

Efecto del horario de aplicación y el tamaño de gota en la eficiencia de glifosato

NOTA TÉCNICA

Fernando López*; Juana Villalba**

INTRODUCCIÓN

El glifosato es el herbicida de mayor uso en todo el mundo y su mercado en Uruguay viene creciendo continuamente en los últimos años, con un aumento de más de 600% en el total importado (producto formulado y principio activo) en el 2011 con respecto al 2000 (MGAP-DGSA, 2012).

Algunas deficiencias en el control de malezas por parte del glifosato, son explicadas por las condiciones atmosféricas al momento de aplicación que limitan su actividad (Waltz *et al.*, 2004; Duke citado por Stewart *et al.*, 2009).

El efecto de la temperatura en la eficiencia del glifosato presenta varios matices. Para Sharma y Singh citado por Stewart *et al.* (2009), si el aumento de la temperatura se da con un aumento de la humedad relativa, mejora el efecto del herbicida. Waltz *et al.* (2004) explica esos efectos en la eficacia por un ablandamiento de las ceras de la estructura cuticular y consecuentemente mejoras en la absorción. Stewart *et al.* (2009), explican el mejor control en aplicaciones entre las 12:00 hs (22 y 31 °C) y las 18:00 hs (21 y 30 °C) por efecto de las mayores temperaturas, comparadas con las aplicaciones de la mañana (12 y 20 °C) y la noche (12 y 16 °C). A pesar de estos efectos en la eficacia del glifosato, la temperatura no es considerada el factor principal en la respuesta a la aplicación de glifosato.

En relación a la humedad relativa alta, Willingham y Graham (1988) consideran que mejora la absorción del herbicida. Waltz *et al.* (2004), obtuvieron menor control de *Abutilon theophrasti* con menores humedades relativas, pero igualmente no la consideran un factor principal en el momento de aplicación en la respuesta de control al glifosato. No teniendo datos en la bibliografía de aplicación en combinación de humedades relativas bajas, con altas temperaturas como fue el caso de las condiciones de este ensayo.

El viento durante la aplicación determina pérdidas por deriva; para evitar estos efectos, los agricultores tienden a aplicar a principios de la mañana o al

final de la tarde cuando la velocidad del viento disminuye. Sin embargo, señala Stewart *et al.* (2009) que la eficiencia de los herbicidas en estos momentos del día puede ser menor asociada a las condiciones de temperatura, humedad relativa, rocío y baja actividad fisiológica de la planta, considerando que en sus investigaciones, asocian un aumento de la temperatura, a un aumento de la humedad relativa ambiente y no es lo que sucede en nuestras condiciones.

Los efectos del rocío sobre la efectividad del glifosato son muy variados. Puede interceptar las gotas aplicadas y provocar escurrimiento, reduciendo el control de malezas en general (Fausey y Renner citado Stewart *et al.*, 2009). Contrariamente Kogan y Pérez (2003) mencionan que puede presentar efectos positivos en la efectividad del glifosato, por determinar un incremento en el área total de contacto, amortiguar el impacto de gotas grandes (>300 µm) del pulverizado sobre la superficie foliar, incrementar la hidratación de la cutícula y mejorar así la distribución del pulverizado. Por otra parte, Waltz *et al.* (2004) mencionan que es más determinante la falta de actividad de la planta en la noche que la presencia de rocío.

También debe considerarse el momento del día en que se realizan las aplicaciones, asociados a los factores morfológicos y fisiológicos de las malezas, como la posición de las hojas, superficie expuesta, espesor de la cera epicuticular y tasa metabólica. Las variaciones del ángulo de las hojas en el transcurso del día, puede influir y contribuir a la intercepción del glifosato, pero no es el principal factor que controla la respuesta de las malezas al momento de aplicación de este químico, sino el estado fisiológico de la planta (Waltz *et al.*, 2004; Mohr *et al.*, 2007).

No existen antecedentes para nuestras condiciones, evaluando la contribución relativa de cada variable en la determinación de la eficiencia del herbicida.

En Uruguay, el aumento del área agrícola y la demanda hacia los servicios de aplicaciones, ha provocado la necesidad de aplicaciones nocturnas. Este trabajo se planteó con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes horarios de aplicación y sus posibles interacciones con los tamaños de gota utilizados en la efectividad de glifosato.

* Ing. Agr. Estudiante de Maestría en la Facultad de Agronomía

** Ing. Agr. Dpto. Protección Vegetal, EEMAC

El experimento se realizó en la zona de Caraguatá en el departamento de Tacuarembó, sobre un tapiz de campo natural. Dicho campo natural estaba vigoroso debido a que durante el último mes previo al ensayo, llovió seguido y en cantidad suficiente (240 mm) para mantener un activo crecimiento de las pasturas naturales.

