas entre sí a 25 m y se colocaron 2 tarjetas a 2 m de altura en la repetición II, a los 100 y al final de la misma (200 m). La única diferencia con la pulverización terrestre fue que las líneas de tarjetas se colocaron sólo a 50 cm del suelo (Figura 1). Los equipos pulverizaron en 3 pasadas consecutivas transversales a la dirección del viento.

**Figura 1.** Detalle del plano del ensayo.



## Resultados y discusión

### a. Condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas durante las pulverizaciones de glifosato fueron diferentes que las de clorpirifos (Cuadro 3). En los tratamientos terrestres el  $\Delta T$  fue de 8 y 11, respectivamente. En las pulverizaciones aéreas el  $\Delta T$  fue de 5.5 y 9 para ambos tratamientos. Los distintos valores de  $\Delta T$

se debieron a la diferencia horaria entre ambas aplicaciones (aproximadamente una hora), que si bien no fue significativa, las condiciones cambiaban rápidamente.

A pesar de la diferencia entre las condiciones meteorológicas para las aplicaciones de glifosato y de clorpirifos, la cobertura obtenida en cada aplicación fue similar entre los tratamientos para cada tipo de pulverización: 14 y 15 en avión; 50 y 52 en terrestre (Cuadros 4 y 5).

**Cuadro 3.** Condiciones meteorológicas durante el ensayo.


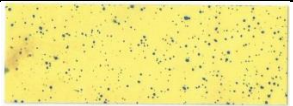
Variable	Aplicación terrestre		Aplicación aérea	
	Tratamiento con glifosato	Tratamiento con clorpirifos	Tratamiento con glifosato	Tratamiento con clorpirifos
Temperatura (°C)	27	33	24,5	30,5
HR (%)	44	35	55	40
Viento (Km/h)	12	10	12	12
$\Delta T^*$	8	11	5.5	9
Dirección del viento	NE	NE	NE	NE

\*Tabla Psicrométrica

### b. Cobertura de las aplicaciones aéreas y terrestres

Las condiciones y el resultado de la aplicación aérea se describen en el Cuadro 4. Con ambos productos, se obtuvo una cobertura similar (15 y 14 gotas/cm<sup>2</sup>). En cuanto al tamaño, según la norma ASABE S-572.1, eran gotas gruesas a la salida de la pastilla. Sin embargo, cuando se observan las tarjetas escaneadas de la posición debajo del avión, se percibe que llegaron al blanco muy pequeñas.

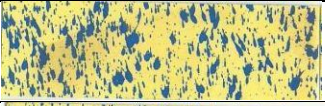
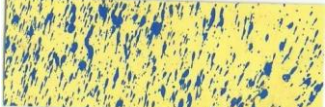
**Cuadro 4.** Detalle de la pulverización aérea.

Tratamiento	Litros/ha	Gotas/cm <sup>2</sup>	Tamaño de las gotas **	Tarjetas escaneadas
Aplicación con glifosato	12	15	Gruesa	
Aplicación con clorpirifos	12.2	14	Gruesa	

\*\* ASABE S-572.1

Con respecto a las pulverizaciones terrestres, en el Cuadro 5 se detallan las condiciones de las mismas. En ambas pulverizaciones, la cobertura fue similar: 50 y 52 gotas/cm<sup>2</sup>. En cuanto al DVM se pudo determinar la similitud del tamaño de las gotas entre la clasificación del fabricante con lo observado en las tarjetas (Spraying System).

**Cuadro 5.** Detalle de la pulverización terrestre.

Tratamiento	Litros/ha	Gotas/cm <sup>2</sup>	Tamaño de las gotas **	Tarjetas escaneadas
Aplicación con glifosato	80	50	Gruesa	
Aplicación con clorpirifos	80	52	Gruesa	

