

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE LA SELECTIVIDAD PARA MAÍZ Y EL CONTROL DE  
MALEZAS DEL HERBICIDA BICYCLOPYRONE APLICADO EN  
PRE-EMERGENCIA DEL CULTIVO

por

Laura Dahiana NUÑEZ SUÁREZ  
Silvina María PIASTRI LOMBARDO

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2017

Tesis aprobada por:

Director: -----  
Ing. Agr. PhD. Alejandro García

-----  
Ing. Agr. Dra. Grisel Fernández

-----  
Ing. Agr. Dra. Juana Villalba

-----  
Ing. Agr. Mag. Osvaldo Pérez

Fecha: 16 de junio de 2017

Autor: -----  
Laura Dahiana Nuñez Suárez

-----  
Silvina María Piastri Lombardo

## AGRADECIMIENTOS

A nuestros familiares y amigos, que sin su apoyo incondicional no hubiese sido posible transitar este largo trayecto.

A Ing. Agr. PhD. Alejandro García por brindarnos la oportunidad de realizar la tesis de grado, la buena disposición de siempre, apoyo y dedicación en la ejecución de este trabajo.

A Téc. Agr. Mauricio Cabrera, Ing. Agr. Carlos Otaño, Evangelina García y Carlos Vázquez, por su amable colaboración para la concreción de este trabajo.

A Ing. Agr. Dra. Grisel Fernández, Ing. Agr. Dra. Juana Villalba e Ing. Agr. Mag. Osvaldo Pérez por sus aportes y colaboración.

A Téc. Agr. Ximena Morales por su buena disposición en todo momento y su desinteresada ayuda que nos brindó.

A Facultad de Agronomía, por darnos la oportunidad de estudiar esta profesión.

A todos los funcionarios de INIA La Estanzuela.

MUCHAS GRACIAS

## 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 EN URUGUAY Y LA INTERFERENCIA DE MALEZAS .....	2
2.2. CONTROL QUÍMICO Y SIEMBRA DIRECTA.....	3
2.3. HERBICIDAS: ROTACIÓN DE MODOS DE ACCIÓN, RESISTENCIA Y TOLERANCIA.....	4
2.4. CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE HERBICIDAS EVALUADOS.....	5
2.4.1. <u>Mecanismos de acción evaluados</u> .....	6
2.4.1.1. Inhibidores de la acetolactato sintetasa (B/2) .....	6
2.4.1.2. Inhibidores del flujo de electrones en el Fotosistema II (C1/5) .....	6
2.4.1.3. Inhibidores de 4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenasa (F2/27).....	7
2.4.1.4. Inhibidores de aminoácidos aromáticos (G/9).....	7
2.4.1.5. Inhibición de la glutamina-sintetasa (H/10).....	7
2.4.1.6. Inhibición de la división celular (K3/15).....	7
2.4.1.7. Herbicidas auxínicos (O/4) .....	8
2.4.2. <u>Productos comerciales utilizados</u> .....	8
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	10

3.1. LOCALIZACIÓN Y MANEJO GENERAL DE LOS EXPERIMENTOS .....	10
3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	11
3.3. DETERMINACIONES .....	13
3.3.1. <u>Determinaciones a nivel de enmalezamiento</u> .....	14
3.3.2. <u>Determinaciones a nivel de cultivo</u> .....	15
3.4. ANÁLISIS DE DATOS .....	15
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	17
4.1. CARACTERIZACIÓN DEL ENMALEZAMIENTO .....	17
4.2. CONTROL DE MALEZAS Y CORTE BOTÁNICO .....	19
4.3. POBLACIÓN, DAÑO EN EL CULTIVO, ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR Y ALTURA .....	27
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	40
6. <u>RESUMEN</u> .....	41
7. <u>SUMMARY</u> .....	42
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	43

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Momentos y condiciones ambientales durante las aplicaciones de los tratamientos .....	11
2. Descripción de los tratamientos .....	12
3. Secuencia de mediciones experimentales en el Experimento 1 .....	13
4. Secuencia de mediciones experimentales en el Experimento 2.....	14
5. Control visual de malezas gramíneas y latifoliadas a los 34, 47, 61 y 76 días post siembra (DPS) en el Experimento 1 .....	19
6. Control visual de malezas gramíneas a los 29, 42, 56 y 71 días post siembra (DPS) y para malezas latifoliadas a 29 DPS, en el Experimento 2.....	22
7. Población promedio de plantas de maíz a 14 y 19 días de la siembra de dos experimentos, según aplicaciones de herbicidas en pre-emergencia de los cultivos .....	28
8. Índice de área foliar del cultivo en los diferentes tratamientos, a los 35, 47, 77 y 93 días después de la siembra, para el Experimento 1 .....	29
9. Índice de área foliar del cultivo en los diferentes tratamientos, a los 33, 50, 72 y 88 días después de la siembra, para el Experimento 2 .....	32
10. Altura de planta y altura a base de panoja según diferentes tratamientos herbicidas en el Experimento 1 .....	35
11. Altura de planta y altura a base de panoja según diferentes tratamientos herbicidas en el Experimento 2 .....	37
12. Rendimiento de grano de dos experimentos según diferentes tratamientos herbicidas.....	38

Figura No.

1. Precipitaciones (mm) y temperaturas (°C) promedio históricas y mensuales registradas durante el período junio 2015 a mayo 2016 en la localidad de La Estanzuela, en base a datos de INIA. GRAS .....	17
2. Materia seca de malezas gramíneas y hojas anchas en los diferentes tratamientos herbicidas y testigo sucio, para el Experimento 1 .....	25
3. Materia seca de malezas gramíneas y hojas anchas en los diferentes tratamientos herbicidas y testigo sucio, para el Experimento 2 .....	26

## 1. INTRODUCCIÓN

El maíz es una gramínea de metabolismo C4, con elevado potencial de producción de biomasa y rendimiento en grano.

A nivel mundial el cultivo de maíz es el segundo en importancia con respecto a superficie ocupada, luego del cultivo de trigo, su principal objetivo es la alimentación animal. En Uruguay es el segundo cultivo de verano en área sembrada, luego de soja.

En gran medida la importancia del maíz en nuestro país radica en la posibilidad que ofrece como cultivo de rotación estival, lo que permite capitalizar las ventajas que ofrecen los sistemas con mayor diversidad en su rotación agrícola. Estas ventajas incluyen la oportunidad de practicar un manejo de malezas y herbicidas más diverso.

Varios trabajos demuestran la sensibilidad de este cultivo a la interferencia de malezas, desde muy temprano en su ciclo. Por esto, es importante conocer las diferentes estrategias de control con que contamos para evitar reducir los rendimientos de maíz.

Recientemente, en nuestro país se ha prohibido la importación y renovación de registros de herbicidas a base del ingrediente activo atrazina. Por su eficacia y excelente relación costo-beneficio, la atrazina ha sido tradicionalmente el herbicida pre-emergente más usado en la producción de maíz, por lo que su prohibición constituye una restricción importante a las opciones herbicidas para el manejo de malezas en este cultivo en Uruguay.

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar el control de malezas y la fitotoxicidad sobre el cultivo de maíz de una nueva molécula herbicida para su uso en pre-emergencia, el bicyclopyrone; y comparar su desempeño con el de otros herbicidas disponibles para el control de malezas gramíneas y de hoja ancha.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. EL CULTIVO DE MAÍZ EN URUGUAY Y LA INTERFERENCIA DE MALEZAS

El maíz, como el arroz y el trigo, es uno de los pilares de la alimentación mundial. Es una materia prima de la cual pueden obtenerse productos derivados como almidón, aceites y proteínas, entre otros; biocombustibles; y sobre todo, es la base alimenticia animal para la producción de carnes y lácteos (FAO, 1993). Este cereal contribuye con el 5 % de la energía de la dieta del mundo (Yakadri et al., 2015), al anualmente sembrarse 184,8 millones de hectáreas y producirse 1037,8 millones toneladas (FAO, 2014). En cuanto a la importancia en área del cultivo de maíz en Uruguay, en la zafra 2015/2016 se sembraron 83 mil hectáreas, obteniéndose una producción de 487 mil toneladas (MGAP. DIEA, 2016). Atendiendo a la sostenibilidad del sistema de producción, en el futuro es necesario que el área con cultivos de gramíneas como el maíz se incremente en la rotación agrícola. No obstante, para que el cultivo sea más competitivo se debe procurar levantar restricciones como el déficit hídrico y la interferencia de malezas.

La interferencia de malezas tiene gran influencia en el desarrollo del cultivo de maíz, debido a que compiten con éste por recursos limitados (agua, nutrientes y luz) dentro del mismo subsistema (Radosevich, citado por Acciaresi et al., 2014). Las malezas son plantas que se encuentran en un lugar y momento no deseado (Leguizamón, 2007). Pueden presentar características tales como: fácil dispersión, germinación escalonada, gran área fotosintética desde el comienzo del desarrollo, sistema radicular denso y elevada producción de semilla, entre otras. Las malezas que más características de las mencionadas presentan, son en general las más competitivas (Fernández-Quintanilla et al., 1991). La productividad del cultivo se ve afectada por malezas que se desarrollan principalmente durante el período crítico de establecimiento del cultivo (Spader et al., 2000). Las malezas reducen el índice de área foliar (IAF) de maíz por una disminución del área de hoja expandida, aceleran la senescencia de las hojas inferiores y también, pueden comprometer la calidad del grano e incrementar los costos de cosecha (Hall et al. 1992, Labrada y Parker 1996).

Johnson et al. (2000) establecieron que el control de malezas a inicios de la estación de crecimiento es necesario para reducir las pérdidas de rendimiento en maíz. Varias investigaciones han demostrado que el período crítico libre de malezas (PCLM) es difícil de definir, variando según el ambiente,

y la densidad de malezas presentes (Carey y Kells 1995, Leguizamón y Acciaresi 2014). Cepeda y Rossi (2003) afirman que el máximo período de interferencia tolerado por el cultivo (sin afectar su rendimiento), es cuando éste coexiste con una comunidad de malezas compuesta por gramíneas y latifoliadas, hasta su 6<sup>a</sup>. u 8<sup>a</sup>. hoja. Si predominan gramíneas anuales, el proceso de competencia es más intenso comenzando en la 4<sup>a</sup>. hoja del cultivo, en el caso de perennes puede manifestarse incluso con anterioridad. Hall et al. (1992) sostienen que el PCLM ocurre de 3 a 14 hojas desarrolladas del cultivo de maíz, siendo el comienzo del PCLM muy variable y el final más estable, no siendo afectado el rendimiento por las malezas emergidas luego de la 14<sup>a</sup>. hoja.

Por la lenta cobertura del suelo que presenta el cultivo de maíz al inicio de su ciclo, y por su sensibilidad temprana a la competencia por recursos, es que el uso de herbicidas en la pre-emergencia de este cultivo es tan necesario. Al respecto, Padilha et al. (2016) reportan una reducción del período crítico de prevención de interferencia de malezas de 35 a 23 días, con la utilización de atrazina. De no controlarse las malezas, las pérdidas de rendimiento por competencia pueden alcanzar valores de 70 a 90 % (Ríos y Giménez 1992, López-Ovejero et al. 2003, Papa y Bruno 2006).

## 2.2. CONTROL QUÍMICO Y SIEMBRA DIRECTA

El control de malezas con herbicidas es una práctica común en nuestros sistemas de producción agrícola, han permitido controlar eficazmente las malezas y han evitado pérdidas de rendimiento en los cultivos. En las últimas décadas la siembra directa en nuestro país ha ido en aumento y ha permitido también expandir el área destinada a la agricultura. En cultivos de verano el área bajo la modalidad de siembra directa pasó de 25 a 750 mil ha entre los años 2003 y 2011, respectivamente (MGAP. DIEA 2003, MGAP. DIEA 2011). La siembra directa ha permitido capitalizar importantes ventajas productivas y ambientales, fundamentalmente aquellas relacionadas a la conservación del recurso suelo y a la reducción del uso de combustibles fósiles. Sin embargo también ha significado un aumento y dependencia al uso de herbicidas y una alteración de la composición botánica de los enmalezamientos, al no ocurrir una inversión del suelo y permanecer el rastrojo en superficie (Fernández, 2011). Sucesivos años de cultivos en siembra directa por lo general provocan un aumento de malezas gramíneas en relación a las de hoja ancha, debido a una mayor habilidad de las semillas de las primeras para sobrevivir, germinar y establecerse sobre el rastrojo en superficie (Tuesca y Puricelli, 2007). Sin embargo, la densidad y el potencial de interferencia de las malezas no difieren respecto a situaciones de siembra con laboreo

convencional.<sup>1</sup>

Tradicionalmente, en el mundo se han usado herbicidas pre-emergentes como triazinas y cloroacetamidas en el cultivo de maíz. La atrazina es un ingrediente activo muy efectivo en el control de malezas, principalmente en especies de hoja ancha. Por su efectividad y bajo costo, ha sido el herbicida más ampliamente usado para el control de malezas del cultivo de maíz. Sin embargo, la preocupación creciente por el destino final de la atrazina en el ambiente ha derivado en la restricción de su uso. En términos prácticos, esto implica la pérdida de un mecanismo de acción distinto a los mecanismos de acción de los herbicidas disponibles en Uruguay, lo cual agrava los problemas de la falta de diversidad en el uso de herramientas químicas para el control de malezas en el cultivo de maíz (Ormeño, citado por García y Salas, 2011).

