

# **Antagonismo de Glifosato mezclado con Paraquat o Glufosinato de amonio**

**Jorge Luis Caballero Morales**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2013



ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

# **Antagonismo de Glifosato mezclado con Paraquat o Glufosinato de amonio**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado  
Académico de Licenciatura

Presentado por

**Jorge Luis Caballero Morales**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2013

# **Antagonismo de Glifosato mezclado con Paraquat o Glufosinato de amonio**

Presentado por:

Jorge Luis Caballero Morales

Aprobado:

---

Abelino Pitty, Ph.D.  
Asesor principal

---

Renán Pineda, Ph.D.  
Director  
Departamento de Ciencia y Producción  
Agropecuaria

---

Ulises Barahona, Ing.  
Asesor

---

Raúl Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

## Antagonismo de Glifosato mezclado con Paraquat o Glufosinato de amonio

Jorge Luis Caballero Morales

**Resumen:** Algunos agricultores tienen el concepto de que la mezcla de Glifosato, herbicida sistémico, con Paraquat o Glufosinato de amonio, herbicidas de contacto, controlan mejor las malezas. Por tal razón, el objetivo fue determinar si existe un mejor control mezclando Glifosato + Paraquat o Glifosato + Glufosinato de amonio. Se realizaron tres experimentos con las malezas *Panicum maximum*, *Cynodon nlemfluensis* y *Cyperus rotundus*. Se evaluó la efectividad en el control de malezas aplicándolo mezclado con Paraquat o con Glufosinato de amonio. Se utilizó la dosis recomendada de Glifosato, Paraquat y Glufosinato de amonio de 1068, 200 y 150 g/ha de ingrediente activo por hectárea, respectivamente. Con *Panicum maximum*, los herbicidas fueron aplicados con una bomba de mochila a una presión de 1.5 bares (21 psi), se utilizó una boquilla cónica regulable y se aplicaron 500 L/ha. Con *Cynodon nlemfluensis* y *Cyperus rotundus* se aplicó con una bomba de mochila modelo T equipada con un tanque de acero inoxidable presurizado con CO<sub>2</sub>, una presión de 30 psi, boquillas Teejet® XR8003VS de abanico plano de amplio espectro y 250 L de solución por hectárea. En los tres experimentos, a la primera semana hubo mayor control con Glifosato + Paraquat y Glifosato + Glufosinato que con Glifosato solo. Sin embargo, a los 28 días después de aplicado, las mezclas de Glifosato + Paraquat y Glifosato + Glufosinato tenían menos control comparado con Glifosato solo, lo que indica un antagonismo. En *Cynodon nlemfluensis*, a los 28 días después de la aplicación de Glifosato + Paraquat, Glifosato + Glufosinato y Glifosato el control fue 10, 50 y 9% de mortalidad, respectivamente; en *Panicum maximum* fue de 0, 1 y 37%, respectivamente. La aplicación de Glifosato tuvo más control, lo que indica un antagonismo y se atribuye a que el Paraquat y Glufosinato son herbicidas de contacto que matan las células rápidamente y no permiten la translocación del Glifosato al sistema radical. Con Glifosato + Glufosinato en las malezas *Panicum maximum* y *Cynodon nlemfluensis*, hubo menos control que con Glifosato solo, pero con *Cyperus rotundus* no hubo diferencia a los 24 ni 28 días después de la aplicación; esto se atribuye a que las malezas *Panicum maximum* y *Cynodon nlemfluensis* ya estaban bien establecidas con un sistema radical grande, pero el *Cyperus rotundus* había sido establecido tres semanas antes de la aplicación y no tenía un sistema radical grande y no pudo rebrotar.

**Palabras clave:** Aminoácidos aromáticos, herbicida de contacto, herbicida sistémico.

**Abstract:** Some farmers have the concept that mixing Glyphosate, systemic herbicide with Paraquat or Glufosinate ammonium, contact herbicides, better weed control. For this reason, the objective was to determine if there is a better control mixing Paraquat or Glufosinate ammonium with Glyphosate. Three experiments were performed with three types of weeds *Panicum maximum*, *Cynodon nlemfluensis* and *Cyperus rotundus*. It was assessed the effectiveness on weed control by applying a combination with Paraquat or Glufosinate ammonium. It was used the recommended dosage Glyphosate, Paraquat, Glufosinate ammonium 1068, 200 and 150 g / ha of active ingredient respectively. In the experiment of *Panicum maximum* herbicides were applied with a knapsack a pressure of 1.5 bar (21 psi), a conical adjustable nozzle was used for solution of 500 L / ha. In the other two experiments *Cynodon nlemfluensis* and *Cyperus rotundus* was applied with a knapsack model T Stainless steel equipped with a tank pressurized with CO<sub>2</sub>, a pressure of 30 PSI, Teejet ® nozzles flat fan XR8003VS broad spectrum and 250 L of solution per hectare. In the three experiments, in the first week it was better control with Glyphosate + Paraquat and Glyphosate + Glufosinate compare to Glyphosate, which indicate synergism. However, 28 after application the mixtures of Glyphosate + Paraquat and Glyphosate + Glufosinate it had less control compare to only Glyphosate, indicating antagonism. En *Cynodon nlemfluensis*, 28 (days after treatment [DAT]) of Glyphosate + Paraquat, Glyphosate + Glufosinate and Glyphosate the control was 10, 50 and 9% of mortality, respectively; in *Panicum maximum* was 0, 1 and 37%, respectively. The Glyphosate application had a better control, antagonism attributed to Paraquat and Glufosinate are contact herbicides that kill rapidly cells and don't allow the translocation of Glyphosate to the roots systems. With Glyphosate + Glufosinate in *Panicum maximum* and *Cynodon nlemfluensis*, it was less control than only Glyphosate, but with *Cyperus rotundus* it wasn't differences between 24 and 28 DAT; this is attributed that because the weeds *Panicum maximum* and *Cynodon nlemfluensis* were already established with a big root system, but the *Cyperus rotundus* had been established three weeks before applications and it hadn't a big root system and could not regrowth.

