

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

MANEJO DE MALEZAS EN MAÍZ RESISTENTE A GLIFOSATO

por

Manuel ALZUGARAY  
José SONDEREGGER

TESIS presentada como uno de  
los requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2015

Tesis aprobada por:

Director:.....

Ing. Agr. Juana Villalba

.....

Ing. Agr. Grisel Fernández

.....

Ing. Agr. Luis Giménez

Fecha: 10 de junio de 2015

Autor:.....

Manuel Alzugaray

.....

José Sonderegger

## AGRADECIMIENTOS

A Juana Villalba por brindarnos la oportunidad de realizar la tesis de grado, también por su compromiso, apoyo y dedicación a lo largo de este trabajo.

A Lorena Scaglia por su apoyo durante el trabajo experimental.

A Oscar Bentancur por el procesamiento de los datos estadísticos.

A Facultad de Agronomía por brindar los recursos necesarios para este trabajo, y a todos los funcionarios de la E.E.M.A.C. por su amable cooperación.

Al personal de biblioteca de Facultad de Agronomía.

A nuestras familias y amigos por su incondicional apoyo a lo largo de la carrera...

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	2
2.1 EL CULTIVO DE MAÍZ.....	2
2.2 EVENTO TRANSGÉNICO RESISTENTE A GLIFOSATO (MAÍZ RR).....	2
2.3 INTERFERENCIA DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ.....	4
2.4 CONTROL DE MALEZAS.....	5
2.5 HERBICIDAS UTILIZADOS.....	7
2.5.1. <u>Atrazina</u> .....	7
2.5.2. <u>Acetoclor y Metolaclor</u> .....	8
2.5.3. <u>Amicarbazone</u> .....	8
2.5.4. <u>Adengo (Isoxaflutole + Thiencarbazonemethyl + Cyrposulfamida)</u> .....	9
2.5.5. <u>SureStart (Acetoclor + Flumetsulam + Clopiralid)</u> .....	9
2.5.6. <u>Glifosato</u> .....	10
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	11
3.1 LOCALIZACIÓN DE EXPERIMENTOS.....	11
3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS.....	11
3.3 METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN.....	13
3.4 DETERMINACIONES.....	14
3.4.1. <u>En el enmalezamiento</u> .....	14
3.4.2. <u>En el cultivo</u> .....	15
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	15
3.6 CONDICIONES CLIMÁTICAS DURANTE EL PERÍODO EXPERIMENTAL.....	15
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	17
4.1 CARACTERIZACIÓN DEL ENMALEZAMIENTO.....	17
4.2 EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN EL CONTROL DE	IV

MALEZAS .....	17
4.2.1. <u>Evaluación a los 12 días post aplicación</u> .....	17
4.2.2. <u>Evaluación a los 20 días post aplicación</u> .....	19
4.2.3. <u>Evaluación a los 35 días post aplicación</u> .....	21
4.2.4. <u>Evaluación post aplicación de glifosato</u> .....	25
4.2.5. <u>Enmalezamiento a cosecha (Materia seca/m<sup>2</sup>)</u> .....	28
4.3 MATERIA SECA DE MAÍZ .....	31
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	35
6. <u>RESUMEN</u> .....	36
7. <u>SUMMARY</u> .....	37
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	38

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Descripción de tratamientos.....	12
2. Detalle de las evaluaciones realizadas.....	15
3. Número de emergencias por m <sup>2</sup> de <i>Echinochloa colona</i> .....	17
4. Número de emergencias por m <sup>2</sup> de <i>Echinochloa colona</i> y <i>Digitaria sanguinalis</i> .....	19
5. Número de emergencias por m <sup>2</sup> de <i>Echinochloa colona</i> , <i>Digitaria sanguinalis</i> y <i>Xanthium cavanillesii</i> .....	21
6. Probabilidad de los efectos en análisis de la interacción de aplicación de glifosato y tratamiento preemergente (48 días post aplicación de glifosato).....	26
7. Número de emergencias por m <sup>2</sup> .....	26
8. Número de emergencias por m <sup>2</sup> de <i>Echinochloa colona</i> , <i>Digitaria sanguinalis</i> y <i>Xanthium cavanillesii</i> .....	27
9. Probabilidad de los efectos en análisis de la interacción de aplicación de glifosato y tratamiento preemergente en la materia seca de maíz .....	30
10. Materia seca de maíz (kg MS/10 plantas).....	31
11. Materia seca de maíz (kg MS/10 plantas) con y sin glifosato.....	32
Figura No.	
1. Fotografía del experimento ya instalado.....	14
2. Precipitaciones (mm) del promedio histórico y promedio durante el período experimental .....	16

3. Precipitaciones (mm) desde día de aplicación hasta primera medición.....	16
4. Porcentaje de control de <i>Echinochloa colona</i> respecto al testigo.....	18
5. Porcentaje de control de <i>Echinochloa colona</i> respecto al testigo.....	20
6. Porcentaje de control de <i>Echinochloa colona</i> respecto al testigo.....	22
7. Porcentaje de control de <i>Digitaria sanguinalis</i> respecto al testigo.....	23
8. Enmalezamiento del testigo.....	24
9. Porcentajes de control para las 2 especies principales ( <i>E. colona</i> y <i>D. sanguinalis</i> ) en promedio de los tratamientos que recibieron glifosato (48 días antes).....	25
10. Materia seca de malezas (gramos/m <sup>2</sup> ).....	29
11. Rendimientos relativos de cada tratamiento.....	32

## **1. INTRODUCCIÓN**

El maíz es el segundo cultivo de verano más sembrado en el país, con 123.000 hectáreas en la zafra 2012/2013, detrás del cultivo de soja (MGAP.DIEA, 2013). Es de esperar que el área se mantenga o aumente debido a la nueva ley instalada con respecto al plan de uso y manejo del suelo. En donde la incorporación de especies C4 en la rotación es necesaria para una mejor conservación del suelo.

El maíz es uno de los cultivos más sensibles a la interferencia de malezas, debido a su escasa competencia y alta exigencia para la producción de grano, señalándose en muchas investigaciones al respecto como una de las mayores limitantes para el rendimiento de grano la interferencia que realizan las malezas.

Según distintas investigaciones se destaca la importancia de mantener el cultivo libre de interferencia de malezas desde etapas muy tempranas del ciclo, siendo imprescindible realizar controles iniciales con tratamientos en la preemergencia.

Las pérdidas de rendimiento por efecto de malezas en este cultivo oscilan entre 50 y 87% según diversos autores y en distintas condiciones de producción, lo que hace al control un factor de primordial importancia.

Como características relevantes el control de malezas debe ser temprano en el ciclo del cultivo y presentar residualidad para mantener durante todo el periodo crítico libre de malezas.

El surgimiento de materiales transgénicos con resistencia al glifosato, permiten tener una herramienta más para el control de malezas en la postemergencia con selectividad asegurada.

En Uruguay al 2013 se cuenta con 10 híbridos con diferentes eventos transgénicos entre los cuales se encuentra la resistencia al glifosato, lo cual genera nuevas opciones y aporta nuevas posibilidades al manejo de malezas en el cultivo.

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar alternativas de control de herbicidas preemergentes combinados con aplicaciones en postemergencia de glifosato en cultivo de maíz transgénico (RR).

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. EL CULTIVO DE MAÍZ**

Generalmente se considera que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas por los agricultores hace entre 7000 y 10000 años. Muchos investigadores creen que el maíz se habría originado en México y América Central, donde presenta una diversidad muy amplia (Wheatherwax, Iltis, Galinat, Wilkes, citados por Paliwal, s.f.).

Según información extraída del U.S. Department of Agriculture (USDA) para la zafra 2011/2012, Estados Unidos fue el país con la mayor producción (313.950.000 toneladas) seguido por China (192.780.000 toneladas), con un área de siembra parecida (33.990.000 ha en Estados Unidos y 33.540.000 ha en China). Es de destacar que Estados Unidos es el principal exportador de maíz en el mundo, en cambio China destina toda su producción al mercado interno y además importa 3.000.000 de toneladas al año, siendo el tercer país que más importa este cereal en el mundo.

En la región Argentina y Brasil son los mayores productores de maíz, con una producción de 21.000.000 y 73.000.000 de toneladas, respectivamente.

Por su parte, Brasil se ha convertido en un importante actor del mercado mundial de maíz en los últimos años. La cosecha 2011/2012 marcó un récord histórico de producción, que alcanzó a 72.5 millones de toneladas y representó un aumento de 27% respecto a la cosecha anterior (57.4 millones de toneladas).

Según datos extraídos de MGAP.OPYPA (2012) el volumen exportado de maíz por Argentina se ubica entorno a las 15.5 millones de toneladas, y ha presentado muy pocas variaciones en los últimos años. Con una producción en el año 2012 de 528.3 mil toneladas, con rendimientos promedios de 4260 kg/ha.

Según datos extraídos del Anuario Estadístico Agropecuario del 2014 en la zafra 2012/2013 la superficie sembrada con maíz en Uruguay fue de 123 mil hectáreas. La superficie sembrada fue muy similar a la del año anterior, luego de haber crecido por siete años consecutivos. Ambas zafras son las más altas del último decenio y crecieron un 18% con respecto a la zafra 2011/2012.

### **2.2. EVENTO TRANSGÉNICO RESISTENTE A GLIFOSATO (MAÍZ RR)**

En las plantas, la enzima 3-enolpiruvil-shiquimato-5-fosfato sintetasa (EPSPS) es clave en las rutas metabólicas que llevan a la producción de los amino-ácidos aromáticos

(fenilalanina, tirosina y triptofano). Esta enzima sólo está presente en plantas y microorganismos, tales como bacterias y hongos, y ausente en animales y humanos.

En la década de 1970 se descubrió que el glifosato podía inhibir a la enzima EPSPS, impidiendo la producción de aminoácidos aromáticos. Los aminoácidos son esenciales para la síntesis proteica y las proteínas son necesarias para el crecimiento y las funciones vitales, por lo tanto, la aplicación del glifosato lleva a la muerte de la planta.

Los beneficios potenciales de la utilización de cultivares RR está dado por la opción de controlar malezas en la postemergencia del cultivo, por la selectividad del mismo, disminuyendo la probabilidad de daño por fitotoxicidad que presentaban otras alternativas postemergentes (Sikkema et al., 2004).

El uso de maíz resistente a herbicidas como glifosato y glufosinato de amonio le permite al productor contar con un mayor número de opciones para el control de ciertas malezas, y ayudará en el control de biotipos resistentes a herbicidas. También los cultivos modificados ayudarán al productor a poder elegir otras opciones diferentes al uso de triazinas y/o cloroacetamidas donde hay riesgos de contaminación de aguas o generación de resistencias en el uso repetido de estos productos.

La estrategia de aplicación de residuales en preemergencia y glifosato en postemergencia demostró ser una combinación eficaz para el manejo de malezas en maíz RR, evaluado a través del control de malezas y del rendimiento del cultivo (Johnson et al., 2000).

Sprankle, citado por Dalley et al. (2004) comenta que una sola aplicación de glifosato puede resultar en un control insatisfactorio de malezas porque el glifosato no tiene actividad residual.

En los últimos años la producción de transgénicos resistentes a glifosato ha aumentado, lo que trajo como consecuencia un incremento en el uso de glifosato, siendo cada vez mayor el riesgo de generar malezas resistentes, por lo tanto será muy importante realizar un manejo adecuado con herbicidas de distintos modo de acción y el uso de herbicidas residuales.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Villalba, J. 2014. Curso de Manejo de malezas EEMAC (sin publicar)

Actualmente hay disponibles en Uruguay, 10 eventos que están autorizados por el Gabinete Nacional de Bioseguridad: MON810 (resistente a lepidópteros) autorizado en 2003, BT11 (resistente a lepidópteros) autorizado en 2004, GA21 (resistente a glifosato), GA21 x BT11 (resistente a lepidópteros y glifosato), TC1507 (resistente a ciertos lepidópteros y tolerancia a glufosinato de amonio), NK603 (resistente a glifosato), MON810 x NK603 (resistencia a lepidópteros y tolerancia a glifosato), todos estos autorizados a partir del año 2011. En el año 2012 se autorizaron los eventos TC1507 x NK603 y MON89034 x TC1507 x NK603 (ambos resistentes a ciertos lepidópteros y tolerancia a glufosinato de amonio y glifosato), BT11 x MIR162 x GA21 (2 eventos que confieren resistencia a ciertos lepidópteros y un evento que confiere tolerancia a glifosato). Actualmente se encuentran en evaluación los híbridos transgénicos: MON89034 x MON88017, BT11 x MIR162 x MIR604 x GA21 y MON89034 x NK603 x TC1507 x DAS40278-9.