### 2.3. HERBICIDAS: ROTACIÓN DE MODOS DE ACCIÓN, RESISTENCIA Y TOLERANCIA

Cuando se aplican herbicidas con el mismo mecanismo de acción reiteradamente sobre una comunidad de malezas, se realiza una presión de selección que disminuye la frecuencia de genotipos susceptibles y favorece la frecuencia de aquellos genotipos capaces de sobrevivir y reproducirse bajo esa presión.

La resistencia a herbicidas implica una selección de individuos resistentes dentro de una especie. Estos individuos expresan un cambio genético, que es heredable, y que les permite sobrevivir y reproducirse luego de la aplicación de una dosis de herbicidas que es letal para los individuos de tipo natural (i.e. que no han sido seleccionados por la presión de selección ejercida por el herbicida). La tasa de evolución de la resistencia depende de la producción de semillas, de su persistencia en el banco del suelo, del tipo de heredabilidad de dichas características y del tipo, dosis y frecuencia de uso del herbicida. De manera práctica se considera que la resistencia se torna evidente cuando en el campo se observa un 30 % de individuos resistentes (Papa 2002, Fischer y Valverde 2010).

La tolerancia, por otra parte, es la capacidad heredable natural de una especie que, a causa de su morfología y/o fisiología, es capaz de sobrevivir a la

---

<sup>1</sup> Fernández, G.; Villalba, J. 1999. Problemática de malezas en cero laboreo. In: Cursos de Actualización a Profesionales (1999, Paysandú). Anales. s.n.t. 1 disco compacto (sin publicar).

aplicación de un herbicida. Es decir, la especie en cuestión, nunca fue susceptible a dicho herbicida (Papa, 2002).

Una de las medidas más eficientes para prevenir o enlentecer la selección de biotipos resistentes es la de rotar y/o mezclar los mecanismos de acción de los herbicidas, reduciendo así la presión de selección que cada mecanismo de acción ejerce individualmente sobre las malezas (Ryan, 1970).

## 2.4. CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE HERBICIDAS EVALUADOS

Conforme a lo expresado por los autores Orioli et al. (2014), los herbicidas se pueden clasificar por sus características químicas, el momento de aplicación, el modo en que se transportan dentro de la planta, el método de aplicación, la selectividad y el modo de acción.

Los herbicidas que pertenecen a una misma familia química, tienen características físico-químicas similares, como por ejemplo: constante de disociación, solubilidad en agua y presión de vapor, las cuales son relevantes en aspectos relativos a la tecnología de aplicación. Esta clasificación dejó de emplearse debido a que diferentes autores clasificaban a una misma molécula de manera diferente.

El momento de aplicación hace referencia a cuando se aplica el herbicida, si se hace antes o después de la emergencia de las malezas o del cultivo. Se clasifican en pre-siembra, pre-emergencia, post-emergencia y post-dirigido.

Con respecto al transporte dentro de la planta, se pueden clasificar como sistémicos o de contacto. Los sistémicos se absorben y transportan dentro de la planta, mientras que los de contacto tienen un transporte nulo o limitado dentro de la misma, por lo cual es imprescindible realizar aplicaciones que logren una buena cobertura de las malezas para que el producto sea eficaz.

El método de aplicación refiere a si los herbicidas son aplicados al suelo o al follaje, en el primer caso son absorbidos por raíces principalmente o primeras estructuras durante la germinación y en el segundo, absorbidos principalmente por las hojas.

Por selectividad se clasifican cuando a igual momento y dosis de herbicida afectan a una especie (maleza) y a otra no (cultivo). La selectividad

puede variar de acuerdo a la formulación del herbicida, estado fenológico de la planta, forma de aplicación del herbicida y condiciones ambientales.

El modo de acción, se define como la secuencia de eventos que ocurren dentro de la planta desde que el herbicida entra en contacto con la misma, hasta que se produce la muerte del vegetal. El mecanismo de acción, se refiere más específicamente a la interacción biofísica o bioquímica primaria a través de la cual el herbicida produce su efecto letal (Monaco et al., citados por Arregui y Puricelli, 2014). El mecanismo de acción comúnmente involucra el sitio de acción específico (enzima o receptor) al cual el herbicida se acopla o altera, interrumpiendo por lo general una función que es vital para la planta. El comité de acción de la resistencia a herbicidas (HRAC, por sus siglas en inglés) y la sociedad americana de malezas (WSSA, por sus siglas en inglés), clasifican a los herbicidas según su mecanismo de acción con el objetivo de contribuir a un mejor manejo de las poblaciones de malezas resistentes. El HRAC utiliza letras y la WSSA utiliza números para dicha clasificación.

#### 2.4.1. Mecanismos de acción evaluados

##### 2.4.1.1. Inhibidores de la acetolactato sintetasa (B/2)

Los herbicidas dentro de este grupo inhiben la acetolactato sintetasa (ALS), la cual es una enzima clave en la síntesis de tres aminoácidos alifáticos: valina, leucina e isoleucina. Sulfonilureas, imidazolinonas, sulfonamidas y triazolopirimidinas son las familias de este grupo (Zhou et al., citados por Arregui y Puricelli, 2014). La mayoría son de acción sistémica, se absorben por vía foliar y radicular. Los síntomas desarrollados en las especies sensibles incluyen: clorosis internerval, detención del crecimiento, nervaduras rojizas y muerte de los puntos de crecimiento (Arregui y Puricelli, 2014).

##### 2.4.1.2. Inhibidores del flujo de electrones en el Fotosistema II (C1/5)

Inhiben reacciones del Fotosistema II, produciendo un exceso de energía, la cual puede traducirse en dos efectos negativos, degradación de la proteína D1 o un estado energizado de la molécula de oxígeno con características de radical libre. Los herbicidas de este grupo se dividen en triazinas, triazinonas, uracilos, piridazinonas y fenilcarbamatos (Arregui y Puricelli, 2014). La mayoría son herbicidas sistémicos, los síntomas se evidencian lentamente, al comienzo se observa amarillamiento, causado por la foto oxidación de los cloroplastos y seguido necrosis, producida por la destrucción de los componentes lipídicos de la membrana. Esto puede darse

con mayor rapidez cuando la aplicación es en presencia de luz (Hess 2000, Diez 2013).

#### 2.4.1.3. Inhibidores de 4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenasa (F2/27)

Interrumpe la síntesis de pigmentos carotenoides inhibiendo a la enzima 4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenasa (4-HPPD). Principalmente son herbicidas sistémicos, que se absorben por vía radicular. Luego de la aplicación de herbicidas de este grupo se observa blanqueamiento del follaje seguido por necrosis. Ixosazoles, pyrazoles y triquetonas son las familias dentro de este grupo (Hess 2000, Arregui y Puricelli 2014).

#### 2.4.1.4. Inhibidores de aminoácidos aromáticos (G/9)

Son derivados de la glicina que interrumpen la función de la enzima enoil-piruvato-shiquimato fosfato-sintetasa (EPSPS), de esta manera se inhibe la síntesis de los aminoácidos aromáticos triptófano, tirosina y fenilalanina. Son de acción sistémica, se absorben por las hojas y tallos tiernos de las malezas, y se transloca hacia las raíces y partes subterráneas de los vegetales. Los efectos son lentos, sobre todo en especies perennes. Luego de la aplicación, las plantas detienen su crecimiento y antes de su muerte, presentan clorosis seguida por necrosis de los tejidos (Arregui y Puricelli, 2014).

#### 2.4.1.5. Inhibición de la glutamina-sintetasa (H/10)

Estos herbicidas son ácidos fosfónicos que inhiben eficientemente la glutamina-sintetasa (GS), provocando la acumulación letal de amonio en la planta. Los primeros síntomas se observan rápidamente, clorosis y marchitamiento, la muerte del vegetal se observa aproximadamente a la semana de la aplicación (Arregui y Puricelli, 2014).

#### 2.4.1.6. Inhibición de la división celular (K3/15)

Los herbicidas dentro de este mecanismo de acción actúan inhibiendo las enzimas elongasas, impidiendo la formación de ácidos grasos de cadena larga. Si bien éstos poseen generalmente acción sistémica, los mismos actúan fundamentalmente durante la germinación y/o los primeros estadios de crecimiento de las malezas. Son absorbidos principalmente por coleoptile e hipocótile y en menor medida por semillas y raíces. En cuanto a los síntomas, en gramíneas y latifoliadas se observa malformación durante la emergencia de las primeras hojas, lo que ocasiona la muerte de la plántula (Diez, 2013).

Existen varias familias que presentan este mecanismo de acción pero los productos más usados en nuestro país pertenecen a las cloroacetamidas.

#### 2.4.1.7. Herbicidas auxínicos (O/4)

Imitan a la hormona auxina de los vegetales, aumentando su concentración en la planta y ocasionando anomalías en las células, causan la formación de callos, tumores y el hiper crecimiento del tejido vascular, todo lo cual dificulta el transporte de agua y nutrientes. Existen varias familias que comparten este mecanismo de acción, destacándose la de los fenoxicarboxílicos, ácidos benzoicos, ácidos piridin-carboxílicos y ácidos picolinicos entre otras. Son herbicidas sistémicos que se absorben por vía foliar y radicular y tienen efecto mayormente sobre especies de hoja ancha. Los síntomas incluyen: epinastia (torcimiento y curvatura del tallo y las hojas) y senescencia.

#### 2.4.2. Productos comerciales utilizados

El herbicida Surestart II se compone de tres ingredientes activos: acetoclor (450 g i.a. L<sup>-1</sup>), clopyralid (35 g i.a. L<sup>-1</sup>) y flumetsulam (14 g i.a. L<sup>-1</sup>) más un protector de cultivo furilazole (10,7 g i.a. L<sup>-1</sup>). Se puede aplicar de pre-emergencia del cultivo y hasta su 6ª. hoja. El acetoclor (K3/15) controla principalmente gramíneas en pre-emergencia o muy pequeñas y contribuye al control de algunas malezas de hoja ancha. El clopyralid (O/4) y el flumetsulam (B/2) controlan malezas de hoja ancha en pre-emergencia y post-emergencia temprana (MGAP. DGSSAA, 2015b).

Permit presenta el ingrediente activo halosulfuron-metil (75 % i.a. en peso) (B/2). Aunque actualmente no se ha registrado en Uruguay para su uso en maíz, en otros países se lo recomienda y utiliza en post-emergencia temprana de este cultivo, principalmente para el control de cyperaceas (MGAP. DGSSAA, 2016c).

Gesaprim nueve-0, contiene atrazina (90 % i.a. en peso) (C1/5), controla malezas de hoja ancha y algunas gramíneas en pre-emergencia y post-emergencia temprana. Es un herbicida activo en el suelo que ingresa principalmente por raíz y se distribuye acropetalmente en la planta (MGAP. DGSSAA, 2012). El uso de atrazina en Uruguay se fue restringiendo gradualmente, primero se limitó su dosis a 1 kg de ingrediente activo por hectárea para maíz y 1,5 kg para sorgo y finalmente, el 5 de diciembre de 2016 se prohibió definitivamente su importación, registro y renovación de sanitarios

con base en el mismo producto (MGAP. DGSSAA, 2016d).

Acuron uno contiene el ingrediente activo bicyclopyrone (200 g i.a. L<sup>-1</sup>) (F2/27). En nuestro país se recomienda aplicarlo en pre-emergencia del cultivo, controla gramíneas y hojas anchas antes de su emergencia (MGAP. DGSSAA, 2015a).

Panzer Gold contiene la formulación sal dimetilamina de glifosato (480 g i.a. L<sup>-1</sup>) (G/9). Es un herbicida de acción foliar, sistémico y no selectivo utilizado para el control de malezas anuales y perennes en post-emergencia (MGAP. DGSSAA, 2016b).