**Key words:** Aromatic amino acids, herbicide contact, systemic herbicide.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros y figuras .....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>7</b>
<b>4. DISCUSIONES.....</b>	<b>12</b>
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>15</b>
<b>6. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>16</b>
<b>7. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>17</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

### Cuadros Página

1. Dosis e ingrediente activo por hectárea de Glifosato, Paraquat y Glufosinato de amonio. .... 5

### Figuras Página

1. Colocación de los tubérculos de *Cyperus rotundus* en las bandejas, la de la izquierda tenía tubérculos de 0.82 g (64 tubérculos por bandeja) y la de la derecha 0.44 g (132 tubérculos por bandeja). .... 4
2. Llenado de las bandejas con tierra después de colocar los tubérculos de *Cyperus rotundus*. .... 5
3. Porcentaje del control en el pasto guinea (*Panicum maximum*) con las mezclas: Glifosato + Glufosinato, Glifosato + Paraquat y Glifosato. .... 6
4. Fotos tomadas a los 20 y 36 días después de la aplicación (dda). A los 20 dda todos los lotes están quemados uniformemente. A los 36 dda el más quemado es el aplicado con Glifosato, los aplicados con Glifosato + Paraquat y Glifosato + Glufosinato han rebrotado. .... 7
5. Porcentaje de control en la maleza *Cynodon nlemfluensis* con las mezclas de Glifosato + Glufosinato, Glifosato + Paraquat y Glifosato. .... 8
6. Porcentaje del control de la maleza coyolillo (*Cyperus rotundus*) con las mezclas de Glifosato + Glufosinato y Glifosato + Paraquat, y solamente el Glifosato. .... 9
7. Secuencia del daño en el coyolillo (*Cyperus rotundus*). Para todas las fotos, de izquierda a derecha el testigo sin aplicación de herbicida (T), Glifosato (G), Glifosato + Glufosinato de Amonio (G + G) y Glifosato + Paraquat (G + P). .... 10



# 1. INTRODUCCIÓN

Los herbicidas son un insumo importante para la producción agrícola. Sin embargo, la efectividad del uso está fuertemente influenciada por técnicas pobres o inadecuadas de aplicación, las que pueden conducir también a problemas ambientales y de salud, para animales y humanos; además del alto costo de estos. Por lo tanto, se debe ser eficiente al momento de aplicarlos evitando pérdidas (Thornhill y Matthews 1994).

Los herbicidas son clasificados de varias maneras, una clasificación los coloca como herbicidas de contacto y sistémicos. Los herbicidas de contacto son aquellos que matan las partes de las plantas con las cuales entran en contacto, por lo general, el efecto que ocasionan es agudo, y la planta muere rápidamente poco después de ser aplicada. Los herbicidas sistémicos poseen movimiento (translocación) y ejercen su acción en puntos distantes de donde fueron aplicados (Gómez 1993).

Paraquat es un herbicida de contacto no selectivo. Controla malezas de hojas anchas y angostas, anuales y acuáticas (Gómez 1993). Actúa destruyendo las membranas celulares ya que sus moléculas son aceptores de electrones en la fotosíntesis, además son fotodinámicas, o sea que convierten oxígeno a oxígeno singulete cuando se excitan por la absorción de luz (Pitty 1995). Este herbicida se absorbe rápidamente por el follaje y no tienen actividad biológica al caer al suelo.

Casi no hay translocación cuando hay luz, ya que el daño a las células es casi inmediato. Sin embargo, cantidades pequeñas se translocan cuando hay un periodo de oscuridad después de la aplicación del herbicida (Pitty 1995). No actúa sobre partes vegetales sin clorofila, por lo que no afecta los troncos de los frutales o forestales establecidos, cuya corteza sea marrón sin clorofila (Gómez 1993).

Glufosinato es un herbicida no selectivo que inhibe la actividad de glutamina sintetasa, causando acumulación de amonio en la planta lo que destruye las células, al mismo tiempo que inhibe reacciones en el fotosistema I y II (Bethke *et al.* 2013). Es rápidamente degradado por organismos del suelo y su vida en el suelo es corta (7 días). A pesar de su alto potencial de lixiviación, no ha sido encontrado a profundidades mayores a 15 cm. Los síntomas son marchitamiento y clorosis después de 3-5 días de la aplicación y necrosis entre la primera y segunda semana luego de la aplicación (WSSA 2007).

Glifosato es un herbicida que Inhibe la producción de aminoácidos aromáticos, eventualmente esto resulta en el agotamiento de los aminoácidos, lo que causa un cese de los procesos como la síntesis de proteínas que dependen de los aminoácidos. Glifosato es

el único herbicida desarrollado que bloquea la producción de aminoácidos aromáticos, producidos por la vía biosintética del shikimato (Pitty, 1995).

El resultado de la combinación de dos herbicidas puede ser de antagonismo, sinergismo o efecto neutro (Bethke *et al.* 2013, Wehtje 2008). Esos resultados son consecuencia de las interacciones químicas, fisiológicas o cinéticas (absorción, translocación o metabolismo) entre los herbicidas. Antagonismo es el nombre dado a la interacción negativa entre dos o más compuestos. Sinergismo es el efecto añadido o potencializado de los herbicidas mezclados (Kruse *et al.* 2006). Para evaluar el antagonismo o sinergismo entre compuestos, ellos deben ser empleados en dosis bajas, siendo muy utilizado el método de Limpel (1962), que fue adaptado y popularizado por Colby (1967).

Investigadores han encontrado que herbicidas aplicados en combinaciones pueden proveer mejor control que aplicaciones de un solo herbicida (Isaacs *et al.* 2006; Gonzini *et al.* 1999, Bethke *et al.* 2013). La adición de 2,4-D con cualquier tasa de Glufosinato incrementa el control en *Amaranthus rudis* en comparación con aplicaciones secuenciales de Glufosinato solo, independientemente del tiempo de aplicación (Craigmyle *et al.* 2013). Otros autores han reportado también en *Digitaria sanguinalis* y *Echinochloa cruz-galli* que el control de Glufosinato se reduce con la adición de 2,4-D, lo que indica cierta tendencia hacia el antagonismo de estos dos ingredientes activos en gramíneas (Young 1996). Glifosato se ha reportado que tiene antagonismo cuando se mezcla con Atrazina, 2,4-D, Dicamba, Simazina, Linuron, Cianazina y Metribuzina, (Hatzios y Penner 1985).

