

# Efecto del pH del Agua en la Efectividad de los Herbicidas Glifosato, Fluazifop-p-butil y Bentazon

José María Gómez Vargas, Abelino Pitty y José María Miselem

**Resumen.** Se realizaron tres experimentos para evaluar el efecto del pH del agua de aplicación sobre la eficacia de los herbicidas posemergentes Glifosato (sal monoamónica en la formulación Roundup Max<sup>®</sup> 680 SG), Fluazifop-p-butil ester (Fusilade 12.5 EC<sup>®</sup>) y Bentazon (sal sódica en la formulación Basagran 48 EC<sup>®</sup>). Cada herbicida fue un experimento y con cada herbicida se usó un pH de 8.50, 6.50 ó 4.50 del agua de aplicación, cada pH fue usado con la dosis del herbicida recomendada (100%) y 75% de la dosis recomendada por el fabricante para el control de la maleza evaluada, además, hubo un testigo que no fue aplicado con herbicida ni se usó en el análisis estadístico. La variable medida fue el porcentaje de control de malezas; para Glifosato y Fluazifop-p-butil la maleza aplicada fue la estrella africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst), para Bentazon fue la flor amarilla (*Melampodium divaricatum* [Rich.] DC). Con Glifosato se utilizaron 2500 y 1870 g a.e./ha; no se encontró diferencia estadística entre los tres pH del agua ( $\alpha > 0.05$ ). Al añadir Roundup Max<sup>®</sup> 680 SG al agua, el pH baja a niveles entre 4.03 y 4.13, independientemente de si el pH inicial del agua era 8.50, 6.50 ó 4.50, indicación que esta formulación de Glifosato tiene un regulador de pH. Con Fluazifop-p-butil se utilizaron 210 y 160 g i.a./ha y se encontró una reducción en el control de la maleza al usar agua con pH 8.5 con la cantidad de herbicida reducida a 75% (160 g i.a./ha) de la recomendada, con respecto al resto de los tratamientos; pero al usar la dosis recomendada no hubo diferencia del control de malezas causada por el pH del agua utilizada. Con Bentazon se encontraron diferencias en el control de *Melampodium divaricatum*; las aplicaciones con pH del agua de 4.50 y 8.50 y usando la cantidad de herbicida reducida a 75% (840 g i.a./ha) de la cantidad recomendada por el fabricante, tuvieron un control inferior al resto de los tratamientos, pero no hubo reducción en el control bajo ningún pH evaluado al usar la dosis recomendada. El pH del agua no influyó en el control de malezas, con ninguno de los herbicidas, al usar la dosis recomendada por los fabricantes.

**Palabras clave:** Basagran 48 EC<sup>®</sup>, Fusilade 12.5 EC<sup>®</sup>, mezcla de aplicación, Roundup Max<sup>®</sup> 68 SG.

**Abstract.** Three experiments were conducted to evaluate carrier pH effect on the efficacy of three postemergence herbicide formulations glyphosate monoammonium salt (Roundup Max<sup>®</sup> 680 SG), Fluazifop-p-butyl ester (Fusilade 12.5 EC<sup>®</sup>), and Bentazon sodic salt (Basagran 48 EC<sup>®</sup>). Each herbicide was an experiment and for each herbicide, water pH of 4.50, 6.50 or 8.50 were evaluated. Each pH was used with the recommended dose of the formulator, and 75% of that dose for weed control. In addition, there was an unapplied plot (control) that was not used in the statistical analysis. The variable evaluated was weed control; for glyphosate and Fluazifop-p-butyl the weed applied was African bermudagrass (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst), for Bentazon it was butter daisy (*Melampodium divaricatum* [Rich.] DC). Glyphosate was applied at 2500 or 1870 g i.a./ha. No statistical difference was found on weed control among the water pH. It was found that when Roundup Max<sup>®</sup> 680 SG was added to the water, water pH was lowered to 4.00-4.15, regardless if the initial water pH was 8.50, 6.50 or 4.50. Fluazifop-p-butyl was applied at 210 or 160 g i.a./ha. There was a reduction in weed control with water pH 8.5 and the dose was reduced to 75% (160 g i.a./ha) of the manufacturer's recommendation, compared to the other treatments. When the recommended dose was used there was no weed control reduction caused by the water pH used. With Bentazon there were some differences in control of *Melampodium divaricatum* (Rich.) DC.; with water pH of 4.50 and 8.50, and the dose reduced to 75% (840 g i.a./ha) of the recommended amount had a reduction in weed control, compared to the other treatments. However, there was no weed control reduction when the recommended dose was used. Water pH did not change weed control, with any of the herbicides, when the recommended dose was used.