### **2.3. INTERFERENCIA DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ**

El período crítico de control de malezas se puede definir como la duración de tiempo en el que las malezas pueden coexistir con un cultivo antes de que se produzcan reducciones significativas en rendimiento debido a la interferencia de las malezas.

Las malezas reducen los rendimientos de los cultivos ya que compiten por el agua, nutrientes, el espacio y luz. El crecimiento del maíz, el desarrollo y el rendimiento se ven influidos por la duración de la interferencia de malezas, las especies y densidad de malezas, y las condiciones ambientales.

El período crítico de control de malezas se da hasta la cuarta hoja del cultivo (V4), siendo el período crítico de competencia la 4ª hoja observándose pérdidas importantes de rendimiento.<sup>2</sup>

Según Gower et al. (2003) el momento óptimo para la aplicación de glifosato inicial para evitar la pérdida de rendimiento en grano de maíz es cuando las malezas tienen menos de 10 centímetros de altura, no más de 23 días de la siembra, y con maíz hasta estadio de V4. Distintos autores coinciden en señalar la importancia de mantener al cultivo libre de malezas en las etapas iniciales del ciclo.

Estos autores, obtuvieron que el control de malezas y el rendimiento en grano de maíz en las parcelas que recibieron un tratamiento con glifosato fueron significativamente mayores que en los controles no tratados. La pérdida de rendimiento

---

<sup>2</sup> Fernández, G. 2013. Curso de cereales y cultivos industriales EEMAC. (sin publicar)

osciló entre 9 y 97% en los controles no tratados en comparación con los controles libres de malezas, con una pérdida de rendimiento promedio de 56%.

Jenchke et al. (2009) en un estudio realizado en Kansas en donde se estudiaron las pérdidas de rendimiento de maíz, según el estadio de emergencia en el que aparecían las malezas, obtuvieron un rendimiento de 13.300 kg/ha en el maíz libre de malezas. Sin embargo el rendimiento observado cuando las malezas se establecían en el estadio VE y V2 de maíz fue de 71 y 87%, respectivamente, comparado con el maíz libre de malezas. En tanto que el rendimiento observado cuando las malezas se establecían en V4 y V6 no presentó diferencias con el rendimiento de maíz libre de malezas.

Giménez y Ríos (1985) destacan que en Uruguay el principal problema de malezas en siembras de verano son las gramíneas, entre las cuales las especies anuales *Digitaria sanguinalis* y *Echinochloa spp.* son las más frecuentes. Relevamientos más recientes en el área agrícola señalan que la presencia de *D. sanguinalis* y *E. colona* en la primavera van de 72 a 76% para la primera y de 33 a 69% para la segunda (Ríos et al., 2012).

## 2.4. CONTROL DE MALEZAS

La estrategia tradicional para el control de malezas estaba basada en aplicaciones de herbicidas preemergentes como son el caso de herbicidas de la familia de las triazinas y cloroacetamidas. Luego de la aparición de cultivares resistentes a herbicidas, como el glifosato se suma una herramienta más que ofrece la posibilidad de controlar malezas de hoja ancha y gramíneas en diferentes momentos del ciclo del cultivo, otorgando una mayor amplitud en relación a las opciones de control y con excelente selectividad.

El uso indiscriminado de esta herramienta en otros cultivos, como soja, ha llevado a un aumento de especies de malezas resistentes a glifosato, lo que obliga a no descartar el uso de los herbicidas preemergentes con residualidad.

En 2009 y 2010 Stephenson y Bond (2012), en estudios realizados en Lousiana y Mississippi, evaluaron tratamientos preemergentes de isoxaflutole solo y con atrazina, y la premezcla de atrazina + metolaclor, los tratamientos postemergentes incluyeron glifosato. Todos los tratamientos preemergentes controlaron *Echinochloa crus-galli*, *Ipomoea hederácea*, *Sorghum halepense*, *Amaranthus palmeri*, de 87 a 95%, evaluado a las 4 semanas post- siembra. El control de malezas continuó siendo muy bueno a las 8 y 20 semanas post-siembra cuando se aplicó el tratamiento postemergente.

Los resultados indicaron que la aplicación preemergente de isoxaflutole fue una opción viable para solucionar los problemas de malezas resistentes a atrazina, y puede

sustituir a este herbicida, manteniendo buenos controles en el cultivo (Stephenson y Bond, 2012).

Isoxaflutole es un herbicida aplicado al suelo, utilizado para control de hojas anchas y gramíneas, controla especies sensibles mediante inhibición de 4-HPPD (Pallet et al., citados por Stephenson y Bond, 2012).

Young, citado por Stephenson y Bond (2012) encontró que isoxaflutole aplicado en preemergencia controló *Amaranthus retroflexus* en al menos 88%, mientras que el control de *Amaranthus rudis*, *Ambrosia artemisiifolia* y *Xanthium strumarium* fue menor.

En Uruguay, los datos más antiguos, respecto a la efectividad del uso de herbicidas preemergentes en el cultivo de maíz, datan de 1985, donde Giménez y Ríos (1985) concluyeron que los tratamientos de acetoclor, alaclor y metolacolor habían realizado un excelente control de gramíneas, pero insuficiente para las latifoliadas. En cambio con aplicaciones de atrazina lograron un buen control de las malezas latifoliadas más difundidas, pero no así de gramíneas, fundamentalmente cuando predominaban las poblaciones de *Digitaria sanguinalis*.

Dos Santos y Rozanski, citados por Giménez y Ríos (1985) destacan el buen comportamiento de atrazina (1.4 kg) + metolacolor (2.1 kg) en preemergencia con 100% de control de *Digitaria sanguinalis*.

Castellanos y Orcasberro (2001) evaluando en cultivo de maíz de segunda, encontraron deficientes controles en *Digitaria sanguinalis* y *Echinochloa colona* en tratamientos con atrazina, a los 61 días post aplicación, presentando estos tratamientos enmalezamientos similares al testigo sucio. En cambio en la evaluación a cosecha encontraron que el tratamiento con atrazina (1.5 Kg i.a.) aplicado en preemergencia fue el de mejor comportamiento, siendo igual que el testigo limpio.

En trabajo de Stephenson y Bond (2012), la mezcla de atrazina + s-metolacolor o el uso de atrazina presentaron altos niveles de control a los 7 días post aplicación (dpa) y a los 28 dpa en la maleza *Ipomoea grandifolia* presentaron en promedio un 75% de control, mientras que en *Commelina benghalensis*, maleza de mayor sensibilidad, el control fue de 83%.

Los programas tradicionales de manejo de malezas de maíz se han basado en aplicaciones previas de un herbicida de hoja ancha más un herbicida para el control de malezas en la postemergencia de forma de mantener el control en todo el ciclo del cultivo. Estos programas preemergentes estándar por lo general incluyen la atrazina en

combinaciones con un herbicida cloroacetamida de amplio espectro (Whaley et al., 2009).

En los últimos años se ha incrementado la preocupación con los hallazgos de residuos de herbicidas, alaclor, metolaclor y atrazina en el suelo y en aguas superficiales (Blanchard y Donald, citados por Johnson, 2000). Por otra parte, se ha documentado en Estados Unidos en muchas partes donde se cultiva maíz, malezas resistentes a herbicidas inhibidores del fotosistema II, incluyendo atrazina (Heap, citado por Stephenson y Bond, 2012).

Se han registrado 63 informes confirmados de malezas resistentes a triazinas en Estados Unidos, aunque estos biotipos resistentes no existen en toda la región, los herbicidas con otros modos de acción deben ser evaluados para reducir la presión de selección sobre la comunidad de malezas (Heap, citado por Armel et al., 2003).

Reglamentos posteriores que reducen las tasas de usos de herbicidas como la atrazina, ha limitado el control de malezas y ha aumentado la dependencia de herbicidas postemergentes. Investigaciones anteriores han demostrado que el glifosato proporciona un control aceptable de muchas malezas en la producción de maíz (Dobbels y Loux, citados por Johnson et al., 2000).

En Uruguay la restricción del uso de atrazina en maíz, es del año 2011 (resolución MGAP No.55), la restricción corresponde a la dosis máxima permitida, reduciéndola a 1 kg de i.a. por hectárea y por año, para este cultivo.

Ernst y Ferrari (2012) compararon las dosis de 1 y 1.5 kg i.a./ha, y para las condiciones del experimento no encontraron diferencias estadísticas en el control, por lo cual podría inferirse que la restricción en el uso de atrazina no limitó el control de malezas.

## **2.5. HERBICIDAS UTILIZADOS**

A continuación se detallan los herbicidas utilizados y sus características y clasificados según la clasificación que utiliza el HRAC (Comité de Acción contra la Resistencia a Herbicidas) cuyo objetivo de clasificación es el modo de acción, y las principales características de los diferentes herbicidas utilizados.

### **2.5.1. Atrazina**

Este herbicida pertenece a las familias de las triazinas, se encuentra dentro del grupo C del HRAC, tiene como modo de acción inhibir la transferencia de energía a través del fotosistema II.

Este tipo de herbicidas se adhieren a la proteína D1 (involucrada en la cadena de transferencia), compitiendo con la quinona B e impidiendo su acople (Kogan y Pérez, 2003). En general, se da un cambio en la secuencia de aminoácidos serina por glicina, lo que conlleva a la destrucción por foto oxidación de los carotenoides, por lo tanto de la clorofila.

Es un herbicida que se aplica en preemergencia o postemergencia temprana de las malezas. Puede ser absorbido tanto vía foliar y radical, pero se moviliza por xilema, en la corriente transpiratoria. Presenta muy poca o nula movilidad al ser aplicado al follaje (Kogan y Pérez, 2003).

Los síntomas de daño producido por los herbicidas suelo-activos inhibidores del FSII, no aparecen hasta que el proceso de fotosíntesis se inicia en las plántulas emergidas, es decir después de la emergencia de las primeras hojas o cotiledones. Los primeros síntomas corresponden a clorosis en los márgenes y ápices foliares, posteriormente el tejido foliar se necrosa y muere (Kogan y Pérez, 2003).

### **2.5.2. Acetoclor y Metolaclor**

Estos herbicidas se encuentran dentro de la familia de las cloroacetamidas.

Pertencen al grupo K3 del HRAC, su modo de acción es inhibir la mitosis y, en consecuencia la división celular. También impide la biosíntesis de los ácidos grasos, de los lípidos.

Las cloroacetamidas son aplicadas al suelo en preemergencia y en pre siembra incorporada, no presentan actividad en la postemergencia de las malezas. En malezas dicotiledóneas, estos herbicidas son absorbidos principalmente por las raíces, mientras que en las gramíneas son absorbidos por el nudo coleoptilar y por el punto de crecimiento (Kogan y Pérez, 2003).

Los síntomas en las gramíneas son una pobre emergencia de las plantas a través del suelo, debido a la incapacidad del brote de emerger del coleoptilo, mientras que en las plantas que logran emerger el coleoptilo queda cubriendo o atrapando el punto de

crecimiento. En el caso de plántulas emergidas de dicotiledóneas sensibles, presentan hojas de apariencia rugosa y venas gruesas y cortas (Kogan y Pérez, 2003).

### **2.5.3. Amicarbazone**

Pertenece al grupo C1 del HRAC, cuyo modo de acción es la inhibición de la fotosíntesis en el fotosistema II.