Algunas formulaciones que son listas para usar y que son destinadas para el uso en el jardín del hogar contienen dosis de Glifosato y herbicidas de contacto como Diquat (Wehtje *et al.* 2008). El Diquat acelera la necrosis de las malezas aplicadas, comparado con una aplicación de Glifosato solamente, lo que es una satisfacción para el usuario. Se ha demostrado que al inicio hay un mayor control, pero a la larga se presenta un antagonismo que ha sido atribuido a una translocación reducida en el Glifosato absorbido (Wehtje *et al.* 2008).

El Dr. Abelino Pitty<sup>1</sup>, ha escuchado de agricultores y técnicos que muchas personas mezclan Paraquat con Glifosato o 2,4-D con aceite quemado y que obtienen más control de maleza. Sin embargo, esto no parece tener lógica ya que el Paraquat y el aceite dañan las membranas celulares y evitaría el movimiento del Glifosato y 2,4-D en la planta, ambos son herbicidas sistémicos. De esto surgió la idea para esta tesis.

El objetivo del estudio fue determinar si hay antagonismo o sinergismo al mezclar en el tanque Glifosato, un herbicida sistémico, con Paraquat o Glufosinato, herbicidas de contacto.

---

<sup>1</sup> Pitty, A. 2013. Mezclas de herbicidas sistémicos con herbicidas de contacto. Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. Comunicación personal.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Todos los experimentos se hicieron en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Departamento de Francisco Morazán, Honduras. El lugar está situado a 800 msnm, la precipitación promedio anual es de 1100 mm y la temperatura promedio anual es de 24°C.

En los tres experimentos, la evaluación del control de maleza se hizo con observaciones visuales de los daños de los herbicidas sobre las malezas. Dos personas hicieron la evaluación y se tomó el promedio de los dos evaluadores como el control para el lote, las evaluaciones fueron cada cuatro días. El sistema es empleado para una acumulación rápida de datos; el rango de la evaluación va de 0 a 100% de control, donde 0% es ningún control y 100% es un control total (Truelove 1977).

En todos los experimentos se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) y se analizó la variable porcentaje de control utilizando un análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias Duncan. Se usó el SAS (Statistical Analysis System) para el análisis estadístico utilizando una probabilidad de 5%. El testigo sin aplicación de herbicida no se usó en el análisis estadístico, solamente para la evaluación del control de malezas.

**Experimento con el pasto guinea (*Panicum maximum*).** Se realizó en agosto de 2012. Los lotes eran de 4 × 10 m y se establecieron en una plantación de pino. Aquí había una población uniforme de pasto guinea, una planta perenne, las plantas eran de unos 75 cm de altura. Los herbicidas aplicados fueron Glifosato, y las mezcla de Glifosato + Paraquat y Glifosato + Glufosinato (Cuadro 1). Se aplicó con una bomba de mochila marca Matabi súper agro-16<sup>2</sup> con una capacidad de 16.8 litros y a una presión de 1.5 bares (21 psi), se utilizó la boquilla cónica regulable que viene con el equipo y se ajustó para que aplicara gotas finas. La cantidad del producto comercial por hectárea fue calculada para aplicarla en 500 L/ha de agua, el agua usada fue del sistema de agua potable de la Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.

---

<sup>2</sup> Fabricada por Goizper S. Coop., Bergara, Guipuzcoa, España.

**Experimento con la estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*).** Se realizó de mayo a junio de 2013. Se establecieron lotes de 5 × 10 m en un lote que tenía una cobertura uniforme del pasto estrella africana, una planta perenne. Se aplicó con una bomba de mochila modelo T, de acero inoxidable<sup>3</sup>, presurizada con CO<sub>2</sub> a una presión de 30 psi, un aguilón de 2 m de ancho con cuatro boquillas tipo abanico plano XR 8003<sup>4</sup>. Los tratamientos fueron los mismos usados en el experimento con pasto guinea (Cuadro 1), pero para todos los cálculos se tomó en consideración 250 L de agua por hectárea, en vez de 500 L/ha como en el experimento con el pasto guinea.

**Experimento con el coyolillo (*Cyperus rotundus*).** Se realizó de mayo a julio de 2013. Los tubérculos del coyolillo se sacaron a mano de un lote infestado con esta maleza. Los tubérculos fueron limpiados con agua y se recortaron las raíces. Los tubérculos fueron clasificados según su peso en dos categorías, los de tamaño grande pesaban en promedio 0.82 g y los pequeños 0.44 g. Los tubérculos se colocaron en bandejas de plástico de 35 × 35 × 13 cm (Figura 1), las bandejas estaban llenas con suelo hasta los 3 cm del borde, luego de colocar los tubérculos se cubrieron con 2.5 cm de suelo (Figura 2). Los tubérculos de 0.82 g fueron colocados a una densidad de 64 tubérculos por bandejas y los de 0.44 g fueron colocados a una densidad de 132 tubérculos por bandejas.



Figura 1. Colocación de los tubérculos de *Cyperus rotundus* en las bandejas, la de la izquierda tenía tubérculos de 0.82 g (64 tubérculos por bandeja) y la de la derecha 0.44 g (132 tubérculos por bandeja).

---

<sup>3</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>4</sup> Fabricada por Spraying Systems Co.; North Ave. & Schmale Rd. PO Box 7900 Wheaton IL, 60189, Estados Unidos.

Las bandejas se regaron diariamente y a las 3 semanas después de la siembra y antes de la aplicación de los herbicidas, las bandejas se distribuyeron en los tratamientos de acuerdo al crecimiento del coyolillo. Esta distribución fue para asegurar que los tratamientos tuvieran plantas con un crecimiento uniforme.

Se aplicó con la misma bomba de mochila, boquilla y presión usada en el experimento con la maleza estrella africana. Para todos los cálculos se tomó en consideración 250 L de solución por hectárea, los tratamientos fueron los mismos usados en el experimento con la maleza pasto guinea (Cuadro 1).

Cuadro 1. Dosis del ingrediente activo y el producto comercial por hectárea de Glifosato, Paraquat y Glufosinato de amonio usadas en los tres experimentos.