**Key words:** Basagran 48 EC<sup>®</sup>, carrier, Fusilade 12.5 EC<sup>®</sup>, Roundup Max<sup>®</sup> 68 SG.

## Introducción

El uso de modificadores del pH del agua usada para aplicar herbicidas se ha convertido en una

recomendación muy frecuente que los técnicos agrícolas dan a los agricultores en muchos lugares. Estas recomendaciones no parecen tener justificación porque en la etiqueta del herbicida el fabricante no

recomienda que se modifique el pH del agua; y el fabricante es la mejor fuente sobre las recomendaciones para optimizar la actividad biológica del herbicida. Además, a veces el técnico no conoce ni determinan el pH del agua que se está usando para la aplicación del herbicida y así dar su recomendación.

Generalmente, los agentes usados para bajar el pH del agua son a base de ácidos fuertes, pero el pH puede subir si se agregan formulaciones de herbicidas que son alcalinas (McMullan 2000). Por lo tanto, las recomendaciones de bajar el pH no son acertadas ya que no toman en cuenta la formulación del herbicida usado.

No existe suficiente literatura que justifique las recomendaciones de añadir modificadores de pH con herbicidas posemergentes. Existe información sobre la eficacia de ciertos herbicidas y su relación con el pH del agua usada para aplicación, pero la mayoría de estas investigaciones se han realizado bajo condiciones de ambiente controlado y no en condiciones de campo (Green y Cahill 2003, Green y Hale 2005, Sterling *et al.* 1990, y Liu 2002). También existen documentos publicados por las compañías que fabrican los reguladores de pH, los que indican la necesidad de usar sus productos para aumentar el control de malezas (Wilbur-Ellis Company s.f.), pero esta información no está avalada por investigaciones o las investigaciones se hicieron con otros plaguicidas y no con herbicidas.

Los investigadores han reportado parámetros diferentes para la evaluación de la eficacia. Por ejemplo, Green y Hale (2005) reportaron el peso de raíces comparado a un testigo para evaluar el efecto de nicosulfuron, Liu (2002) la tasa de absorción de Bentazon en las hojas y Sterling *et al.* (1990) la absorción de Bentazon a través de las membranas celulares. El pH del agua reportado en estas investigaciones está en rangos ácidos (3-5), neutros (6.5-7.5) y alcalinos (9-10). Estas investigaciones no evaluaron el control de malezas, sino el movimiento del herbicida en la planta y los mecanismos de transporte y su efecto por el pH del agua de aplicación. Existen publicaciones que recomienda la adición de agentes reguladores de pH para minimizar la ruptura de las moléculas del ingrediente activo de los plaguicidas (Seaman y Riedl 1986, Deer y Beard 2001), pero siempre se hace mayor referencia a los

insecticidas y fungicidas, y muy poco a herbicidas,

Hay muy pocos estudios sobre la efectividad del pH del agua y su acción en formulaciones comerciales de herbicidas. Las formulaciones de los herbicidas depende del fabricante y esto puede influir en el comportamiento del ingrediente activo al agregarlo al agua. Los estudios realizados por Green y Hale (2005) en el efecto que causan los reguladores de pH en la actividad herbicida de las formulaciones comerciales de Nicosulfuron, demostraron que el incremento o disminución del pH del agua no tiene efecto en la efectividad del herbicida. Proponen que eso se debe a la formulación comercial es decir a los ingredientes inertes de la formulación.