Forma parte de la familia de las triazolinonas y es un herbicida selectivo de preemergencia.

En maíz puede producir una clorosis transitoria si ocurre un periodo de frío prolongado o excesivas precipitaciones durante la germinación del cultivo.

Este herbicida actúa eficazmente contra: *Bidens pilosa*, *Brachiaria* spp, *Eleusine indica*, *Ipomoea* spp, *Sida rhombifolia*, *Portulaca oleracea*.

### **2.5.4. Adengo (Isoxaflutole + Thiencarbazonemethyl + Cyprosulfamida)**

Isoxaflutole es un herbicida que pertenece al grupo F2 del HRAC, y forma parte de la familia isoxazol, es selectivo de preemergencia.

Su modo de acción es inhibir la biosíntesis de los pigmentos carotenoides, encargados de proteger la clorofila de la acción de la luz solar. Al faltar los carotenoides la clorofila es degradada por la acción de la luz y además, se interfieren los sistemas de transporte de energía, en consecuencia las hojas se decoloran y la planta muere.

Thiencarbazonemethyl pertenece al grupo B del HRAC, y su modo de acción es la inhibición de la enzima acetolactato sintetasa ALS. Se encuentra dentro de las familias de las sulfonilureas.

Cyprosulfamida es un safener, un protector de cultivo que reduce el efecto del herbicida sobre el maíz, incrementa la metabolización del Isoxaflutole y el Thiencarbazonemethyl.

Estas moléculas actúan eficazmente contra Capin (*Echinochloa crus-galli*), Nabo (*Brassica campestris*), Pasto blanco (*Digitaria sanguinalis*), Sorgo de Alepo, Sorgo guacho, Verdolaga (*Portulaca oleracea*), Yuyo colorado (*Amaranthus quitensis*), Amor seco (*Bidens pilosa*).

### **2.5.5. SureStart (Acetoclor + Flumetsulam + Clopyralid)**

Acetoclor se encuentran dentro de la familia de las cloroacetamidas, ya fue mencionado su modo de acción en el ítem 2.5.2.

Flumetsulam pertenece al grupo B del HRAC, y forma parte de la familia triazolopirimidina. Tiene como modo de acción la inhibición de la enzima acetolactato (ALS), afecta la síntesis de proteínas y aminoácidos de cadena ramificada (isoleucina, leucina y valina), cambiando la conformación de los mismos.

El otro componente es Clopyralid, se encuentra dentro del grupo O del HRAC, y pertenece a la familia de las piridinas. Es un herbicida selectivo de postemergencia, su modo de acción es disruptor del crecimiento celular, interfiere en la síntesis de ácidos nucleicos, controlando la síntesis proteica en diferentes etapas.

La concentración de cada principio activo es de 1,3 % para flumetsulan, 3,24 % para ácido clopyralid y 41.6 % para el caso de acetoclor.

SureStart es un herbicida que puede ser utilizado en sustitución de la atrazina por la concentración de clopyralid y flumetsulan contenida en la formulación. Esta puede ser una opción válida en nuestro país teniendo en cuenta las limitaciones recientes en el uso de atrazina para el cultivo de maíz.

### **2.5.6. Glifosato**

Pertenece al grupo G del HRAC, se encuentra dentro de la familia de la Glicina, su modo de acción es inhibir la enzima 5-enolpiruvil shiquimato 3-fosfato sintetasa (EPSP) en el ciclo metabólico, bloqueando la producción de los aminoácidos aromáticos como fenilalanina, tirosina y triptófano, lo cual altera la producción de proteínas y previene la formación de compuestos secundarios como la lignina.

Es un herbicida no selectivo de postemergencia. Este herbicida se caracteriza por presentar nula actividad en el suelo, además presenta gran movilidad dentro de la planta, principalmente en el floema (Kogan y Pérez, 2003).

Las plantas afectadas por la acción del glifosato presentan clorosis y luego se tornan de color café (necrosis), en especial los tejidos jóvenes. La planta afectada por el herbicida tarda entre dos tres semanas o más después de la aplicación para morir (Kogan y Pérez, 2003).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO**

El experimento fue instalado en el mes de octubre 2013, en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía, Paysandú, Uruguay, con las coordenadas latitud 32°23'38.69" S longitud 58° 3'24.10"O.

Los suelos del área experimental pertenecen a la Unidad San Manuel, Formación Fray Bentos, donde predominan Brunosoles Eútricos Típicos y Solonetz Melánicos.

#### **3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL Y DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS**

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con un tamaño de parcelas de 10 x 2 metros, con 3 repeticiones. Se evaluó el factorial de 8 alternativas herbicidas de preemergencia combinado con o sin la aplicación de glifosato en postemergencia. Todos los tratamientos preemergentes y el testigo incluyeron glifosato a una dosis de 2 L/ha (Panzer Gold).

En el cuadro 1 se describen los tratamientos preemergentes, con nombres comerciales y dosis utilizadas.

Cuadro No. 1. Descripción de tratamientos

Principio activo y dosis (kg i.a./ha)	Nombre comercial	Dosis PC/ha
Atrazina 1 + Acetoclor 1,8	Atranex 90 + Chana Plus*	1.1 kg + 2 l
Atrazina 1 + Metolaclor 1,536	Atranex 90 + Dual Gold	1.1 kg + 1,6 l
Amicarbazone 0.35 + Acetoclor 1,8	Dinamic + Chana Plus*	0,5 kg + 2 l
Acetoclor 1,25 + Flumetsulam 0,039 + Clopiralid 0,128	SureStart	3 l
Acetoclor 1,67 + Flumetsulam 0,052 + Clopiralid 0,17	SureStart	4 l
Isoxaflutole 0,076 + Thiencarbazone-methyl 0,03 + Cyprosulfamide (safener)	Adengo	0,4 l
Isoxaflutole 0,076 + Thiencarbazone-methyl 0,03 + Cyprosulfamide (safener) + Atrazina 1	Adengo + Atranex 90	0,4 l + 1.1 kg
Testigo	---	---

\*Contiene safener Azaspiro.

Estos tratamientos fueron un factor de estudio, el otro fue la aplicación de glifosato en postemergencia, que fue realizada cuando el maíz estaba en promedio en V3- V4. Se enumeraron del 1 al 8, sin glifosato post emergente y del 9 al 16 con glifosato en post emergencia.

### **3.3. METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN**

La siembra del cultivo fue realizada bajo la modalidad de siembra directa. El barbecho comenzó en el mes de marzo con una aplicación de Glifosato (Supra II) 3 L/ha, y otra el día 3 de setiembre de Glifosato (Panzer) 3 L/ha.

La siembra se llevó a cabo el día 15/10/13, con una sembradora Semeato (SHM 11-13) de placa mecánica. La distancia entre hileras fue de 70 cm, con una distribución objetiva de 6,8 semillas por metro cuadrado. El cultivar utilizado fue KM 3601 RR perteneciente a la semillerista Argentina KWS.

La instalación del experimento se realizó al día siguiente a la siembra y la aplicación de los herbicidas preemergentes fue realizada 2 días post siembra (17/10/13).

Para la aplicación de los herbicidas se utilizó un equipo pulverizador costal experimental de presión constante, presurizado con CO<sub>2</sub>, constaba de 4 boquillas ubicadas en una barra a 50cm de distancia entre sí, logrando de esta manera un ancho operativo de 2m. El equipo fue utilizado con una presión de 1,8 bar aplicando un volumen de 100 l.ha<sup>-1</sup>.

Los tratamientos que llevaban glifosato en postemergencia fueron aplicados cuando el cultivo se encontraba en el estado de V3-V4, el día 16/11/13, con una dosis de Panzer Gold de 2,5 L/ha.

Cuando el cultivo se encontraba en estado fenológico de V6 se realizó la fertilización con Urea a razón de 120 kg/ha.



Figura No. 1. Fotografía del experimento ya instalado

### **3.4. DETERMINACIONES**

#### **3.4.1. En el enmalezamiento**

Para evaluar el control de las alternativas preemergentes se realizaron determinaciones de densidad de malezas, diferenciándose por especies. En este caso solo se consideraron los tratamientos del 1 al 8, estas determinaciones fueron realizadas a los 12, 20, 35 y 78 días post aplicación (dpa). Para estas determinaciones se utilizó un cuadrado de 30 cm por 30 cm, el cual se lanzó 3 veces al azar por parcela.

En la determinación a los 78 dpa, cuando los tratamientos con glifosato en postemergencia (T9 a T16) llevaban 48 días de aplicados, se realizó la determinación de densidad de malezas usando la misma metodología mencionada anteriormente.

Al momento de la cosecha de maíz, se evaluó enmalezamiento residual, para lo cual se realizaron cortes usando el cuadro de 0,09 m<sup>2</sup> en forma aleatoria 5 veces por parcela, estas muestras se llevaron a estufa para lograr su peso seco y expresaron en gramos de materia seca/ m<sup>2</sup>.

### **3.4.2. En el cultivo**

Se evaluó la materia seca del cultivo, ya que por problemas operativos no se pudo cosechar grano, para esto se tomaron 10 plantas en forma aleatoria por parcela a fin de ciclo, cortando la planta de maíz al ras del suelo. Las muestras fueron llevadas a estufa para estimar su peso seco.

Cuadro No. 2. Detalle de las evaluaciones realizadas.

Fecha	DPA	en cultivo	en maleza
17/10/2013	0	aplicación herbicidas	
29/10/2013	12		Densidad (pl/m <sup>2</sup> )
06/11/2013	20		Densidad (pl/m <sup>2</sup> )
16/11/2013	30	aplicación de glifosato	
21/11/2013	35		Densidad (pl/m <sup>2</sup> )
03/01/2014	78		Densidad (pl/m <sup>2</sup> )
17/02/2014		cosecha plantas	cosecha malezas

### **3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

En las evaluaciones de densidad de emergencias en las fechas de los 12, 20 y 35 dpa, se analizó considerando un diseño de bloques completos al azar. Se usó el programa SAS para el análisis de varianza y test de diferencias de medias según Tukey.

### **3.6. CONDICIONES CLIMÁTICAS DURANTE EL PERÍODO EXPERIMENTAL**

Como puede observarse en el siguiente gráfico, las precipitaciones durante el periodo experimental (octubre 2013- febrero 2014) fueron en términos generales mayores al promedio histórico, excepto para los meses de octubre y diciembre, donde fueron similares e inferiores, respectivamente.

El periodo crítico del cultivo (entorno a floración), transcurrió con déficit para las exigencias del cultivo (diciembre), si bien el maíz presenta necesidades hídricas para todo el ciclo similares a los otros cultivos de verano, en el periodo crítico se diferencia del resto siendo más exigente, presentando umbrales de crecimiento mayores, por lo tanto un déficit hídrico en este momento afecta de forma importante el rendimiento.

Es de destacar las altas precipitaciones que se dieron en el mes de noviembre, 200 mm aproximadamente, las cuales pudieron afectar la actividad de los herbicidas preemergentes, produciendo la lixiviación de los mismos, afectando su residualidad para el control de las malezas durante toda la duración del cultivo.