Tratamientos	Cantidad de herbicida	
	Ingrediente activo (g/ha)	Producto comercial (L/ha)
Glifosato <sup>§</sup>	1068	3.0
Glifosato + Paraquat <sup>¥</sup>	1068 + 200	3.0 + 1.0
Glifosato + Glufosinato de Amonio <sup>¶</sup>	1068 + 150	3.0 + 1.0
Testigo sin herbicida		

<sup>§</sup> Formulación Rimaxato 35,6 SL, fabricado por Agroquímica Industrial Rimac.

<sup>¥</sup> Formulación Paraquat Criollo 20 SL, fabricado por Westrade Guatemala, S.A.

<sup>¶</sup> Formulación Basta 15 SL, Fabricado por Bayer S.A.



Figura 2. Llenado de las bandejas con tierra después de colocar los tubérculos de *Cyperus rotundus*.

### 3. RESULTADOS

**Experimento con el pasto guinea (*Panicum maximum*).** A los 4 días después de la aplicación (dda) el Glifosato no había causado daño visible a la maleza (0%), pero Glifosato + Glufosinato tenía un daño de 40% y el Glifosato + Paraquat 95% (Figura 3). El control con Glifosato aumentó continuamente hasta los 28 dda, el control con Glifosato + Glufosinato aumentó hasta los 20 dda y después se redujo y el control con Glifosato + Paraquat se redujo continuamente desde los 4 dda hasta llegar a 10% a los 28 dda (Figura 3).

Las mezclas de Glifosato + Glufosinato y Glifosato + Paraquat fueron menos efectivas que el Glifosato en todas las evaluaciones después de los 12 dda. La diferencia en el control al final del experimento (28dda) con solamente Glifosato, fue de 45% con el Glifosato + Glufosinato y 85% con Glifosato + Paraquat (Figura 3). El Glifosato mezclado con Paraquat o Glufosinato fue menos efectivo que aplicado solo.

La diferencia en el control se debió a la regeneración de nuevas hojas y brotes de la maleza cuando el Glifosato fue mezclado con Glufosinato o Paraquat (Figura 4). A los 20 dda no se notaba mucha diferencia entre los tratamiento, pero a los 36 dda el Glifosato tiene una necrosis total, pero al mezclarlo con Paraquat y Glufosinato ya hay rebrotes. Hubo más rebrotes al añadir Paraquat al Glifosato (Figura 4). Hubo menos rebrote al aplicar Glifosato sin añadir Paraquat o Glufosinato.

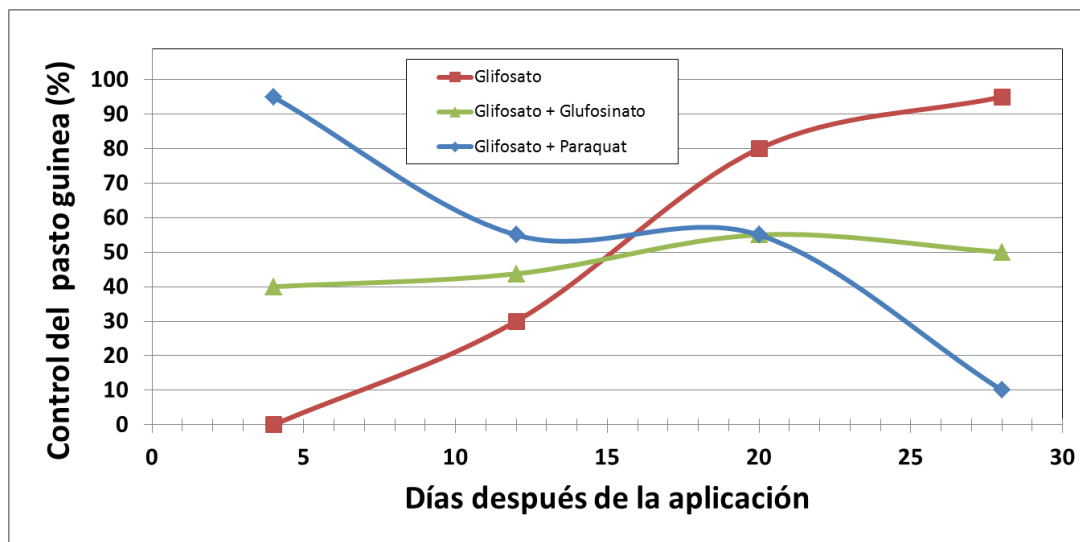


Figura 3 Porcentaje del control en el pasto guinea (*Panicum maximum*) con las mezclas: Glifosato + Glufosinato, Glifosato + Paraquat y Glifosato.





Figura 4. Fotos tomadas a los 20 y 36 días después de la aplicación (dda). A los 20 dda todos los lotes están quemados uniformemente. A los 36 dda el más quemado es el aplicado con Glifosato, los aplicados con Glifosato + Paraquat y Glifosato + Glufosinato han rebrotado.

**Experimento con la Estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*).** A los 4 dda hubo la misma respuesta que con el pasto guinea, el Glifosato no tenía daño (0%), Glifosato + Glufosinato tenía un daño de 25% y el Glifosato + Paraquat tenía 74%, el mayor daño (Figura 5). El control con Glifosato aumentó a los 12 días, pero bajó en las evaluaciones en los días 20 y 28 dda; igual comportamiento tuvo el Glifosato + Glufosinato, pero con menor control que con el Glifosato. Contrario a los dos tratamientos anteriores, el control con Glifosato + Paraquat bajó continuamente hasta tener 0% a los 20 y 28 dda.

A los 28 dda las mezcla de Glifosato + Glufosinato y Glifosato + Paraquat tenía menor control que el Glifosato, el control era de 13, 0 y 37%, respectivamente. La reducción en el control de *Cynodon nlemfluensis* mezclando Glifosato con Paraquat y Glufosinato se debió a un rebrote de la maleza. El mayor control fue con Glifosato (Figura 5).