Basta contiene el ingrediente activo glufosinato de amonio (200 g i.a. L<sup>-1</sup>) (H/10), es un herbicida total de contacto que se recomienda aplicarlo al comienzo del estado de desarrollo vegetativo, tanto en malezas gramíneas como de hoja ancha (MGAP. DGSSAA, 2013).

Alfamex 960 EC contiene el ingrediente activo S-metolaclor (960 g i.a. L<sup>-1</sup>) (K3/15). Se recomienda aplicarlo en pre-emergencia de las malezas para el control de gramíneas y de algunas hojas anchas (MGAP. DGSSAA, 2016a).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN Y MANEJO GENERAL DE LOS EXPERIMENTOS

Los experimentos fueron realizados en el período 2015-2016 en la estación experimental La Estanzuela del Instituto Nacional de Investigación Agropecuario (INIA).

El Experimento 1 se sembró el 11 de noviembre después de un barbecho de invierno en un suelo Brunosol eútrico perteneciente al grupo CONEAT 10.5, Unidad Libertad (MGAP. DGRNR. CONEAT 1994, MGAP. RENARE 2016). La preparación de la cama de siembra consistió en un laboreo con rastra de discos el 7 de octubre y una pasada de reciprocante el 12 de octubre. El cultivo se sembró con una sembradora Case neumática a una distancia entre hileras de 0,7 m.

El Experimento 2 se sembró el 16 de noviembre y en otra chacra, también sobre un suelo Brunosol eútrico pero correspondiente al grupo CONEAT 10.6a de la unidad Kiyú (MGAP. DGRNR. CONEAT 1994, MGAP. RENARE 2016). El cultivo de cobertura antecesor fue trigo, el cual fue quemado el 6 de octubre con glifosato (Panzer Gold 5 L) para dar comienzo con la instalación del experimento. El cultivo se sembró en directa con una sembradora John Deere 750 de disco con cuatro cuerpos a una distancia entre ellos de 0,8 m.

En ambos experimentos la siembra objetivo fue de seis plantas por metro lineal, se utilizó el híbrido DS 505 PW de Dow AgroScience con cinco eventos transgénicos apilados, dos proteínas para tolerancia a glifosato y glufosinato de amonio y tres proteínas con actividad insecticida. Las fertilizaciones se realizaron al voleo, la primera el 24 de noviembre con 150 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato diamónico (18-46-0) y la segunda el 7 de diciembre (estado V5), con 110 kg ha<sup>-1</sup> de urea (46-0-0). El 30 de diciembre a ambos experimentos se les realizó una aplicación con los insecticidas triflumuron y cipermetrina. Para la aplicación de los herbicidas se utilizó una máquina experimental de CO<sub>2</sub> presurizado con 4 boquillas AI 110015, a una presión de 220 kPa y un caudal de 110 L ha<sup>-1</sup>. Las condiciones ambientales durante las aplicaciones se pueden observar en el cuadro No. 1.

Cuadro No.1. Momentos y condiciones ambientales durante las aplicaciones de los tratamientos

Fecha	Condiciones ambientales			Tratamientos
	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Viento (km/h)	
Experimento 1				
11/11/2015	19	70	10	1,2,3,4,5,6,7,8 y 9
08/12/2015	22	54	7	6 y 7
16/12/2015	22	64	11	8 y 9
Experimento 2				
18/11/2015	19	89	6	1,2,3,4,5,6,7,8 y 9
16/12/2015	22	64	11	6, 7, 8 y 9

### 3.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Cada experimento fue arreglado en un diseño de bloques completos, tres al azar y uno dirigido, donde se evaluaron 11 tratamientos (cuadro No. 2). La unidad experimental consistió en cuatro surcos de 5 m de largo, dependiendo el ancho de la distancia entre hileras de cada experimento (0,7 y 0,8 m).

En ambos experimentos todos los tratamientos, excepto T10 y T11, tuvieron una aplicación de glifosato a la siembra. El tratamiento T1 consistió en un testigo tecnológico con atrazina y S-metolaclor, tratamiento pre-emergente tradicional utilizado en Uruguay; en T2 y T3 se utilizaron diferentes dosis de bicyclopyrone (0,16 y 0,24 kg i.a. ha<sup>-1</sup>, respectivamente); T4 además de bicyclopyrone agregó S-metolaclor; y T5 recibió una mezcla de bicyclopyrone, S-metolaclor y atrazina. Los tratamientos 6 y 7 no tuvieron aplicación de herbicidas pre-emergentes pero tuvieron una aplicación en post-emergencia, a T6 se le aplicó glifosato y Surestart (acetoclor, flumetsulam y clopyralid) y a T7 lo mismo pero sustituyendo glifosato por glufosinato de amonio. A T8 se le aplicó Surestart en pre-emergencia y glufosinato de amonio en post-emergencia. A T9 en pre-emergencia igual a T1 y en post-emergencia glifosato más halosulfuron. Por último, T10 se correspondió con un testigo limpio desmalezado manualmente cada 10 días y T11 con un testigo sucio. En el cuadro No. 2 se observan más detalles de los tratamientos descriptos.

Cuadro No. 2. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Producto comercial <sup>*</sup>	Ingrediente activo	Dosis de producto comercial (ha <sup>-1</sup> )	Dosis (kg i.a. ha <sup>-1</sup> )	Momento
1	Panzer gold + Gesaprin 90 % + Alfamex	Glifosato + atrazina + S-metolaclor	2 L + 1,11 kg + 1,67 L	0,96 + 1,00 + 1,60	Pre
2	Panzer gold + Acuron 1	Glifosato + bicyclopyrone	2 L + 0,8 L	0,96 + 0,16	Pre
3	Panzer gold + Acuron 1	Glifosato + bicyclopyrone	2 L + 1,2 L	0,96 + 0,24	Pre
4	Panzer gold + Acuron 1 + Alfamex	Glifosato + bicyclopyrone + S-metolaclor	2 L + 0,8 L + 1,67 L	0,96 + 0,16 + 1,60	Pre
5	Panzer gold + Acuron 1 + Gesaprin + Alfamex	Glifosato + bicyclopyrone + atrazina + S-metaloclor	2 L + 0,6 L + 0,7 kg + 1,67 L	0,96 + 0,12 + 0,63 + 1,6	Pre
6	Panzer gold	Glifosato	2 L	0,96	Pre
	Surestart + Panzer gold	Acetoclor + clopyralid + flumetsulam + glifosato	3 L + 2 L	1,35 + 0,11 + 0,04 + 0,96	Post
7	Panzer gold	Glifosato	2 L	0,96	Pre
	Surestart + Basta	Acetoclor + clopyralid + flumetsulam + glufosinato de amonio	3 L + 2 L	1,35 + 0,11 + 0,04 + 0,4	Post
8	Panzer gold + Surestart	Glifosato + Acetoclor + clopyralid + flumetsulam	2 L + 3 L	0,96 + 1,35 + 0,11 + 0,04	Pre
	Basta	Glufosinato de amonio	2 L	0,4	Post
9	Panzer gold + Gesaprin + Alfamex	Glifosato + atrazina + S-metolaclor	2 L + 1,11 kg + 1,67 L	0,96 + 1,00 + 1,60	Pre
10	Permit + Panzer Gold	Halosulfuron + glifosato	0,10 kg + 2 L	0,08 + 0,96	Post
11		Testigo limpio <sup>**</sup>			
		Testigo sucio			

<sup>\*</sup> Los tratamientos con glufosinato de amonio fueron aplicados con coadyuvante Uptake (0,55 L/ha).

<sup>\*\*</sup> Desmalezado manual.

### 3.3. DETERMINACIONES

Todas las determinaciones se realizaron en las dos filas interiores de los 3 m centrales de cada parcela (parcela útil), ello de modo de evitar el efecto de parcelas vecinas y caminos. En los cuadros No. 3 y 4 se detallan los momentos en que se realizaron las mediciones.

Cuadro No. 3. Secuencia de mediciones experimentales en el Experimento 1

Fecha	Días post-siembra	Mediciones en el cultivo	Mediciones en las malezas
30-11-15	19	Población	-
15-12-15	34	Daño en el cultivo	% control gramínea % control hojas anchas
16-12-15	35	Índice de área foliar	-
28-12-15	47	Daño en el cultivo Índice de área foliar	% control gramínea % control hojas anchas
29-12-15	48	Altura de planta	-
11-01-16	61	Daño en el cultivo	% control gramínea % control hojas anchas
26-01-16	76	Daño en el cultivo	% control gramínea % control hojas anchas
27-01-16	77	Altura base panoja Índice de área foliar	-
12-02-16	93	Índice de área foliar	-
14-04-16	155	-	Corte botánico de malezas
27-04-16	168	Rendimiento	-

Cuadro No. 4. Secuencia de mediciones experimentales en el Experimento 2

Fecha	Días post-siembra	Mediciones en el cultivo	Mediciones en las malezas
30/11/2015	14	Población	-
15/12/2015	29	Daño en el cultivo	% control gramínea % control hojas anchas
19/12/2015	33	Índice de área foliar	-
28/12/2015	42	Daño en el cultivo	% control gramínea % control hojas anchas
29/12/2015	43	Altura de planta	-
05/01/2016	50	Índice de área foliar	-
11/01/2016	56	Daño en el cultivo	% control gramínea % control hojas anchas
26/01/2016	71	Daño en el cultivo	% control gramínea % control hojas anchas
27/01/2016	72	Altura base de panoja Índice de área foliar	-
12/02/2016	88	Índice de área foliar	-
14/04/2016	150	-	Corte botánico de malezas
27/04/2016	163	Rendimiento	-

### 3.3.1. Determinaciones a nivel de enmalezamiento

Al inicio se identificaron las especies de malezas presentes en cada experimento. El control de malezas se evaluó visualmente durante el ciclo del cultivo utilizando una escala porcentual y tomando como referencia el testigo sucio (0 % de control) y el testigo limpio (100 % de control). El valor en cada unidad experimental en los diferentes momentos se adjudicó considerando por separado la cobertura (superficie cubierta de suelo), altura y densidad de malezas gramíneas y latifoliadas. Previo a la cosecha, se realizó un corte botánico de malezas, en cada parcela se utilizaron dos rectángulos de 0,5 m<sup>2</sup>, se colocaron en el centro de la parcela y se cortaron las malezas al ras del

suelo. La muestra de cada parcela se separó en malezas gramíneas y de hoja ancha, registrándose las especies predominantes de cada grupo y su peso en fresco. Se tomaron tres muestras compuestas de gramíneas y hojas anchas, las mismas fueron llevadas a estufas para obtener el contenido de materia seca. Cada muestra compuesta se conformó de muestras extraídas de cada tratamiento.

### 3.3.2. Determinaciones a nivel de cultivo

Tomando dos sub muestras por parcela de 3 m lineales cada una, se determinó la población de plantas de maíz en los tratamientos que contenían el herbicida a evaluar (T2 a T5) y en el testigo limpio (T10). Para medir altura de planta y altura a base de panoja se tomaron cuatro plantas por parcela útil, utilizando regla telescópica. El IAF fue estimado a partir de las mediciones de interceptación de luz realizadas con un ceptómetro (AccuPAR LP-80, Decagon Devices). Para esto se tomó una medida fuera de cada parcela a la altura del cultivo y a ras del suelo un metro dentro del cultivo, se realizaron otras tres mediciones abarcando de forma diagonal las dos hileras centrales de cada parcela.

Se registró la variable daño en el cultivo en cada tratamiento utilizando una escala porcentual donde 0 % es sin daño (i.e. testigo limpio) y 100 % es muerte del cultivo. El valor asignado contempla efectos en la altura, densidad, arquitectura de planta, color y malformaciones que puedan deberse a la fitotoxicidad del tratamiento herbicida o al daño por competencia de malezas.

Al final del ciclo del cultivo de maíz se determinó el rendimiento de grano de las dos hileras centrales de cada parcela. La cosecha fue mecánica utilizando una cosechadora experimental Wintersteiger. El contenido de humedad del grano se determinó a partir de muestras de 250 g cada una, con esos datos se ajustó el rendimiento de maíz a 14 % de humedad.