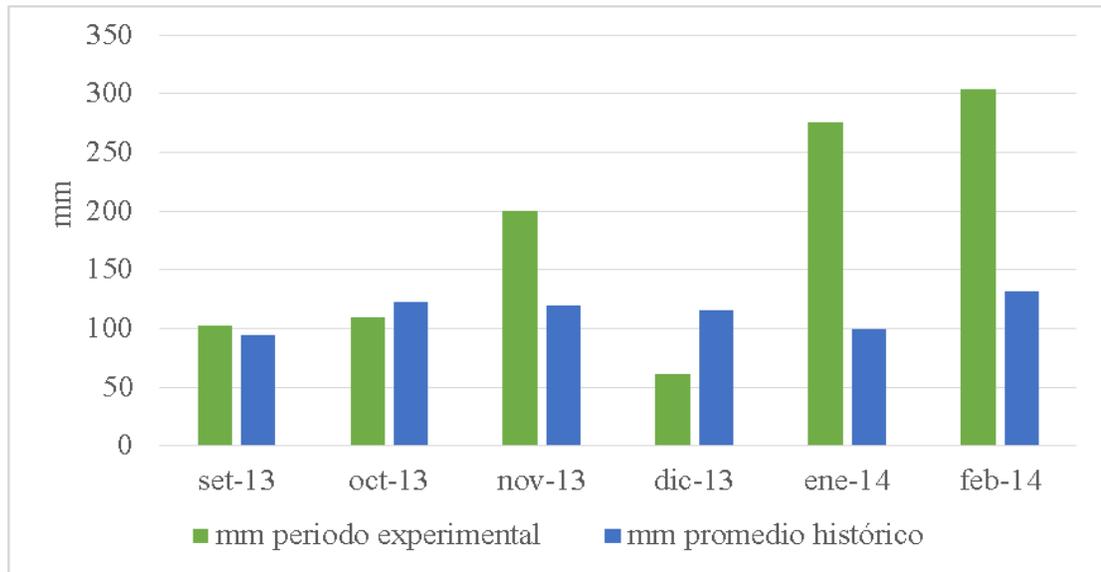


Figura No. 2. Precipitaciones (mm) del promedio histórico y promedio durante el periodo experimental.

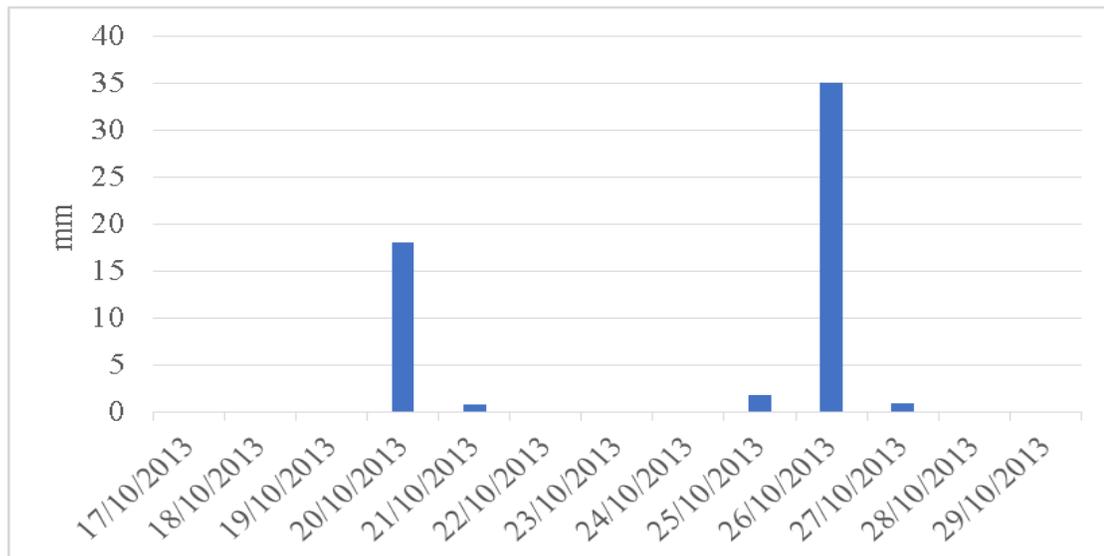


Figura No. 3. Precipitaciones (mm) desde día de aplicación hasta primera medición.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CARACTERIZACIÓN DEL ENMALEZAMIENTO

Las principales especies de malezas encontradas en el área experimental fueron: capín (*Echinochloa colona*), pasto blanco (*Digitaria sanguinalis*) y abrojo (*Xanthium cavanillesii*).

Es importante destacar que el peso relativo de cada especie no fue el mismo, destacándose el capín como especie dominante, seguido por pasto blanco, determinando así un enmalezamiento básicamente gramíneo.

### 4.2. EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS EN EL CONTROL DE MALEZAS

#### 4.2.1. Evaluación a los 12 días post aplicación

En esta primera fecha de evaluación solo se analiza *Echinochloa colona*, por ser la maleza predominante, en el caso de *D. sanguinalis* y *X. cavanillesii* no permitieron un análisis, por ser de baja frecuencia y no estar presentes en todos los tratamientos. A partir de los datos de densidad de malezas, cuadro 3, a los 12 días post aplicación podemos considerar que el enmalezamiento era medio, 73 plantas/m<sup>2</sup> en el testigo.

Cuadro No. 3. Número de emergencias por m<sup>2</sup> de *Echinochloa colona*

Tratamiento	<i>Echinochloa colona</i> (No./m <sup>2</sup> )
Atranex 90 (1,1Kg/ha) + Chana Plus (2L/ha)	28 A
Atranex 90 (1,1kg/ha) + Dual Gold (1,6L/ha)	59 A
Dinamic (0,5kg/ha) + Chana Plus (2L/ha)	34 A
SureStart (3L/ha)	36 A
SureStart (4L/ha)	45 A
Adengo (0,4L/ha)	29 A
Adengo (0,4L/ha) + Atranex 90 (1,1Kg/ha)	27 A
TESTIGO	73 A

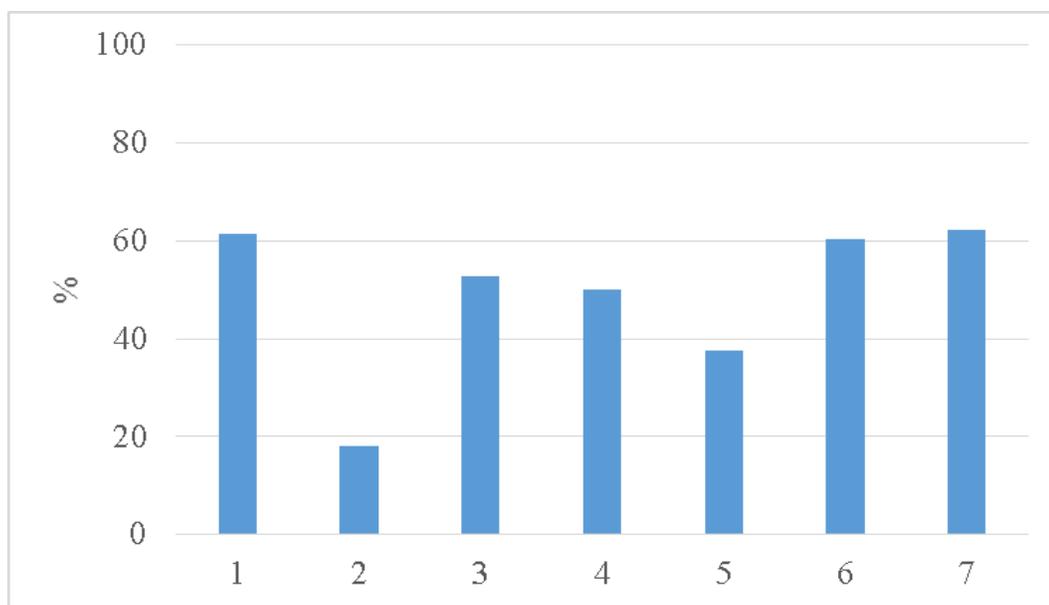
Tratamientos con distinta letra difieren estadísticamente (P<0,05)

Aun cuando hubo efecto tratamiento, la separación de medias no logró identificar diferencias entre ellos. Si se compara en valores absolutos, los tratamientos que contienen cloroacetamidas, se puede observar que para *Echinochloa colona*, el acetoclor presentó mejor control que metolaclor, un 61% de control frente a 18%, respectivamente. Los tratamientos con SureStart en las dosis de 3 y 4 L/ha, presentaron

valores de densidad algo superior a los tratamientos con acetoclor, en respuesta al menor contenido de acetoclor en las dosis de SureStart (1.25 y 1.67 l i.a. de acetoclor) comparado a los 2 L de acetoclor (1.8l i.a).

Los tratamientos que incluyeron Adengo y el tratamiento de Atrazina + Acetoclor fueron los que presentaron mejor control para esta gramínea. Esto es concordante con los resultados de Manea et al. (2010), quienes obtuvieron eficientes controles con el uso de Adengo aplicado en preemergencia. Mientras que Stephenson y Bond (2012) obtuvieron un control más eficiente cuando al Adengo se lo utilizó en mezcla con atrazina, en nuestro caso la inclusión de atrazina en el tratamiento no determinó mejoras en el control de la maleza analizada.

No se encontró explicación del peor resultado de la mayor dosis de Sure Start 4L comparada con la dosis de 3L, aunque contradicciones similares obtuvieron Ernst y Ferrari (2012).



**T1:** Atranex 90 (1,1kg/ha) + Chana Plus (2L/ha); **T2:** Atranex 90 (1,1kg/ha) + Dual Gold (1,6L/ha); **T3:** Dinamic (0,5kg/ha) + Chana Plus (2L/ha); **T4:** Sure Start (3L/ha); **T5:** Sure Start (4L/ha); **T6:** Adengo (0,4L/ha); **T7:** Adengo (0,4L/ha) + Atranex 90 (1,1kg/ha).

Figura No. 4. Porcentaje de control de *Echinochloa colona* respecto al testigo.

Los controles de todos los tratamientos preemergentes fueron bajos, no superaron el 65% a los 12 dpa. Aunque sin diferencias significativas, se destacan en la figura 4, las mezclas de Atranex 90 (1,1 kg) + Chana Plus (2 l) y Adengo (0,4 l) + Atranex 90 (1,1

kg) las cuales presentaron mejor control, logrando un 61% y 62 % de control, respectivamente.

Estos resultados pueden estar muy influenciados por las condiciones climáticas luego de la aplicación de los herbicidas. Desde la aplicación y 3 dpa, no se produjeron lluvias, quedando el herbicida en los primeros milímetros del suelo sin controlar las primeras emergencias de malezas.

#### **4.2.2. Evaluación a los 20 días post aplicación**

Al momento de realizar la segunda evaluación, el número y diversidad de malezas era mayor. En esta fecha se pudo evaluar estadísticamente a *Digitaria sanguinalis* y se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para ambas malezas.

Cuadro No. 4. Número de emergencias por m<sup>2</sup> de *Echinochloa colona* y *Digitaria sanguinalis*

Tratamiento	<i>E. colona</i> (No./m <sup>2</sup> )	<i>D. sanguinalis</i> (No./ <sup>2</sup> )
Atranex 90 (1,1Kg) + Chana Plus (2L)	59 AB	3 AB
Atranex 90 (1,1kg) + Dual Gold (1,6L)	29 B	1 B
Dinamic (0,5 kg) + Chana Plus (2L)	88 AB	1 B
SureStart (3L)	95 AB	1 B
SureStart (4L)	74 AB	2 AB
Adengo (0,4L)	89 AB	2 AB
Adengo (0,4L) + Atranex 90 (1,1Kg)	52 AB	1 B
TESTIGO	163 A	30 A

Tratamientos con distinta letra difieren estadísticamente (P<0,05 *Echinochloa colona*, P<0,1 *Digitaria sanguinalis*).

El tratamiento de atrazina + metolaclor fue el único que presentó diferencias significativas con el testigo, con un porcentaje de control de 82%.

