

# **Control de malezas y fitotoxicidad al maíz transgénico RR con dos formulaciones de Glifosato**

**Alexis Abdiel Ríos Hernández**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2011

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

# **Control de malezas y fitotoxicidad al maíz transgénico RR con dos formulaciones de Glifosato**

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

Presentado por

**Alexis Abdiel Ríos Hernández**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2011

# **Control de malezas y fitotoxicidad al maíz transgénico RR con dos formulaciones de Glifosato**

Presentado por:

Alexis Abdiel Ríos Hernández

Aprobado:

---

Abelino Pitty, Ph.D.  
Asesor principal

---

Abel Gernat, Ph.D.  
Director  
Carrera de Ingeniería Agronómica

---

Rogelio Trabanino, M.Sc.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

## RESUMEN

Ríos Hernández, A. A. 2011. Control de malezas y fitotoxicidad al maíz transgénico RR con dos formulaciones de Glifosato. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 10 p.

Muchas formulaciones de Glifosato que tienen diferente material inerte que pueden influir en el control de malezas y fitotoxicidad al cultivo. El Glifosato es un herbicida que inhibe la síntesis de aminoácidos aromáticos, los cuales son indispensables para el crecimiento y desarrollo de las plantas, causa clorosis, necrosis y una reducción en el crecimiento de la planta. El objetivo fue determinar la efectividad de dos formulaciones de Glifosatos para el control de malezas y el daño fitotóxico al maíz RR. El estudio se realizó en zona I en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Se comparó la efectividad de las formulaciones de Glifosato: Rimaxato<sup>®</sup> 35.6 SL y Roundup<sup>®</sup> 35.6 SL; además, el Rimaxato<sup>®</sup> 35.6 SL se aplicó a 100% (2.81 L/ha), 90% (2.53 L/ha), 85% (2.39 L/ha) y 75% (2.11 L/ha). Se realizaron cuatro repeticiones. Cada parcela tenía una dimensión de 4 × 10 m. Las malezas predominantes fueron *Commelina diffusa* e *Ipomea nil*. A los 7, 14, 21 días después de la aplicación no se encontró diferencia significativa en ninguno de los tratamientos ( $P \leq 0.05$ ), en el control de malezas, ni en la altura de la planta para medir fitotoxicidad, aunque se presentó un control creciente, debido a que el Glifosato es un herbicida de acción lenta. Posiblemente la falta de diferencias en el control se debe a que este lote había estado en barbecho por lo menos 10 años y esto hizo que disminuyera el banco de semillas del suelo; de manera que germinaron pocas malezas y las que germinaron no eran las especies más difíciles de controlar con Glifosato, de manera que aun la dosis al 75% tuvo buen control.

**Palabras clave:** Maíz Roundup Ready<sup>®</sup> (RR), Rimaxato<sup>®</sup>, Roundup<sup>®</sup>.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros .....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>8</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>9</b>
<b>6. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>10</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Tratamientos evaluados.....	4
2. Porcentaje de control de malezas con dos formulaciones de Glifosato a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación.....	5
3. Efecto del uso del Glifosato en la altura del maíz RR (cm), para encontrar problemas de fitotoxicidad.....	7

## 1. INTRODUCCIÓN

El control de malezas es un problema crítico, por lo cual esta actividad agrícola es muy demandante y costosa desde la antigüedad, a pesar que los métodos de control han ido evolucionando desde el control manual hasta lo que es hoy en día un control químico. En los Estados Unidos se estima que se pierden \$12 billones por las malezas y el agricultor gasta más de \$6.2 billones para el control de malezas (Pitty y Muñoz 1993).

En general, todas las definiciones de malezas son antropocéntricas, ya que se basan en el punto de vista del hombre, principalmente si interfieren con las actividades, intereses o percepción que tenga el ser humano, ya que una planta no es considerada maleza hasta que nos cause daño o nos moleste su presencia. En realidad, las malezas no tienen características botánicas, fisiológicas o ecológicas que la hagan diferente de las otras plantas que por lo general el hombre llama malezas (Pitty y Godoy 1997).

