

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE LA SELECTIVIDAD DE HERBICIDAS  
PREMERGENTES Y POSTEMERGENTES EN SWITCHGRASS  
(*Panicum virgatum* L.)**

**por**

**Guillermo GONCHERENKO ABREU  
Stefanía PANCINI FONTES**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2014**

Tesis aprobada por:

Director:

-----  
Ing. Agr. Juana Villalba Farinha

-----  
Ing. Agr. Guillermo Siri Prieto

-----  
Ing. Agr. Grisel Fernández Childs

-----  
Ing. Agr. Lorena Scaglia

Fecha:

24 de abril de 2014

Autor:

-----  
Guillermo Goncherenko Abreu

-----  
Stefanía Pancini Fontes

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar a nuestra familia por el apoyo incondicional durante estos años de estudio, muchas gracias a ellos.

A la Facultad de Agronomía, por permitirnos cursar esta carrera en un lugar confortable y estimulante, y a cada uno de los profesores por los conocimientos brindados a lo largo de estos años de estudio.

Y particularmente a Juana Villalba, nuestra tutora, por el apoyo, dedicación y ayuda constante para la realización del presente trabajo.

## 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> .....	3
2.1 LA ESPECIE: SWITCHGRASS ( <i>Panicum virgatum</i> L.).....	3
2.2 LOS HERBICIDAS.....	7
2.2.1 <u>Sulfonilureas</u> .....	7
2.2.1.1 Metsulfuron-metil.....	7
2.2.1.2 Clorsulfurón.....	8
2.2.1.3 Sulfometuron.....	9
2.2.2 <u>Imidazolinonas</u> .....	10
2.2.2.1 Imazetapir.....	10
2.2.2.2 Imazapir.....	11
2.2.3 <u>Triazinas</u> .....	12
2.2.3.1 Atrazina.....	12
2.2.4 <u>Ácido quinolin-carboxílico</u> .....	14
2.2.4.1 Quinclorac.....	14
2.2.5 <u>Dinitroanilinas</u> .....	16
2.2.5.1 Pendimetalin.....	17
2.2.6 <u>Cloroacetamidas</u> .....	17
2.2.6.1 Metolaclor.....	18
2.3 SAFENERS.....	18
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	21
3.1 EXPERIMENTO 1: TRATAMIENTOS PREMERGENTES.....	21
3.1.1 <u>Tratamientos</u> .....	21
3.1.2 <u>Diseño experimental</u> .....	22
3.1.3 <u>Metodología de instalación</u> .....	22
3.1.4 <u>Determinaciones</u> .....	23
3.1.5 <u>Análisis estadístico</u> .....	23
3.2 EXPERIMENTO 2: TRATAMIENTOS POSTEMERGENTES.....	24
3.2.1 <u>Tratamientos</u> .....	24
3.2.2 <u>Diseño experimental</u> .....	24
3.2.3 <u>Metodología de instalación</u> .....	24
3.2.4 <u>Determinaciones</u> .....	25
3.2.5 <u>Análisis estadístico</u> .....	25

4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	26
4.1 EXPERIMENTO 1: TRATAMIENTOS PREMERGENTES.....	26
4.1.1 <u>Emergencias</u> .....	26
4.1.2 <u>Sobrevivencia</u> .....	31
4.1.3 <u>Evolución de las plantas sobrevivientes</u> .....	33
4.2 EXPERIMENTO 2: TRATAMIENTOS POSTEMERGENTES.	38
4.2.1 <u>Altura</u> .....	38
4.2.2 <u>Fitotoxicidad</u> .....	40
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	45
6. <u>RESUMEN</u> .....	46
7. <u>SUMMARY</u> .....	47
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	48

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Descripción de los tratamientos preemergentes.....	22
2. Descripción de los tratamientos postemergentes.....	24
3. Emergencias acumuladas (%) con sus respectivos límites, superior e inferior.....	27
4. Tasa de emergencia, límite inferior y superior, para todos los tratamientos evaluados.....	29
5. Muertes acumuladas (%) del total de plantas emergidas para dos fechas de evaluación.....	32
6. Porcentaje de plantas en los diferentes estadios a los 15 DPT.....	34
7. Porcentaje de plantas en los diferentes estadios a los 21 DPT.....	35
8. Porcentaje de plantas en los diferentes estadios a los 27 DPT.....	36
9. Coeficiente de variación y p-valor para cada fecha evaluada.....	38
Figura No.	
1. Porcentaje de emergencia acumulada y su variación para cada tratamiento.....	28
2. Tasa de emergencia para los tratamientos y su variabilidad.....	29
3. Representación de las emergencias acumuladas para cada tratamiento.....	30
4. Variación de la altura para cada tratamiento, en las cuatro fechas evaluadas.....	39
5. Daño promedio y su variabilidad para cada tratamiento.....	41
6. Visualización del daño foliar y altura de planta para cada tratamiento.....	43

7. Desarrollo radicular para cada tratamiento.....	44
--	----

## 1. INTRODUCCIÓN

Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) es una especie gramínea perenne, C<sub>4</sub>, nativa de América del Norte, utilizada en sus comienzos como forrajera, y adoptada como cultivo en los últimos 50 años como causa de la diversidad de sus poblaciones y la adaptación a diferentes condiciones. Más recientemente, aproximadamente hace 20 años, se incursiona en su uso como fuente de bioenergía, para la generación de biocombustibles tanto gaseosos como líquidos, o para su quemado directo.

Este particular interés en varios cultivos ha surgido en los últimos años como respuesta a la necesidad de fuentes alternativas que generen energía sustituyendo el uso de combustibles fósiles. En el año 2010 se reporta una sustitución del 16% del total de energía fósil consumida mundialmente, con el objetivo de llegar al 30% en el año 2030, según las Naciones Unidas (Siri Prieto, 2012).

Esta especie es estudiada a nivel mundial como fuente de materia prima renovable para la generación de energía. En el año 1985 el departamento de energía de Estados Unidos luego de una investigación primaria coloca a esta especie como una de las candidatas para la generación de energía debido a los consistentes altos rendimientos en biomasa. Otra evaluación en 1992 determina que el switchgrass es una especie modelo para la investigación en cultivos energéticos, con la necesidad de sustituir al maíz como fuente para la generación de bioetanol.

Ya que se considera a este cultivo como altamente contaminante para el medio ambiente, por el incremento en la erosión y el alto consumo de fertilizantes y agroquímicos que genera, mientras que especies gramíneas perennes como el switchgrass son consideradas amigables para el medio ambiente.

En Uruguay desde el año 2007, en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía, se comienza a estudiar la producción y adaptación de esta especie al suelo y clima presentes en nuestras condiciones; obteniendo como resultado un rendimiento de 18Mg ha<sup>-1</sup>, lo cual equivale a 330GJ ha<sup>-1</sup>, o sea 46 barriles de petróleo por año. Con estos datos se puede estimar que la totalidad de importaciones de petróleo se podrían sustituir con la siembra de 400 mil hectáreas de switchgrass; debido a que esta gran superficie de siembra generaría una importante competencia por el recurso tierra, se plantea la alternativa de sustituir un 25% de estas importaciones, reduciendo la dependencia de las mismas y la contaminación ambiental.



Dentro de este escenario de investigación acerca del manejo de esta especie, y siendo la misma de hábito perenne, con lento establecimiento inicial, el control de malezas parece ser una medida fundamental para el establecimiento del cultivo.

Considerando que es una gramínea surge como principal inquietud el control de malezas gramíneas anuales estivales, debido a que presentan mayor velocidad de crecimiento y al pertenecer a igual familia, el control de estas malezas es dificultoso, ya que los herbicidas podrían generar fitotoxicidad al cultivo.

En el contexto que existen escasos antecedentes de herbicidas registrados para el uso en el cultivo de switchgrass (*Panicum virgatum* L.) se planteó como objetivo de este trabajo el estudio de la selectividad en switchgrass de diferentes principios activos para el control de gramíneas en pre y postemergencia.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 LA ESPECIE: SWITCHGRASS (*Panicum virgatum* L.)

Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) es una gramínea perenne estival, nativa de Centro y Norte América, de gran producción de biomasa con alto contenido de celulosa, lo cual hace a la especie viable para la producción de etanol. Pertenecce a la familia *Poaceae*, sub-familia *Panicoideae*, tribu *Panicea*, género *Panicum*.

Presenta una altura de 2,5-3 metros, con hojas de 30 a 90 centímetros de largo, y raíces de un metro de largo, con una profundidad de enraizamiento máxima de 2,6-3,7 metros en Estados Unidos. Esta gran producción de raíces genera una mejora en la estructura del suelo, reduciendo la erosión e incrementando el carbono fijado en el suelo; está característica junto a su perennidad de hasta 10 años, permite la recuperación de suelos desgastados y erosionados como consecuencia del laboreo continuo, así como un incremento en la infiltración del agua incrementando la capacidad de agua disponible en el mismo (Siri Prieto, 2012).