La aplicación fue realizada el 15/02/2012, usándose una dosis de 1080 g.e.a./ha de glifosato. Se

utilizó para la misma un equipo pulverizador auto-propulsado marca PLA 3250 Plus II de 28 metros de botalón, a 300 kPa de presión, 60 L de volumen de aplicación y con una velocidad de avance de 15 km/h.

Las boquillas usadas para cada tamaño de gota y las características de las mismas se presentan en el Cuadro 1. La deposición se registró en tarjetas hidrosensibles y se presentan en las Figuras 1 y 2.

Cuadro 1. Características de las boquillas utilizadas para lograr los diferentes tamaños de gota (Spraying Systems Co., 2008).

Tamaño de gota	Boquilla	Presión (kPa)	Recomendación según tipo producto		Manejo de Deriva
			contacto	sistémico	
Media	TT11002	300	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
Extremadamente gruesa	TT11002	300	-	Excelente	Excelente

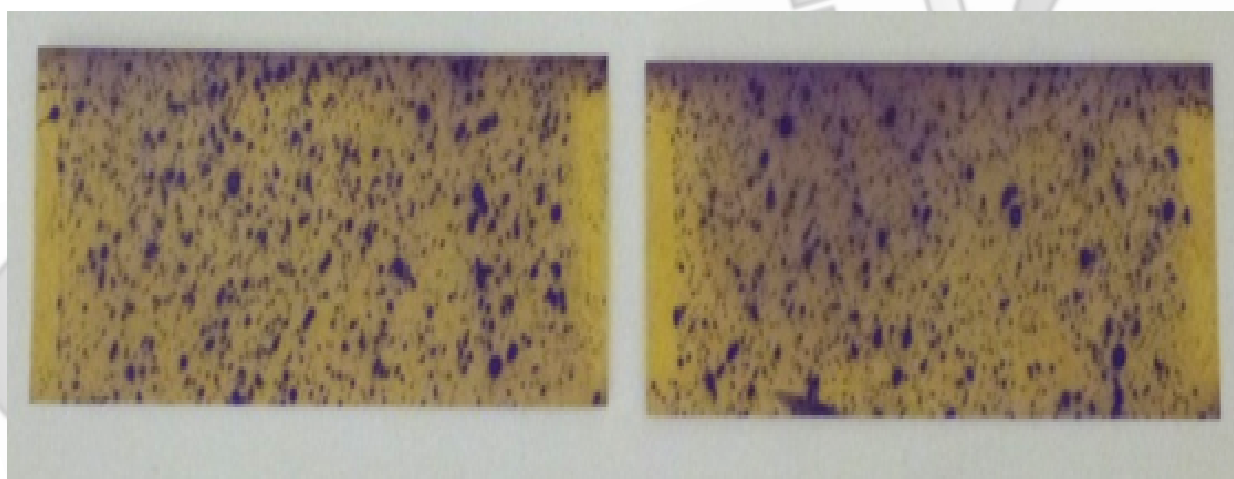


Figura 1. Tarjetas hidrosensibles registrando aplicación de a) gota media (boquilla TT11002) y b) extremadamente gruesa (boquilla TTI11002).

El diseño experimental fue de bloques al azar con dos repeticiones, con un arreglo de tratamientos en parcelas divididas, correspondiendo la parcela mayor a la hora de aplicación (2, 8, 14 y 20 h) y la parcela menor el tamaño de gota (media y extremadamente gruesa). Las parcelas fueron de 50 m de largo por 14 m de ancho.

El efecto del herbicida se evaluó a los 10, 20 y 40 días pos-aplicación (dpa) utilizando una escala

porcentual para la estimación visual del daño, correspondiendo, el 0 a plantas sin control y 100 a plantas muertas. La evaluación se realizó sobre las especies más frecuentes: *Chloris sp.*, *Botriochloa laguroides* y *Paspalum notatum*. Para cada especie se realizó un muestreo de 10 plantas por parcela elegidas al azar sobre una transecta.

Las condiciones meteorológicas en cada horario de aplicación se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Condiciones atmosféricas al momento de realizar cada tratamiento.

Hora de aplicación	Humedad relativa (%)	Temperatura (°C)	Velocidad del viento (Km/h)	Presencia de rocío
2	84	25	0	Intensa
8	74	29	2	Nula
14	34	39	1	Nula
20	80	26	0	Escasa



Figura 2. Área experimental al momento de la aplicación (izquierda) y 40 días post- tratamiento (derecha).