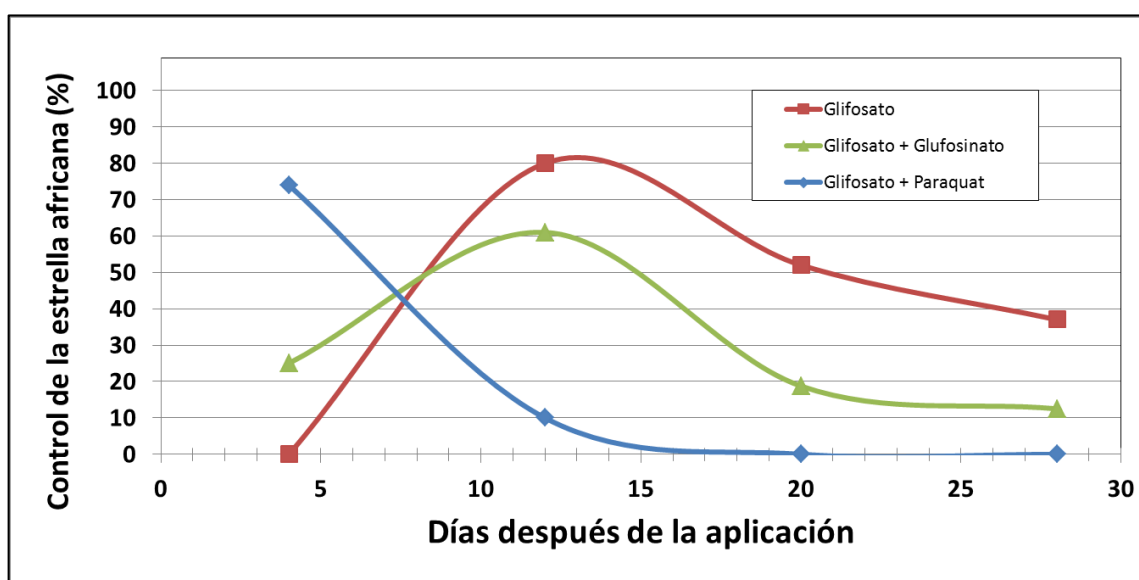


Figura 5. Porcentaje de control en la maleza *Cynodon nlemfluensis* con las mezclas de Glifosato + Glufosinato, Glifosato + Paraquat y Glifosato.

**Experimento con el coyolillo (*Cyperus rotundus*).** Las tendencias fueron similares que en los experimentos con pasto guinea y estrella africana (Figura 3 y 5). A los 4 dda el mayor control fue con Glifosato + Paraquat (85%), con Glifosato + Glufosinato fue 15% y con Glifosato fue 0% (Figura 6). El control con Glifosato aumentó continuamente hasta alcanzar 99% a los 28 dda. Con Glifosato + Glufosinato también aumentó continuamente hasta alcanzar 95% a los 28 dda, aunque a los 28 dda no hubo diferencia estadística entre ellos. Con la mezcla de Glifosato + Paraquat el control de *Cyperus rotundus* se redujo continuamente y a los 28 dda era de 43% (Figura 6).

Los dos herbicidas de contacto redujeron la efectividad del Glifosato a los 28 dda, la diferencia fue de 56% menos con el Paraquat + Glifosato comparados con un control de 99% con Glifosato. La reducción en el control de *Cyperus rotundus* mezclando Glifosato + Paraquat es también evidente, a los 20 dda, en los lotes que se asperjaron con Paraquat



+ Glifosato, hay regeneración de la maleza, sin embargo la mezcla de Glufosinato de Amonio + Glifosato no mostró diferencia significativa ( $P>0.05$ ), comparado con Glifosato. En este experimento la mezcla de glufosinato de amonio no tiene diferencia significativa comparada con Glifosato a los 28 dda.

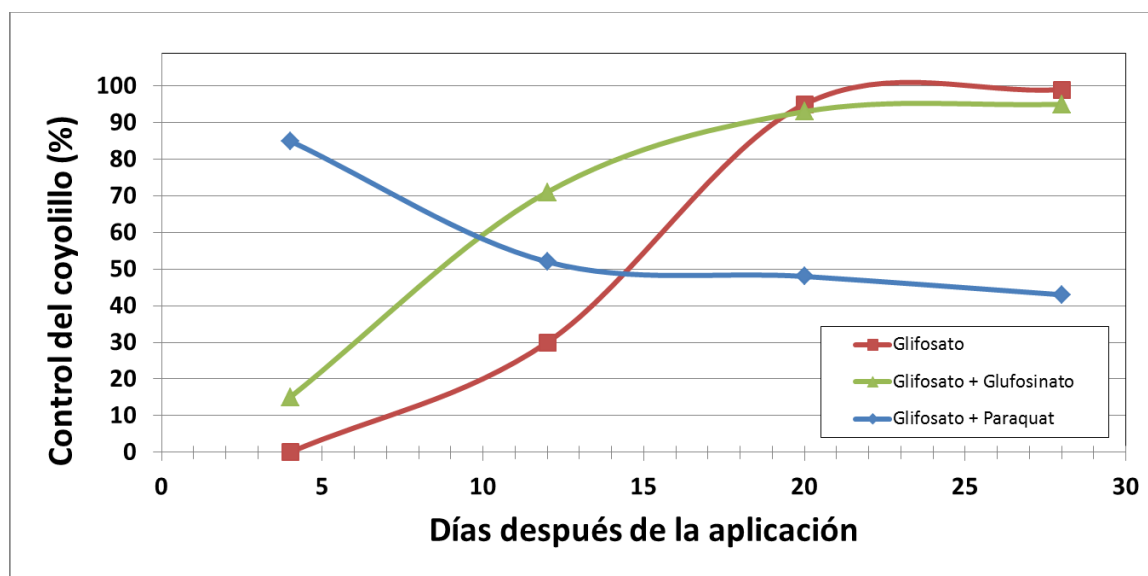


Figura 6. Porcentaje del control de la maleza coyolillo (*Cyperus rotundus*) con las mezclas de Glifosato + Glufosinato y Glifosato + Paraquat, y solamente el Glifosato.