Se adapta a suelos marginales, lo cual reduce la competencia por el recurso tierra, ya que genera grandes volúmenes de biomasa en suelos que no presentan potencial agrícola para otros cultivos. Presenta buen crecimiento tanto en suelos finos, como de estructura gruesa, en sitios con precipitaciones anuales desde 380 a 760mm.

Las variedades originarias de las latitudes Este y Sur se adaptan mejor a condiciones húmedas, con mayor producción de biomasa, mientras que las del Oeste y Norte se adaptan más a condiciones secas y frías (Rinehart 2006, Parrish y Fike 2008).

Respecto a la fertilización es una especie capaz de utilizar nitrógeno presente en el suelo, en lugares que otros cultivos son incapaces de alcanzar; esto le permite una gran producción de biomasa (15 ton ha<sup>-1</sup>) con una cantidad reducida de nitrógeno agregado (50 Kg ha<sup>-1</sup>). Si bien responde hasta 280 Kg N ha<sup>-1</sup> no se recomienda el agregado de esta cantidad, ya que según Parrish y Fike (2008), la presencia de micorrizas y otras asociaciones simbióticas reducen la necesidad de fertilizar este cultivo.

Su longevidad junto con la baja incidencia de plagas y enfermedades, reduce los costos del cultivo, lo cual favorece al balance energético y económico de esta especie; junto con una propagación más simple a través de semilla presenta ventajas sobre otros cultivos lignocelulósicos como *Miscanthus sp.* y la caña común (Siri Prieto, 2012).

Las principales limitantes para obtener un establecimiento exitoso son el pequeño tamaño y el elevado porcentaje de dormancia de la semilla, su lenta germinación, la competencia de las malezas, la fecha de siembra, la profundidad de la misma y la fecha de emergencia. El crecimiento vegetativo depende de las temperaturas, mientras que la longitud del período reproductivo está vinculada al fotoperíodo.

La dormancia de la semilla es causada por mecanismos muy complejos, pero su expresión se debe a la presencia de estructuras que rodean el embrión y mecanismos dentro del mismo, que responden a efectos ambientales, durante la producción de semilla, corte y procesamiento, y efectos genéticos propios de la especie, lo cual hace viable la selección de variedades por menor dormancia (Knapp, Sanderson et al., citados por Sanderson et al., 2012).

La misma puede ser de tal magnitud que solo un 5% del total germine a campo, ya que durante la dispersión el embrión puede estar aún inmaduro, por lo cual semillas con más edad suelen presentar mejores performances (Zhang y Maun, Zegada-Lizarazu et al., citados por Hashemi y Sadeghpour, 2013). Sin embargo semillas con más de tres años de almacenamiento presentaron menor vigor inicial, y reducción en el establecimiento de las plántulas (Vogel, citado por Sanderson et al., 2012).

Existen diferentes métodos que tratan de romper la dormancia, los métodos más comunes son la estratificación por frío, o un tratamiento de pre-refrigeración húmeda a 5°C durante dos semanas (Smart y Mosser, Zarnstroff et al., citados por Hashemi y Sadeghpour, 2013), pudiendo incrementar la germinación de un 7% a un 75% (Shen et al., citados por Hashemi y Sadeghpour, 2013). Así como la escarificación de la cubierta de la semilla, logrando un pasaje del 3% al 88-98% de germinación (Zang y Maun, citados por Hashemi y Sadeghpour, 2013). Sin embargo según Parrish y Fike, citados por Hashemi y Sadeghpour (2013) estos métodos no son económicamente viables, ni aplicables, para la producción a gran escala.

Según Moser et al., citados por Sanderson et al. (2012), Shen et al., citados por Hashemi y Sadeghpour (2013) también se puede lograr la ruptura de la dormancia con un año de almacenamiento de la semilla en un ambiente cálido, método que se denomina como post-ripening, provocando la maduración de la misma fuera de la planta. Este método es más aplicable a gran escala.

Mientras que para Rinehart (2006), el método más eficaz es la siembra directa en suelos con alta temperatura.

A su vez según Aiken y Springer, Green y Bransby, citados por Sanderson et al. (2012), demostraron que se puede lograr un alto porcentaje de germinación y un buen nivel de emergencia utilizando semillas con un peso mayor al promedio de la especie.

Las malezas pueden llegar a provocar la reducción del stand de plantas de switchgrass, así como afectan el crecimiento y el rendimiento del cultivo, ya que dificultan su establecimiento por competencia por agua, luz y espacio. Siendo, según Hintz et al., citados por Rushing et al. (2013), la principal razón por lo cual falla el establecimiento de esta especie.

Las principales especies problemáticas son las gramíneas de verano como *Digitaria sp.*, *Setaria spp.* y *Echinochloa crus-galli* y herbáceas perennes capaces de germinar antes que el switchgrass, con menor temperatura. Hsu y Nelson, citados por Hashemi y Sadeghpour (2013) determinaron que una población de *Digitaria sanguinalis* es capaz de crecer 20 veces más en igual tiempo y temperatura que una de *Panicum virgatum* L.

Para el control químico de las mismas se menciona el uso de imazetapir para controlar *Digitaria sanguinalis*, quinclorac para las especies de *Setaria spp.* y *Echinochloa crus-galli*, y sulfosulfuron para el control de *Sorghum halepense* L. (Sanderson et al., 2012).

Mientras que las malezas perennes invernales son de fácil control, ya que su estación de crecimiento no coincide con la del switchgrass; por lo cual durante la época de no crecimiento, previo a la emergencia del mismo, se puede implementar el uso de glifosato, o paraquat, para el control de estas malezas (Boydston, 2010a).

A su vez el switchgrass presenta cierta tolerancia al glifosato durante sus primeras etapas de crecimiento, lo que permite una mayor flexibilidad en el

momento de su aplicación (Sanderson et al., citados por Sanderson et al., 2012).

En el caso de las malezas de hoja ancha su control es más simple ya que permite la selección de formulaciones selectivas para las mismas, sin generar fitotoxicidad para el switchgrass. Los principios activos a utilizar según Sanderson et al. (2012), son 2,4 D, dicamba, picloram, metsulfuron, sulfosulfuron y aminopyralid.

Otra forma de reducir la competencia es el control mecánico o cultural, con varios cortes y remoción de las mismas disminuyendo la presión, antes de la siembra (Rinehart, 2006). De esta forma se controlan las especies anuales, y las perennes al inicio del crecimiento de forma de reducir sus reservas de carbohidratos. En el caso de aquellas especies de hoja ancha, es posible su control postemergencia del cultivo.

Es esencial que se reduzca la competencia durante el primer año del cultivo (Rushing et al., 2013), ya que logrando un buen número de plantas establecidas (2pl 0.09m<sup>-2</sup>), al segundo año la propia densidad del canopeo genera control sobre las malezas por competencia por luz.

Por esta razón es que no se recomienda la fertilización nitrogenada durante el primer año, evitando favorecer el crecimiento de las malezas (Parrish y Fike, 2008).

Respecto a la profundidad de siembra, la misma debería estar en torno a 1-2cm dependiendo de la textura del suelo (finos a gruesos), asegurando el contacto total con el mismo como detalle esencial para lograr una buena germinación. Newman y Moser, citados por Hashemi y Sadeghpour (2013), observaron una reducción de hasta el 40% de la emergencia, con profundidades de siembra de 4,5 cm.

Profundidades de siembra menores a 1cm en suelos arenosos pueden generar una baja en la supervivencia de las plántulas si se dan condiciones de estrés por sequía (Hashemi y Sadeghpour, 2013).

En lo que respecta a la fecha de siembra, la misma presenta un amplio rango desde noviembre a julio (hemisferio norte), dependiendo de la región geográfica, el método de control de las malezas, temperatura del suelo y patrones de precipitación. Siembras más tempranas, de noviembre (hemisferio

norte) generan plantas con mayor altura y mayor desarrollo radicular si se las compara con las siembras de verano, junio-julio (hemisferio norte). A su vez se recomienda la siembra con una temperatura del suelo de 27-30°C, si bien para Hsu et al., citados por Hashemi y Sadeghpour (2013) una temperatura de 20°C ya es suficiente para la emergencia y el crecimiento del switchgrass.

## 2.2 LOS HERBICIDAS

Para cada grupo de herbicidas evaluados se presentan, a continuación, las principales características del grupo en relación al modo y mecanismo de acción así como los antecedentes para su uso en switchgrass.