Los agricultores dan más importancia a insectos defoliadores y enfermedades foliares, debido a que los daños son más visibles, a pesar que la presencia de malezas causan efectos negativos, como una reducción en los rendimientos, es por esto que es muy importante buscar metodologías que nos permitan un manejo más eficiente de las malezas, ya que estas compiten con el cultivo por nutrientes, agua y luz, además sirven de hospederos a otras plagas. Debido a los problemas que las malezas causan a los cultivos, el hombre busca mecanismo para reducir el daño causado por ellas, haciendo uso de diversas estrategias, tácticas y procedimientos, para realizar un buen control, para esto se tiene que tener conocimiento de muchos factores como el ciclo de vida de las malezas, hábitos de crecimiento, agresividad, adaptabilidad a diversas condiciones del ambiente, forma de propagación, tipo de cultivo, condiciones de clima, suelo y el costo que tiene el control (Pitty y Godoy 1997).

En la actualidad hay más de 30 formulaciones de Glifosato las cuales se encuentran disponibles, pero cada una tiene diferentes materias inertes que pueden influenciar en el control de malezas. El Glifosato es un herbicida sistémico, se aplica a las hojas y la eficiencia que tenga va a depender de la retención, la penetración cuticular y el traslado posterior a los meristemos de la planta; para mejorar la absorción foliar se ha incorporado diferentes adyuvantes para obtener mejores resultado en la aplicación (Shaner *et al.*, 2006)

El Glifosato es un herbicida de amplio espectro, no selectivo que bloquea la producción de aminoácidos aromáticos, producidos por la vía biosintética del shikimato, que forma los aminoácidos aromáticos: fenilalanina, tirosina y triptófano, además de otros productos como ligninas, alcaloides y ácidos benzoicos los cuales son indispensable para el crecimiento y desarrollo de la planta. El modo de acción del Glifosato consiste en que su molécula se une a la región de la enzima que se acopla al grupo fosfato del fosfoenol piruvato. La unión del Glifosato inmediatamente inhibe la vía biosintética del shikimato, ya que tiene la actividad de la enzima 5- enolpiruvil shikimato-3-fosfato sintasa, que condensa las moléculas de shikimato-3-fosfato y fosfoenol piruvato, lo que no permite la producción de aminoácidos aromáticos, dando como resultado clorosis, distorsión, necrosis y una reducción en el crecimiento de la planta (Pitty 1997).

La línea de maíz transgénico Roundup Ready<sup>®</sup>, con tolerancia a herbicidas a base del ingrediente activo Glifosato se ha podido desarrollar mediante la utilización de la especie de *Agrobacterium* con el gen CP4 EPSPS el cual codifica la proteína CP4 5-enolpiruvil shikimato-3-fosfato sintetasa, ya que esta proteína normalmente sirve como sitio de acción para el herbicida Glifosato (Richardson *et al.*, 2003).

Este herbicida es muy utilizado por los agricultores ya que además de tener un excelente control en malezas, tiene poca actividad en el suelo debido a la degradación por microorganismos y a las reacciones con los componentes del suelo, de manera que la presión de selección dura poco (Pitty 1997). Además, es muy soluble en agua por lo que tiende a ser de muy poca contaminación en las fuentes de agua, esto se debe a que dura poco tiempo en ellas ya que se disuelve muy rápidamente (National Academy of Sciences 1986).

El maíz Roundup Ready<sup>®</sup> nos permite reemplazar muchos herbicidas selectivo por herbicidas a base de Glifosato, ya que el maíz RR tiene resistencia al Glifosato, permitiendo tener un manejo más sencillo, ya que aplicamos un solo producto, controlando un gran grupo de malezas. En el año 2003 el maíz transgénico correspondía 140 millones de hectáreas cultivadas en todo el mundo (Santamarta 2004).

El objetivo fue determinar la efectividad de dos formulaciones de Glifosato en el control de malezas en maíz Roundup Ready<sup>®</sup> a la dosis recomendada y a menor dosis de lo recomendado, para saber si se pueden utilizar otras formulaciones de Glifosato en el control de malezas. Además, determinar daño por fitotoxicidad al maíz.



## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana (Zamorano) en zona I, la cual queda ubicada a 32 km de Tegucigalpa, Honduras. El sitio tiene una temperatura promedio de 25°C, con precipitación anual de 1,100 mm y se encuentra a 800 msnm.