\*\* ASABE S-572.1

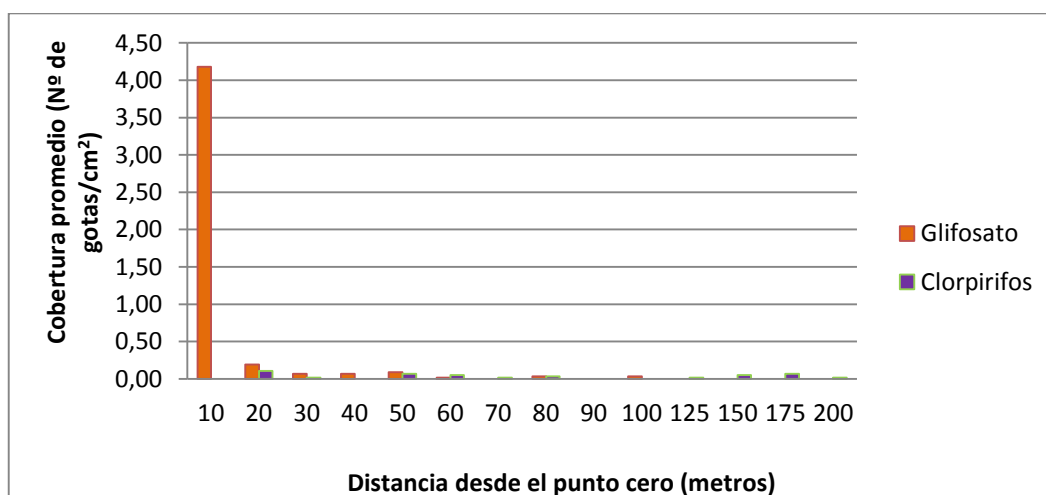
### c. Determinación de la deriva

Con respecto a la determinación de la deriva de la pulverización aérea (Figura 2), se puede apreciar que a los 10 m de distancia del punto 0 se obtuvo una cobertura promedio de 4 gotas/cm<sup>2</sup> sólo en la aplicación con glifosato; en la pulverización con clorpirifos no se encontró ninguna gota marcada en las tarjetas hidrosensibles. En el resto de las distancias, se obtuvieron muy pocos o ningún impacto.

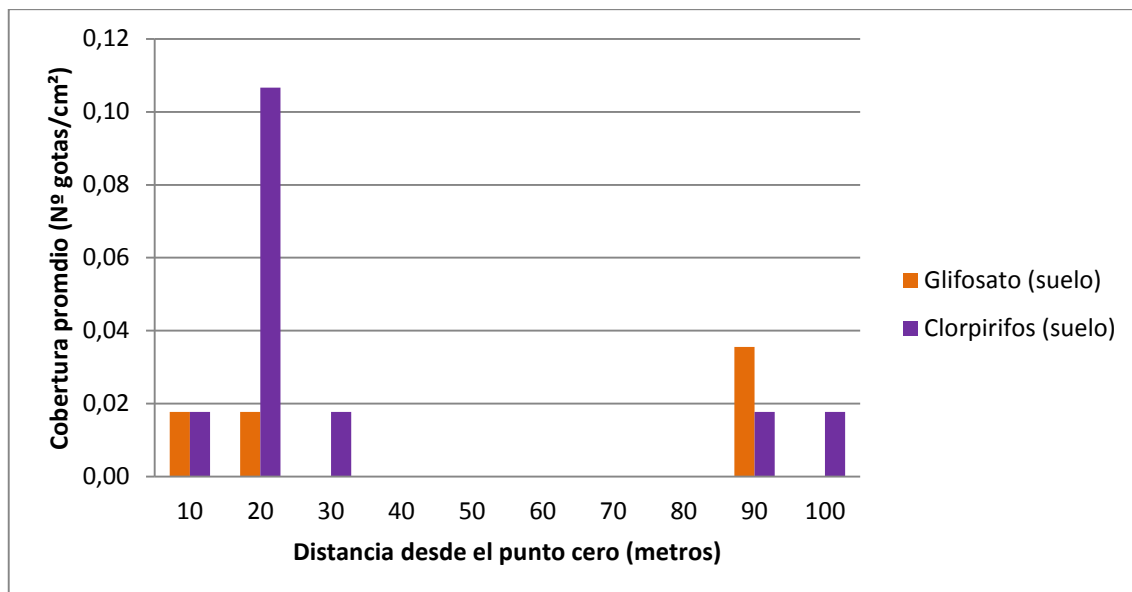
En las pulverizaciones terrestres, la cobertura determinada fue muy baja, no superando en ningún caso más de 0,12 gotas/cm<sup>2</sup>, en ambos estratos (nivel del suelo y a los 50 cm) en todos los tratamientos (Figuras 3 A y 3 B). La pulverización con clorpirifos presentó una cobertura mayor en las diferentes distancias aunque el número registrado fue extremadamente bajo.

El método utilizado permitió medir la deriva de las gotas con agua que fueron trasladadas por el viento en forma lateral a las pulverizaciones cayendo sobre las tarjetas hidrosensibles a corta distancia, pero no las gotas que fueron elevadas por el viento (Costanzo, 2013). Esta deriva es muy difícil de determinar según los antecedentes que existen. Matthews (2014) cuantificó la deriva de una pulverización aérea con gotas pequeñas y herbicida utilizando un modelo que le permitió verificar el arrastre del producto a grandes distancias.