Los mismos son clasificados según la clasificación del HRAC (Herbicide Resistance Action Committee), que consiste en la agrupación de las diferentes familias químicas por su modo de acción, de forma de poder manejar la información respecto a la resistencia a herbicidas. El orden alfabético indica, de mayor a menor, el riesgo de generación de resistencia con el uso continuo de cada herbicida.

### 2.2.1 Sulfonilureas

Pertenecientes al grupo B, dentro del cual se agrupan con otras familias químicas como las imidazolinonas, triazolpirimidinas y pirimidinil tiobenzoatos, presentando como modo de acción la inhibición de la acción de la enzima acetolactato sintetasa que sintetiza los aminoácidos valina, leucina e isoleucina.

En el presente trabajo de la familia de las sulfonilureas fueron evaluados en preemergencia el metsulfuron, clorsulfuron y sulfometuron en mezcla con imazetapir; y en postemergencia sulfometuron, solo y en mezcla con imazapir.

Se absorben por vía foliar y radicular, y se transloca por floema y también por xilema, acumulándose en los meristemas<sup>1</sup>.

#### 2.2.1.1 Metsulfuron-metil

Herbicida sistémico para el control de malezas de hoja ancha, que puede ser aplicado tanto en pre como postemergencia, no presentando fitotoxicidad

---

<sup>1</sup> Villalba, J. 2013. Manejo de malezas (sin publicar).

para los cultivos recomendados (trigo, cebada, avena, caña de azúcar y arroz) y en la dosis correcta.

Los síntomas principales son el amarillamiento y la detención del crecimiento a los 3-5 días luego de la aplicación, finalizando con la muerte total de la planta a las 2-3 semanas. El tiempo depende de las condiciones climáticas tanto sea humedad como temperatura.

Este herbicida presenta una vida residual corta a moderada, de 1 a 6 semanas, dependiendo del tipo de suelo (Brown y Cotterman, Wauchope et al., citados por Lair y Redente, 2004).

En switchgrass, Lair y Redente (2004) obtuvieron efectos negativos, para aplicaciones presiembra de clorsulfuron (23,1 g i.a. ha<sup>-1</sup>), y postemergencia de metsulfuron-metil (7g i.a. ha<sup>-1</sup>). Estos herbicidas, agrupados como un único tratamiento, redujeron entre un 61-71% la cobertura basal, un 51-69% el área foliar y un 28-47% la biomasa cosechada. Los autores mencionaron como síntomas de daño, la formación de agallas, retraso en el crecimiento y deformaciones en el sistema radicular, determinando como causa del daño una toxicidad directa.

Sin embargo según Peters et al. (1989) la aplicación de metsulfuron a dosis de 0.06 Kg ha<sup>-1</sup>, en plantas de 1 a 5 cm de altura, provocó entre 55 y 63% de daño visual a las tres semanas post siembra, logrando de igual forma una buena densidad de plantas (19-25%) y producción de forraje (4900-5300 Kg ha<sup>-1</sup>) sin destacarse con el resto de los herbicidas evaluados.

Efecto de los mismos sobre la germinación y el desarrollo de las plántulas no han sido bien establecidos (Bovey y Hussey, citados por Lair y Redente, 2004).

Si bien según Boydston (2010a), se recomienda su uso solo en poblaciones establecidas de switchgrass, o respetando un desarrollo de 3-4 hojas.

#### 2.2.1.2 Clorsulfuron

Herbicida selectivo, de aplicación pre y postemergente, recomendado para trigo, cebada y avena. Controla malezas de hoja ancha y algunas gramíneas anuales.

Su modo de acción inhibe la división celular en los meristemas apicales, provocando la detención del crecimiento de forma inmediata, los síntomas iniciales son amarillamiento y enrojecimiento, con posterior necrosis (7-15 días).

La absorción esencial se da por vía radicular, dependiendo de la humedad del suelo para activarse, liberarse y moverse; su vida media es de 40 días (4 a 7 semanas), aunque los residuos pueden provocar daño de 1 a 4 años en suelos con pH mayores a 7,5 (Brown y Cotterman, Wauchope et al., Walker et al., Beyer et al., citados por Lair y Redente, 2004).

En el caso del uso de clorsulfuron (a dosis de 0.09 Kg ha<sup>-1</sup>) en switchgrass, Peters et al. (1989), determinó, para iguales condiciones que en el uso de metsulfuron, daño en el forraje (50-59%), pero un buen stand de plantas (27-20%) a las seis semanas post siembra, logrando una producción de forraje de 2500-6200 Kg ha<sup>-1</sup>, con mayor variabilidad entre años y sin diferencia con el resto de los herbicidas.

#### 2.2.1.3 Sulfometuron

Controla gramíneas anuales y perennes así como malezas de hoja ancha, siendo utilizado en forestación y en áreas de no cultivo. Se puede mezclar con otros herbicidas indicados para la aplicación en esas zonas.

La biomasa cosechada de switchgrass en áreas tratadas con sulfometuron fue menor respecto a los valores registrados con la aplicación de otros herbicidas como imazetapir, clorsulfuron ó la mezcla imazetapir más clorsulfuron, la causa principal según los autores podría estar en el menor contenido de arcilla en el suelo lo que hizo que el sulfometuron quedara más disponible (Stougaard et al., 1994).

Sin embargo según Peters et al. (1989), tanto el stand de plantas (20-36%) como el rendimiento en forraje (7700 Kg ha<sup>-1</sup>) obtenido fue mayor en áreas tratadas con sulfometuron a 0.02 Kg ha<sup>-1</sup>, que en las parcelas sin tratamiento, aplicado en plantas con una altura de 1 a 5 cm, diferenciándose a su vez del resto de los herbicidas evaluados.

Por lo cual este mismo autor determinó una tolerancia por parte del switchgrass a las sulfonilureas; lo cual es de suma importancia para lograr un buen establecimiento del cultivo, a pesar de mostrar cierta deficiencia en el control de malezas gramíneas anuales estivales.



Esa tendencia a ser tolerados se manifiesta en un mayor stand de plantas logrado con el uso de los mismos, en comparación con otros herbicidas, como fenoxaprop, haloxyfop y sethoxydim de mejor control en estas malezas de interés.

### 2.2.2 Imidazolinonas

Las imidazolinonas son una familia química, también perteneciente al grupo B (según HRAC) anteriormente descrito.

El uso de imazapic, imazamoc e imazetapir, en plantas jóvenes de switchgrass tiende a generar un menor stand de plantas, así como un retraso en el crecimiento, y hasta ambos efectos en conjunto (Becker y Miller, Huo et al., Mitchell et al., Wilson, citados por Boydston et al., 2010b).

#### 2.2.2.1 Imazetapir

Herbicida sistémico, con absorción foliar y radicular, con translocación vía floema y xilema, acumulándose en los puntos de crecimiento<sup>1</sup>.

Controla gramíneas anuales y perennes, y latifoliadas en cultivos de soja, poroto y otras leguminosas. Su uso en switchgrass es recomendado para el control de *Digitaria sanguinalis* (Sanderson et al., 2012), siendo este un herbicida efectivo para lograr un buen establecimiento (Masters et al., citados por Sanderson et al., 2012).

Según Wilson (1995), el uso de imazetapir postemergente en poblaciones jóvenes de switchgrass provocó un daño de 5% a los 12 DPT (días post tratamiento) y una reducción en la altura de 21% a los 35 DPT la cual continuó agravándose hasta los 50 DPT; estos efectos se vieron incrementados cuando la dosis de este herbicida se duplicó de 70 a 140 g i.a. ha<sup>-1</sup> (9% de daño y 28% de reducción en la altura).

Sin embargo el uso de este herbicida incrementó la biomasa total producida en un 75%, lo cual podría explicarse por el efectivo control sobre las malezas (47%), evitando así la competencia por parte de las mismas.

A pesar de esto la densidad del switchgrass se redujo en un 50% cuando la dosis aplicada fue de 140 g i.a. ha<sup>-1</sup>, junto con el agregado de UAN en la solución.

El uso del mismo en plantas con 5 hojas desarrolladas generó daño en las mismas, siendo esta especie más susceptible en comparación con otras gramíneas perennes (*Andropogons scoparius* y *Bouteloua gracilis*).

Sin embargo Beran et al., citados por Rushing et al. (2013), recomienda una dosis de 70 g i.a ha<sup>-1</sup> de imazetapir usado como premergente, para mejorar el establecimiento de gramíneas perennes, como el switchgrass.

A su vez Masters et al. (1996), determinó que el uso de este herbicida a la siembra, en dosis de 70 g i.a. ha<sup>-1</sup>, incrementó el stand de plantas (87%) y la biomasa aérea producida en 6740 Kg ha<sup>-1</sup> respecto al testigo, logrando rendimientos de 8990 Kg ha<sup>-1</sup>. Este efecto positivo también fue constatado a dosis de 45 y 110 g i.a. ha<sup>-1</sup>, pero en menor magnitud.