EFFECTO DEL HORARIO DE APLICACIÓN

En el control de *Chloris sp.*, a los 10 días pos-aplicación, se registró efecto de los distintos horarios de aplicación ($P < 0,005$). El mayor control de esta especie se dio para la aplicación de las 20 h (Figura 3). El pobre control de la aplicación de las 8 h podría estar explicado por el aumento de la temperatura y el descenso de la humedad relativa en forma abrupta

luego de la aplicación, generando evaporación posterior a la misma desde la superficie foliar, teniendo en cuenta que la absorción no es inmediata, pudiendo incluso demorar algunas horas. Las condiciones de baja humedad relativa y alta temperatura explicarían el pobre control de esta especie a las 14 h, siendo en este caso más limitante el momento de la aplicación que las condiciones posteriores a la misma o de absorción.

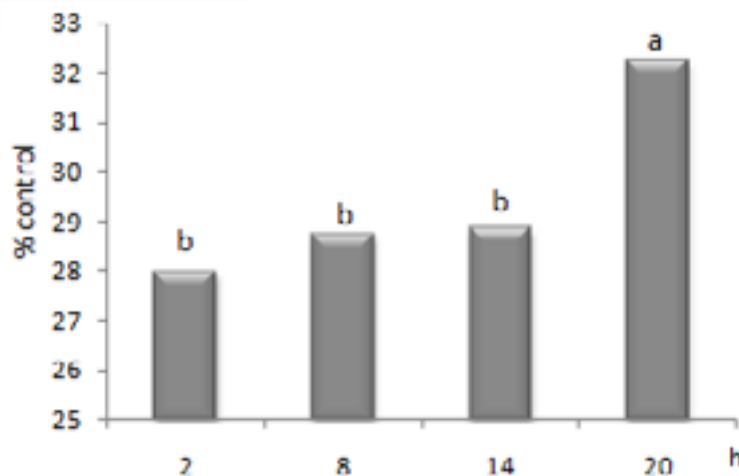


Figura 3. Control (%) de *Chloris sp.* para los distintos horarios evaluados a los 10 dpa ($P < 0,10$).

El intenso rocío parecería ser el responsable de la disminución en el control en la aplicación de la hora 2, pero solo inicialmente, porque este efecto desapareció a los 20 días (Cuadro 3). Estos resultados coincidirían con los obtenidos por Waltz *et al.* (2004), quienes sostienen que el rocío tiene un efecto menor en la eficiencia de control, comparado a otros factores.

El control en *P. notatum* (especie estolonífera, perenne estival), fue muy bajo, aun cuando se consideró una buena actividad fisiológica de la planta por el buen régimen pluviométrico del último mes previo al ensayo. Según Tarcio de Campos (1980), el glifosato ha demostrado alta eficiencia en el control de esta especie, sin embargo, no existe un criterio único en cuanto a la dosis. La maleza estaba iniciando el estado reproductivo, lo que determina un movimiento acrópeto de los fotosintatos y con ello, se dificulta la translocación del herbicida hacia los estolones. La característica del estolón del *P. notatum*, de ser corto y con muchas yemas por unidad de longitud puede

haber determinado mayor dificultad para el control (Boggiano, P. com. pers. 2012), por lo que se podría afirmar que la dosis de producto fue insuficiente para un buen control de esta especie y en este estado fisiológico.

A los 20 y 40 dpa no se encontraron efectos en el control de la especie por la interacción de factores (horario de aplicación x boquilla), ni tampoco por el tipo de boquilla usada. La eficiencia de control fue determinada por el horario de aplicación. La aplicación nocturna de las 2 a.m. ocasionó los menores controles en ambas fechas de evaluación, con mayor diferencia a los 40 dpa, reafirmando que la ausencia de luz y por lo tanto la falta de actividad fotosintética de la planta, reducen la eficiencia del herbicida (Waltz *et al.*, 2004) siendo más limitantes en determinar el control que las condiciones climáticas para la deposición. Adicional a esto es importante mencionar el fuerte rocío en este horario que acabó en una reducción del control en 50%.