El objetivo de este estudio fue determinar si el pH del agua usada para aplicar herbicida afecta la efectividad de tres herbicidas posemergentes sobre las malezas pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) y *Melampodium divaricatum* [(L.C. Rich.) DC], bajo condiciones de campo.

## Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras, entre mayo y octubre de 2005. El sitio se encuentra a 800 msnm, latitud 14°4' Norte y longitud 87°22' Oeste; tiene una temperatura media anual de 24° C, y una precipitación promedio anual de 1100 mm.

Se realizaron tres experimentos, cada uno fue un herbicida diferente; se usaron a la dosis recomendada por el fabricante (100%) y al 75% de esta dosis. Para cada dosis el herbicida fue diluido en agua con pH de 8.5, 6.5 ó 4.5. Antes de mezclar los herbicidas con agua se determinó el pH inicial del agua utilizando un medidor de pH<sup>1</sup>. El agua usada fue del acueducto de la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. El pH del agua de aplicación fue ajustado a pH de 8.5, 6.5 ó 4.5 utilizando ácido clorhídrico (HCl) o hidróxido de sodio (NaOH) a una concentración de 0.01 N (Cuadro 1). El pH se midió otra vez inmediatamente después de agregar el herbicida.

<sup>1</sup> Oakton® pHTestr3 Double Junction ( $\pm 0.1$ ). Fabricado por Oakton Instruments; P.O. Box 5136 Vernon Hills, IL 60061-1830, Estados Unidos.

Se aplicó con bomba de mochila de acero inoxidable<sup>2</sup>, presurizada con CO<sub>2</sub>, un aguilón de 2 m de ancho con cuatro boquillas separadas 50 cm. Las boquillas eran de abanico plano modelo XR Teejet<sup>®</sup> 8003 VS<sup>3</sup>, se usó una presión de 30 psi y 250 L/ha de agua.

En los experimentos de los herbicidas Glifosato<sup>4</sup> y Fluazifop-p-butil<sup>5</sup> se seleccionó un campo sin cultivo e infestado con *Cynodon nlemfuensis* y con Bentazon<sup>6</sup> se usó la maleza *Melampodium divaricatum*.

Para evaluar el control de malezas se contó la población de malezas en el testigo absoluto (sin aplicación de herbicida) y en cada tratamiento. En cada unidad experimental se hicieron dos conteos al azar con un marco de madera de 0.5 × 0.5 m, los datos se anotaron como malezas/m<sup>2</sup>. La diferencia entre la cantidad de malezas en el testigo absoluto y la cantidad en los lotes aplicados fue expresada en porcentaje de control. En cada unidad experimental se eliminó 0.5 m de su periferia, con el objetivo de reducir el efecto de borde. Para Roundup Max<sup>®</sup> 68 SG y Fusilade 12.5 EC<sup>®</sup> la evaluación del control de malezas fue a los 30 días después de la aplicación, para Basagran 48 EC<sup>®</sup> fue a los 21 días después de la aplicación.

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial de dos dosis del herbicida y tres pH del agua de aplicación; los tratamientos tuvieron seis réplicas. Se utilizó el programa

estadístico Statistical Analysis System (SAS; 2001) para el análisis de los datos. Se realizó el análisis de varianza para el ajuste de los datos y la separación de medias Duncan a la probabilidad del 5% ( $\alpha=0.05$ ). Con el propósito de normalizar los datos, el porcentaje de control se transformó con la función de arco seno, calculada con la fórmula:

$$x = \sin^{-1}(\sqrt{z}) \quad [1]$$

donde x es el valor normalizado y z el porcentaje de control obtenido.