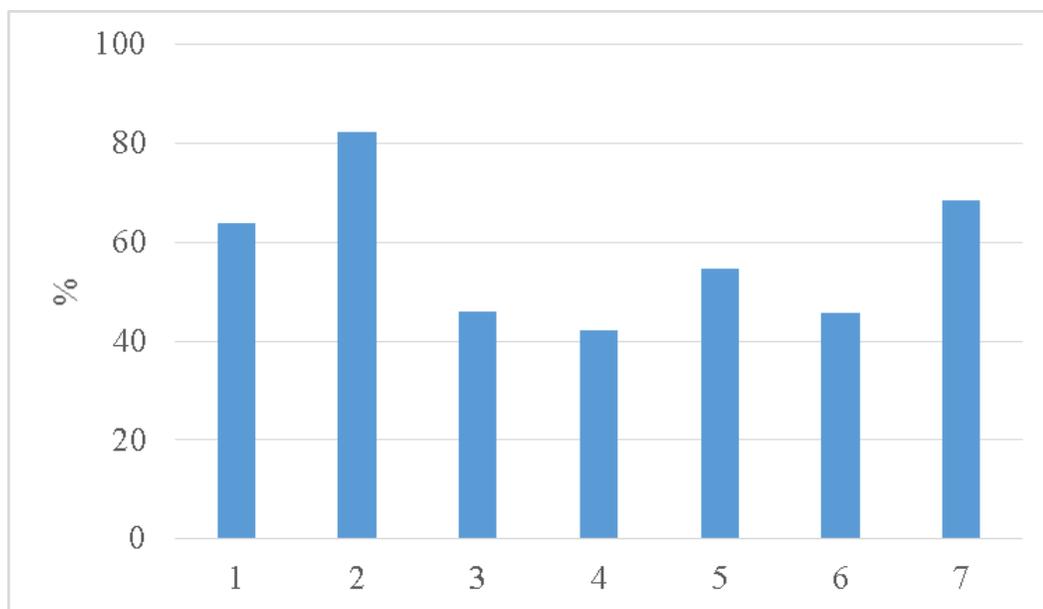
El cambio en este tratamiento de la fecha anterior a esta, puede estar explicado por la familia herbicida cloroacetamidas, como es el caso del metolaclor. Por su modo de acción expresan su control, no permitiendo la emergencia de las malezas o generando una distorsión del crecimiento radicular y de desarrollo de la primer hoja que luego de la emergencia desencadenan la muerte de la planta, es frecuente que las malezas emerjan y luego se mueran (Kogan y Pérez, 2003). Además pudo haber existido una respuesta diferencial en la actividad del herbicida en relación a la disponibilidad de agua al momento de la aplicación.

En el caso del tratamiento de Adengo + Atrazina se observó un mejor control de malezas comparado al tratamiento de Adengo solo. Esto es concordante con Stephenson y Bond (2012) los cuales también obtuvieron mejores controles con la mezcla comparada con el Adengo solo.

La mezcla de Amicarbazone (0,5 kg) + Acetoclor (2L) presentó un control intermedio de malezas, efectuado por el herbicida de la familia cloroacetamida. El herbicida Amicarbazone controla malezas de hoja ancha, que en este experimento no hubieron emergencias significativas, salvo *X. cavallinnesi*.

En cuanto a las distintas dosis de Sure Start nuevamente se obtuvo un mejor control con la dosis más baja (3L) comparada con la de 4 L, en este caso para la maleza *Digitaria Sanguinalis*, no pudiendo encontrar una explicación satisfactoria.

Como se observa en la figura 5, y considerando la evaluación anterior, si bien no existieron diferencias significativas, se puede ver que los tratamientos 1 (Atrazina + Acetoclor) y 7 (Adengo + Atrazina) mantuvieron un control de *Echinochloa colona* superior al 60%. Se puede concluir que estos tratamientos junto al 2 (Atrazina + Metolaclor) presentaron una mayor residualidad.



**T1:** Atranex 90 (1,1kg/ha) + Chana Plus (2L/ha); **T2:** Atranex 90 (1,1kg/ha) + Dual Gold (1,6L/ha); **T3:** Dinamic (0,5kg/ha) + Chana Plus (2L/ha); **T4:** Sure Start (3L/ha); **T5:** Sure Start (4L/ha); **T6:** Adengo (0,4L/ha); **T7:** Adengo (0,4L/ha) + Atranex 90 (1,1kg/ha).

Figura No. 5. Porcentaje de control de *Echinochloa colona* respecto al testigo.

El control de *Digitaria sanguinalis* fue excelente para todos los tratamientos, superando el 90% de control en todos los casos, comparado con el testigo. Este eficaz control de la maleza puede estar explicado por el momento de emergencia, que fue posterior a las precipitaciones que se dieron el 20 y 26 de octubre de 2013 como se observa en la figura 3. Los herbicidas disipados en los primeros centímetros del suelo y con alta residualidad, evitaron en gran medida el nacimiento y desarrollo de nuevas plantas.

Para el caso de *Xanthium cavanillesii* si bien no se hizo análisis estadístico en esta evaluación, se pudo observar en los resultados una diferencia entre tratamientos, en donde los tratamientos de Atrazina + Acetoclor y Adengo + Atrazina no presentaron emergencias evidenciando un excelente control. Para el resto de los tratamientos las emergencias variaron entre 3 y 5 plantas por m<sup>2</sup>. En cambio el testigo presentó el mayor número de emergencias en promedio 9 plantas por m<sup>2</sup>.

#### **4.2.3. Evaluación a los 35 días post aplicación**

El enmalezamiento de gramíneas en cuanto a número y tamaño continuó aumentando en todos los tratamientos, pero se mantuvo el comportamiento de los tratamientos herbicidas mencionados en la fecha anterior, siendo la mezcla de atrazina + metolaclor la más eficaz para controlar las gramíneas.

Cuadro No. 5. Número de emergencias por m<sup>2</sup> de *Echinochloa colona*, *Digitaria sanguinalis* y *Xanthium cavanillesii*.

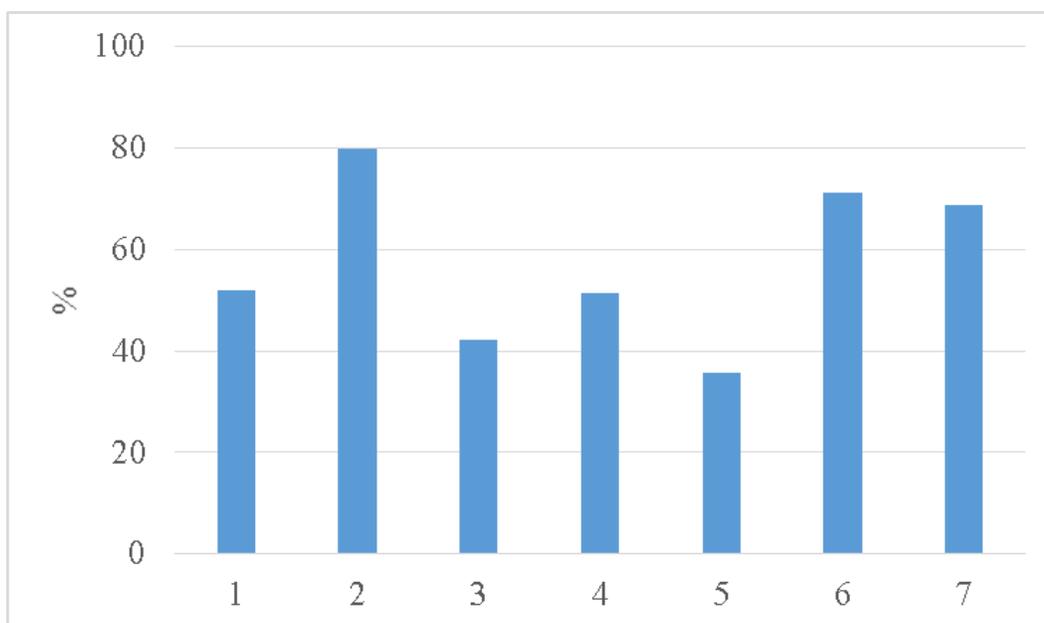
Tratamiento	<i>E. colona</i> (No./m <sup>2</sup> )	<i>D. sanguinalis</i> (No./m <sup>2</sup> )	<i>X. cavanillesii</i> (No./m <sup>2</sup> )
Atranex 90 (1,1Kg) + Chana Plus (2L)	105 AB	7 ABC	1,1 A
Atranex 90 (1,1kg) + Dual Gold (1,6L)	44 B	1 C	3,8 A
Dinamic (0,5 kg) + Chana Plus (2L)	126 AB	7 ABC	5,5 A
SureStart (3L)	106 AB	3 BC	3,5 A
SureStart (4L)	140 AB	8 ABC	4,7 A
Adengo (0,4L)	63 AB	14 AB	1,2 A
Adengo (0,4L) + Atranex 90 (1,1Kg)	68 AB	4 ABC	1,8 A
TESTIGO	217 A	16 A	0,9 A

Tratamientos con distinta letra difieren estadísticamente (P<0,05)

Los tratamientos con SureStart, Dinamic + Chana plus y Atranex + Chana plus son los de peor control en *E. colona*, en valores absolutos son los de mayor densidad de malezas. No difieren estadísticamente del mejor tratamiento que sigue siendo en esta maleza el que contiene atrazina + metolaclor, con un control de 80%.

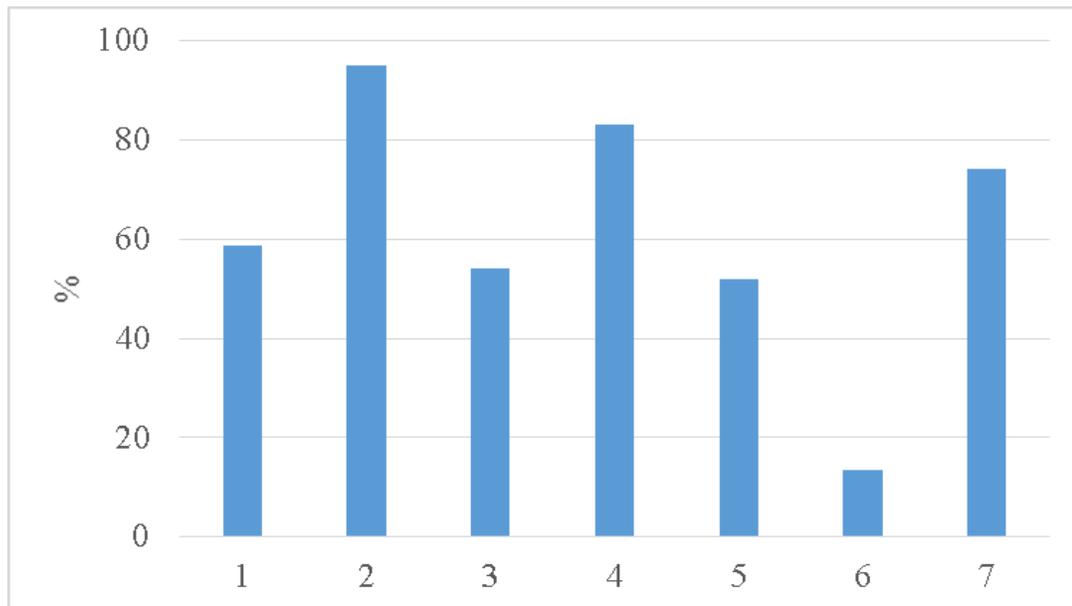
Para esta fecha de evaluación el control de la maleza *Digitaria sanguinalis* bajó considerablemente para la mayoría de los tratamientos, comparado con la evaluación anterior en la que todos los tratamientos habían presentado un control superior al 90%.

El tratamiento 2 (Atrazina + Metolaclor) fue el único que presentó diferencia significativa respecto al testigo, presentando un control superior al 90%, los tratamientos 4 (SureStart) y 7 (Adengo + Atrazina) también presentaron un aceptable control, superando el 75%, aunque sin diferencia significativa con el testigo.



**T1:** Atranex 90 (1,1kg/ha) + Chana Plus (2L/ha); **T2:** Atranex 90 (1,1kg/ha) + Dual Gold (1,6L/ha); **T3:** Dinamic (0,5kg/ha) + Chana Plus (2L/ha); **T4:** Sure Start (3L/ha); **T5:** Sure Start (4L/ha); **T6:** Adengo (0,4L/ha); **T7:** Adengo (0,4L/ha) + Atranex 90 (1,1kg/ha).

Figura No. 6. Porcentaje de control de *Echinochloa colona* respecto al testigo.



**T1:** Atranez 90 (1,1kg/ha) + Chana Plus (2L/ha); **T2:** Atranez 90 (1,1kg/ha) + Dual Gold (1,6L/ha); **T3:** Dinamic (0,5kg/ha) + Chana Plus (2L/ha); **T4:** Sure Start (3L/ha); **T5:** Sure Start (4L/ha); **T6:** Adengo (0,4L/ha); **T7:** Adengo (0,4L/ha) + Atranez 90 (1,1kg/ha).