El lote donde se realizó el proyecto se le dio un pase con rastra pesada y uno con rastra liviana. Cada unidad experimental era de cinco surcos con una longitud de 10 m. Se marcaron 28 lotes (siete lotes de ancho y cuatro lotes de largo) con una cabuya para asegurar que cada lote tuviera 10 × 4 m de ancho; se colocaran cinco surcos de semilla de maíz Roundup Ready<sup>®</sup> con un distanciamiento de 0.8 m. Para tener surcos más rectos se utilizó una cabuya a cada 0.8 m por cada cuatro lotes a lo largo, con una piocha se abrieron los surcos más o menos a una profundidad de 5 cm, en donde luego se colocó la semilla de maíz RR a un distanciamiento de 15 cm por semilla para tener una densidad de 60,000 plantas/ha, la siembra se hizo manualmente debido a que la semilla tenía una germinación del 51% la cual era muy baja, se tuvo que resembrar en todos los lotes de una forma uniforme.

El herbicida se aplicó a las 3-4 hojas ya que fue cuando las malezas emergieron y empezaron a competir con el maíz en espacio, agua y nutrientes, además es el momento cuando se recomienda la aplicación del Glifosato al 35.6 SL (Rimaxato<sup>®</sup>) y Glifosato al 35.6 SL (Roundup<sup>®</sup>) ya que la maleza se encuentra metabólicamente activa.

Todos los herbicidas se aplicaron con una bomba de mochila presurizada con CO<sub>2</sub>, presión de 30 psi, calibradas a aplicar 250 L/ha y con un aguilón de cuatro boquillas XR 8003 separadas 50 cm.

La efectividad de los herbicidas se tomó a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación, con la ayuda de dos personas se tomó el daño en porcentaje, para luego sacar un promedio de ambos porcentajes. La efectividad de los herbicidas se determinó comparando todos los lotes de una réplica con el testigo de esa réplica, el testigo no fue aplicado con herbicidas. Una evaluación de 0% cuando el herbicida no causó efecto, 10 a 30% tuvo un efecto ligero, 40 a 60% un efecto mediano, 70 a 90% un efecto severo y 100% cuando le causó la muerte total (De la Cruz 1985). La identificación de las malezas más abundante se realizó de forma visual con dos manuales fotográficos de identificación de malezas (Pitty y Muñoz 1993 y Pitty y Muñoz 1994), tomando en cuenta si estas presentan algún tipo de tolerancia al Glifosato.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados.

Tratamiento	Dosis %	Dosis (L/ha)	Dosis (kg ia/ha)
Rimaxato 35.6 SL	100	2.81	1.00
Rimaxato 35.6 SL	90	2.53	0.90
Rimaxato 35.6 SL	85	2.39	0.85
Rimaxato 35.6 SL	75	2.11	0.75
Roundup 35.6 SL	100	2.81	1.00
Manual	100		
Testigo			

Se utilizó como Glifosato la formulación Rimaxato<sup>®</sup> 35.6 SL y Roundup<sup>®</sup> 35.6 SL (ingrediente activo 356 g/L)

Para determinar la fitotoxicidad de los herbicidas a los 7, 14 y 21 días se estuvo mirando síntomas posibles en el maíz que nos puedan indicar fitotoxicidad, además a las cuatro y ocho semanas se midió la altura de la planta desde el suelos hasta la última hoja del cuello visible, el cuello es una banda blanquecina en la bases de las hojas la cual aparece cada tres a cuatro días y nos ayuda a saber los estadios vegetativos.

Las unidades experimentales estaban arregladas en un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro repeticiones. Los datos se analizaron utilizando el programa estadísticos Statistical Analysis System (SAS 9.1<sup>®</sup>) con el análisis de varianza y separación de medias usando la prueba Duncan con un nivel de significancia de ( $P \leq 0.05$ ).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Control de malezas.** Los porcentajes de mortalidad de malezas de acuerdo a los días de evaluación y los tratamientos, a los siete días después de la aplicación se encontraron controles similares en todas las aplicaciones de Glifosato ( $P \leq 0.05$ ), pero todos los tratamientos causaron clorosis en las malezas (cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje de control de malezas con dos formulaciones de Glifosato a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación.