**Cuadro 1.** pH del agua usada para aplicar los herbicidas y dosis de herbicidas utilizados.

pH del agua	Glifosato (kg a.e./ha)	Fluazifop-p-butyl (g i.a./ha)	Bentazon (kg i.a./ha)
4.5	2.50	210	1.12
	1.87	160	0.84
6.5	2.50	210	1.12
	1.87	160	0.84
8.5	2.50	210	1.12
	1.87	160	0.84

## Resultados y Discusión

**Evaluación de Roundup Max 68 SG<sup>®</sup>.** No hubo diferencia estadística del control de la estrella africana al variar el pH del agua (Cuadro 2). Esto indica que con la formulación Roundup Max 68SG<sup>®</sup> el uso de modificadores del pH del agua no es necesario. El usar modificadores de pH no aumentaría el control de malezas, por lo tanto, no se debe usar ya que aumentaría los costos de la aplicación, pero no aumentaría el control de malezas. Además, ni siquiera la etiqueta Roundup Max 68SG<sup>®</sup> indica que se debe ajustar el pH del agua.

Lo anterior puede deberse a que al agregar Roundup Max 68SG<sup>®</sup> el pH del agua cambia. El pH del agua usada para aplicar el herbicida cambió de 4.5, 6.5 y 8.5 a 4.03, 4.05 y 4.13, respectivamente, al

<sup>2</sup> Mochila modelo T, equipada con contenedor de acero inoxidable de 11.35 L, cilindro de aluminio de CO<sub>2</sub> de 2.27 kg, regulador de presión y aguilón para cuatro boquillas. Fabricado por Bellspray, Inc.; P.O. Box 269, Opelousas, LA 70571-0269, Estados Unidos.

<sup>3</sup> Fabricado por Spraying Systems Co.; North Ave. & Schmale Rd. PO Box 7900 Wheaton IL, 60189, Estados Unidos.

<sup>4</sup> N-(fosfonometil)glicina, sal monoamónica de glifosato, Roundup Max<sup>®</sup> 68 SG. Formulado por Monsanto.

<sup>5</sup> R)-2-[4-[[5-(trifluorometil)-2-piridinil]oxi]fenoxi] ácido propanoico, Fluazifop-p-butil ester, Fusilade 12.5 EC<sup>®</sup>. Formulado por Syngenta Crop Protection, Inc.; P.O. Box 18300, Greensboro, NC, 27419-8300, Estados Unidos.

<sup>6</sup> 3-(1-metiletil)-(1H)-2,1,3-benzotiadiazin-4(3H)-1,2,2-dioxido, sal sódica de Bentazon, Basagran 48 EC<sup>®</sup> elaborado por BASF Corporation; 26 Davis Drive, Research Triangle Park, NC 27709, Estados Unidos.

agregar Roundup Max 68SG<sup>®</sup>, lo cual indica que la formulación Roundup Max 68SG<sup>®</sup> tiene la propiedad de ajustar el pH del agua a alrededor de 4.1 (Cuadro 2).

Se ha determinado que al incorporar Glifosato al agua la mezcla se acidifica (Stahlman 1979), y además, que al incrementarse el pH del agua hasta alcanzar un pH neutro no interfiere con la actividad herbicida de Glifosato. Incrementando el pH del agua de 7 a 9, el efecto fitotóxico de Glifosato es reducido (Buhler 1983). Se ha reportado que el pH óptimo para este herbicida es de 3.50-6.00 (Reeves s.f.) y por consiguiente, no es necesario ajustar el pH del agua cuando se aplica Glifosato con la formulación de Roundup Max 68SG<sup>®</sup>, ya que ésta mantiene la solución de aplicación a un pH ácido ideal para la eficacia del herbicida (Kogan 2002).