Figura No. 7. Porcentaje de control de *Digitaria sanguinalis* respecto al testigo.

Castellanos y Orcasberro (2001) encontraron controles deficientes en *Digitaria sanguinalis* y *Echinochloa colona* en tratamientos con atrazina, a los 61 dpa el enmalezamiento de estos tratamientos fueron similares al testigo sucio, siendo *Digitaria sanguinalis* la maleza predominante, sin embargo en la evaluación a cosecha, el tratamiento con atrazina aplicado en preemergencia fue el de mejor comportamiento, siendo igual que el testigo limpio, indicando el potencial como preemergente de atrazina.

Ernst y Ferrari (2013) obtuvieron un promedio de control para los tratamientos preemergentes de 55%, el testigo sucio presentó diferencia estadística ( $P < 0,05$ ) solamente con el tratamiento Sure Start (3L), el cual presentó un porcentaje de control de 86% respecto al testigo.

La figura 8, permite visualizar el enmalezamiento en la parcela testigo, donde se aprecia claramente el alto enmalezamiento de gramíneas.



Figura No. 8. Enmalezamiento de testigo.

En esta evaluación al aumentar el número de emergencias de *Xanthium cavanillesii* en todos los tratamientos, se pudo evaluar estadísticamente, si bien no se encontró diferencias significativas, se pudo observar que la mayoría de los tratamientos presentaron emergencias superiores al testigo. Esto, en parte explicado porque al predominar el enmalezamiento gramíneo en el testigo, afectó el establecimiento de las emergencias de abrojo. Otra explicación puede deberse a la degradación de los herbicidas en el suelo, siendo la residualidad insuficiente para controlar esta especie. Los tratamientos de menores emergencias fueron Atrazina + Acetoclor y Adengo.

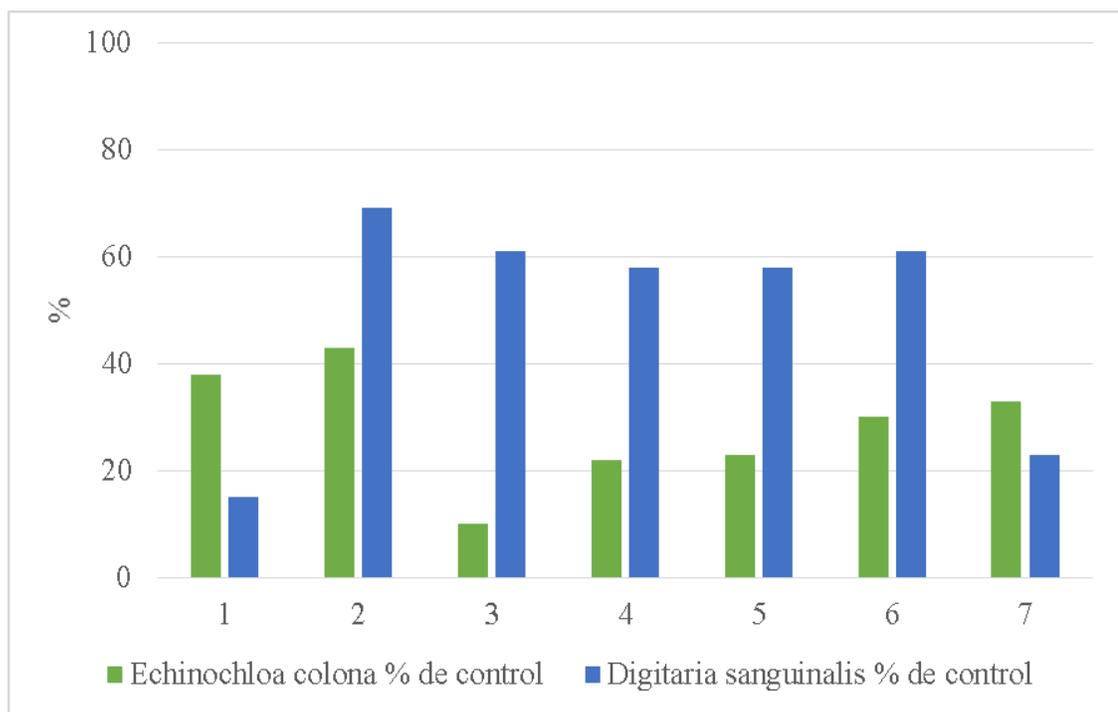
#### **4.2.4. Evaluación post aplicación de glifosato**

La evaluación de control de malezas post aplicación del glifosato, no fue realizada tomando en cuenta la expresión de síntomas, debido a que el control fue muy pobre y se realizó la recorrida con retraso y no era posible identificar claramente síntomas y rebrotes. Por ellos la evaluación que se hizo fue la misma que en las evaluaciones anteriores. Siendo los tratamientos del 1 al 8, iguales a los tratamientos del 9 al 16, con la diferencia de la aplicación de glifosato en estos últimos.

Considerando la densidad de malezas, entonces, el porcentaje de control para ambas malezas gramíneas principales (*Echinochloa colona* y *Digitaria sanguinalis*) no fue bueno, siendo en promedio para *D. sanguinalis* de 42% y de 28% para *E. colona*.

La dosis de glifosato utilizada fue de 1200 g ea/ha (2,5L/ha de Panzer Gold), logrando en promedio un bajo control para la maleza *Echinochloa colona*. La aplicación del herbicida fue realizada en condiciones óptimas de temperatura, viento y humedad.

Por lo tanto el bajo control puede atribuirse al estado fisiológico en el que se encontraba la maleza, en macollaje, provocando una más rápida detoxificación, haciendo que la planta detuviera su crecimiento pero no determinando un control total. O incluso a una expresión de tolerancia al herbicida.



**T1:** Atraxen 90 (1,1kg/ha) + Chana Plus (2L/ha); **T2:** Atraxen 90 (1,1kg/ha) + Dual Gold (1,6L/ha); **T3:** Dinamic (0,5kg/ha) + Chana Plus (2L/ha); **T4:** Sure Start (3L/ha); **T5:** Sure Start (4L/ha); **T6:** Adengo (0,4L/ha); **T7:** Adengo (0,4L/ha) + Atraxen 90 (1,1kg/ha). Todos los tratamientos incluyen glifosato en V3-V4.

Figura No. 9. Porcentajes de control para las 2 especies principales (*E. colona* y *D. sanguinalis*) en promedio de los tratamientos que recibieron glifosato (48 días antes).

En el cuadro 6, se presentan los valores de probabilidad de los efectos principales y del análisis de la interacción de herbicidas preemergentes y aplicación de glifosato en la variable densidad de malezas para esta fecha de evaluación

Cuadro No. 6. Probabilidad de los efectos en análisis de la interacción de aplicación de glifosato y tratamiento preemergente (48 días post aplicación de glifosato).

Efecto	<i>Echinochloa colona</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>	<i>Xanthium cavanillesii</i>
Tratamiento preemergente	0,3288	0,4736	0,6584
Aplicación de glifosato en V3- V4	0,0128	0,0927	0,0043
Interacción trat x aplicación de Glifosato	ns	ns	ns

Tratamientos con distinta letra difieren estadísticamente (P<0,05 para *E. colona* y *X. cavanillesii*, P<0,1 para *D. sanguinalis*)

El análisis estadístico no detectó interacción entre los tratamientos preemergentes y la aplicación o no de glifosato el (16/11/13), esto no sorprende porque la dosis si bien no fue efectiva en controlar las malezas, determinó solo el efecto principal del factor aplicación de glifosato.

Por esta razón, se presentan los datos promedios de ambos factores principales, promedio densidad con y sin aplicación de glifosato, en el cuadro 7.

Cuadro No. 7. Número de emergencias por m<sup>2</sup>.

Aplicación de glifosato en postemergencia	<i>E. colona</i>	<i>D. sanguinalis</i>	<i>X. cavanillesii</i>
Sin glifosato	180 A	19 A	7 A
Con glifosato en V4	131 B	11 B	2 B

Tratamientos con distinta letra difieren estadísticamente (P<0,05)

A pesar de las diferencias estadísticas obtenidas en el análisis, se destaca el bajo control que se obtuvo en la aplicación de glifosato en V3-V4, especialmente para las gramíneas.

La elevada densidad de *Echinochloa colona*/m<sup>2</sup> en ambas situaciones, no sorprende visto que ya habían pasado 48 días de la aplicación y considerando las altas precipitaciones (desde la aplicación hasta fin de noviembre llovieron 160 mm aproximadamente) era esperable que además del bajo nivel de control obtenido,

aparecieran nuevas emergencias de malezas en los tratamientos que habían recibido glifosato.

Stephenson y Bond (2012) encontraron que la aplicación en postemergencia de glifosato aumentaba el control de todas las malezas, y que esta aplicación era necesaria para proporcionar el control durante toda la temporada del cultivo. En nuestro caso no fue así, seguramente por el estado de desarrollo de la maleza y porque como fue mencionado anteriormente, ocurrieron abundantes precipitaciones posteriores a la aplicación de glifosato, lo que promovió nuevas emergencias.

Cuadro No. 8. Número de emergencias por m<sup>2</sup> de *Echinochloa colona*, *Digitaria sanguinalis* y *Xanthium cavanillesii* considerando solo el factor tratamiento preemergente.

Tratamiento	<i>E. colona</i>	<i>D. sanguinalis</i>	<i>X. cavanillesii</i>
Atranex 90 (1,1Kg) + Chana Plus (2L)	128 A	22 A	3 A
Atranex 90 (1,1kg) + Dual Gold (1,6L)	118 A	8 A	3 A
Dinamic (0,5 kg) + Chana Plus (2L)	187 A	10 A	7 A
SureStart (3L)	161 A	11 A	4 A
SureStart (4L)	159 A	11 A	5 A
Adengo (0,4L)	146 A	10 A	5 A
Adengo (0,4L) + Atranex 90 (1,1Kg)	138 A	20 A	4 A
TESTIGO	207 A	26 A	1 A

Tratamientos con distinta letra difieren estadísticamente (P<0,05)

Continúa siendo *Echinochloa colona* la maleza principal a los 48 días posterior a la aplicación de glifosato. No observándose una diferencia significativa entre tratamientos para ninguna de las tres malezas.

Britos y Goyeni (2013) concluyeron que para el caso de *Echinochloa colona* cualquier tratamiento herbicida utilizado fue efectivo en comparación con el testigo, aunque esperaban un mejor control residual de *Echinochloa colona* por parte de los tratamientos con cloroacetamidas, sin embargo no sucedió. Esto se explica principalmente porque la residualidad de estos herbicidas no fue suficiente para cubrir hasta el periodo de mayor flujo de emergencia de la maleza, finales de la primavera.

#### **4.2.5. Enmalezamiento a cosecha (Materia seca/m<sup>2</sup>)**

El análisis de malezas a cosecha tampoco identificó interacción entre los factores tratamiento preemergente y aplicación de glifosato, como se había mencionado en la

fecha anterior. Tampoco se evidenció un efecto de aplicación de glifosato, también era esperable, según lo comentado en la fecha anterior, las condiciones climáticas fueron propicias para nuevos enmalezamientos que fueron elevados en el caso de *Echinochloa colona*.

El análisis estadístico tampoco evidenció diferencias para los tratamientos preemergentes, esto pudo estar influenciado por el alto coeficiente de variación. Por ello se presentan los valores promedios de materia seca ( $\text{g/m}^2$ ) para cada tratamiento.