Un día dda, solamente se observó daño donde se aplicó Glifosato + Paraquat, las hojas del coyolillo estaban acuosas, esto causó un pequeño cambio en la coloración de las hojas (Figura 7). En los demás tratamientos no se vio ningún daño. A los 3 días las plantas aplicadas con Glifosato + Paraquat estaban necróticas, las que recibieron Glifosato + Glufosinato están cloróticas, pero no hay una necrosis como cuando se aplicó Glifosato + Paraquat, las aplicadas con Glifosato todavía no muestran daño. A los 14 dda las plantas aplicadas con Glifosato + Paraquat están bastante necróticas, las aplicadas con Glifosato + Glufosinato y Glifosato están un poco menos necróticas (Figura 7).

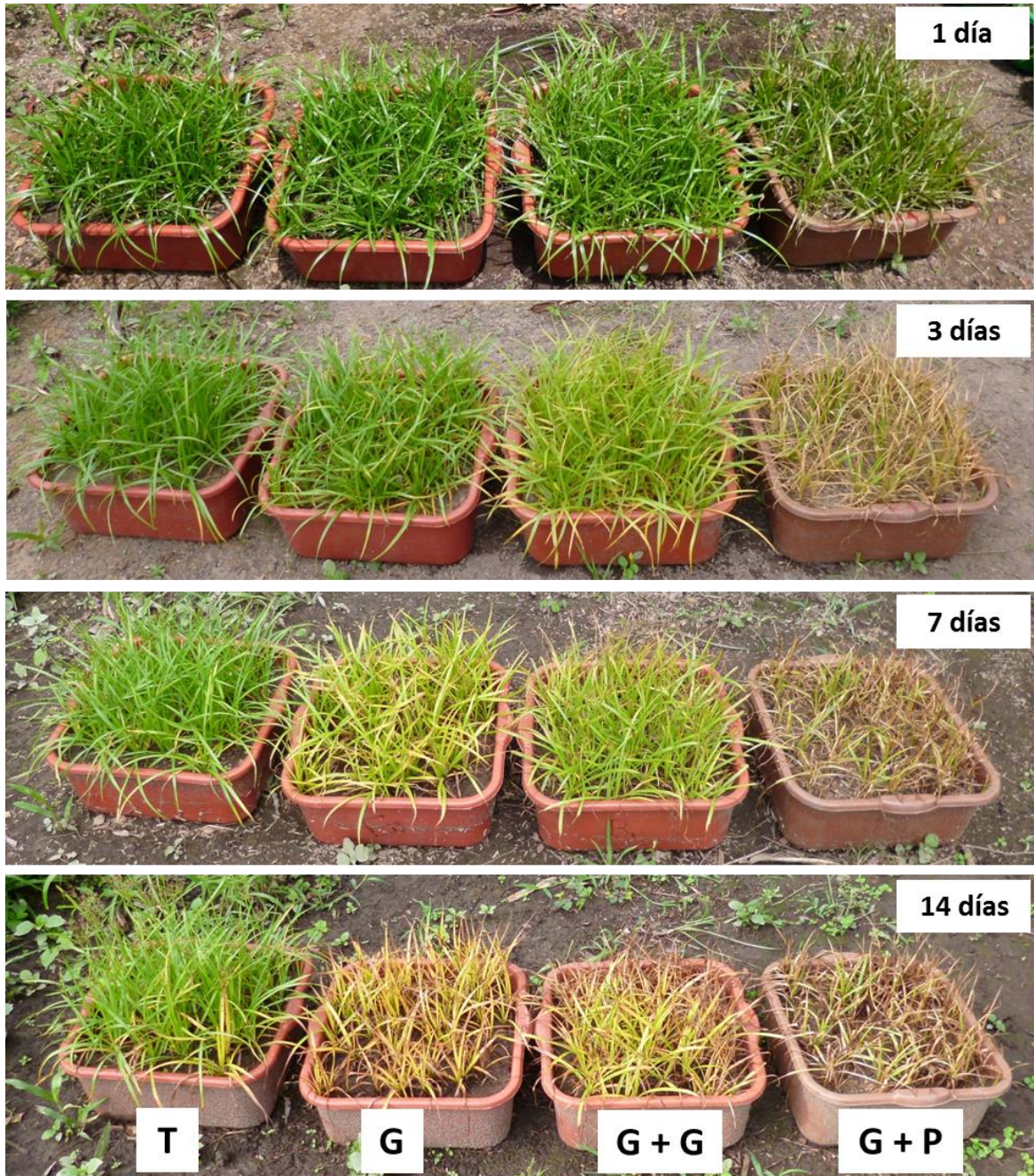


Figura 7. Secuencia del daño en el coyolillo (*Cyperus rotundus*). Para todas las fotos, de izquierda a derecha el testigo sin aplicación de herbicida (T), Glifosato (G), Glifosato + Glufosinato de Amonio (G + G) y Glifosato + Paraquat (G + P).

## 4. DISCUSIÓN

A los 28 dda, la mezcla en el tanque del herbicida sistémico Glifosato con los herbicidas de contacto Paraquat o Glufosinato fueron antagonistas y se redujo significativamente el control en *Panicum maximum*, *Cynodon nlemfluensis* y *Cyperus rotundus*. Aunque al inicio hubo mayor control y había más daño al mezclar Glifosato con Paraquat o Glufosinato (Figuras 3, 4, 5, 6 y 7). Esta respuesta de un sinergismo al inicio y antagonismo después de 4 semanas ha sido reportada en las malezas *Setaria faberi*, *Chenopodium album*, *Abutilon theophrasti* (Bethke *et al.* 2013) y *Phyllanthus tenellus* (Wehtje *et al.* 2008).

Ya que lo importante es la respuesta al final y no a la semana después de la aplicación, los tres experimentos concuerdan en que hay un antagonismo y no se debe mezclar el Glifosato con Paraquat o Glufosinato que son herbicidas quemantes o de contacto. La reducción en el control después de 4 semanas después de la aplicación se atribuye a una reducción de la penetración y movimiento del Glifosato en la planta debido al daño inmediato que causan el Paraquat y Glufosinato, ya que son herbicidas de contacto y de acción rápida (Wehtje 2008), además tienen poca movilidad dentro de la planta (Dupont 2013).

Existen algunos productos listos para usar de mezclas de glifosato en concentraciones de 18% con 0.73% de diquat y otras con 2% de triclopyr y 18% de glifosato que tienen una rápida acción sobre las plantas tratadas que es atribuida a la rápida destrucción de las membranas celulares con la acción del diquat o triclopyr. Estos productos listos para usar son usados para el control de malezas en los alrededores de las casas más no, para actividades agrícolas.