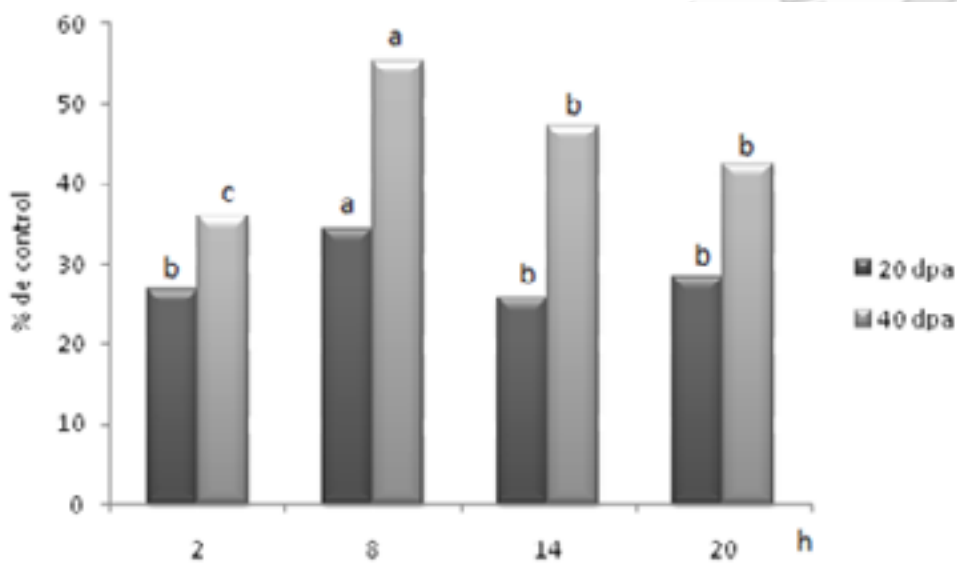


Figura 4. Efecto del horario de aplicación en el control de *P. notatum* a los 20 y 40 dpa.

INTERACCIÓN HORARIO DE APLICACIÓN Y TAMAÑO DE GOTA

Para el caso de *Chloris sp.* (Cuadro 3) y *Botriochloa laguroides* (Cuadro 4), las aplicaciones con gota extremadamente gruesa fueron independientes del horario de aplicación. No sucedió lo mismo con gota media que se comportó mejor en los horarios nocturnos y la explicación puede ser que este tamaño de gota con un similar volumen de aplicación genera

mayor número de gotas que el tamaño de gota anterior y por ende mayor contacto relativo de cada gota con la atmósfera, por lo que aumenta la probabilidad de una mayor evaporación en los horarios diurnos. (Xu *et al.*, 2010) y esto fue agravado para el caso de las aplicaciones en los horarios de condiciones limitantes para la deposición de las 8 h y 14 h. La velocidad del viento (prácticamente nula) puede haber incidido negativamente debido a la posible generación de inversión térmica.

Cuadro 3. Control (%) en *Chloris sp.* para los distintos horarios de aplicación y tamaños de gota evaluados a los 20 dpa.

Hora de aplicación	G M	G Ex G
2	73 a A	72 a A
8	56 c B	70 a A
14	62 bc B	71 a A
20	66 ab A	70 a A

Nota: Letras minúsculas corresponden a comparación en las columnas y mayúsculas en las filas. G M: gota media; G Ex G: gota extremadamente gruesa.

Los cambios de las condiciones de temperatura y humedad relativa posteriores a la aplicación de las 8 h significaron que la elección del tamaño de gota fuese determinante para un aumento de la eficiencia.

A los 40 dpa, ambas especies tenían el 100 % de control, por lo el efecto se evidenció solo inicialmente.

A los 20 dpa, en *B. laguroides* las aplicaciones con gota media presentaron controles en los horarios

de las 2 y 20 h superiores al de las 8 h. Como mencionan Kogan y Pérez (2003) la presencia de rocío no siempre es una condición adversa, porque puede provocar una mayor absorción por un ablandamiento de la cutícula o por una amortiguación de la gota de producto por las gotas de rocío. Estos efectos a los 40 dpa, se desvanecieron y el control de esta especie fue excelente independiente del horario de aplicación o el tamaño de gota.

Cuadro 4. Control (%) de *B. laguroides* para los distintos horarios de aplicación y tamaños de gota evaluados a los 20 dpa.

Hora de aplicación	G M	G Ex G
2	71 a A	77 a A
8	62 b B	77 a A
14	69 ab A	70 a A
20	71 a A	70 a A

Nota: Letras minúsculas corresponden a comparación en las columnas y mayúsculas en las filas. G M: gota media; G Ex G: gota extremadamente gruesa.