Usualmente, las aplicaciones premergentes resultan en un mejor establecimiento de esta especie, que cuando el herbicida es aplicado en postemergencia.

A pesar de esto, los resultados positivos no fueron repetidos en el tiempo, obteniendo pérdidas de hasta 40% del stand de plantas, por lo cual no es consistente la selectividad de este herbicida para el switchgrass.

#### 2.2.2.2 Imazapir

Es un herbicida utilizado para el control de malezas gramíneas y de hoja ancha, en sitios de no cultivo y en caña de azúcar. Se absorbe por vía radicular y foliar, pudiendo aplicarse tanto en pre como en postemergencia.

El uso del mismo en una población de switchgrass de primer año, a una dosis de 840 g i.a. ha<sup>-1</sup> causó lesiones en el forraje, lo que provocó una reducción en el rendimiento; sin efecto en el segundo año (Stougaard et al., 1994).

Sin embargo según Masters et al. (1996), la aplicación de imazapir, previo a la siembra, en zonas con alta infestación de malezas, logró la mayor producción de biomasa, a dosis de 70 y 110 g i.a. ha<sup>-1</sup>, en comparación con el imazetapir y la atrazina.

### 2.2.3 Triazinas

Esta familia química pertenece al grupo C, según la clasificación del HRAC, conjuntamente con las ureas y bezonitrilos; siendo su mecanismo de acción la inhibición del fotosistema II.

Dentro del grupo de las triazinas se encuentra la simazina, prometrina, metribuzin y atrazina, siendo esta última evaluada en los ensayos del presente trabajo.

Actúan inhibiendo el transporte de electrones, con rápida absorción radicular, con translocación xilemática; si la absorción es foliar la misma es muy limitada<sup>1</sup>.

#### 2.2.3.1 Atrazina

La atrazina controla un amplio grupo de malezas de hojas anchas y gramíneas, desde el inicio de su desarrollo. La inhibición de la fotosíntesis provoca como síntoma, clorosis, con posterior muerte de la planta.

Su uso está indicado para cultivos como sorgo, maíz, caña de azúcar, lino y té, con diferentes dosis según la estructura del suelo; este producto se degrada con la acción de los microorganismos. Controla de forma efectiva malezas anuales en crecimiento con gramíneas perennes estivales, sin embargo malezas problemáticas como *Digitaria sanguinalis*, *Setaria spp.*, *Echinochloa crus-galli* y *Panicum dichotmiflorum*, son menos sensibles a la atrazina, requiriendo un tratamiento adicional para su control. Siendo éste, esencial ya que presentan hábitos de crecimiento similares al switchgrass, de forma de evitar un efecto negativo en el stand del cultivo (Masters, citado por Hashemi y Sadeghpour, 2013).

Mundialmente han sido la familia de herbicidas más utilizadas en switchgrass y otras gramíneas perennes (Parrish y Fike, 2005), ya que esta es una de las especies más tolerante a la atrazina (Buhler et al., citados por Hashemi y Sadeghpour, 2013).

La detoxificación de la atrazina ocurre en tres pasos N-dealkylation, 6-hydrxylation y glutatión. Esta especie presenta una rápida metabolización, debido a que la atrazina se conjuga primariamente a glutatión el cual es un

metabolito no fitotóxico, ocurriendo a una tasa más rápida que si se conjugara a N-dealkylation (molécula de baja fitotoxicidad) como sucede en otras especies.

El switchgrass es relativamente tolerante a la atrazina ( $1.1 \text{ Kg i.a. ha}^{-1}$ ), durante la germinación y el establecimiento. Su uso junto con quinclorac, durante el establecimiento del cultivo no redujo el stand de plantas ni el rendimiento (Mitchell et al., Huo et al., Wilson, Becker y Miller, citados por Boydston et al., 2010b). Los autores mencionaron que la atrazina resultó efectiva en el control de malezas anuales de verano sin efecto por la adición del quinclorac.

Este herbicida, según Kern et al., citados por Rushing et al. (2013), permitió un establecimiento exitoso de esta especie a dosis de  $2.2 \text{ Kg i.a ha}^{-1}$ .

A su vez Cassida et al., citados por Parrish y Fike (2005), determinó, en base a estudios realizados tanto en el sur como en el este de Estados Unidos, que la atrazina muy a menudo, pero no siempre, favorece el establecimiento de esta especie.

Según Curran et al. (1998), luego de evaluar diferentes herbicidas aplicados luego de la siembra y con un crecimiento de 2-3 hojas, determinaron que las triazinas fueron las únicas en presentar selectividad hacia el cultivo de switchgrass, tanto a nivel de campo como de invernáculo.

Si bien este cultivo es considerado como tolerante a la atrazina (Weimer et al., citados por Parrish y Fike, 2005), autores como Bahler et al., Bovey y Hussey, McKenna et al., citados por Parrish y Fike (2005), determinaron que este principio activo puede causar daño sobre el switchgrass si las dosis aplicadas superan  $1 \text{ Kg i.a. ha}^{-1}$ .

En el caso de Bahler, citado por Kering et al. (2013), este autor determinó que la atrazina generó un mayor daño en suelos franco arenosos, que en suelos franco arcillo limosos. Lo cual difiere de Boydston (2010a), ya que el mismo determinó que en switchgrass este herbicida puede ser aplicado tanto en suelos arenosos como limo-arcillosos.

Mientras que Butler, citado por Kering et al. (2013), detectó diferencias entre cultivares, siendo la variedades de tierras altas tolerantes a la atrazina ( $1.1 \text{ Kg i.a. ha}^{-1}$ ), mientras que las variedades de tierras bajas fueron afectadas, resultando completamente necrosadas.

A su vez Zarnstroff, citado por Parrish y Fike (2005), demostró que dosis de 1,6 Kg i.a. ha<sup>-1</sup>, en condiciones de siembra directa, reducen el stand de plantas, pero esta reducción se ve compensada en un mayor rendimiento por planta.

Sin embargo Rehm et al., Martin et al., citados por Sanderson et al. (2012), determinaron que el rendimiento en biomasa del switchgrass llega a ser mayor con el uso de atrazina que sin él.

Boydston (2010a), recomienda su aplicación en preemergencia, logrando un largo período de tiempo de control de las malezas, a pesar de no controlar adecuadamente algunas gramíneas anuales.

#### 2.2.4 Ácido quinolin-carboxílico

Familia química perteneciente al grupo O según la clasificación del HRAC, denominados como hormonales o reguladores del crecimiento. Dentro de este grupo se encuentran otras familias como ácido benzoico, picolinico, carboxílico y los fenoxis.

Dentro de esta familia se encuentran como principio activo el quinclorac (también clasificado dentro del grupo L, inhibidores de la síntesis de la pared celular) y quinmerac.

Como modo de acción interrumpen el crecimiento inhibiendo la división y elongación celular, con translocación vía floema y xilema<sup>1</sup>.

##### 2.2.4.1 Quinclorac

Este herbicida actúa a nivel de la enzima ACC sintetasa, incrementando la producción de etileno lo que lleva a una acumulación de CN obtenido como co-producto de la biosíntesis de etileno, este proceso muestra como síntoma el envejecimiento y la maduración prematura. El principal sitio de acción son los brotes de las plantas.

Su uso está recomendado en nuestro país en postemergencia en arroz para el control de malezas gramíneas como *Echinochloa colona*, *cruspavonis*, *crus-galli*, *Brachiaria sp.* y *Digitaria sp.*

En Estados Unidos este herbicida ha sido recientemente registrado para su uso en la producción de switchgrass (Hashemi y Sadeghpour, 2013), siendo

efectivo para su uso durante el establecimiento, y para el control de malezas gramíneas estivales anuales y algunas hojas anchas (Mitchell et al., Curran et al., citados por Sanderson et al., 2012).

La aplicación del mismo requiere de un desarrollo de 3-4 hojas del cultivo de switchgrass para evitar daño sobre poblaciones jóvenes de este cultivo (Boydston, 2010a).

Masters y Sheley, citados por Sanderson et al. (2012), recomiendan el uso del mismo en switchgrass, para el control de *Setaria viridis*, *glauca*, *faberi*, y *Echinochloa crus-galli*.

El uso en preemergencia, de quinclorac en mezcla con atrazina, logra un mayor rendimiento en biomasa y un mayor stand de plantas (Mitchell et al., citados por Sanderson et al., 2012). Mientras que la aplicación de este herbicida en postemergencia redujo el rendimiento del cultivo si se lo compara con el uso de atrazina, pero generó un mejor control de malezas gramíneas anuales.

Sin embargo, Boydston et al. (2010b) determinó que la aplicación de quinclorac en postemergencia (4-6 hojas), en dosis de 0,56 Kg i.a. ha<sup>-1</sup>, durante el año de establecimiento del switchgrass, provocó una reducción del 33% de la biomasa y del 7% en la altura de las plantas.