Tratamiento	(L/ha)	(kg ia/ha)	Días después de la Aplicación		
			7	14	21
Rimaxato 35.6 SL (100)	2.81	1.00	80 b <sup>ε</sup>	91 b	93 b
Rimaxato 35.6 SL (90)	2.53	0.90	86 b	91 b	93 b
Rimaxato 35.6 SL (85)	2.39	0.85	76 b	88 b	91 b
Rimaxato 35.6 SL (75)	2.11	0.75	75 b	90 b	95 b
Roundup 35.6 SL (100)	2.81	1.00	80 b	89 b	93 b
Manual			100 a	100 a	100 a
Testigo			0 c	0 c	0 c

<sup>ε</sup> Medias en la misma columna con diferente letra son estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ), según separación de medias Duncan.

A los 14 días tampoco se encontró diferencia significativa en el control de malezas entre los tratamientos, aunque se observó mayor control con Rimaxato® al 100 y 90% de la dosis, el Rimaxato® al 75% obtuvo el mayor porcentaje de incremento en el control de malezas a los 14 días (cuadro 2).

A los 21 días no se encontró diferencia significativa en el control de malezas en ninguno de los tratamientos de Glifosato ( $P \leq 0.05$ ), causando efectos severos a las malezas, aunque sobrevivieron algunas malezas, principalmente aquellas que presentan tolerancia al Glifosato y algunas que recién germinaban, aunque esas malezas no se tomaron en cuenta porque la mayoría eran tolerantes al Glifosato (cuadro 2).

Los tratamientos con Glifosato presentaron un control creciente a través del tiempo (a los 7, 14 y 21 días), esto pudo deberse a que el Glifosato es un herbicida de acción lenta, se espera que el control disminuya debido a la emergencia de nuevas plantas que nos son afectadas por el Glifosato, ya que este no tiene residualidad. Estudios similares realizados por Morazán Padilla (2007) no se encontró diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ), en el control de malezas utilizando estos dos herbicidas a su dosis recomendada (100%).

Una de las razones por las que no se pudo encontrar una diferencia significativa en el control de malezas, pudo haber sido porque el lote donde se realizó el experimento estuvo en barbecho por lo menos 10 años y esto ayudó que no hubiera suficientes malezas con tolerancia al Glifosato.

Las malezas predominantes fueron: *Digitaria sanguinalis*, *Cynodon nlemfuensis*, *Sorghum halepense*, *Ipomoea nil*, *Chloris radiata*, *Commelina diffusa*, *Indigofera hirsuta*, *Mimosa pudica*, *Crotalaria pallida*, *Tridax procumbens* y *Eleusine indica*.

Estas malezas tienen cierto grado de tolerancia al Glifosato, aunque una parte de las malezas encontradas a los 21 días no se obtuvo control porque hubo una densidad muy alta de malezas, que sirvieron de protección para algunas que estaban de menor tamaño, mientras que otras malezas emergieron días después de la aplicación, por las características del Glifosato de no tener acción una vez contacta el suelo por lo que no pudo controlar estas malezas.

**Fitotoxicidad al maíz.** En todos los tratamientos no se encontró diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ), aunque a las cuatro semanas el testigo presentó una mayor altura (cuadro 3). El Rimaxato<sup>®</sup> al 100% se observó una menor altura esto pudo haber sucedido debido a que el Glifosato es un herbicida de acción lenta. A las ocho semanas no se encontró diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ), el testigo resultó obtener menor altura por la alta densidad de malezas que competían por luz, nutrientes y espacio.

Cuadro 3. Efecto del uso del Glifosato en la altura del maíz RR (cm), para encontrar problemas de fitotoxicidad.

Tratamiento	(L/ha)	(kg ia/ha)	Semanas después de siembra	
			4	8
Rimaxato 35.6 SL (100)	2.81	1.00	20.8 a <sup>ε</sup>	78.3 a
Rimaxato 35.6 SL (90)	2.53	0.90	22.0 a	75.8 a
Rimaxato 35.6 SL (85)	2.39	0.85	22.8 a	91.5 a
Rimaxato 35.6 SL (75)	2.11	0.75	24.0 a	79.0 a
Roundup 35.6 SL (100)	2.81	1.00	23.0 a	78.3 a
Manual			24.3 a	87.8 a
Testigo			25.3 a	75.5 a

<sup>ε</sup>Medias en la misma columna con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P \geq 0.05$ ), según separación de medias Duncan.