No hubo diferencia en el control de la estrella africana al bajar la dosis del herbicida de 2.50 a 1.87 kg a.e./ha, equivalente a 75% de la dosis recomendada por el fabricante (Cuadro 2). Esto indica que se puede bajar la dosis del herbicida, tener el mismo control y ahorrar dinero.

**Cuadro 2.** Porcentaje de control de la maleza estrella africana (*Cynodonn nlemfuensis*) a los 30 días después de la aplicación de Glifosato (Roundup Max 68 SG<sup>®</sup>) y cambios en el pH del agua al agregar el herbicida.

Tratamientos	Control (%)	pH después de agregar Roundup Max 68 SG <sup>®</sup>
<u>pH del agua</u>		
4.5 (ácido)	69	4.03
6.5 (neutro)	71	4.05
8.5 (alcalino)	68	4.13
<u>Dosis (kg a.e./ha)</u>		
1.87	69	4.08
2.50	70	4.05

**Evaluación de Fusilade 12.5 EC<sup>®</sup>.** El cambio en pH del agua no redujo el control de la estrella africana al usar la dosis recomendada por el fabricante del herbicida. Esto indica que no hay que modificar el pH del agua si está en el rango usado en este experimento. A diferencia de Roundup Max 68 SG<sup>®</sup>, la formulación Fusilade 12.5 EC<sup>®</sup> no alteró tanto el pH del agua de aplicación al agregarle el herbicida (Cuadro 3).

No hubo diferencia en el control cuando se usó la dosis recomendada. Esto indica que siguiendo las instrucciones de la etiqueta de Fusilade 12.5 EC<sup>®</sup> de usar la dosis recomendada, no es necesario usar ajustadores de pH. Fusilade 12.5 EC<sup>®</sup> tiene una vida media de 455, 147 y 17 días en pH de 4.5, 7.0 y 9.0, respectivamente (Deer y Beard 2001), lo que explica que no se observen diferencias al usar la dosis recomendada.

El uso de agua con pH de 8.5 y dosis de 160 g i.a./ha (75% de la dosis recomendada) el control de *Cynodon nlemfuensis* fue estadísticamente menor al resto de los tratamientos (Cuadro 3). Esto indica que no es posible bajar la dosis del herbicida al 75% de la recomendada por el fabricante ya que el control de maleza es menor.

**Cuadro 3.** Porcentaje de control de la maleza estrella africana (*Cynodonn nlemfuensis*) a los 30 días después de la aplicación de Fluazifop-p-butyl (Fusilade 12.5 EC<sup>®</sup>) y cambios en el pH del agua al agregar el herbicida.

pH del agua	Ingrediente activo (g/ha)	Control (%)	pH después de agregar Fusilade 12.5 EC <sup>®</sup>
4.5 (ácido)	210	66 a <sup>1</sup>	4.40
	160	67 a	4.40
6.5 (neutro)	210	65 a	6.38
	160	69 a	6.20
8.5 (alcalino)	210	66 a	8.00
	160	56 b	8.30

<sup>§</sup> Datos en la columna con la mismas letra no son diferentes a un  $\alpha=0.05$ .

**Evaluación de Basagran 48 EC<sup>®</sup>.** El uso de modificadores de pH no aumentó el control de malezas al usar la dosis recomendada por el fabricante para el control de *M. divaricatum*, con los tres pH el control fue 90%. Hubo una reducción en el control al acidificar el agua a pH de 4.5, pero solamente cuando se redujo la dosis a 75% de la recomendada por el fabricante (Cuadro 4). Contrario a las formulaciones de Roundup Max 68 SG<sup>®</sup> y Fusilade 12.5 EC<sup>®</sup>, al añadir la formulación de Basagran 48 SL<sup>®</sup> se incrementó ligeramente el pH del agua de aplicación (Cuadro 4). La reducción en el control de *M. divaricatum* es atribuida a la reducción en la dosis y no a la acidificación del agua, ya que al usar la dosis recomendada no hubo reducción en el control.