Mientras que en parcelas ya establecidas, redujo el 16% de la biomasa en el primer corte, sin efecto posterior, logrando a su vez un buen control de malezas gramíneas anuales. Por lo cual el uso de este herbicida permitió la cosecha de un cultivo con mayor pureza.

Respecto al daño visual, medido a las dos semanas post tratamiento, el quinclorac generó menos de un 15% de daño total, con baja variación entre años y cultivares.

A su vez Curran et al. (2011) observó clorosis (de hasta 47% respecto al testigo), a las dos semanas post tratamiento, a dosis de 0,56 Kg i.a. ha<sup>-1</sup>, cuando se aplicó a las cuatro semanas post siembra. Sin embargo estos síntomas desaparecieron, de forma rápida, a las ocho semanas post tratamiento.

Determinando que a dosis de 0,56 Kg i.a. ha<sup>-1</sup>, el mejor momento de aplicación para la seguridad del switchgrass es a las seis semanas post

siembra, logrando mayor rendimiento en tejido aéreo y menor biomasa de malezas.

Pero desde el punto de vista del control de las malezas el mejor momento es a las cuatro semanas post siembra. No habiéndose registrado interacción, entre el daño y el momento de aplicación, para dosis menores de aplicación (0,28 y 0,42 Kg i.a. ha<sup>-1</sup>).

Otro efecto detectado es el retraso en el crecimiento, el cual fue más persistente en comparación con la clorosis, pero también disminuyó con el tiempo. El momento de aplicación no interaccionó con el nivel de reducción del crecimiento, excepto cuando se aplicó quinclorac en dosis de 0,56 Kg i.a. ha<sup>-1</sup>, siendo un 22% la reducción a las cuatro semanas post siembra, y sólo un 1% a las seis semanas.

Por lo cual el uso de un protector o la aplicación de menores dosis podrían lograr un buen control de las malezas gramíneas, sin afectar el rendimiento del cultivo.

A pesar de esto Myers et al., Vogel y Masters, citados por Boydston et al. (2010b), determinaron que el uso de quinclorac en dosis de 0.43 a 1.1 Kg i.a. ha<sup>-1</sup> permite un buen control de las malezas gramíneas anuales con un buen nivel de seguridad para el cultivo de switchgrass.

Ya que si bien puede generarse cierto daño al cultivo, el mismo es menor al que llegan a causar las malezas, si las mismas no se controlan, provocando menor crecimiento y reducción en el stand de plantas (Boydston, 2010a).

#### 2.2.5 Dinitroanilinas

Familia química perteneciente al grupo K según HRAC, sub-grupo K1 siendo su modo de acción la inhibición de la unión de los microtúbulos en la mitosis; dentro de la cual se incluyen dos principios activos, trifluralina y pendimetalin.

Su absorción es vía radicular, inhibiendo la mitosis celular, la cual provoca la detención del crecimiento de las raíces<sup>1</sup>.

### 2.2.5.1 Pendimetalin

Herbicida residual y selectivo para el control de malezas de hoja ancha y gramíneas anuales. Es viable su aplicación incorporado al suelo o en preemergencia. Se recomienda para cultivos como boniato, cebolla, brocoli y coliflor, en dosis de 3-4 litros ha<sup>-1</sup>. Se indica control sobre el género *Panicum*.

Según Fransen, citado por Boydston et al. (2010b), el uso de pendimetalin preemergente en switchgrass, en suelos de textura franco limosa con 1% de materia orgánica, suprimió el crecimiento del mismo, sin embargo este efecto se redujo con el tiempo.

En otro estudio, Minelli, citado por Boydston et al. (2010b), determinó que la aplicación de pendimetalin preemergente en switchgrass, a dosis de 1,2 Kg i.a. ha<sup>-1</sup>, redujo el stand de plantas durante el año de establecimiento, pero en este caso el autor no reportó el tipo de suelo en el cual se probó este herbicida.

El uso de pendimetalin en switchgrass, tanto en dosis de 0,67 Kg i.a. ha<sup>-1</sup> en preemergencia, como en dosis de 1,1 Kg i.a. ha<sup>-1</sup> en estado de emergencia-una hoja, causó daños severos (80-95%) reduciendo considerablemente el número de plantas, y el rendimiento en biomasa final (90%) (Boydston et al., 2010b). Inclusive el daño fue mayor, eliminando la casi totalidad del stand de plantas, en suelos arenosos con bajo contenido de materia orgánica.

Sin embargo la aplicación del mismo en el cultivo ya establecido, a dosis de 1.1 Kg i.a ha<sup>-1</sup>, no generó daño ni reducción en la biomasa producida.

A su vez Huo et al., citados por Boydston et al. (2010b), determinó que el uso de pendimetalin en switchgrass, fue seguro en plantas con un desarrollo de dos hojas.

### 2.2.6 Cloroacetamidas

Familia química perteneciente al sub-grupo K3, cuyo modo de acción consiste en la inhibición de la división celular, dentro del cual se encuentran los siguientes principios activos alaclor, metolaclor y acetoclór.

Inhiben la elongación celular en la zona meristemática del coleoptile y raíces, afectando los ápices de raíces y tallos<sup>1</sup>.



### 2.2.6.1 Metolaclor

Herbicida de presiembrado, selectivo, recomendado para su aplicación en cultivos de remolacha, maíz, poroto, papa, tabaco, trigo, cebada, avena y hortalizas. Controla varias malezas gramíneas estivales anuales, pero provoca daño en plántulas emergentes de switchgrass (Boydston et al., 2010b).

Es absorbido por el coleoptile y las raíces, inhibe la síntesis de proteínas y la acción de la enzima elongasa, afectando la síntesis de ácidos grasos de cadena larga, y por lo tanto la síntesis de ceras y lípidos necesarios para la formación de membranas. Debido a este efecto es que provocan la detención del crecimiento.

Según Griffin et al., citados por Boydston et al. (2010b), el agregado del safener NA (Naphthalic anhydride) a las semillas de switchgrass evita el daño que causaría el metolaclor.

## 2.3 SAFENERS

Hatzios y Burgos (2004) determinan que los safeners son agentes químicos que reducen la fitotoxicidad del herbicida en las plantas del cultivo, a través de un mecanismo molecular o fisiológico, sin cambiar la efectividad del mismo en el control de las malezas. Son aplicados a la semilla o en mezcla con el herbicida dependiendo de la formulación, la cual se corresponde a un determinado cultivo y herbicida. Para que el mismo sea efectivo debe absorberse a través de las raíces o brotes de la planta.

Este fenómeno fue descubierto de forma accidental en 1947 por Otto Hoffman, mediante la exposición de plantas de tomate al vapor de 2,4-D, previamente tratadas con otro herbicida 2,4,6-T; siendo de gran interés ya que en la actualidad permite el control de malezas relacionadas botánicamente con el cultivo, e incrementa el espectro de acción de viejas moléculas así como de nuevas formulaciones (Hatzios y Burgos, 2004).

Estas moléculas inducen la expresión de genes como GST's y P450s, involucrados de forma natural en los procesos de detoxificación y defensa de la planta, se incrementa la transcripción de los mismos y la actividad enzimática, generando una protección contra la acción del herbicida (Hatzios y Burgos 2004, Riechers et al. 2010).

La utilización de un programa de modelación molecular denominado CAMM (Computer-Assisted Molecular Modeling) determina que las moléculas del safener y su respectivo herbicida presentan similar estructura, así como distribución de carga y volumen molecular (ej. Fluxofenim-Metolaclor) (Hatzios y Burgos, 2004); siendo esto esencial para la eficacia del safener así como para la creación de nuevas moléculas.

Los safeners disponibles comercialmente son los siguientes, benxoacor, dichlormid, MG 191 y NA para maíz, cloquintocet-mexyl, fenclorazole-ethyl, mefenpyr-diethyl para trigo, flurilazole para cereales, fenclorim para arroz y cyomentrinil, flurazole, fluxofenim y oxabentril para sorgo (Davies, 2001).

Según Rushing et al. (2013), el uso de protectores de semilla, en switchgrass, es un enfoque moderno que permite mejorar su establecimiento, ya que permite el control de las malezas con el uso de herbicidas disponibles, por ejemplo metolaclor, sin dañar al cultivo. Es importante el uso de este herbicida sin generar daño al cultivo, ya que es un gramínicida y genera la posibilidad de controlar las malezas gramíneas anuales estivales, que son la principal causa de falla en el establecimiento de esta especie.