## 3.4. ANÁLISIS DE DATOS

Los resultados de cada experimento fueron analizados de manera individual, excepto para la variable población de plantas que fue analizada conjuntamente. Los datos fueron analizados con el modelo lineal general y con el modelo mixto, a fin de contemplar las correlaciones entre las mediciones repetidas en el tiempo y las varianzas heterocedásticas en el caso que fuera necesario. Previo al análisis y para mejorar la normalidad de los errores, las variables control de malezas y daño en el cultivo fueron transformadas, al

arcoseno de su raíz cuadrada ( $y = \text{Arc}\sqrt{x}$ ) de acuerdo a lo recomendado por Gomez y Gomez (1984). Luego del análisis, las medias de las variables control de malezas y daño en el cultivo fueron destransformadas en la escala original (en %). Las medias de las variables mencionadas y las medias de IAF, corte botánico y rendimiento se compararon mediante el test de la diferencia mínima significativa (DMS) de Fisher al 5 % de probabilidad. Por otra parte, las variables altura de planta y altura a base de panoja, fueron analizadas en su escala original y sus medias separadas con el test de Tukey al 5 % de probabilidad. Todos los análisis se realizaron empleando el programa InfoStat (Di Rienzo et al., 2011). Los ANOVAS comunes se separaron por Tukey y donde se utilizó modelos mixtos se separaron por Fisher, debido a que InfoStat no tenía la opción de usar Tukey para esos análisis.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura No. 1 se detallan las condiciones climáticas durante el período experimental.

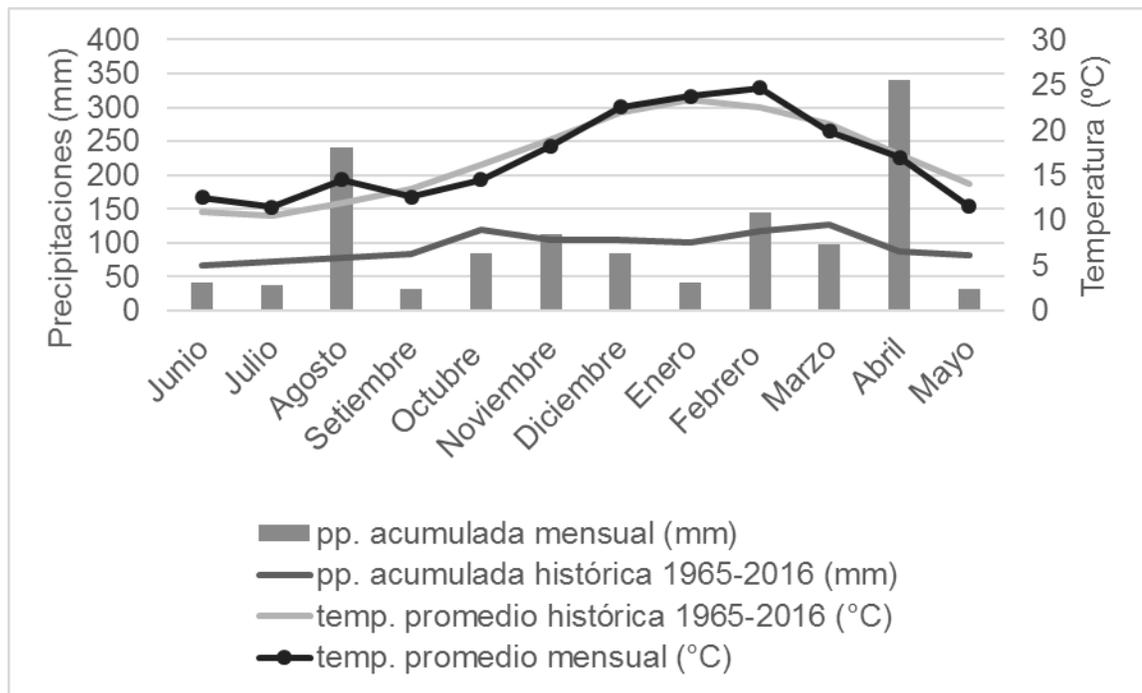


Figura No. 1. Precipitaciones (mm) y temperaturas (°C) promedio históricas y mensuales registradas durante el período junio 2015 a mayo 2016 en la localidad de La Estanzuela, en base a datos de INIA. GRAS (2016).

Las precipitaciones para el año en que se instalaron los experimentos se situaron por debajo del promedio histórico, particularmente para el mes de enero cuando se ubicó el período crítico de maíz en ambos experimentos. También se observa exceso de lluvia en abril, mes en el cual los cultivos ya estaban en madurez fisiológica. En cuanto a las temperaturas, no hubo grandes diferencias en comparación con los promedios mensuales históricos.

##### 4.1. CARACTERIZACIÓN DEL ENMALEZAMIENTO

Al momento de comenzar el barbecho se observó la presencia de: *Echinochloa* spp., *Digitaria sanguinalis*, *Stachys arvensis*, *Anagallis arvensis*,

*Trifolium repens*, *Conyza bonariensis*, *Amaranthus hybridus*, *Ambrosia tenuifolia*, *Stellaria media*, *Coronopus didymus*, *Silene gallica*, *Polygonum aviculare*, y *Solanum sisymbriifolium*. Algunas especies se encontraban finalizando su ciclo otoño-inverno-primaveral y otras comenzando su ciclo primavera-verano-otoñal.

Al momento de la siembra de los cultivos, durante su ciclo y al momento del corte de malezas antes de la cosecha, se pudo observar que el enmalezamiento en ambos experimentos estaba constituido principalmente por gramíneas, predominando *Echinochloa colona* y en menor medida *D. sanguinalis*. La especie *E. colona* predomina en muchas de las chacras de la estación experimental durante el verano, por lo cual es lógico suponer que tenga una presencia importante en el banco de semillas, lo cual coincide con nuestras observaciones.<sup>2</sup>

En la chacra donde se realizó el Experimento 1 se observaron más especies de malezas y en mayor número que en la chacra donde se realizó el Experimento 2. La historia y el manejo diferencial de ambas chacras previo a la instalación del cultivo, seguramente contribuyeron a explicar las diferentes presiones de enmalezamiento. El Experimento 1 se instaló sobre un barbecho largo al cual se le realizó laboreo convencional, por lo que la inversión del suelo habría promovido la germinación de semillas de malezas. Por su parte, el Experimento 2 fue instalado sobre un barbecho muy corto después de un cultivo de cobertura de trigo, el cual fue quemado para la instalación del maíz. Por lo tanto, la presencia de rastrojo y la siembra directa en el Experimento 2, pudo haber ocasionado una supresión del enmalezamiento, tanto en cantidad como en la composición de especies.

---

<sup>2</sup> García, A. 2017. Com. personal.

## 4.2. CONTROL DE MALEZAS Y CORTE BOTÁNICO

Cuadro No. 5. Control visual de malezas gramíneas y latifoliadas a los 34, 47, 61 y 76 días post siembra (DPS) en el Experimento 1

Trat.	Producto	Dosis (kg i.a. ha <sup>-1</sup> )	Momento de aplicación	Control de gramíneas*				Control de latifoliadas*			
				34 DPS	47 DPS	61 DPS	76 DPS	34 DPS	47 DPS	61 DPS	76 DPS
-----%-----											
1	Glifosato + atrazina + S-metolaclor	0,96 + 1,00 + 1,60	PRE	90 cd	92 c	88 e	90 d	96 b	93 cd	90 d	96 b
2	Glifosato + bicyclopyrone	0,96 + 0,16	PRE	96 bc	97 bc	95 cde	96 c	96 b	97 bc	93 cd	98 b
3	Glifosato + bicyclopyrone	0,96 + 0,24	PRE	96 b	99 b	97 bcd	98 bc	96 b	99 b	98 bc	99 ab
4	Glifosato + bicyclopyrone + S-metolaclor	0,96 + 0,16 + 1,60	PRE	100 a	100 a	99 ab	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
5	Glifosato + bicyclopyrone + atrazina + S- metaloclor	0,96 + 0,12 + 0,63 + 1,60	PRE	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 ab	100 a
6	Glifosato Acetoclor + cloprialid + flumetsulam + glifosato	0,96 1,35 + 0,11 + 0,04 + 0,96	PRE POST	85 de	93 c	94 de	94 cd	78 d	85 d	91 cd	97 b

(Continúa cuadro No. 5.)

Trat.	Producto	Dosis (kg i.a. ha <sup>-1</sup> )	Momento de aplicación	Control de gramíneas*				Control de latifoliadas*			
				34 DPS	47 DPS	61 DPS	76 DPS	34 DPS	47 DPS	61 DPS	76 DPS
				-----%-----							
7	Glifosato	0,96	PRE								
	Acetoclor + cloprialid + flumetsulam + glufosinato de amonio	1,35 + 0,11 + 0,04 + 0,40	POST	81 e	72 e	46 g	17 f	84 cd	83 d	90 cd	100 a
8	Glifosato + acetoclor + cloprialid + flumetsulam	0,96 + 1,35 + 0,11 + 0,04	PRE	77 e	85 d	76 f	73 e	93 bc	97 bc	99 ab	99 ab
	Glufosinato de amonio	0,40	POST								
9	Glifosato + atrazina + S-metolaclor	0,96 + 1,00 + 1,60	PRE	83 de	98 b	99 abc	99 ab	93 bc	99 ab	100 ab	100 a
	Halosulfuron + glifosato	0,08 + 0,96	POST								

\*Valores que presentan letras diferentes dentro de la misma columna difieren significativamente (p<0,05) según el test de Fisher.

Para la variable control de malezas la interacción entre las mediciones repetidas en el tiempo y los tratamientos fue muy significativa en ambos experimentos ( $p < 0,0001$ ), por lo cual los tratamientos se compararon para cada momento individualmente según el experimento (cuadros No. 5 y 6).

En el cuadro No. 5 prácticamente todos los tratamientos herbicidas presentaron un buen control de malezas, ya que la mayoría tuvo controles por encima del 80 % durante la mayor parte del período de evaluación. Los tratamientos conteniendo bicyclopyrone se destacaron, excepto T2 que a los 61 DPS presentó 93 % de control, el resto presentaron controles arriba del 95 %, tanto de malezas gramíneas como de hojas anchas. No obstante, T9 registró valores de control comparables a los logrados con los tratamientos conteniendo bicyclopyrone. El hecho de que a los 35 DPS (V6-V7) T9 recibió halosulfuron + glifosato, habría reforzado el control realizado por la aplicación pre-emergente. Esto también puede observarse si se compara con T1, el cual a diferencia de T9, no tuvo aplicación de herbicidas en post-emergencia. Los porcentajes de control de estos dos últimos tratamientos difieren significativamente a partir de los 47 DPS, siendo mayores los logrados con T9 ( $p < 0,05$ ).

El menor control se observa en T6, T7 y T8. Debe considerarse que tanto T6 como T7, no recibieron aplicación de herbicidas pre-emergentes en una primera instancia, sino de glifosato que no presenta residualidad. Con la segunda aplicación de herbicidas, T6 obtuvo un mejor control de malezas a partir de los 47 DPS. Sin embargo, T7 que también recibió una segunda aplicación, a partir de los 47 DPS presentó una disminución marcada en el porcentaje de control de gramíneas. Esto puede ser explicado porque el glufosinato de amonio (herbicida de contacto), no realiza un control eficiente en malezas ya desarrolladas. Si bien junto con glufosinato de amonio se aplicó Surestart, éste último controla sólo gramíneas antes de su emergencia o cuando son muy pequeñas (menos de dos hojas). Por su parte, T8 que recibió Surestart en pre-emergencia, tuvo también uno de los menores controles de gramíneas a 34 DPS ( $p < 0,05$ ). Esto indicaría un menor poder residual de este herbicida para el control de gramíneas, en comparación con los otros residuales evaluados. La secuencia de aplicación en el T8 (pre-emergentes a la siembra y glufosinato de amonio en post) determinó que este presentara un porcentaje de control mayor que con el T7 a partir de los 47 DPS ( $p < 0,05$ ). Esto probablemente se debió a que en T8 las malezas se encontraban más pequeñas, por lo que el glufosinato de amonio en esas condiciones pudo hacer un mejor control.