Paraquat mata a la planta porque inhibe la fotosíntesis al interceptar los electrones en el fotosistema I entre la ferredoxina y el  $\text{NADP}^+$  que es el aceptor final de los electrones. Cuando los electrones pasan al Paraquat, en vez del  $\text{NADP}^+$ , se forma un radical de Paraquat que reacciona inmediatamente con el oxígeno molecular y se produce el radical superóxido, radicales libre de hidroxilo y peróxido de hidrógeno, todos contribuyen a romper las membranas celulares porque dañan los lípidos que la forman (Pitty 1995, WSSA 2007). El rompimiento de las membranas celulares mata a las células y la planta.

La penetración del Paraquat a través de la superficie foliar ocurre casi de inmediato después de aplicarlo y su acción empieza de inmediato, si hay luz (Quintero Joseph 2013) ya que inhibe la fotosíntesis. El daño que causa Paraquat se observa pocos minutos después de aplicarlo y en unos 3 días hay una necrosis foliar completa (WSSA 2007), este daño a las membranas limita la movilidad del Glifosato porque las células mueren y es imprescindible que las células estén vivas para que haya translocación. La mezcla de

Paraquat con Glifosato causa antagonismo ya que reduce la cantidad de Glifosato que es absorbida y translocada en la planta, lo que reduciría el control.

Glufosinato mata a las plantas al interferir con la actividad de la enzima glutamina sintetasa, lo que causa acumulación de amonio en la planta. El amonio es dañino a las células, lo que causa la muerte de la planta. Tres reacciones subsecuentemente afectadas podrían causar la inhibición de la fotosíntesis (Sauer *et al.* 1987). En primer lugar, la inhibición de la biosíntesis de proteínas se produce debido a la falta de producción de glutamina. En segundo lugar, una acumulación tóxica de glioxilato se produce en el ciclo fotorrespiratorio, inhibe glioxilato RuBP-carboxilato y fija dióxido de carbono. Por último, una deficiencia de los productos intermedios del ciclo de Calvin se produce debido a la interrupción de la fotorrespiración (Sauer *et al.* 1987).

Los síntomas de las lesiones causadas por el Glufosinato incluyen una clorosis y marchitamiento en 3 a 5 días después de la aplicación (WSSA 2007), después hay una necrosis en 1-2 semanas y por último la muerte de las plantas (Bellinder *et al.* 1987). Los síntomas de daño causado por Glufosinato demoran más en aparecer que los síntomas que causa el Paraquat (WSSA 2007). Con ambos herbicidas, los síntomas aparecen más rápido con alta intensidad lumínica, alta humedad relativa y en el suelo (WSSA 2007).

Debido a la relativamente limitada translocación de Glufosinato en especies de malas hierbas, malezas perennes no son controlados efectivamente por Glufosinato. Glufosinato es pobremente transportado a las raíces y tallos subterráneos, incluso si el crecimiento superior se suprime, las plantas perennes son capaces de volver a crecer (Shelp *et al.* 1992).

El Glufosinato parece ser más móvil en el floema que en el xilema (Shelp *et al.* 1992). La translocación es limitada (Steckel *et al.* 1997) y la mayoría queda en las hojas tratadas y solamente 11% es translocado a las raíces (Steckel *et al.* 1997, Mersey *et al.* 1990, Haas y Muller 1987). Un diferencial en la tolerancia de especies de malezas aplicadas con Glufosinato puede atribuirse a una diferencia en la absorción y translocación entre las especies (Steckel *et al.* 1997, Mersey *et al.* 1990, Ridley y McNally 1985).

La absorción de Glifosato bajo condiciones favorables es caracterizada por una penetración inicial rápida, seguida por una larga fase de absorción lenta. La absorción depende de la edad del tejido, propiedades de la cutícula, las condiciones ambientales, la concentración de Glifosato usada, los adyuvantes usados y el método de aplicación (Caseley y Coupland 1985). Su absorción es usualmente incrementada por cualquier factor que eleve el potencial del agua de la planta tal como un aumento en la humedad del suelo o humedad relativa (Caseley y Coupland, 1985). La temperatura parece tener menos efecto sobre la absorción que otros factores ambientales (Franz *et al.* 1997).

Al final, en todos los experimentos, el mayor control fue con Glifosato, el más bajo fue con Glifosato + Paraquat y con Glifosato + Glufosinato fue intermedio (Figuras 3, 5 y 6). Esto se atribuye a que la movilidad del Glifosato en la planta depende del daño que causa un herbicida de contacto (Wehtje 2008). La translocación de Glifosato afuera de una hoja aplicada cuando fue mezclado con Diquat fue 6%, pero cuando el Glifosato fue aplicado

sin el Diquat, el 40% estaba en el resto de la planta, se había translocado de la hoja al resto de la planta (Wehtje 2008).

Aparentemente, la práctica de los agricultores de mezclar Glifosato con Paraquat o Glufosinato es porque observan una necrosis del follaje más rápido que aplicando solamente Glifosato (Figura 7). Sin embargo, este sinergismo dura poco y un mes después de la aplicación se convierte en antagonismo y las plantas rebrotan al añadir Paraquat o Glufosinato, pero no donde se usa solamente el Glifosato. Es posible que aplicando en plantas anuales, las mezclas con Paraquat y Glufosinato sean tan efectivas como el Glifosato ya que las plantas anuales son más fáciles de controlar que las perennes y no tienen la misma capacidad de rebrotar, sin embargo, su uso no sería recomendable porque aumentaría los costos al tener que añadir Paraquat o Glufosinato.

## 5. CONCLUSIONES

En la primera semana después la aplicación, hay mayor control al mezclar en el tanque Glifosato con Paraquat o Glufosinato. Las mezclas de Glifosato con Paraquat y Glufosinato tenían menor control en las malezas *Cyperus rotundus*, *Panicum máximum* y *Cynodon nlemfluensis* compárandolas con la aplicación de Glifosato solo.