Griffin et al., citados por Rushing et al. (2013), determinó que, el uso del safener NA, en semillas de switchgrass, permitió lograr un buen stand de plantas y una buena cobertura de las parcelas (55%) durante tres años, cuando las mismas fueron sembradas en parcelas tratadas con metolaclor; a su vez esta combinación genera una alternativa al uso de atrazina, sobre todo por problema de malezas tolerantes.

A pesar de esto, Rushing et al. (2013), no obtuvo estos mismos resultados, lo cual llevó a descartar este safener en sus estudios preliminares.

Por lo cual este mismo autor en esos estudios a campo, determinó que sólo el safener fluxofenim (recomendado para sorgo), a 40 cc en 500-750cc de agua cada 100 Kg semilla, dosis recomendada según bibliografía, permitió la emergencia del switchgrass en presencia de metolaclor (a dosis de 1.06 Kg i.a. ha<sup>-1</sup>), brindando protección al cultivo durante su desarrollo.

Posteriores evaluaciones, 2010 y 2011, testearon, a nivel de laboratorio, el uso de seis safeners diferentes (fluxofenim, oxabentril, benxoacor, NA, fenclorim e Iso-X), al 25, 50, 100 y 125% de su dosis recomendada; obteniendo

como resultado una reducción en la germinación, únicamente con el uso de fluxofenim (32%) en base a la dosis recomendada, respecto al testigo (41%).

No obstante el uso del fluxofenim, como protector de semilla del switchgrass, es una opción viable y exitosa para su establecimiento; combinado con, la selección del correcto lugar de siembra, libre de malezas previo a la siembra, la aplicación de siembra directa, la selección del cultivar correcto y el uso de semilla de calidad.

Sin embargo, Butler et al., citados por Hashemi y Sadeghpour (2013), Rushing et al. (2013), en evaluaciones de invernáculo, fracaso en el uso del mismo para proteger al switchgrass del herbicida metolaclor; obteniendo como resultado la pérdida del 99% del stand de plantas.

A pesar de esto el autor no generó conclusiones exactas, explicando lo ocurrido por exceso hídrico inmediatamente luego de la siembra (2.5 cm), por el uso de un safener impropio, o por un inadecuado método de aplicación del herbicida.

Otro punto a destacar es el método de aplicación de los protectores de semilla, con resultados más favorables para la hidratación controlada respecto al recubrimiento. Los mismos son detectables a nivel de la medición del número de coronas por fila, así como de la producción de biomasa (Rushing et al., 2013).

La hidratación controlada se basa en determinar la cantidad de agua que logra humedecer completamente el lote de semillas, en cinco minutos, sin presentar excesos hídricos (Finch-Savage et al., Griffin et al., citados por Rushing et al., 2013). Se colocan las semillas en una premezcla de agua y safener, previamente medida, y se dejan embeber; luego se secan a 25 °C en cajas plásticas, abiertas y con constante flujo de aire.

Mientras que el recubrimiento (coating) consta de un revestimiento uniforme sobre la superficie de la semilla, la cual es producto de la suspensión del tratamiento de la semilla, junto con un polímero de recubrimiento (disco Incotec) y un acondicionador en polvo.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos fueron realizados en la Estación experimental Mario A. Cassinoni, Ruta 3 Km 363, Paysandú, Uruguay en condiciones semi controladas debajo de invernáculo.

La semilla utilizada en ambos casos proviene de la cosecha del año 2012 realizada en la propia estación.

Frente a la problemática del alto porcentaje de dormancia en la semilla de switchgrass se evaluó al nitrato de potasio como promotor de la germinación con el objetivo de intentar incrementar el porcentaje de la misma, de forma que las semillas con dormancia no enmascararan el efecto del herbicida en los posteriores tratamientos.

Se evaluaron dos tratamientos, al 2% y 5% de  $KNO_3$ , más un testigo, con cuatro repeticiones (cajas de Petri) de 50 semillas cada uno, previamente seleccionadas por tamaño y consistencia. En cada uno se contabilizó el porcentaje de germinación promedio, luego de estar 10 días en cámara de crecimiento a 25°C, 12 horas luz y 12 horas noche.

Como resultado las semillas tratadas con  $KNO_3$ , independientemente de la dosis, presentaron un 60% de germinación, mientras que el testigo logró un 67% de germinación.

Por lo cual frente a estos resultados se tomo la decisión de utilizar la semilla sin tratamiento químico, pero sí se adoptó como técnica la selección manual de cada semilla, entendiendo que la misma logró resultados positivos en los valores de germinación obtenidos.

#### 3.1 EXPERIMENTO 1: TRATAMIENTOS PREMERGENTES

##### 3.1.1 Tratamientos

Se evaluaron once tratamientos diferentes más un testigo, con diez repeticiones cada uno. Los tratamientos correspondieron a los herbicidas atrazina y clorsulfuron en dos dosis, metolaclor con y sin safener (fluxofenim 96%) en 2 dosis, metsulfuron y pendimetalin en dosis única y la mezcla de imazetapir y sulfometuron (Cuadro 1).

Cuadro No. 1 Descripción de los tratamientos premergentes.

Número tratamiento	Principio Activo	Dosis ingrediente Activo (g ó Kg)
1	TESTIGO	
2	METOLACLOR	0.96 Kg
3	METOLACLOR	1.536 Kg
4	METOLACLOR C/ SAFENER	0.96 Kg
5	METOLACLOR C/ SAFENER	1.536 Kg
6	ATRAZINA	1 Kg
7	ATRAZINA	1.5 Kg
8	METSULFURON	6 g
9	CLORSULFURON	15 g
10	CLORSULFURON	22.5 g
11	PENDIMETALIN	0.363 Kg
12	IMAZETAPIR + SULFOMETURON	140g + 100g

### 3.1.2 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue diseño completamente al azar (DCA), cada tratamiento tuvo diez repeticiones, que correspondía a una maceta.

### 3.1.3 Metodología de instalación

La siembra se realizó el 8 de enero de 2013, cada repetición correspondió a una maceta plástica de 28 cm de diámetro, en la cual se sembraron 15 semillas de switchgrass (*Panicum virgatum* L.), a 1 centímetro de profundidad, debido a su pequeño tamaño. El sustrato de cada maceta fue de una proporción de 3 a 1 de tierra y arena, previamente tamizadas y mezcladas.

En el caso de los tratamientos con el uso de safener, la semilla fue previamente tratada con fluxofenim 96% (de nombre comercial Blinda, de la empresa Tampa) a una dosis de 60 cc diluidos en 500 cc de agua 100 Kg de semilla<sup>-1</sup>.

Inmediatamente a la siembra se realizó la aplicación de los tratamientos herbicidas. La aplicación de los respectivos herbicidas se realizó con un equipo experimental de presión constante con fuente de CO<sub>2</sub> con una presión de

trabajo de 2 bar y las boquillas utilizadas fueron las TT 11001, a una tasa de aplicación de 120 L ha<sup>-1</sup>.

Cada maceta fue regada con un pulverizador, al inicio del crecimiento del cultivo, cuatro veces por día, y luego se redujo a dos veces diarias, ajustando la cantidad agregada según la necesidad, de forma de evitar un déficit hídrico. A su vez a cada una de ellas se le retiró manualmente las malezas que nacían en las macetas.

#### 3.1.4 Determinaciones

Las determinaciones, medidas de forma objetiva fueron las siguientes, número de emergencias, mortalidad de las emergencias y número de hojas de las plantas sobrevivientes de forma de conocer la evolución del desarrollo de las plantas

El número de emergencias se contó diariamente desde el 14 de enero (6 DPT, días post tratamiento), fecha en la cual se registraron las primeras plantas emergidas, hasta el 21 de enero (13 DPT); luego cada tres días, a los 15, 18, 21, 24, 27 y 32 DPT.

A partir del 23 de enero (15 DPT), y con la misma secuencia de días que para el número de emergencias se determinó el número de hojas; con el objetivo de determinar la evolución de cada planta en el tiempo.

#### 3.1.5 Análisis estadístico

El modelo estadístico utilizado para la variable número total de emergencias del total que se colocaron a germinar, fue un modelo no lineal con una variable de respuesta de tipo binomial.

$$Y_i/n_i = \frac{b_0}{1 + e^{-(b_1 + b_2 \cdot t)}} + \varepsilon_i$$

Siendo  $b_0$  la asíntota,  $b_2$  la tasa de curvatura de la curva, por lo cual un valor más alto significa que ese determinado tratamiento llega antes al máximo de emergencia, y  $\varepsilon_i$  es el error experimental.

El modelo para la variable sobrevivencia fue un modelo lineal generalizado, asumiendo una distribución binomial del número de muertas en relación al número de emergencias acumuladas para dos fechas de evaluación.

Para la variable evolución de las plantas sobrevivientes se utilizó un modelo lineal generalizado, asumiendo una distribución binomial para el número de hojas en relación a las plantas sobrevivientes totales, para todas las fechas. Luego se realizó separación de medias mediante test de Tukey al 5%.