**Cuadro 4.** Porcentaje de control de Bentazon (Basagran 48 SL<sup>®</sup>) sobre la maleza *Melampodium divaricatum* a los 21 días después de la aplicación. y cambios en el pH del agua al agregar el herbicida.

pH del agua	Ingrediente		pH después de agregar
	activo (kg/ha)	Control (%)	
4.5 (ácido)	1.12	90 a <sup>1</sup>	5.20
	0.84	80 b	5.20
6.5 (neutro)	1.12	90 a	6.60
	0.84	90 a	6.82
8.5 (alcalino)	1.12	90 a	8.61
	0.84	87 ab	8.65

<sup>§</sup> Datos en la columna con la mismas letra no son diferentes a un  $\alpha=0.05$ .

### Conclusiones

En esta investigación, el pH del agua no afectó la efectividad de los herbicidas Roundup Max 68 SG<sup>®</sup>, Fusilade 12.5 EC<sup>®</sup> ni Basagran 48 SL<sup>®</sup>.

La formulación de los herbicidas cambian el pH del agua, como la formulación de Roundup Max 68 SG<sup>®</sup>, que modifica el pH sin importar si ésta es ácida, neutra o alcalina. La formulación Fusilade 12.5 EC<sup>®</sup>, los cambios observados fueron mínimos, es decir baja

moderadamente el pH del agua, sin embargo estos cambios no afectaron la efectividad del herbicida. Un caso contrario fue la formulación de Basagran 48 SL<sup>®</sup>, ya que elevó ligeramente el pH del agua, sin embargo no es antagonista a la acción herbicida de Bentazon.

### Literatura Citada

- Buhler, D.D. y Burnside, O.C. 1983. Effect of water quality, carrier volume, and acid on glyphosate phytotoxicity. *Weed Science* 31:163-169.
- Deer, H.M. y Beard, R. 2001. Effect of water pH on the chemical stability of pesticides. *Pesticides Facts Sheets*, July 2001, Utah State University Extension. 3 p.
- Kogan, M. 2002. Programa para el control de la chufa en huertos frutales. *Agronomía y Forestal UC*. Santiago, Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. no. 17:13-16 p.
- Green, J.M. y W.R. Cahill. 2003. Enhancing the biological activity of Nicosulfuron with pH adjuster. *Weed Technology* 17:338-345.
- Green, J.M. y T. Hale. 2005. Increasing and decreasing pH to enhance the biological activity of nicosulfuron. *Weed Technology* 19:468-475.
- Liu, Z. 2002. Lower formulation pH does not enhance Bentazone uptake into plant foliage. *Plant Protection Chemistry*. Nueva Zelanda. 6 p.
- McMullan, P.M. 2000. Utility adjuvants. *Weed Technology* 14:792-797.
- Reeves, P. s.f. Water effects on pesticide performance (en línea). Montana State University Academic Press. Consultado 4 ago. 2005. Disponible en: [http://pesticides.montana.edu/Present/Aquatic/WaterQual\\_PestPerform.pdf](http://pesticides.montana.edu/Present/Aquatic/WaterQual_PestPerform.pdf)
- Seaman, A.J. y Riedl, H. 1986. Preventing decomposition of agricultural chemicals by alkaline hydrolysis in the spray tank. *New York's Food and Life Science Bulletin*. no. 118. 7 p.
- Stahlman, P.W. y Phillips, W.M. 1979. Effects of water quality and spray volume on glyphosate phytotoxicity. *Weed Science* 27(1):38-41.
- Sterling, T., Balke, N. y Silverman, D. 1990. Uptake and accumulation of the herbicide Bentazon by cultured plant cells. *Plant Physiology* 92(4):1121-1127.
- SAS. 2001. SAS procedures guide, version 8. Cary, North Carolina, USA: SAS Institute, Inc.
- Wilbur-Ellis Company. s.f. Tri-fol acidifier and buffering agent. s.n.t. 1 p.