A las 4 semanas después de la aplicación hubo un antagonismo cuando se mezcló en el tanque Glifosato con Paraquat o Glufosinato. Las mezclas de Glifosato con Paraquat o Glufosinato tuvieron menos control en las malezas *Panicum maximum* y *Cynodon nlemfluensis*, compárandolas con aplicación de Glifosato solo.

Con la aplicación de Glifosato, sin mezclarlo con Paraquat o Glufosinato, el control fue mayor.



## **6. RECOMENDACIONES**

No mezclar Glifosato con Paraquat ni Glufosinato ya que no son compatibles.

Evaluar la mezcla de Glifosato con Paraquat o Glufosinato, en dosis menor a la usada en este experimento.

Evaluar la mezcla de Glifosato con Paraquat o Glufosinato, en malezas anuales.

## 7. LITERATURA CITADA

Bellinder, R.R., R.E. Lyons, S.E. Scheckler, y H.P. Wilson. 1987. Cellular alterations resulting from foliar applications of HOE-39866. *Weed Science* 35:27-35.

Bethke, R.K., W.T. Molin, C. Sprague, y D. Penner. 2013. Evaluation of the Interaction between Glyphosate and Glufosinate. *Weed Science* 61:41-47

Caseley, J.C. y D. Coupland. 1985. Environmental and plant factors affecting glyphosate uptake, movement, and activity in the herbicide Glyphosate; Grossbard, E., Atkinson, D., Eds., Butterworths, London. p. 92-123.

Craigmyle, B.D., J.M. Ellis y K.W. Bradley. 2013. Influencia de la altura de las malezas con glufosinato de amonio y combinaciones más 2,4-D con malezas en soya resistente a 2,4-D. *Weed Technology* 27:271-280.

Colby, S.R. 1967. Calculating synergistic and antagonistic responses of herbicide combinations. *Weeds* 15:20-22.

Dupont. 2013. Consultas de antagonismo de herbicidas de contacto y sistémico en (línea). Consultado el 1, de octubre de 2013.  
[http://www.agroconsultasonline.com.ar/ticket.html?op=v&ticket\\_id=4995](http://www.agroconsultasonline.com.ar/ticket.html?op=v&ticket_id=4995)

Franz, J.E., M.K. Mao, y J.A. Sikorski. 1997. Uptake, Transport and Metabolism of Glyphosate in Plants. in *Glyphosate: A Unique Global Herbicide*. ACS monograph 189. p. 143-181.

Gómez, J. 1993. Control químico de la maleza. Edit. Trillas. México. 250 p.

Gonzini, L.C., S.E. Hart y L.M. Wax. 1999. Herbicide combinations for weed management in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). *Weed Technology* 13:354-360.

Haas, P. y F. Muller. 1987. Behaviour of glufosinate-ammonium in weeds. *Proc. British Crop Protection conference -Weeds* p. 1075-1082.

Hatzios, K.K. y D. Penner. 1985. Interactions of herbicides with other agrochemicals in higher plants. *Reviews of Weed Science* 1:1-63.



Isaacs, A., K.K. Hatzios, H.P. Wilson, y J.M. Toler. 2006. Halosulfuron and 2,4-D mixtures' effects on common lambsquarters (*Chenopodium album*). *Weed Technology* 20:137-142.

Kruse, N.D., Vidal, R.A. y Trezzi, M.M. 2006. Curvas de resposta e isoblograma como forma de descrever a associação de herbicidas inibidores do fotossistema II e da síntese de carotenóides. *Planta Daninha* 24(3): 579-587.

Limpel, L.E., Schuldt, P.H., Lamont, D. 1962. Weed control by dimethyl tetrachloroterephthalate alone and in certain combinations. *Proc. North. Weed Control Conference* 16:48-53.

Mersey, B.G., J.C. Hall, D.M. Anderson, y C.J. Swanton. 1990. Factors affecting the herbicidal activity of glufosinate ammonium: Absorption, translocation, and metabolism in barley and green foxtail. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 37:90-98.

Pitty, A. 1995. Modo de acción y síntomas de fitotoxicidad de los herbicidas. Zamorano Academic Press. Zamorano, Honduras. 63 p.

Quintero Joseph, H. 2013. Efectividad del Paraquat aplicado en el día o al final de la tarde. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 14 p.

Ridley, S.M. y S.F. McNally. 1985. Effects of phosphinothricin on the isozymes of glutamine synthetase isolated from plant species which exhibit varying degrees of susceptibility to the herbicide. *Plant Science* 39:31-36.

Sauer, H.A. Wild, y W. Ruhle. 1987. The effect of phosphinothricin (glufosinate) on photosynthesis II. The causes of inhibition of photosynthesis. *Zeitschrift für Naturforschung* 42:270-278

Shelp, B.J., C.J. Swanton, y J.C. Hall. 1992. Glufosinate (phosphinothricin) mobility in young soybean shoots. *Journal of Plant Physiology* 139:626-628.

Steckel, G.J., S.E. Hart, y L.M. Wax. 1997. Absorption and translocation of glufosinate on four weed species. *Weed Science* 45:378-381.

Thornhill, E. y Matthews, G. 1994. Equipo de aplicación de pesticidas para uso en la agricultura, volumen 2. Reino Unido. P 23 y 95.

Truelove B. (ed). 1977. Reserch Methods in Weed Science: Measuring Plant Responses. Southern Weed Science Society. Auburn, Alabama, USA. Auburn Printing, Inc. 221 p.

Vidal, N. Avidal, R.A., Rainero, H.P., Kalsing, A. y Trezzi, M.M. 2010. Prospección de las combinaciones de herbicidas para prevenir malezas tolerantes y resistentes al glifosato. *Planta Daninha* 28(1):159-165.

WSSA (Weed Science Society of America). 2007. Herbicide Handbook. S.A. Senseman (ed). 9 ed. Estados Unidos. 403 p.

Wehtje, G., J.E. Altland, y C.H. Gilliam. 2008. Interaction of Glyphosate and Diquat in Ready-To-Use Weed Control Products. *Weed Technology* 22:472-476

Young, B.G. 1996. Interactions of sethoxydim and corn (*Zea mays*) postemergence broadleaf herbicides on three annual grasses. *Weed Technology* 10:914-922.