Cuadro No. 6. Control visual de malezas gramíneas a los 29, 42, 56 y 71 días post siembra (DPS) y para malezas latifoliadas a 29 DPS, en el Experimento 2

Trat.	Producto	Dosis (kg i.a. ha <sup>-1</sup> )	Momento de aplicación	Control de gramíneas*				Control de latifoliadas*
				29 DPS	42 DPS	56 DPS	71 DPS	29 DPS
-----%-----								
1	Glifosato + atrazina + S-metolaclor	0,96 + 1,00 + 1,60	PRE	99 a	98 ab	99 ab	97 ab	99 a
2	Glifosato + bicyclopyrone	0,96 + 0,16	PRE	98 a	98 abc	96 bc	97 b	99 a
3	Glifosato + bicyclopyrone	0,96 + 0,24	PRE	100 a	99 ab	99 ab	99 ab	100 a
4	Glifosato + bicyclopyrone + S-metolaclor	0,96 + 0,16 + 1,60	PRE	100 a	99 ab	99 ab	97 ab	100 a
5	Glifosato + bicyclopyrone + atrazina + S-metaloclor	0,96 + 0,12 + 0,63 + 1,60	PRE	100 a	100 a	99 ab	99 ab	100 a
6	Glifosato Acetoclor + clopyralid + flumetsulam + glifosato	0,96 1,35 + 0,11 + 0,04 + 0,96	PRE POST	77 b	91 cd	93 cd	95 b	85 b

(Continúa cuadro No. 6.)

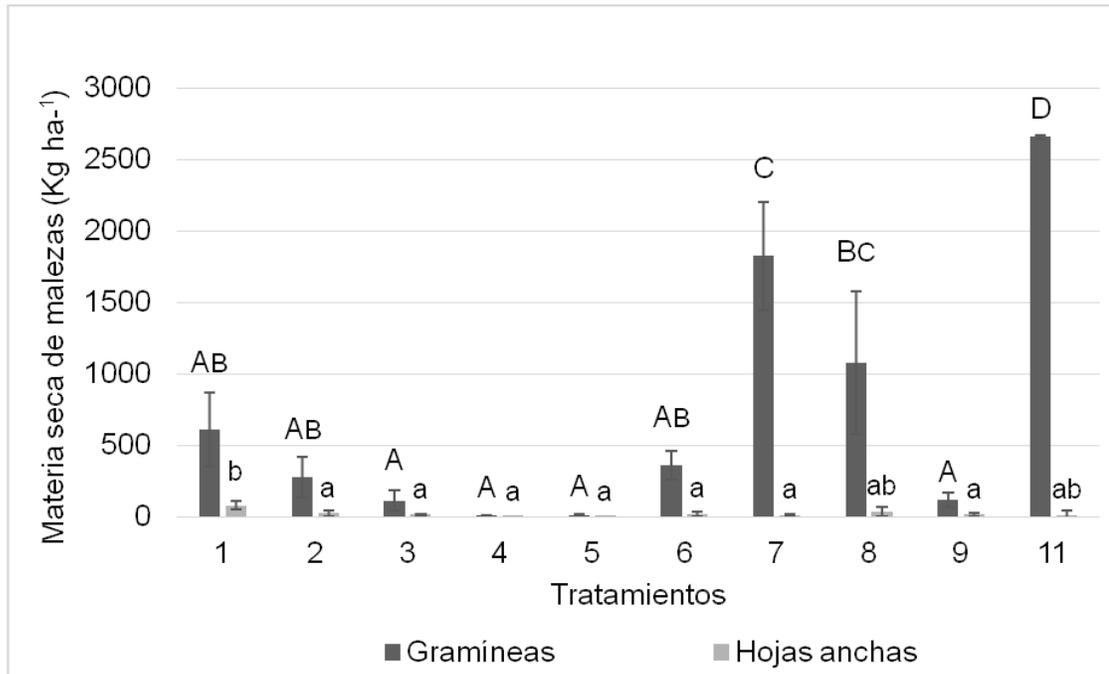
Trat.	Producto	Dosis (kg i.a. ha <sup>-1</sup> )	Momento de aplicación	Control de gramíneas*				Control de latifoliadas*
				29 DPS	42 DPS	56 DPS	71 DPS	29 DPS
				-----%-----				
	Glifosato	0,96	PRE					
7	Acetoclor + clopypirid + flumetsulam + glufosinato de amonio	1,35 + 0,11 + 0,04 + 0,40	POST	87 b	81 d	83 d	73 c	91 b
8	Glifosato + acetoclor + clopypirid + flumetsulam	0,96 + 1,35 + 0,11 + 0,04	PRE	97 a	96 bc	96 bc	97 b	100 a
	Glufosinato de amonio	0,40	POST					
9	Glifosato + atrazina + S-metolaclor	0,96 + 1,00 + 1,60	PRE	99 a	100 a	100 a	100 a	100 a
	Halosulfuron + glifosato	0,08 + 0,96	POST					

\* Valores que presentan letras diferentes dentro de la misma columna difieren significativamente ( $p < 0,05$ ) según el test de Fisher.

En el Experimento 2, T7 y T8 presentan un mayor control con respecto al Experimento 1 (cuadros No. 5 y 6). Esto se debería a un menor enmalezamiento de esta chacra considerando el estado del testigo sucio de ambos experimentos (figuras No. 2 y 3).

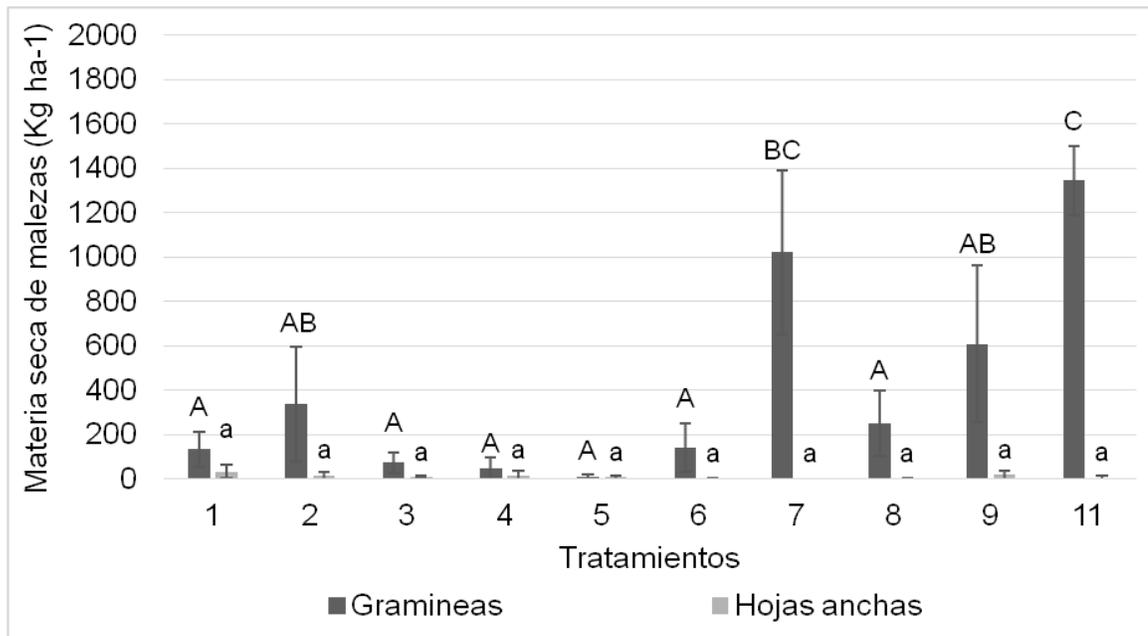
Comparando los tratamientos que solo difieren en la dosis de bicyclopyrone (T2 y T3), en ambos experimentos no se observan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) (cuadros No. 5 y 6). Si bien ambos tratamientos muestran un buen control de gramíneas, los resultados del Experimento 1 indican que el agregado de S-metolaclor (T3) potenciaría significativamente aún más el control, tanto de gramíneas como de latifoliadas ( $p < 0,05$ ) (cuadro No. 5).

En el Experimento 2, a 29 DPS se observan diferencias significativas entre tratamientos en el control de latifoliadas ( $p = 0,0027$ ) (cuadro No. 6), pero no se observan para fechas posteriores debido a que todos los tratamientos controlaron el 100 % de las malezas de hoja ancha (datos no mostrados). La casi ausencia de malezas latifoliadas en el Experimento 2 puede explicarse en parte por el manejo del suelo que se realizó previo a la siembra (cero laboreo), el cual modifica el microambiente (luz, temperatura y humedad) y genera cambios en la emergencia y en el establecimiento de las diferentes especies de malezas; siendo más favorable este tipo de ambiente para especies de gramíneas anuales (Puricelli y Tiesca, 1997).



Valores que presentan letras diferentes dentro de cada grupo de malezas difieren significativamente ( $p < 0,05$ ) según el test de Fisher.

Figura No. 2. Materia seca de malezas gramíneas y hojas anchas en los diferentes tratamientos herbicidas y testigo sucio, para el Experimento 1



Valores que presentan letras diferentes dentro de cada grupo de malezas difieren significativamente ( $p < 0,05$ ) según el test de Fisher.

Figura No. 3. Materia seca de malezas gramíneas y hojas anchas en los diferentes tratamientos herbicidas y testigo sucio, para el Experimento 2

El mayor enmalezamiento del Experimento 1 puede explicarse, al menos en parte, porque el laboreo habría favorecido la germinación y el desarrollo de malezas. Mientras que en el Experimento 2, la siembra directa sobre rastrojo de trigo habría contribuido a disminuir la presión de malezas y por ende su volumen de materia seca (figuras No. 2 y 3). Similar a como sucedió previo a la siembra, al final de ambos experimentos el enmalezamiento se constituyó principalmente por gramíneas, predominando *E. colona* y en menor medida *D. sanguinalis*.

Los resultados del corte botánico al final del ciclo coinciden en general con los obtenidos en las evaluaciones de control visual. Todos los tratamientos presentaron al final del ciclo una menor biomasa de malezas gramíneas con respecto al testigo sucio ( $p < 0,05$ ), excepto el T7 en el Experimento 2 (figuras No. 2 y 3). En ambos experimentos los tratamientos T1 a T6 realizaron un buen control de malezas y no tuvieron diferencias significativas entre sí, salvo por la biomasa de malezas de hojas anchas de T1 del Experimento 1, la cual fue significativamente mayor que en los tratamientos T2 a T6 ( $p < 0,05$ ). Sin embargo, es destacable que aunque en la biomasa de malezas no se observan

diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos mencionados, en los tratamientos T4 y T5 del Experimento 1 (la chacra más enmalezada) prácticamente no se cosecho biomasa de malezas.

Coincidentemente con los resultados de control visual, T7 fue el que presentó la mayor biomasa de malezas en términos absolutos al final del ciclo del cultivo considerando los tratamientos que recibieron herbicida, no diferenciándose del testigo sucio en el Experimento 2. El resultado de la biomasa de malezas cosechadas en los tratamientos T8 y T9 del Experimento 1, coincide con los resultados de porcentaje visual de control en estos tratamientos (figuras No. 2 y 3; cuadros No. 5 y 6). Sin embargo, en el Experimento 2 la biomasa de malezas gramíneas de T8 no se diferenció significativamente de la del T9 y tampoco de las de T3, T4 y T5 ( $p < 0,05$ ) (figura No. 3).

El bajo control de malezas en T8 y T7, muy probablemente se haya debido al tamaño de las malezas en uno y otro experimento y la tecnología de aplicación utilizada. El glufosinato de amonio es un herbicida de contacto que no se transloca significativamente dentro de la planta, por lo cual el estado de desarrollo de la misma al momento de control es muy importante. Cuando este herbicida se aplica pasado el momento óptimo de control de las plantas sufren el quemado de las hojas pero pueden rebrotar desde las reservas subterráneas. Esta situación puede verse aún más agravada cuando se usa una tecnología de aplicación que no permite una buena cobertura del producto sobre la planta.

Todos los tratamientos se aplicaron con boquillas modelo AI 110015, a una presión de 220 kPa y con un caudal de 110 L ha<sup>-1</sup>. Las boquillas y la regulación de la máquina utilizadas son aceptables para la aplicación de herbicidas sistémicos y/o incluso de herbicidas aplicados al suelo. Sin embargo, las mismas no son las más apropiadas para la aplicación de herbicidas de contacto, como el glufosinato de amonio que debe lograr un buen mojado y una cobertura homogénea de las malezas. Este es un punto importante a resaltar dado que en la actualidad los problemas de malezas han promovido una mayor utilización de herbicidas de contacto.

#### 4.3. POBLACIÓN, DAÑO EN EL CULTIVO, ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR Y ALTURA

En la población de plantas no se observan diferencias significativas ( $p = 0,90$ ) entre tratamientos (cuadro No. 7), por lo tanto el herbicida bicyclopyrone no afectaría la germinación ni el desarrollo inicial del cultivo de maíz.