#### 4. CONCLUSIONES

- No se encontró diferencia significativa en el control de malezas entre las dos formulaciones de Glifosato a diferentes dosis utilizadas.
- No se encontró diferencia significativas en el control de malezas utilizando tres subdosificaciones de Rimaxato<sup>®</sup> 35.6 SL.
- Se pueden utilizar para el control de malezas en maíz transgénico RR (Roundup Ready) otras formulaciones de glifosato como el Rimaxato<sup>®</sup> 35.6 SL.
- Rimaxato<sup>®</sup> 35.6 SL aplicado a diferentes dosis y Roundup<sup>®</sup> 35.6 SL no causaron efectos de fitotoxicidad al maíz transgénico RR (Roundup Ready) en el ensayo establecido.

## 5. RECOMENDACIONES

- Realizar este mismo experimento en un lote donde se tengan malezas más tolerantes al Glifosato.
- Evaluar este experimento hasta donde el control del Rimaxato<sup>®</sup> 35.6 SL y Roundup<sup>®</sup> a las malezas sea cero.
- Evaluar el efecto del Rimaxato<sup>®</sup> 35.6 SL y Roundup<sup>®</sup> 35.6 SL en el control de malezas bajo otras condiciones de suelo y de clima.
- Evaluar el efecto de Rimaxato<sup>®</sup> 35.6 SL y Roundup<sup>®</sup> 35.6 SL en el rendimiento de maíz RR en un programa de siembra comercial.
- Evaluar con otros herbicidas comerciales y con diferentes presentaciones la misma molécula de Glifosato el efecto sobre el control de malezas y fitotoxicidad en maíz RR.
- Analizar económicamente para una siembra comercial la rentabilidad de aplicación de diferentes dosis de herbicidas Rimaxato<sup>®</sup> 35.6 SL y Roundup<sup>®</sup> 35.6 SL bajo las mismas condiciones de este ensayo.

## 6. LITERATURA CITADA

De la Cruz, R. 1985. Técnicas de investigación en malezas. *In*: J. Pinochet y G. Von Lindeman (ed) seminario taller de malezas. p 18.

Morazán Padilla, J.A. 2007. Evaluación del control de malezas con Glifosatos genéricos. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 23 p.

National Academy of Sciences, 1986. Plantas nocivas y como combatirlas, tercera reimpresión Ed. Limusa, S.A. de C.V. mex. Mex. 574 p.

Pitty, A. 1997. Modo de acción de los herbicidas. *In*: A. Pitty (ed) Introducción a la Biología, Ecología y Manejo de Malezas. Zamorano Academic Press. p 256-257.

Pitty, A.; Godoy, G. C. 1997. Importancia y características de las malezas. *In*: A. Pitty (ed) Introducción a la Biología, Ecología y Manejo de Malezas. Zamorano Academic Press. p 3-4.

Pitty, A. y Muñoz R. 1993. Guía práctica para el manejo de malezas. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 223 p.

Pitty, A. y Muñoz R. 1994. Guía fotográfica para la identificación de malezas parte I. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 124 p.

Pitty A. y Molina A. 1998. Guía fotográfica para la identificación de malezas parte II. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 136 p.

Richardson, R.J.; Bailey, W.A.; Armel, G.R.; Whaley, C.M; Wilson, H.P. y Hines, T.E. 2003. Responses of selected weeds and glyphosate resistant cotton and soybean to two glyphosate salts. *Weed Technology* 17:560-564 p.

Santamarta, J. 2004. Los transgénicos en el mundo (en línea). Consultado 4 de noviembre de 2011. Disponible en <http://www.nodo50.org/worldwatch/ww/pdf/trans.pdf>.

Shaner, D.L.; Vestra, P.; Nissen, S. 2006. AMADS increases the efficacy of glyphosate formulations on corn. *Weed Technology* 20:179-183 p.