También en *Paspalum notatum*, inicialmente, el uso de gota extremadamente gruesa no determinó efecto del factor horario de aplicación en el control. Pero en la aplicación con gota media (Cuadro 5) los menores controles se dieron en las condiciones extremas (2 y 14 h). En el primer caso posiblemente explicado por la presencia de rocío o la falta de actividad fotosintética de la planta como lo mencionan Fausey y Renner, citado Stewart *et al.* (2009). Waltz *et al.* (2004) mencionan que existe una relación directa entre la eficiencia del glifosato y el estado fisiológico

de la planta, expresada por la densidad de flujo de fotones fotosintéticos. Debido a que el glifosato es un herbicida translocable, una mayor tasa fotosintética, aumentaría el transporte de metabolitos en la planta, aumentando el transporte de glifosato.

En esa línea, también Jordan (1977), explica la mayor eficiencia del glifosato en *Cynodon dactylon*, por la ocurrencia de condiciones ambientales que mejoraron la translocación del herbicida. Cabe aclarar, que en este caso fueron de igual relevancia que las condiciones propicias para la deposición.

Cuadro 5. Control (%) de *P. notatum* para los distintos horarios de aplicación y tamaños de gota evaluados a los 10 dpa.

Hora de aplicación	G M	G Ex G
2	20 bc A	22 a A
8	23 ab A	21 a A
14	15 c A	20 a A
20	28 a A	28 a A

Nota: Letras minúsculas corresponden a diferencias estadísticas en las columnas y mayúsculas en las filas.

El menor control en el tratamiento de las 14 h, igual a lo que se observara en *Chloris sp.*, podría explicarse por la menor deposición determinada por las condiciones atmosféricas limitantes. Los horarios con valores de temperatura y humedad relativa no limitantes para la deposición del herbicida determinaron los mayores controles de la maleza.

CONCLUSIONES

Las especies cespitosas (*B. laguroides* y *Chloris sp.*) fueron excelentemente controladas. El efec-

to de la gota extremadamente gruesa (boquilla TTI) fue más uniforme en los diferentes horarios que para el caso de la gota media (boquilla TT), la cual fue afectada por las condiciones atmosféricas restrictivas para la deposición.

Para *P. notatum* la dosis utilizada fue limitante, no alcanzando un control satisfactorio. En este caso, la baja actividad fotosintética de la maleza en la noche podría ser la responsable de menor control más que las condiciones de baja humedad relativa y alta temperatura que ocurrieron para la aplicación en los horarios diurnos.

BIBLIOGRAFÍA

- JORDAN, T. N. 1977.** Effects of temperature and relative humidity on the toxicity of glyphosate to bermudagrass (*Cynodon dactylon*). *Weed Science*, 25 (5): 448-451.
- KOGAN, M.; PÉREZ, J. 2003.** Herbicidas. Fundamentos fisiológicos y bioquímicos de acción. 1ª edición. Chile, Universidad Católica de Chile. 333 p.
- MOHR, K.; SELLERS, B.A.; SMEDA, R. J. 2007.** Application time of day influences glyphosate efficacy. *Weed Science*, 21 (1):7-13.
- SPRAYING SYSTEMS Co., 2008.** Catálogo TeeJet. 50 A – E. Impreso en USA. 192 p.
- STEWART, CH. L.; NURSE, R. E. AND SIKKEMA, P. H. 2009.** Time of day impacts postemergence weed control in corn. *Weed Technology*, 23 (3): 346-355.
- TARCIO de CAMPOS, J. 1980.** Controle de grama-Mato-Grosso (*Paspalum notatum*). Fundação Faculdade de Agronomia Luiz Meneghel, Bandeirantes, PR. In: Resumos XIII Congresso Brasileiro de Herbicidas e Ervas Daninhas, Bahía, pp. 69-70.
- URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS AGRÍCOLAS. 2012.** División análisis y diagnóstico. Consultado: 20/05/2012. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/DivAnálisis/Diagnostico/DAYDPROFITESTADISTICA.htm>
- WALTZ, A. L.; ROETH, F. W.; MARTIN, A. R.; LINDQUIST, J. L. 2004.** Glyphosate efficacy on velvetleaf varies with application time of day. *Weed Technology*, 18: 931-939.
- WILLINGHAM, G. Y GRAHAM, L. L. 1988.** Influence of environmental factors and adjuvants on the foliar penetration of acifluorfen in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*): An analysis using the fractional factorial design. *Weed Science*, 36 (6): 824-829.
- XU, L.; ZHU, H.; OZKAN, E.; THISTLE, H. 2010.** Evaporation rate and development of wetted area of water droplet with and without surfactant at different location on waxy leaf surfaces. *Biosystems Engineering* 106: 58-67.