Cuadro No. 7. Población promedio de plantas de maíz a 14 y 19 días de la siembra de dos experimentos, según aplicaciones de herbicidas en pre-emergencia de los cultivos

Trat.	Producto	Dosis (kg i.a. ha <sup>-1</sup> )	Población (no. pl. m lineal <sup>-1</sup> )
2	Glifosato + bicyclopyrone	0,96 + 0,16	5,5 ± 0,35
3	Glifosato + bicyclopyrone	0,96 + 0,24	5,8 ± 0,33
4	Glifosato + bicyclopyrone + S-metolaclor	0,96 + 0,16 + 1,60	5,8 ± 0,29
5	Glifosato + bicyclopyrone + atrazina + S-metaloclor	0,96 + 0,12 + 0,63 + 1,60	5,5 ± 0,21
10	Testigo limpio	-	5,5 ± 0,22

Con respecto al potencial daño fitotóxico de los herbicidas sobre el cultivo, se observó que T6 y T7 presentaron diferencias en el desarrollo con respecto al testigo limpio, fundamentalmente una menor altura y menor desarrollo del canopeo. El estado de enmalezamiento de estos tratamientos y la ausencia de otros síntomas que pudieran relacionarse directamente con un potencial daño de los herbicidas aplicados (fitotoxicidad), sugieren que las diferencias observadas se deben principalmente a la competencia del cultivo y las malezas por recursos. Debido a que no se observaron daño fitotóxico adjudicables a herbicidas, los datos no son mostrados.

Cuadro No. 8. Índice de área foliar del cultivo en los diferentes tratamientos, a los 35, 47, 77 y 93 días después de la siembra, para el Experimento 1

Trat.	Producto	Dosis (kg i.a. ha <sup>-1</sup> )	Momento de aplicación	Momento de evaluación *			
				35 DPS	47 DPS	77 DPS	93 DPS
1	Glifosato + atrazina + S-metolaclor	0,96 + 1,00 + 1,60	PRE	1,24 bcd	1,78 bc	3,58 ab	3,03 abcd
2	Glifosato + bicyclopyrone	0,96 + 0,16	PRE	2,05 a	2,12 ab	4,19 a	3,52 ab
3	Glifosato + bicyclopyrone	0,96 + 0,24	PRE	1,25 bcd	2,04 ab	3,92 ab	2,62 cd
4	Glifosato + bicyclopyrone + S- metolaclor	0,96 + 0,16 + 1,6	PRE	1,25 bcd	2,36 a	4,22 a	3,62 a
5	Glifosato + bicyclopyrone + atrazina + S- metolaclor	0,96 + 0,12 + 0,63 + 1,60	PRE	1,4 ab	2,13 ab	4,2 a	3,14 abc
	Glifosato	0,96	PRE				
6	Acetoclor + clopyralid + flumetsulam + glifosato	1,35 + 0,11 + 0,04 + 0,96	POST	0,52 d	1,35 cd	3,38 bc	2,93 bcd

(Continúa cuadro No. 8.)

Trat.	Producto	Dosis (kg i.a. ha <sup>-1</sup> )	Momento de aplicación	Momento de evaluación*			
				35 DPS	47 DPS	77 DPS	93 DPS
	Glifosato	0,96	PRE				
7	Acetoclor + clopyralid + flumetsulam + glufosinato de amonio	1,35 + 0,11 + 0,04 + 0,40	POST	0,53 d	1,16 d	2,83 c	2,57 d
8	Glifosato + acetoclor + clopyralid + flumetsulam	0,96 + 1,35 + 0,11 + 0,04	PRE	1,35 abc	1,83 abc	4,04 ab	3,21 ab
	Glufosinato de amonio	0,4	POST				
9	Glifosato + atrazina + S-metolaclor	0,96 + 1,00 + 1,60	PRE	1,39 ab	2,1 ab	3,66 ab	3,23 ab
	Halosulfuron + glifosato	0,08 + 0,96	POST				
10	Testigo limpio	-	-	1,09 bcd	1,75 bc	3,81 ab	3,08 abcd
11	Testigo sucio	-	-	0,62 cd	0,5 e	1,36 d	1,16 e

\* Valores que presentan letras diferentes en la misma columna difieren significativamente ( $p < 0,05$ ) según el test de Fisher.

En el IAF del cultivo de maíz del Experimento 1 se observan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos en los cuatro momentos evaluados (cuadro No. 8). Excepto en la etapa inicial del cultivo (35 DPS), en el testigo limpio se observa un IAF significativamente mayor que en el testigo sucio ( $p < 0,05$ ). A los 35 DPS el único tratamiento que se diferencia del testigo limpio es el T2, al presentar este último un IAF significativamente mayor ( $p < 0,05$ ). A los 47 DPS es en T4 donde se observa un mayor IAF con respecto al testigo limpio, mientras que en T7 se constata un desarrollo foliar significativamente menor con respecto al mismo testigo ( $p < 0,05$ ). El cultivo de maíz en el tratamiento T7 muestra que a los 77 y 93 DPS continuaba también teniendo un menor desarrollo foliar que los otros tratamientos herbicidas. En ninguno de los tratamientos que recibieron herbicida el IAF a 93 DPS es significativamente diferente del medido en el testigo limpio ( $p < 0,05$ ). Finalmente, es posible que debido a la gran presión de malezas que había en esta chacra, el raleo cada 10 días en el testigo limpio no haya ejercido un suficiente control de malezas, lo que explicaría el mayor IAF de T2 y T4 a los 35 y 47 DPS, respectivamente ( $p < 0,05$ ).

En T6, T7 y también en el testigo sucio, se observa la relación de que a menores porcentajes de control son menores los IAF para todos los momentos evaluados (cuadros No. 5 y 8). La literatura indica que cuando el cultivo alcanza un IAF de entre 3 y 5, el follaje capta el 80 % de la radiación solar incidente, llamándose a este momento "dosel cerrado" (Silva et al., 2011). A los 77 DPS, momento en que el cultivo se encontraba en floración y cuajado (R1-R2), salvo T7 y el testigo sucio, todos los demás tratamientos llegaron a valores de IAF al menos por encima de 3. A 93 DPS el IAF disminuyó relacionado con la senescencia de las hojas y con que en dicho momento el cultivo se encontraba entre grano lechoso y pastoso (R3-R4).

Cuadro No. 9. Índice de área foliar del cultivo en los diferentes tratamientos, a los 33, 50, 72 y 88 días después de la siembra, para el Experimento 2

Trat.	Producto	Dosis (kg i.a. ha <sup>-1</sup> )	Momento de aplicación	Momento de evaluación*			
				33 DPS	50 DPS	72 DPS	88 DPS
1	Glifosato + atrazina + S-metolaclor	0,96 + 1,00 + 1,60	PRE	1,17 a	1,76 ab	2,71 a	2,92 a
2	Glifosato + bicyclopyrone	0,96 + 0,16	PRE	1,1 ab	1,4 ab	2,67 a	3,1 a
3	Glifosato + bicyclopyrone	0,96 + 0,24	PRE	1,04 ab	1,97 ab	2,88 a	3,1 a
4	Glifosato + bicyclopyrone + S- metolaclor	0,96 + 0,16 + 1,60	PRE	0,96 ab	1,95 ab	2,56 a	3,2 a
5	Glifosato + bicyclopyrone + atrazina + S- metaloclor	0,96 + 0,12 + 0,63 + 1,60	PRE	1,27 a	1,48 ab	2,76 a	3,18 a
6	Glifosato Acetoclor + clopyralid + flumetsulam + glifosato	0,96 1,35 + 0,11 + 0,04 + 0,96	PRE POST	0,86 ab	1,83 ab	2,84 a	3,17 a

(Continúa cuadro No. 9.)

Trat.	Producto	Dosis (kg i.a. ha <sup>-1</sup> )	Momento de aplicación	Momento de evaluación*			
				33 DPS	50 DPS	72 DPS	88 DPS
	Glifosato	0,96	PRE				
7	Acetoclor + clopyralid + flumetsulam + glufosinato de amonio	1,35 + 0,11 + 0,04 + 0,40	POST	1,02 ab	1,12 b	2,36 a	3,14 a
8	Glifosato + acetoclor + clopyralid + flumetsulam	0,96 + 1,35 + 0,11 + 0,04	PRE	1,25 a	1,91 ab	2,81 a	3,04 a
	Glufosinato de amonio	0,4	POST				
9	Glifosato + atrazina + S-metolaclor	0,96 + 1,00 + 1,60	PRE	1,17 a	1,53 ab	2,97 a	3,36 a
	Halosulfuron + glifosato	0,08 + 0,96	POST				
10	Testigo limpio	-	-	0,97 ab	1,98 a	2,71 a	3,02 a
11	Testigo sucio	-	-	0,47 b	1,45 ab	1,02 b	1,87 b

\* Valores que presentan letras diferentes en la misma columna difieren significativamente ( $p < 0,05$ ) según el test de Fisher.

En el Experimento 2 excepto entre T7 y el testigo limpio en el segundo momento de evaluación (50 DPS), todos los demás valores de IAF entre los tratamientos herbicidas no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ) (cuadro No. 9). Como se mencionó anteriormente con otras variables, ello se relacionaría con que el enmalezamiento de esta chacra fue menor. A los 88 DPS y correspondiendo con el estado R3, el cultivo alcanzó un IAF de  $\approx 3$  en todos los tratamientos excepto en el testigo sucio que siempre presentó los menores valores y significativamente diferentes de los demás tratamientos después de los 72 DPS ( $p < 0,05$ ). Esto refleja claramente la competencia por los recursos de luz, agua y nutrientes que realizan las malezas, lo que resulta en que las plantas del cultivo presentan un menor desarrollo, acumulación de materia seca, IAF y consecuentemente, un menor rendimiento.

Cuadro No. 10. Altura de planta y altura a base de panoja según diferentes tratamientos herbicidas en el Experimento 1

Trat.	Producto	Dosis (kg i.a. ha <sup>-1</sup> )	Momento de aplicación	Altura a base de panoja*	
				Altura de planta*	Altura a base de panoja*
				----- m -----	
1	Glifosato + atrazina + S-metolaclor	0,96 + 1,00 + 1,60	PRE	1,62 a	1,98 a
2	Glifosato + bicyclopyrone	0,96 + 0,16	PRE	1,59 a	1,95 a
3	Glifosato + bicyclopyrone	0,96 + 0,24	PRE	1,60 a	1,98 a
4	Glifosato + bicyclopyrone + S-metolaclor	0,96 + 0,16 + 1,60	PRE	1,60 a	1,97 a
5	Glifosato + bicyclopyrone + atrazina + S-metaloclor	0,96 + 0,12 + 0,63 + 1,60	PRE	1,56 a	1,92 ab
6	Glifosato	0,96	PRE		
7	Acetoclor + clopyralid + flumetsulam + glifosato	1,35 + 0,11 + 0,04 + 0,96	POST	1,32 bc	1,79 cd
8	Glifosato	0,96	PRE		
9	Acetoclor + clopyralid + flumetsulam + glufosinato de amonio	1,35 + 0,11 + 0,04 + 0,40	POST	1,24 c	1,68 d
10	Glifosato + acetoclor + clopyralid + flumetsulam	0,96 + 1,35 + 0,11 + 0,04	PRE	1,55 a	1,86 abc
11	Glufosinato de amonio	0,40	POST		
12	Glifosato + atrazina + S-metolaclor	0,96 + 1,00 + 1,60	PRE	1,56 a	1,90 abc
13	Halosulfuron + glifosato	0,08 + 0,96	POST		
14	Testigo limpio	-	-	1,39 b	1,81 bc
15	Testigo sucio	-	-	0,89 d	1,27 e

\* Valores que presentan letras diferentes en la misma columna difieren significativamente ( $p < 0,05$ ) según el test de Tukey.

Los tratamientos del Experimento 2 con mayor altura de planta y altura a base de panoja fueron los que recibieron herbicidas residuales al momento de la instalación del experimento ( $p < 0,05$ ) (cuadro No. 10). La altura de planta es una variable muy importante porque se relaciona directamente con el área foliar, el tamaño de la planta y por ende, con el rendimiento (Fassio et al.,

1998). Los dos tratamientos herbicidas con menor altura de planta son a los que sólo se les aplicó glifosato en pre-emergencia (T6 y T7); por lo tanto, los resultados reflejan la importancia del uso de herbicidas residuales, debido principalmente a la sensibilidad del cultivo en etapas iniciales a la competencia de malezas.