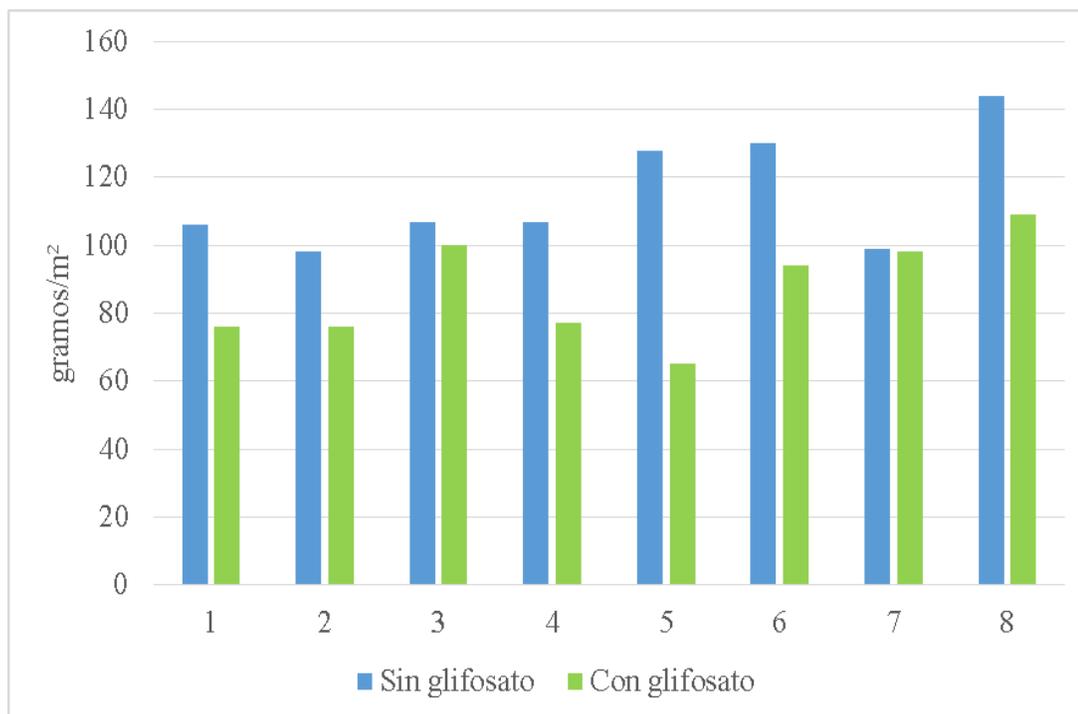
A partir de los datos representados en la figura 10 se observa que los tratamientos que no recibieron glifosato en V3-V4 presentaron un mayor enmalezamiento a cosecha.

Una aplicación de glifosato en estados del cultivo avanzado puede producir beneficios ya que se llega al momento de cosecha con un cultivo más limpio, facilitando de esta manera la cosecha, permitiendo además iniciar el barbecho con anterioridad, pero si se dan las condiciones predisponentes para nuevas emergencias, estos beneficios no se capitalizan.

Se puede observar que el enmalezamiento a la cosecha fue alto para todos los tratamientos, superando los 60 gramos de materia seca por metro cuadrado, y en el caso del testigo alcanzando más de 140 gramos. Britos y Goyeni (2013) reportaron mayores niveles de control a cosecha, ya que los valores de materia seca de malezas a cosecha para los tratamientos variaba entre 5 y 40 gramos por metro cuadrado, mientras que el testigo presentó 154 gramos por metro cuadrado.

Se esperaba un mejor resultado en los tratamientos mezclas con cloroacetamidas por la residualidad de estos en el control de gramíneas, pero no fue así, probablemente esto se explica por el comportamiento de *Echinochloa colona*, sus nuevas emergencias tardías y la poca eficiencia de control del glifosato debido al estado de desarrollo en que se encontraba la maleza al momento de la aplicación, que no permitieron un control prolongado hasta la cosecha.

Considerando los datos de precipitaciones, pudo haber ocurrido una parcial desactivación de los herbicidas, ya que el suelo se encontraba con baja humedad, hubo solamente lluvias 28 mm, 6 días antes de la aplicación de los herbicidas preemergentes.



**T1:** AtraneX 90 (1,1kg/ha) + Chana Plus (2L/ha); **T2:** AtraneX 90 (1,1kg/ha) + Dual Gold (1,6L/ha); **T3:** Dinamic (0,5kg/ha) + Chana Plus (2L/ha); **T4:** Sure Start (3L/ha); **T5:** Sure Start (4L/ha); **T6:** Adengo (0,4L/ha); **T7:** Adengo (0,4L/ha) + AtraneX 90 (1,1kg/ha); **T8:** Testigo.

Figura No. 10. Materia seca de malezas (gramos/m<sup>2</sup>)

Para los tratamientos que incluyeron Sure Start como preemergente, más glifosato en postemergencia y las mezclas de atrazina + cloroacetamidas con glifosato en postemergencia, se observaron los mejores resultados a cosecha, estando por debajo de los 80 gr/m<sup>2</sup>.

Castellanos y Orcasberro (2001) encontraron controles deficientes en *Digitaria sanguinalis* y *Echinochloa colona* en tratamientos con atrazina, a los 61 dpa, siendo el enmalezamiento de estos tratamientos similares al testigo sucio, siendo *Digitaria sanguinalis* la maleza que predominaba. Sin embargo en la evaluación a cosecha, el tratamiento con atrazina (3L) aplicado en preemergencia fue el de mejor comportamiento, siendo igual que el testigo limpio.

Como ya fue mencionado anteriormente, aquí nuevamente se observa para el herbicida Sure Start una tendencia de mayor residualidad de la dosis menor (3L/ha) respecto a la de 4L/ha, cuando no se aplicó glifosato en V3-V4. En cambio con la

aplicación de glifosato, el tratamiento con la dosis más alta (4L/ha) tuvo un mejor comportamiento.

Ernst y Ferrari (2012) encontraron igual comportamiento, obteniendo mejor resultado con la menor dosis, en cambio Britos y Goyeni (2013) obtuvieron mejor resultado con la dosis más alta (3L/ha), respecto a la de (2L/ha).

### 4.3. MATERIA SECA DE MAÍZ

La evaluación de la materia seca del maíz no evidenció efectos de la aplicación de glifosato. Esto era lo esperado ya que el enmalezamiento era considerado medio y la aplicación del glifosato no presentó controles satisfactorios y presentó una fuerte reinfestación luego de la aplicación del glifosato, condicionando la respuesta final.

Cuadro No. 9. Probabilidad de los efectos en análisis de la interacción de aplicación de glifosato y tratamiento preemergente en la materia seca de maíz

Efecto	Incluyendo el testigo sin preemergente	Excluyendo el testigo sin preemergente
Tratamiento preemergente	0.0050	0.0041
Aplicación de glifosato en V3- V4	0.9581	0.8051
Interacción trat x aplicación de Glifosato	0.1587	0.0929

Tratamientos con distinta letra difieren estadísticamente (P<0,05)

En el siguiente cuadro se observan los resultados de la evaluación de materia seca de maíz a cosecha, cabe destacar que en el período crítico del cultivo, ocurrió un déficit hídrico, desde mediados de diciembre hasta mediados de enero, provocando una pérdida importante en el rendimiento final.

Cuadro No. 10. Materia seca de maíz (kg MS/10 plantas)

Tratamiento preemergente	Con glifosato	Sin glifosato
Atranex 90 (1,1kg/ha) + Chana Plus (2L/ha)	1,6	1,4
Atranex 90 (1,1kg/ha) + Dual Gold (1,6L/ha)	1,4	1,3
Dinamic (0,5kg/ha) + Chana Plus (2L/ha)	1,0	1,4
Sure Start (3L/ha)	1,5	1,9
Sure Start (4L/ha)	1,4	1,3
Adengo (0,4L/ha)	2,0	1,5
Adengo (0,4L/ha) + Atranex 90 (1,1kg/ha)	1,8	1,7

Si bien no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, en el cuadro 10 se puede observar un mejor comportamiento, en promedio, de los tratamientos que recibieron glifosato en V3-V4, comparado con los que no recibieron glifosato. Se destaca al Adengo (0,4 L) y la mezcla de Adengo + Atrazina, los cuales presentaron los mayores rendimientos.

Ernst y Ferrari (2013) obtuvieron igual resultado, ya que el tratamiento de mayor rendimiento fue Adengo (0,4 l). Para los otros tratamientos donde existió algún tipo de control, evaluado a los 59 dpa, luego no se vio reflejado en el rendimiento de maíz ya que fueron bajos.

En cambio Britos y Goyeni (2013) encontraron mejores resultados en los tratamientos con Glifosato + Atrazina (1 kg) y Glifosato + Dual Gold (1,6 l). Asumiendo las diferencias a favor de los mejores tratamientos por la respuesta de control de estos en la maleza predominante que era *Digitaria sanguinalis*.

Para esta variable era esperable que no hubieran diferencias significativas entre los tratamientos preemergentes, porque en el control total de malezas no las hubo, aunque finalmente se pudo observar un mejor comportamiento, sin diferencias significativas, de los tratamientos de Adengo (0,4 L/ha) y Adengo + Atranex.

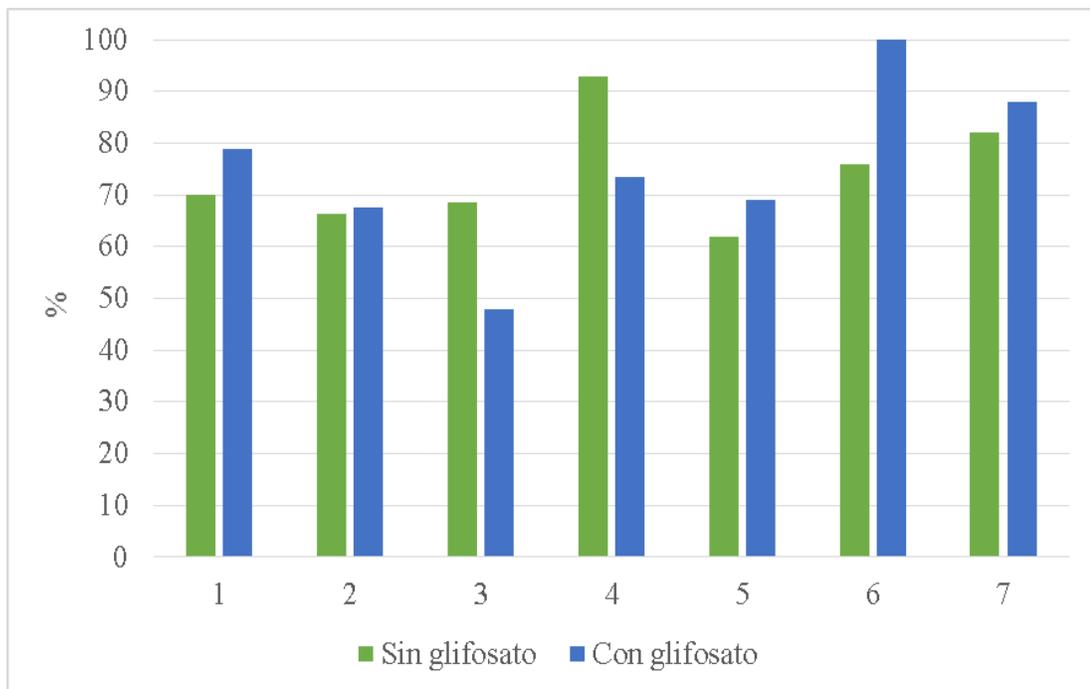
En el cuadro 11, se presentan los valores de materia seca solo considerando el factor aplicación de glifosato.

Cuadro No. 11. Materia seca de maíz (kg MS/10 plantas) con y sin glifosato

MS maíz (kg MS/10 plantas)	Incluyendo el testigo sin preemergente	Excluyendo el testigo sin preemergente
Con glifosato	1.5442 A	1.5258 A
Sin glifosato	1.5398 A	1.5045 A

Tratamientos con distinta letra difieren estadísticamente ( $P < 0,05$ )

En la siguiente figura se presenta el rendimiento relativo, calculado a partir del tratamiento de mayor rendimiento.



**T1:** Atranex 90 (1,1kg/ha) + Chana Plus (2L/ha); **T2:** Atranex 90 (1,1kg/ha) + Dual Gold (1,6L/ha); **T3:** Dinamic (0,5kg/ha) + Chana Plus (2L/ha); **T4:** Sure Start (3L/ha); **T5:** Sure Start (4L/ha); **T6:** Adengo (0,4L/ha); **T7:** Adengo (0,4L/ha) + Atranex 90 (1,1kg/ha).