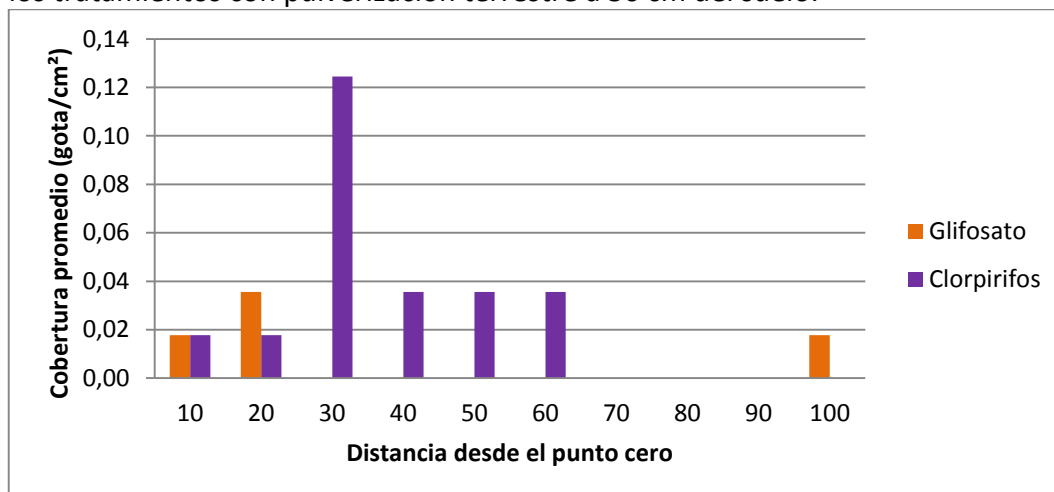
**Figura 2.** Cobertura (gotas/cm<sup>2</sup>) en las diferentes distancias de evaluación para los tratamientos con pulverización aérea.



**Figura 3 A.** Cobertura promedio (gotas/cm<sup>2</sup>) en las diferentes distancias de evaluación para los tratamientos con pulverización terrestre a nivel del suelo.



**Figura 3 B.** Cobertura promedio (gotas/cm<sup>2</sup>) en las diferentes distancias de evaluación para los tratamientos con pulverización terrestre a 50 cm del suelo.



## Conclusiones

- Con el método utilizado se detectó un número muy bajo de gotas en las tarjetas hidrosensibles colocadas a nivel de suelo y a 50 cm de altura. Estos resultados no significan que la deriva de los plaguicidas no haya llegado a mayor distancia que la evaluada.
- Si bien las gotas producidas en las pastillas fueron grandes (C), las que llegaron a las tarjetas hidrosensibles en pulverización aérea fueron de un tamaño muy pequeño.
- La utilización de tarjetas hidrosensibles permite detectar sólo las gotas con agua. Aún con otros métodos es complejo cuantificar la deriva total de los plaguicidas.

## Bibliografía

- ASABE S327.4 JUL2012 (R2016). Terminology and Definitions for Application of Crop or Forestry. Production and Protection Agents American Society for Agricultural and Biology Engineers Standard ASABE S-327.1. Item 3.15 y 3.15.8, Pág. 2 y 3.

- ASABE S-572. Spray Tip Classification by Droplet Size, Develop by Pest Control and Fertilizer Application Committee; approved by the power and Machinery Division Standards Committee; adopted by ASAE PM41. Pág 64-68. Norma ASAE.
- Balsari Paolo, Paolo Marucco, Mario Tamagnone. 2007. Crop Protection 26 (2007) 1482–1489.
- Bulacio, L.; Sarubbi, C.S; Panelo, M.S; Etiennot, A. 2005. Pastillas pulverizadoras: Análisis de la deriva. Ediciones INTA, Aplicar, pág. 56-60.
- Costanzo, M. 2013. Efectos del ambiente sobre la aspersion. UNR, Fac. Ciencias Agrarias, Cátedra Climatología Agrícola. 8 pág.
- Legislatura de la provincia de Santa Fe. 1995. Ley provincial de Productos Fitosanitarios Nº 11.273.
- Lucero, E. M. 1998. Análisis de comparativo de la deriva producida por las pastillas pulverizadoras hidráulicas e hidroneumáticas tipo abanico plano. Catedra de Maquinaria agrícola. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Pág. 9.
- Massaro, R.A. 2011. “Pautas para la aplicación de fungicidas foliares en cultivos de trigo con pulverizaciones terrestres”. AAPRESID Revista Trigo, pág. 101-107.
- Massaro, R.A; Etiennot, A; Piazza, A. 2015. Evaluación de la Exoderiva con pulverización terrestre. INTA EEA Oliveros. Pág. 3.
- Matthews, G. 2014. Aerial spray drift-consequences of spraying small droplets of herbicide. Page 279-283.
- Tharp, C. Avoiding Pesticide Drift. Montana State University, Pesticide Education Program. <http://www.pesticides.montana.edu/reference/drift.html>
- Spraying System Co. Teejet Catálogo 201 M. 15 pág.
- Syngenta. Water-sensitive paper for monitoring spray distribution. Syngenta Crop Protection AG, CH 4002 Basel, Switzerland. 15 pág.
- Tabla Psicrométrica [www.fao.org/docrep/x5027s/x5027SAO.gis](http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027SAO.gis).

Oliveros, diciembre de 2017.