Cuadro No. 11. Altura de planta y altura a base de panoja según diferentes tratamientos herbicidas en el Experimento 2

Trat.	Producto	Dosis (kg i.a. ha <sup>-1</sup> )	Momento de aplicación	Altura de planta*	Altura a base de panoja*
				----- m -----	-----
1	Glifosato + atrazina + S- metolaclor	0,96 + 1,00 + 1,60	PRE	1,33 a	1,69 a
2	Glifosato + bicyclopyrone	0,96 + 0,16	PRE	1,33 a	1,72 a
3	Glifosato + bicyclopyrone	0,96 + 0,24	PRE	1,30 ab	1,71 a
4	Glifosato + bicyclopyrone + S-metolaclor	0,96 + 0,16 + 1,60	PRE	1,33 a	1,74 a
5	Glifosato + bicyclopyrone + atrazina + S-metaloclor	0,96 + 0,12 + 0,63 + 1,60	PRE	1,31 ab	1,75 a
6	Glifosato	0,96	PRE		
	Acetoclor + clopyralid + flumetsulam + glifosato	1,35 + 0,11 + 0,04 + 0,96	POST	1,22 abc	1,71 a
7	Glifosato	0,96	PRE		
	Acetoclor + clopyralid + flumetsulam + glufosinato de amonio	1,35 + 0,11 + 0,04 + 0,40	POST	1,20 bc	1,67 a
8	Glifosato + acetoclor + clopyralid + flumetsulam	0,96 + 1,35 + 0,11 + 0,04	PRE	1,33 a	1,75 a
	Glufosinato de amonio	0,40	POST		
9	Glifosato + atrazina + S-metolaclor	0,96 + 1,00 + 1,60	PRE		
	Halosulfuron + glifosato	0,08 + 0,96	POST	1,34 a	1,79 a
10	Testigo limpio	-	-	1,29 ab	1,76 a
11	Testigo sucio	-	-	1,12 c	1,40 b

\* Valores que presentan letras diferentes en la misma columna difieren significativamente ( $p < 0,05$ ) según el test de Tukey.

En el Experimento 2 se registraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en altura de planta entre T7 con T1, T2, T4, T8y T9; a su vez T6 y T7 no difieren del testigo sucio (cuadro No. 11). Para altura a base de panoja el único

tratamiento que difiere significativamente del resto es el testigo sucio ( $p < 0,05$ ). Como fuera expresado anteriormente, para el daño fitotóxicos al cultivo, las diferencias en altura entre los tratamientos estarían asociadas a la competencia de malezas y no a un efecto fitotóxico de los herbicidas.

Cuadro No. 12. Rendimiento de grano de dos experimentos según diferentes tratamientos herbicidas

Trat.	Producto	Dosis (kg i.a. ha <sup>-1</sup> )	Momento de aplicación	Rendimiento*	
				Exp.1	Exp.2
				----- kg ha <sup>-1</sup> -----	
1	Glifosato + atrazina + S- metolaclor	0,96 + 1,00 + 1,60	PRE	6311 c	4460 bc
2	Glifosato + bicyclopyrone	0,96 + 0,16	PRE	7065 abc	5590 abc
3	Glifosato + bicyclopyrone	0,96 + 0,24	PRE	7311 ab	5497 abc
4	Glifosato + bicyclopyrone + S-metolaclor	0,96 + 0,16 + 1,60	PRE	7423 ab	5632 abc
5	Glifosato + bicyclopyrone + atrazina + S-metaloclor	0,96 + 0,12 + 0,63 + 1,60	PRE	7408 ab	5585 abc
6	Glifosato	0,96	PRE		
	Acetoclor + clopyralid + flumetsulam + glifosato	1,35 + 0,11 + 0,04 + 0,96	POST	6558 bc	5737 abc
7	Glifosato	0,96	PRE		
	Acetoclor + clopyralid + flumetsulam + glufosinato de amonio	1,35 + 0,11 + 0,04 + 0,40	POST	3577 d	4291c
8	Glifosato + acetoclor + clopyralid + flumetsulam	0,96 + 1,35 + 0,10 + 0,04	PRE	6529 bc	5986 ab
	Glufosinato de amonio	0,40	POST		
9	Glifosato + atrazina + S-metolaclor	0,96 + 1,00 + 1,60	PRE	7760 a	6139 a
	Halosulfuron + glifosato	0,08 + 0,96	POST		
10	Testigo limpio	-	-	7442 ab	6019 ab
11	Testigo sucio	-	-	949 e	1701 d

\* Valores que presentan letras diferentes en la misma columna difieren significativamente ( $p < 0,05$ ) según el test de Fisher.

En el Experimento 1, si se compara el tratamiento que obtuvo mayor rendimiento (T9) con el testigo sucio, éste último rindió sólo un 12 % con respecto a T9 (cuadro No. 12). Estos resultados concuerdan con los reportados

por otros autores, es decir que cuando no se realizan controles de malezas en el cultivo de maíz, el mismo puede alcanzar pérdidas de hasta 90 % (Ríos y Giménez 1992, López-Ovejero et al. 2003, Papa y Bruno 2006). Debido a que en el Experimento 2 el número de malezas fue menor, las pérdidas también lo fueron. El testigo sucio rindió 28 % en comparación al mayor rendimiento obtenido, también con T9 como en el Experimento 1. Si bien T9 fue el tratamiento con mayor rendimiento en ambos experimentos, no se diferencia significativamente de los tratamientos herbicidas T2 a T5 en el Experimento 1 y de T2 a T6 y T8 en el Experimento 2 ( $p < 0,05$ ).

Si se compara el tratamiento T9 con T1, la diferencia importante radica en que T9 obtuvo una segunda aplicación de herbicida en post-emergencia. De esto se puede deducir que la residualidad de atrazina y S-metolaclor no alcanzó para cubrir los requerimientos de control de malezas, siendo potenciado este control cuando se le realiza una segunda aplicación. Ello puede observarse en las diferencias de rendimiento a favor de T9 de 1499 y 1676 kg ha<sup>-1</sup> en los Experimentos 1 y 2, respectivamente ( $p < 0,05$ ). Si bien T6 no presentó una aplicación de herbicida residual a la siembra, tuvo una segunda aplicación con un herbicida total más un residual, recuperando su control al menos en el Experimento 2. Finalmente, en el Experimento 1 el control de T7 expresado como rendimiento de grano, fue significativamente menor aún que el de T6 ( $p < 0,05$ ). Ello debido a que como se discutió anteriormente, el tamaño de las malezas y la tecnología de aplicación utilizada no habrían sido los más adecuados para favorecer la acción del glufosinato de amonio.

## 5. CONCLUSIONES

En ambos experimentos y bajo las condiciones establecidas, los tratamientos que contuvieron bicyclopyrone presentaron controles excelentes tanto para malezas gramíneas como latifoliadas. El mismo herbicida también presentó muy buena selectividad para el cultivo de maíz, no identificándose efectos fitotóxicos en ninguna de las variables medidas, ni para las diferentes dosis testeadas.

Los tratamientos herbicidas que resultaron más eficaces fueron aquellos que incluyeron dosis de un herbicida residual al momento de la siembra. Los datos presentados en este trabajo refrendan la sensibilidad del cultivo de maíz a la competencia temprana por recursos y resaltan la importancia de utilizar herbicidas residuales efectivos que minimicen la interferencia de malezas durante el periodo crítico del cultivo de maíz.

El tamaño de las malezas al momento de la aplicación y la tecnología de aplicación utilizada condicionaron la performance del glufosinato de amonio. Esto es un aspecto importante a tener en cuenta para el manejo de malezas en la actualidad donde los herbicidas de contacto están adquiriendo una mayor relevancia.

## 6. RESUMEN

La prohibición en Uruguay del herbicida atrazina significó la pérdida de una importante molécula para el control de malezas en el cultivo de maíz. Una nueva molécula herbicida recientemente registrada en Uruguay, el bicyclopyrone, podría ser un potencial sustituto de la atrazina. Dos experimentos fueron llevados a cabo con el objetivo de evaluar el control de malezas y la selectividad del herbicida bicyclopyrone en el cultivo de maíz. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron (en Kg i.a. ha<sup>-1</sup>): en pre-emergencia (PRE) T1, glifosato + atrazina + S-metolaclor (0,96 + 1,00 + 1,60); T2, glifosato + bicyclopyrone (0,96 + 0,16); T3, glifosato + bicyclopyrone (0,96 + 0,24); T4, glifosato + bicyclopyrone + S-metolaclor (0,96 + 0,16 + 1,60); y T5, glifosato + bicyclopyrone + atrazina + S-metolaclor (0,96 + 0,12 + 0,63 + 1,60); en PRE y post-emergencia (POST) T6, glifosato (0,96) (PRE) seguido por (sp) acetoclor + clopyralid + flumetsulam + glifosato (1,35 + 0,11 + 0,04 + 0,96) (POST); T7, glifosato (0,96) (PRE) sp acetoclor + clopyralid + flumetsulam + glufosinato de amonio (1,35 + 0,11 + 0,04 + 0,40) (POST); T8, glifosato + acetoclor + clopyralid + flumetsulam (0,96 + 1,35 + 0,11 + 0,04) (PRE) sp glufosinato de amonio (0,40) (POST); y T9, glifosato + atrazina + S-metolaclor (0,96 + 1,00 + 1,60) (PRE) sp glifosato + halosulfuron (0,96 + 0,08) (POST); y dos testigos, uno limpio con control manual (T10) y otro sucio sin control (T11). En el cultivo fueron evaluados la población inicial de plantas, porcentaje visual de daño, índice de área foliar, altura de planta y rendimiento de grano. En las malezas se evaluó durante el ciclo del cultivo el porcentaje visual de control y antes de la cosecha del cultivo, se determinó la materia seca. *Echinochloa Colona* y *Digitaria sanguinalis* fueron las malezas gramíneas más frecuentes en ambos experimentos. En comparación con T10, ningún tratamiento que contuviera bicyclopyrone afectó negativamente a las variables medidas en el cultivo. Excepto T6, T7 y T8, todos los demás tratamientos herbicidas mostraron de muy bueno a excelente control de malezas (83 a 100 %). Los tratamientos que recibieron dos aplicaciones, en pre y post-emergencia del cultivo, no mostraron un control superior de malezas que aquellos que recibieron sólo una aplicación en pre-emergencia, cuando ésta presento una residualidad adecuada. En los tratamientos con bicyclopyrone el control de malezas fue de 93 a 100 %, durante el ciclo de maíz y en ambos experimentos. En ninguno de los tratamientos en que se aplicó bicyclopyrone se afectó la población de plantas y tampoco se identificó daño en las plantas. Se concluye que por su selectividad y control de malezas, el bicyclopyrone podría ser un buen sustituto al uso de atrazina en el cultivo de maíz.

Palabras clave: Maíz; Malezas; Herbicidas; Bicyclopyrone.

## 7. SUMMARY

Atrazine ban in Uruguay signified the loss of an important herbicide molecule for weed control in corn. A new herbicide molecule, bicyclopyrone, has recently been launched in Uruguay with potential to be a good substitute for atrazine. Two experiments were carried with the objectives of evaluate weed control and selectivity of the herbicide bicyclopyrone in corn. The experiments were arranged in Randomized Complete Block Designs with each block containing the following treatments (in kg a.i. ha<sup>-1</sup>): T1, glyphosate + atrazine + S-metolachlor (0.96 + 1.0 + 1.60); T2, glyphosate + bicyclopyrone (0.96 + 0.16); T3, glyphosate + bicyclopyrone (0.96 + 0.24); T4, glyphosate + bicyclopyrone + S-metolachlor (0.96 + 0.16 + 1.60); T5, glyphosate + bicyclopyrone + atrazine + S-metolachlor (0.96 + 0.12 + 0.63 kg + 1.63) in pre-emergence of the crop (PRE); and T6, glyphosate (0.96) (PRE) followed by (fb) acetochlor + clopyralid + flumetsulam + glyphosate (1.35 + 0.10 + 0.04 + 0.96) in post-emergence (POST); T7, glyphosate (0.96) (PRE) fb acetochlor + clopyralid + flumetsulam + glufosinate ammonium (1.35 + 0.10 + 0.04 + 0.3) (POST); T8, glyphosate + acetochlor + clopyralid + flumetsulam (0.96 + 1.35 + 0.10 + 0.04) (PRE) fb ammonium glufosinate (0.3) (POST); T9, glyphosate + atrazine + S-metolachlor (0.96 + 1.00 + 1.60) (PRE) f.b. glyphosate + halosulfuron (0.96 + 0.075) (POST); T10, nontreated weed-free check; T11, nontreated weedy check. Plant population, crop status, leaf area index, plant height and yield were assessed for the crop. Control of grass and broadleaf weeds were assessed visually throughout de crop cycle and dry matter of weeds was determined at crop harvest. *Echinochloacolona* and *Digitariasanguinalis* were the most frequent weeds in both experiments. No treatment containing bicyclopyrone affected negatively any of the variables measured in the crop compared with the nontreated weed-free check. All treatments except for T6, T7 y T8 showed very good to excellent weed control (83 to 100%). The treatments that received two applications (Pre + Post) did not show superior control of weeds compared to the best treatments that received only the Pre application. For both experiments weed control was 93 to 100% in the treatments containing Bicyclopyrone, regardless the tested doses. Neither damage to the crop was observed nor was the number of plants affected in any of the treatments that were sprayed with bicyclopyrone. We concluded that bicyclopyrone has an excellent selectivity to corn and also provide excellent weed control which position it as a good alternative to atrazine in corn crop.