Los datos fueron procesados en el programa estadístico SAS.

## 3.2 EXPERIMENTO 2: TRATAMIENTO POSTEMERGENTE

### 3.2.1 Tratamientos

Se evaluaron tres tratamientos herbicidas más un testigo (Cuadro 2).

Cuadro No. 2 Descripción de los tratamientos postemergentes.

No. tratamiento	Principio activo	Dosis ingrediente activo
1	TESTIGO	--
2	IMAZAPIR + SULFOMETURON	0.84 Kg + 100 g
3	SULFOMETURON	100 g
4	QUINCLORAC	0.56 Kg

### 3.2.2 Diseño experimental

El diseño experimental fue diseño completamente al azar (DCA), con un total de 10 repeticiones.

### 3.2.3 Metodología de instalación

Se sembraron 8 semillas de switchgrass (*Panicum virgatum* L.) el 9 de enero de 2013, en cada una de las macetas, las cuales contenían como sustrato una mezcla de tierra y arena, con proporciones 3 a 1.

Las mismas fueron mantenidas sin restricciones hídricas y sin malezas hasta el momento de la aplicación. Cada maceta fue regada con un

pulverizador, al inicio del crecimiento del cultivo, cuatro veces por día, y luego se redujo a dos veces diarias.

La aplicación de los herbicidas se realizó el 23 de enero (14 días post siembra), con un desarrollo, en promedio, de 3-4 hojas por planta, utilizando el mismo equipo de aplicación que en el experimento 1.

#### 3.2.4 Determinaciones

Las determinaciones fueron altura de planta y fitotoxicidad. La altura de planta fue medida de forma objetiva e individual, en cada repetición de cada tratamiento, tomando como valor final el promedio de todas las plantas. Las mediciones respectivas fueron realizadas a los 26, 30, 34 y 36 DPT (días post tratamiento).

La fitotoxicidad fue medida subjetivamente en cada maceta mediante una escala visual con valores del 0 al 5, correspondiéndose éste último con la planta totalmente muerta. Se realizaron cuatro observaciones, a los 29, 35, 37 y 40 DPT.

#### 3.2.5 Análisis estadístico

La altura fue analizada a través del análisis de varianza y separación de medias usando el test de Tukey al 5%. Los datos fueron procesados en el programa estadístico SAS.

La fitotoxicidad es presentada solamente a través de estadígrafos descriptivos.



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 EXPERIMENTO 1: TRATAMIENTOS PREMERGENTES

#### 4.1.1 Emergencias

El mayor porcentaje de emergencia se obtuvo con el tratamiento de clorsulfuron a dosis de 15 g i.a. ha<sup>-1</sup>, seguido por el tratamiento de atrazina a 1Kg ha<sup>-1</sup>, siendo, entre ellos, diferentes estadísticamente. Según Lair y Redente (2004) el uso de clorsulfuron en presiembra, pero a dosis de 23 g i.a. ha<sup>-1</sup>, afectó la cobertura basal, el área foliar y la biomasa cosechada, lo cual no es comparable directamente con la variable evaluada; sin embargo estos mismos autores no determinaron efecto negativo en la germinación y el desarrollo de las plántulas.

Para el caso de atrazina, los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Boydston et al. (2010b), quienes determinaron para una aplicación en preemergencia de 1.1 Kg i.a. ha<sup>-1</sup> de este herbicida, un buen establecimiento de switchgrass, sin generar daño ni efectos negativos en la posterior producción de forraje. Incluso Kern, citado por Rushing et al. (2013), menciona que es posible un establecimiento exitoso aún con dosis de 2.2 Kg i.a. ha<sup>-1</sup>.

Respecto al testigo, el mismo presentó un valor de germinación que no se diferencia estadísticamente de los tratamientos con atrazina tanto a 1Kg como 1.5 Kg ha<sup>-1</sup>.

Mientras que los tratamientos de menor selectividad para el switchgrass fueron el metolaclor a dosis de 1.54 Kg ha<sup>-1</sup>, con y sin safener, siendo este último el de la menor germinación. También el tratamiento de sulfometuron + imazetapir presentó baja germinación.

Los resultados obtenidos en relación a la baja selectividad del herbicida metolaclor, coinciden con la bibliografía, Boydston et al. (2010b) determinaron daño en plántulas emergentes con el uso del mismo.

Respecto a la mejora en la selectividad buscada con la inclusión del safener fluxofenim en la aplicación del metolaclor, no se lograron buenos resultados. Los porcentajes de emergencia del metolaclor con o sin el safener fueron similares para ambas dosis del herbicida.

Los resultados indican que el protector no cumplió con el objetivo de evitar la fitotoxicidad del metolaclor en el switchgrass, a pesar de que se utilizó a una dosis de 60 cc diluidos en 500 cc 100 Kg<sup>-1</sup> semilla, mayor a la recomendada por la bibliografía de 40 cc diluidos en 500-750 cc de agua 100 Kg<sup>-1</sup> semilla.

Lo cual también coincide con la bibliografía, ya que los resultados obtenidos no son siempre positivos; Butler et al., citados por Hashemi y Sadeghpour (2013), Rushing et al. (2013) reportaron fallas en la protección del cultivo a nivel de invernáculo, y con bajos niveles de germinación, del 32%.

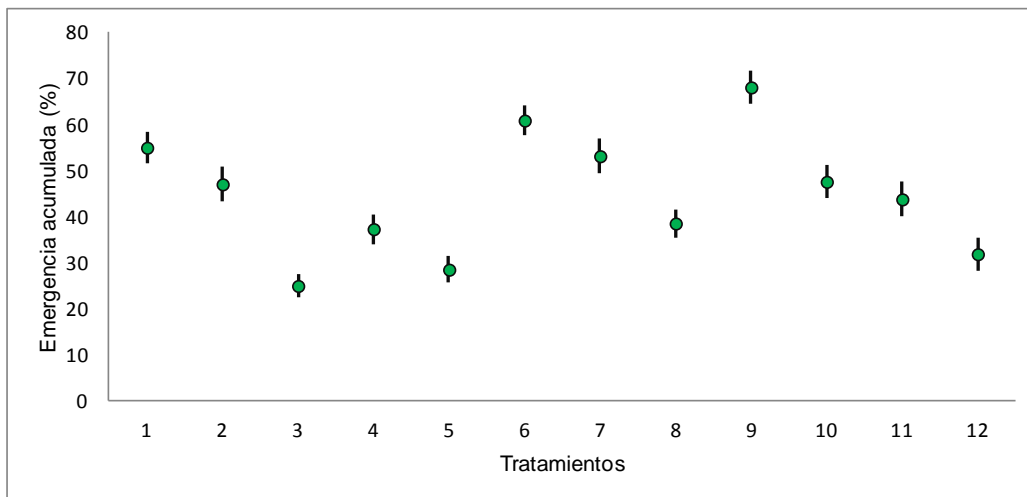
Respecto a la mezcla de sulfometuron + imazetapir, si bien no hay reportes exactos sobre el efecto de los mismos en la germinación, si se ha reportado para el uso de imazetapir en preemergencia, un mayor stand de plantas y mayor biomasa producida con el uso del mismo (Masters et al., 1996), pero a dosis menores, de 70 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

Los restantes tratamientos presentaron valores intermedios y no se diferenciaron entre sí (Cuadro 3).

Cuadro No. 3 Emergencias acumuladas (%) con sus respectivos límites de confianza.

Tratamiento	bo (asíntota)	Error std.	Límite inf.	Límite sup.
Testigo	55 BC	0,015	51,7	58,2
Metolaclor 0.96 Kg/ha	47 CD	0,017	43,4	50,7
Metolaclor 1.54 Kg/ha	24,9 F	0,012	22,2	27,6
Met c/safener 0.96 Kg/ha	37,3 DE	0,015	34	40,5
Met c/safener 1.54 Kg/ha	28,5 EF	0,014	25,5	31,4
Atrazina 1 Kg/ha	60,9 B	0,015	57,7	64,1
Atrazina 1.5 Kg/ha	53,1 C	0,018	49,3	57
Metsulfuron 6 g/ha;	38,5 DE	0,014	35,4	41,6
Clorsulfuron 15 g/ha;	68,1 A	0,017	64,3	71,8
Clorsulfuron 22.5 g/ha;	47,6 CD	0,017	43,9	51,2
Pendimetalin 0.36 Kg/ha	43,7 D	0,017	40,1	47,4
Imazetapir+Sulfometuron 140 g/ha+100 g/ha	31,8 E	0,017	28,2	35,4

En términos porcentuales, a excepción de los tratamientos de metolaclor 1.54 Kg ha<sup>-1</sup>, metolaclor con safener 1.54 Kg ha<sup>-1</sup> e imazetapir + sulfometuron 140 g ha<sup>-1</sup> + 100 g ha<sup>-1</sup>, el resto presenta niveles de germinación superiores o cercanos al 40%. Según Schmer et al., citados por Boydston et al. (2010b) se puede considerar este valor, en el caso de switchgrass, como un stand de plantas exitoso.