Figura No. 11. Rendimientos relativos de cada tratamiento.

Considerando el aumento promedio de los rendimientos originado por la aplicación de glifosato en V3-V4 el cual no fue significativo a ( $P > 0.05\%$ ), pero si mostró un promedio superior. A este deberá considerarse un costo adicional a ser descontado del rendimiento, que corresponde a los kg de maíz necesarios para sustentar

la aplicación de un herbicida para eliminar las plantas guachas que emergen durante el cultivo, además del mayor costo de la semilla del mismo. Por lo cual en la situación analizada la utilización de genotipos RR no fue justificada si es observada únicamente en cuanto a la producción del mismo, aunque el estrés hídrico ocurrido en el periodo crítico del cultivo afectó en gran forma el rendimiento final.

## **5. CONCLUSIONES**

El enmalezamiento inicial fue medio, con 73 plantas/m<sup>2</sup>. Siendo básicamente gramíneo, donde las especies más frecuentes fueron *Echinochloa colona* y *Digitaria sanguinalis*. Para las evaluaciones posteriores la densidad de *Echinochloa colona* continuó aumentando determinando un alto enmalezamiento final.

No se pudo evaluar datos de malezas de hoja ancha en todas las evaluaciones realizadas, porque no hubo emergencias significativas durante el experimento, sólo emergencias de *Xanthium cavanillesii*, las cuales no se encontraban en todas las parcelas.

A los 35 días post aplicación la principal especie era *Echinochloa colona*, con un promedio de 108 plantas/m<sup>2</sup>. En esta fecha el mayor nivel de control de malezas fue de 80% para el tratamiento de atrazina + metolaclor.

El desarrollo de las malezas y las condiciones climáticas determinaron un pobre control de las malezas presentes, especialmente de *Echinochloa colona*. No incidiendo por tanto, esta medida, en el rendimiento de materia seca de maíz. Los mejores tratamientos fueron Adengo (0,4L) y Adengo + atrazina.

La aplicación de glifosato si bien no determinó diferencias significativas en cuanto a rendimiento, si determinó una tendencia a un mayor rendimiento y a un menor grado de enmalezamiento.

Los resultados obtenidos no permiten concluir respecto al beneficio de la utilización de genotipos RR, porque no se obtuvieron buenos controles.

## **6. RESUMEN**

El experimento fue conducido en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni ubicado en el departamento de Paysandú, en la primavera – verano 2013 – 2014. El objetivo fue evaluar el espectro de control y selectividad de herbicidas preemergentes combinados con la aplicación de glifosato en el cultivo de maíz transgénico (RR), en el estadio V3-V4. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Un factor de estudio fueron los tratamientos preemergentes: T1: Atranex 90 1,1 kg/ha + Chaná Plus 2l/ha; T2: Atranex 90 1,1 kg/ha + Dual Gold 1,6 l/ha; T3: Dinamic 0,5 kg/ha + Chaná Plus 2l/ha; T4: Sure Start 3 l/ha; T5: Sure Start 4 l/ha; T6: Adengo 0,4 l/ha; T7: Adengo 0,4 l/ha + Atranex 90 1,1 kg/ha; T8: Testigo. El otro factor fue la aplicación de glifosato en V3-V4. Las determinaciones a nivel de malezas fueron en 4 fechas las cuales corresponden a los 12, 20, 35 días post aplicación de herbicidas preemergentes y a los 48 dpa de glifosato, determinándose la densidad de malezas (No. pl/m<sup>2</sup>). A la cosecha se evaluó materia seca de malezas y de maíz. El enmalezamiento fue básicamente gramíneo, predominando *Echinochloa colona* y *Digitaria sanguinalis*. La aplicación de glifosato si bien determinó diferencias significativas en la densidad de malezas, los controles fueron insatisfactorios. En el enmalezamiento residual total no existió diferencia significativa entre los tratamientos herbicidas. En lo que respecta a la aplicación de glifosato no se encontraron diferencias significativas en cuanto a rendimiento, aunque se observó que los rendimientos fueron levemente superiores cuando se aplicó el herbicida. Para los tratamientos herbicidas se destacaron Adengo 0,4 l/ha y Adengo 0,4 l/ha + Atranex 90 1,1 kg/ha con aplicación de glifosato en post emergencia, siendo superiores al resto.

Palabras clave: Maíz transgénico (RR); Herbicidas preemergentes.

## **7. SUMMARY**

The experiment was performed at the Mario A. Cassinoni experimental station situated in the province of Paysandú, during spring-summer 2013-2014. The aim was to evaluate the spectrum of control and selectivity of preemergent herbicides combined with the application of glyphosate in the cultivation of transgenic corn (RR) in the state V3-V4. The experimental design used was complete blocks with three repetitions. The treatments were: T1: Atranex 90 1,1 kg/ha + Chaná Plus 2l/ha; T2: Atranex 90 1,1 kg/ha + Dual Gold 1,6 l/ha; T3: Dinamic 0,5 kg/ha + Chaná Plus 2l/ha; T4: Sure Start 3 l/ha; T5: Sure Start 4 l/ha; T6: Adengo 0,4 l/ha; T7: Adengo 0,4 l/ha + Atranex 90 1,1 kg/ha; T8: Witness. The other factor was the application of glyphosate in V3-V4.

The determinations at the level of weeds were in four dates, which correspond to the 12, 20, 35 days post preemergent herbicides application and to 48 dpa of glyphosate, determining the weeds density (No. pl/m<sup>2</sup>). At the moment of the harvest dry weeds and corn substance was evaluated. Gramineous weed were predominant, *Echinochloa colona* and *Digitaria sanguinalis*. Glyphosate application but determined significant differences in weed density, the controls were unsatisfactory. In the total residual weed growth there was not significant difference between the herbicides treatments. In reference to the application of glyphosate it was not found significative differences in reference to the yield, however it was seen that when this herbicides was used the differences were quite notorious in reference to its yield. For the herbicides treatments the most outstanding were Adengo 0,4 l/ha y Adengo 0,4 l/ha + Atranex 90 1,1 kg/ha with the application of glyphosate in post emergency, being superior to the rest.

Key words: Transgenic corn (RR); Preemergent herbicides.

## **8. BIBLIOGRAFÍA**

1. Armel, G. R.; Wilson, H. P.; Richardson, R. J.; Hines, T. E. 2003. Mesotrione, acetochlor and atrazine for weed management in corn (*Zea mays*). (en línea). Weed Technology.17(2): 284-290. Consultado 13 may. 2014. Disponible en <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/0890037X%282003%29017%5B0284%3AMAAAFW%5D2.0.CO%3B2>
2. Britos, M. F.; Goyeni, F. 2013. Control de malezas en postemergencia en maíz resistente a glifosato. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 38 p.
3. Castellanos, I. V.; Orcasberro, M. S. 2001. Efecto del rastrojo y de diferentes tratamientos herbicidas en el rendimiento de maíz (*Zea mays*) en cero laboreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 70 p.
4. Dalley, C. D.; Kells, J. J.; Renner, K. A. 2004. Effect of glyphosate application timing and row spacing on weed growth in corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*). (en línea). Weed Technology. 18(1): 177-182. Consultado 13 may. 2014. Disponible en <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/02-150B>
5. Ernst, O. D.; Ferrari, M. L. 2013. Combinación de alternativas preemergentes y glifosato en la postemergencia en el control de malezas en maíz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 41 p.
6. FAO. 2001. El maíz en los trópicos; mejoramiento y producción. Roma. s.p.
7. Giménez, A.; Ríos, A. 1985. Control de malezas en maíz (*Zea mays*). Montevideo, INIA. 86 p.
8. Gower, S. A.; Loux, M. M.; Cardina, J.; Harrison, S. K.; Sprankle, P. L.; Probst, N. J.; Bauman, T. T.; Bugg, W.; Curran, W. S.; Currie, R. S.; Harvey, R. G.; Johnson, W. G.; Kells, J. J.; Owen, M. D.; Regehr, D. L.; Slack, C. H.; Spaur, M.; Sprague, C. L.; Vangessel, M.; Young, B. G. 2003. Effect of postemergence glyphosate application timing on weed control and grain yield in glyphosate-resistant corn; results of a 2-yr multistate study. (en línea). Weed Technology. 17(4): 821-828. Consultado 13 may. 2014. Disponible en <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/P02-200>

9. HRAC (Herbicide Resistance Action Committee, GE). 2005. Classification of herbicides according to site of action. (en línea). Frankfurt. s.p. Consultado 19 may. 2014. Disponible en <http://www.hracglobal.com/pages/classificationofherbicidesiteofaction.aspx>
10. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2012. Uso de la biodiversidad para la evaluación del impacto de la intensificación agrícola y el diseño de agroecosistemas sustentables. Las Brujas. 112 p.
11. Jenchke, M. R.; Stoltenberg, D. E.; Kegode, G. O.; Dille, A. J.; Gregg, A. 2009. Weed community emergence time affects accuracy of predicted corn yield loss by weed SOFT. (en línea). Weed Technology. 23(3): 477- 485. Consultado 2 jun. 2014. Disponible en <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WT-08-138.1>
12. Johnson, W.; Bradley, P.; Harts, S.; Buesinger, M.; Massey, R. 2000. Efficacy and economics of weed management in glyphosate-resistant corn (*Zea Mays*). (en línea). Weed Technology. 14(1): 57-65. Consultado 12 may. 2014. Disponible en <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/0890037X%282000%29014%5B0057%3AEAEOWM%5D2.0.CO%3B2>
13. \_\_\_\_\_; Chanal, G. S.; Regehr, D. L. 2012. Efficacy of various corn herbicides applied preplant incorporated and preemergence. (en línea). Weed Technology. 26 (2): 220-229. Consultado 16 jun. 2014. Disponible en <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WT-D-11-00149.1>
14. Kogan, M.; Pérez, A. 2003. Herbicidas; fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción. Santiago, Chile, Universidad Católica de Chile. 333 p.
15. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2013. Encuesta agrícola invierno 2013. Montevideo. 270 p.
16. \_\_\_\_\_. GNBio (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Gabinete Nacional de Bioseguridad. Recursos Naturales, UY). 2012. Eventos transgénicos autorizados en el país. Montevideo. 2 p.
17. \_\_\_\_\_. OPYPA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Oficina de Programación y Política Agropecuaria, UY). 2012. Maíz y sorgo; situación y perspectivas. Anuario OPYPA 2012: 137-148.

18. Sikkema, P. H.; Shropshire, A. S.; Hamill, A. S.; Weaver, S. E.; Cavers, P. B. 2004. Response of Common Lambsquarters (*Chenopodium album*) to glyphosate application timing and rate in glyphosate resistant corn. (en línea). Weed Technology. 18(4): 908-916. Consultado 10 jun. 2014. Disponible en <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WT-03-061R>
19. \_\_\_\_\_. 2005. Response of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) to glyphosate application timing and rate in glyphosate-resistant corn (*Zea mays*). (en línea). Weed Technology. 19(4): 830-837. Consultado 12 jun. 2014. Disponible en <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WT-03-106R1.1>
20. Stephenson, D.; Bond, J. 2012. Evaluation of Thiencarbazone-methyl- and Isoxaflutole- based herbicide programs in corn. (en línea). Weed Technology. 26(1): 37-42. Consultado 12 may. 2014. Disponible en <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WT-D-11-00053.1>
21. USDA (United States Department of Agriculture, US). 2014. World agricultural production. (en línea). Washington, D. C. 27 p. Consultado 28 may. 2014. Disponible en <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>
22. Whaley, C. M.; Armel, G. R.; Wilson, H. P.; Hines, T. E. 2009. Evaluation of s-metolachlor and s-metolachlor plus atrazine mixtures with mesotrione for broadleaf weed control in corn. (en línea). Weed Technology. 23(2): 193- 196. Consultado 14 may. 2014. Disponible en <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WT-08-123.1>