Key words: Corn; Weeds; Herbicides; Bicyclopyrone.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Acciaresi, H. A.; Sobrero, M. T.; Leguizamón, E. S. 2014. Interacción maleza-cultivo I: Competencia, teorías, recursos y factores; estrategias competitivas. In: Acciaresi, H. A.; Leguizamón, E. S.; Fernández, O. A. eds. Malezas e invasoras de la Argentina. Santa Fé, Universidad Nacional del Sur. t.1, pp. 171-197.
2. Arregui, C.; Puricelli, E. 2014. Sitio de acción de los herbicidas. In: Acciaresi, H. A.; Leguizamón, E. S.; Fernández, O. A. eds. Malezas e invasoras de la Argentina. Santa Fé, Universidad Nacional del Sur. t.1, pp. 391-406.
3. Carey, J. B.; Kells, J. J. 1995. Timing of total postemergence herbicide applications to maximize weed control and corn (*Zea mays*) yield. *Weed Technology*. 9: 356–361.
4. Cepeda, S.; Rossi, A. 2003. Manejo y control de malezas en maíz. Buenos Aires, INTA Pergamino. pp. 172-175.
5. Diez, P. 2013. Manejo de malezas problema; modos de acción de herbicidas. (en línea). Rosario, Argentina, REM- AAPRESID. 52 p. Consultado 31 ene. 2017. Disponible en [http://www.academia.edu/25593348/Modos\\_de\\_acci%C3%B3n\\_herbicida](http://www.academia.edu/25593348/Modos_de_acci%C3%B3n_herbicida)
6. Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W. 1998. InfoStat versión 2011. (en línea). Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba. FCA. Grupo InfoStat. s.p. Consultado 15 ene. 2017. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>
7. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 1993. El maíz en la alimentación humana. (en línea). Roma. s.p. (Alimentación y nutrición no. 25). Consultado 26 ene. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/t0395s/T0395S00.htm#Contents>
8. \_\_\_\_\_. 2014. FAOSTAT; base de datos estadísticos. (en línea). Roma. s.p. Consultado 26 ene 2017. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
9. Fassio, A.; Carriquiry, A. I.; Tojo, C.; Romero, R. 1998. Maíz; aspectos

sobre la fenología. Montevideo, INIA. 47 p. (Serie Técnica no. 101).

10. Fernández, G. 2011. Estrategias de manejo para la problemática actual de malezas en Uruguay. *In*: Simposio Nacional de Agricultura (2º., 2011, Paysandú). La intensificación de la agricultura en Uruguay y su impacto en la problemática a nivel de malezas. Montevideo, Hemisferio Sur. v.1, pp. 3-8.
11. Fernández-Quintanilla, C.; Saavedra, M. S.; García Torres, L. 1991. Malas hierbas: conceptos generales. *In*: García Torres, L.; Fernández Quintanilla, C. eds. Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Madrid, Mundi-Prensa. pp. 26-48.
12. Fischer, A.; Valverde, B. E. 2010. Resistencia a herbicidas en malezas asociadas con arroz. *In*: Degiovanni, V.; Martínez, C. P.; Motta, F. eds. Producción eco-eficiente del arroz en América Latina. Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical. t.1, pp. 447-487.
13. García, G.; Salas, P. 2011. Eficiencia de las dosis de diferentes formulaciones del herbicida atrazina + simazina en el control de malezas en el cultivo de maíz. *Investigación Agraria*. 13(2): 81-86.
14. Giménez, L. 2012. Producción de maíz con estrés hídrico provocado en diferentes etapas de desarrollo. *Agrociencia* (Montevideo). 16 (2): 92-102.
15. Gomez, K.; Gomez, A. 1984. Statistical procedures for agricultural research. 2nd. ed. New York, Wiley. 680 p.
16. Hall, M. R.; Swanton, C. J.; Anderson, G. W. 1992. The critical period of weed control in grain corn (*Zea mays*). *Weed Science*. 40(3): 441-447.
17. Hess, D. 2000. Light-dependent herbicides; an overview. *Weed Science*. 48(2): 160-170.
18. INIA. GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad Agroclima y Sistema de Información, UY). 2016. Banco de datos de las estaciones agroclimáticas del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 24 feb. 2017. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>

19. Johnson, W. G.; Bradley, P. R.; Hart, S. E.; Buesinger, M. L.; Massey, R. E. 2000. Efficacy and economics of weed management in glyphosate- resistant corn (*Zea mays*). *Weed Technology*. 14: 57-65.
20. Labrada, R.; Parker, C. 1996. El control de malezas en el contexto del manejo integrado de plagas. (en línea). In: Labrada, R.; Casaley, J. C.; Parcker, C. eds. Manejo de malezas para países en desarrollo. Roma, IT, FAO. s.p. (Estudio FAO. Producción y Protección Vegetal no. 120). Consultado 1 feb. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s05.htm>
21. Leguizamón, E. S. 2007. Ecología y dinámica poblacional de malezas; bases para su manejo racional. Rosario, Santa Fé, s.e. 12 p.
22. \_\_\_\_\_; Acciaresi, H. A. 2014. Interacción maleza-cultivo II; relaciones funcionales entre las malezas y los cultivos. In: Acciaresi, H. A.; Leguizamón, E. S.; Fernández, O. A. eds. Malezas e invasoras de la Argentina. Santa Fé, Universidad Nacional del Sur. t.1, pp. 199-220.
23. López-Ovejero, R. F.; Fancelli, A. L.; Dourado-Neto, D.; García y García, A.; Christoffoleti, P. J. 2003. Seletividade de herbicidas para a cultura de milho (*Zea mays*) aplicados em diferentes estádios fenológicos da cultura. *Planta Daninha*. 21: 413-419.
24. MGAP. DGRNR. CONEAT (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de Recursos Naturales Renovables. Comisión Nacional de Estudio Agroeconómico de la Tierra, UY). 1994. Índice de productividad grupos CONEAT. Montevideo. 182 p.
25. \_\_\_\_\_. DGSSAA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de Servicios Agrícolas). 2012. Etiqueta aprobada de Gesaprim. Form. 235. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 11 dic. 2016. Disponible en <https://www.mgap.gub.uy/profit/viewproductos.aspx?ikwaJ2KbhrMuRoDD/kcqHw==>
26. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2013. Etiqueta aprobada de Basta. Form. 235. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 11 dic. 2016. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/profit/viewproductos.aspx?VgZfd3zOzBf/d>

[P4nIVOAOW==](#)

27. \_\_\_\_\_. 2015a. Etiqueta aprobada de Acuron. Form. 235. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 11 dic. 2016. Disponible en <https://www.mgap.gub.uy/profit/viewproductos.aspx?b6C6/eEePHiQBxhFiY/mbQ==>
28. \_\_\_\_\_. 2015b. Etiqueta aprobada de Surestart (R) II. Form. 235. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 11 dic. 2016. Disponible en <https://www.mgap.gub.uy/profit/viewproductos.aspx?D0SrQETAfSW6hKcBAbASA==>
29. \_\_\_\_\_. 2016a. Etiqueta aprobada de Alfamex. Form. 235. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 11 dic. 2016. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/profit/viewproductos.aspx?LeYR0QyjNUWDHk4zk1VyJA==>
30. \_\_\_\_\_. 2016b. Etiqueta aprobada de Panzer Gold. Form. 235. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 11 dic. 2016. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/profit/viewproductos.aspx?86ZRfxqeve75glMzFYyiW==>
31. \_\_\_\_\_. 2016c. Etiqueta aprobada de Permit. Form. 235. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 11 dic. 2016. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/profit/viewproductos.aspx?N6dSG7CHn2ufaunmjM9k6A==>
32. \_\_\_\_\_. 2016d. Resolución no. 104 de DGSSAA de 05/12/2016. Prohíbase la importación, registro y renovación de los productos fitosanitarios a base de Atrazina. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 11 abr. 2016. Disponible en [http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/resolucion\\_dgsa\\_104-2016.pdf](http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/resolucion_dgsa_104-2016.pdf)
33. \_\_\_\_\_. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuaria, UY). 2003. La agricultura de secano en Uruguay; contribución a su conocimiento.

Montevideo. 97 p.

34. \_\_\_\_\_. 2011. Anuario Estadístico Agropecuario 2011. (en línea). Montevideo. 246 p. Consultado 26 abr. 2017. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/unidad-ejecutora/oficina-de-programacion-y-politicas-agropecuarias/publicaciones/anuarios-diea/anuario-2011>
35. \_\_\_\_\_. 2016. Anuario Estadístico Agropecuario 2016. (en línea). Montevideo. 196 p. Consultado 26 ene. 2017. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/unidad-ejecutora/oficina-de-programacion-y-politicas-agropecuarias/publicaciones/anuarios-diea/anuario2016>
36. \_\_\_\_\_. RENARE (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de Recursos Naturales Renovables, UY). Fotoplanos. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 29 jul. 2016. Disponible en <http://web.renare.gub.uy/js/visores/fotoplanos/>
37. Orioli, G.; Irigoyen, J.; Arregui, C.; Leguizamón, E. 2014. El control químico: Herbicidas. In: Acciaresi, H. A.; Leguizamón, E. S.; Fernández, O. A. eds. Malezas e invasoras de la Argentina. Santa Fé, Universidad Nacional del Sur. t.1, pp. 329-345.
38. Padilha, M.; Barroso, A.; Carvalho, L.; Costa, F.; Bianco, S. 2016. Atrazine reduces the critical period of weed interference on narrow row corn. Planta Daninha. 34(4): s.p.
39. Papa, J. C. 2002. Malezas tolerantes y resistentes a herbicidas. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 26 ene. 2017. Disponible en <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2014/03/MALEZAS-TOLERANTES-y-RESISTENTES-A-HERBICIDAS.pdf>
40. \_\_\_\_\_.; Bruno, M. E. 2006. Malezas en maíz RR. Combinación de glifosato con herbicidas residuales e interferencia de las malezas. Santa Fé, INTA Oliveros. 4 p.
41. Puricelli, E. C.; Tuesca, D. 1997. Análisis de los cambios en las comunidades de malezas en sistemas de siembra directa y sus factores determinantes. Revista de la Facultad de Agronomía. 102(1): 97-118.
42. Ríos, A.; Giménez, A. 1992. Malezas en girasol. Montevideo, INIA. 11 p.

(Serie Técnica no. 25).

43. Ryan, G. F. 1970. Resistance of common groundsel to simazine and atrazine. *Weed Science*. 18: 614-616.
44. Silva, M.; Ferreira, W.; De Andrade, V.; Da Costa, J.; Neves, L.; De Oliveira, E.; Goncalves, P.; Moscon, E.; Bezerra, A. 2011. Influência da área foliar na assimilação de CO<sub>2</sub> ao longo dos estádios fenológicos em um dosel de milho. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia (17<sup>o</sup>., 2011, Guarapari). Riscos climáticos e cenários agrícolas futuros; anais. s.n.t. s.p.
45. Spader, V.; Vidal, R. A. 2000. Eficácia de herbicidas gramínicos aplicados em pré-emergência no sistema de semeadura direta do milho. *Planta Daninha*. 18(2): 373-380.
46. Tuesca, D.; Puricelli, E. 2007. Effect of tillage systems and herbicide treatments on weed abundance and diversity in a glyphosate resistant crop rotation. *Crop Protection*. 26(12): 1765-1770.
47. Villalba, J. 2014. Manejo de malezas en maíz resistente a glifosato. *Cangüé*. no. 35:15-21.
48. Yakadri, M.; Leela, P.; Ram, T.; Madhavi, M.; Mahesh, N. 2015. Weed management in zero till-maize. *Weed Science*. 47(3): 240-245.