T1: Testigo; T2: Metolaclor 0.96 Kg/ha; T3: Metolaclor 1.54 Kg/ha; T4: Metolaclor c/ safener 0.96 Kg/ha; T5: Metolaclor c/ safener 1.54 Kg/ha; T6: Atrazina 1 Kg/ha; T7: Atrazina 1.5 Kg/ha; T8: Metsulfuron 6 g/ha; T9: Clorsulfuron 15 g/ha; T10: Clorsulfuron 22.5 g/ha; T11: Pendimetalin 0.36 Kg/ha; T12: Imazetapir 140 g/ha + Sulfometuron 100 g/ha.

Figura No. 1 Porcentaje de emergencia acumulada y su variación para cada tratamiento.

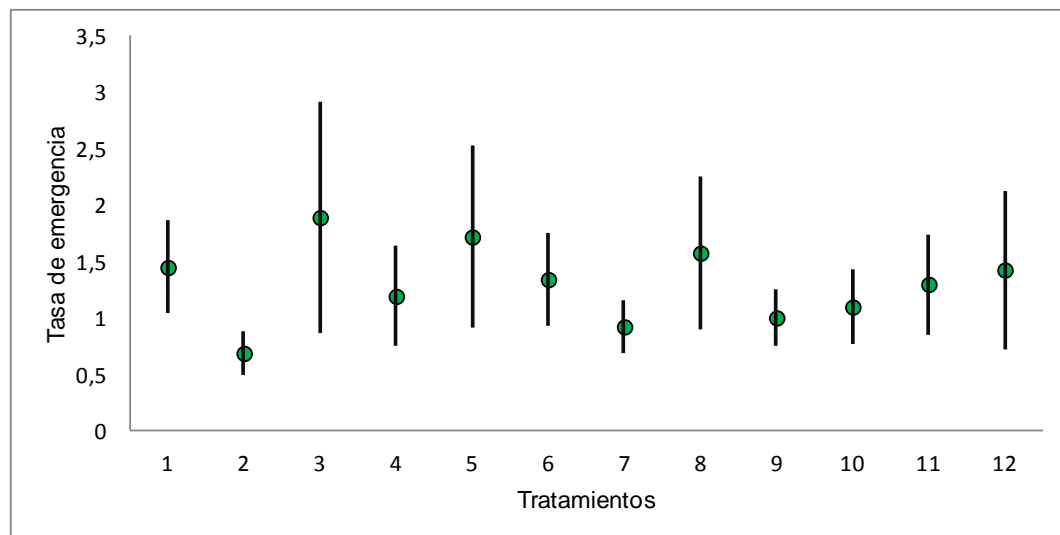
Respecto a la tasa de emergencia, como puede observarse gráficamente (Figura 2), la variabilidad es mayor si se compara con la emergencia acumulada (Figura 1), lo cual determina que exista menor diferencia entre los tratamientos.

Diferenciándose el tratamiento testigo, el metolaclor con el uso de safener a 1.54 Kg ha<sup>-1</sup>, la atrazina a 1Kg ha<sup>-1</sup> y el tratamiento de metsulfuron a 6 g ha<sup>-1</sup>, del tratamiento de metolaclor a 0.96 Kg ha<sup>-1</sup>; siendo este último el de menor tasa de emergencia lo cual significa que la germinación en el tiempo se dio de forma más lenta (Cuadro 4).

El resto de los tratamientos no se diferencian estadísticamente con estos extremos, ya que no hay diferencias entre los intervalos de confianza.

Cuadro No. 4 Tasa de emergencia, límite inferior y superior, para todos los tratamientos evaluados.

Tratamiento	b2 (tasa)		Error std.	Límite inf.	Límite sup.
Testigo	1,4465	A	0,1909	1,034	1,859
Metolaclor 0.96 Kg/ha	0,6837	B	0,09087	0,4874	0,88
Metolaclor 1.54 Kg/ha	1,8897	AB	0,4763	0,8606	2,9187
Met c/safener 0.96 Kg/ha	1,1903	AB	0,2054	0,7465	1,6342
Met c/safener 1.54 Kg/ha	1,7172	A	0,3764	0,9041	2,5303
Atrazina 1 Kg/ha	1,3391	A	0,1884	0,9321	1,7461
Atrazina 1.5 Kg/ha	0,9192	AB	0,1111	0,6792	1,1592
Metsulfuron 6 g/ha;	1,5744	A	0,3132	0,8977	2,2511
Clorsulfuron 15 g/ha;	0,9991	AB	0,1138	0,7533	1,2449
Clorsulfuron 22.5 g/ha;	1,0952	AB	0,1541	0,7623	1,428
Pendimetalin 0.36 Kg/ha	1,2964	AB	0,206	0,8514	1,7413
Imazetapir+Sulfometuron 140 g/ha+100 g/ha	1,4242	AB	0,3268	0,7182	2,1301

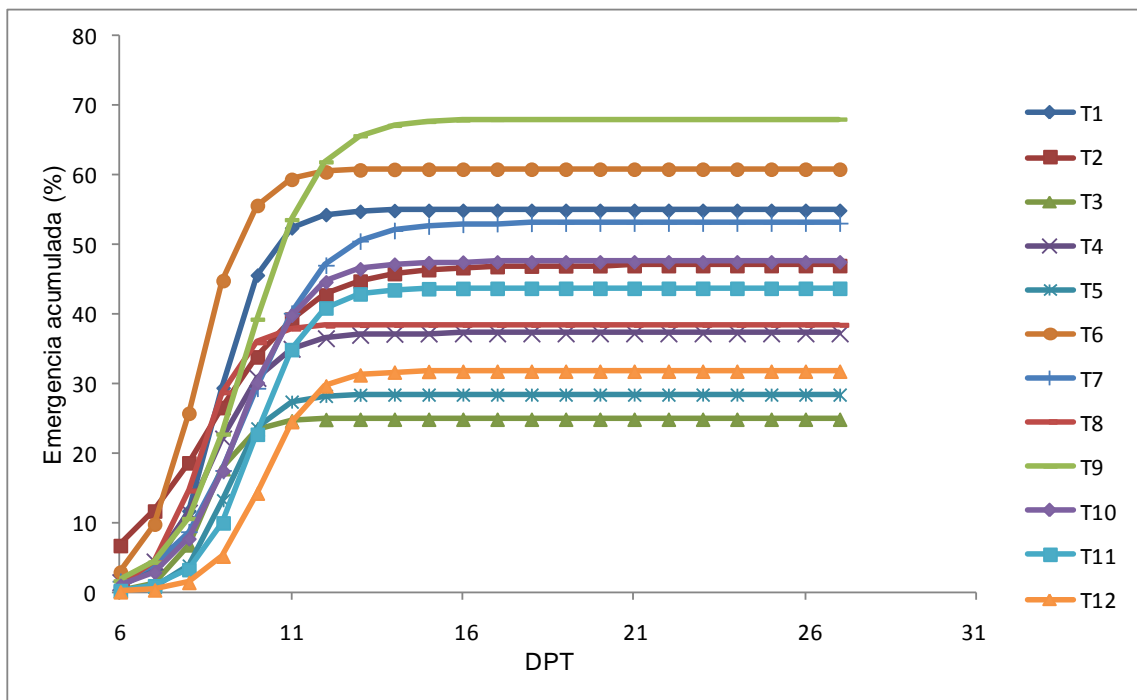


T1: Testigo; T2: Metolaclor 0.96 Kg/ha; T3: Metolaclor 1.54 Kg/ha; T4: Metolaclor c/ safener 0.96 Kg/ha; T5: Metolaclor c/ safener 1.54 Kg/ha; T6: Atrazina 1 Kg/ha; T7: Atrazina 1.5 Kg/ha; T8: Metsulfuron 6 g/ha; T9: Clorsulfuron 15 g/ha; T10: Clorsulfuron 22.5 g/ha; T11: Pendimetalin 0.36 Kg/ha; T12: Imazetapir 140 g/ha + Sulfometuron 100 g/ha.

Figura No. 2 Tasa de emergencia para los tratamientos, y su variabilidad.

Relacionando los tratamientos de mayor emergencia acumulada con la tasa de emergencia, la atrazina presentó elevada emergencia acumulada y alta tasa de emergencia. Sin embargo en el caso del clorsulfuron, que presentó el mayor porcentaje de emergencia acumulada, el mismo no estuvo entre los valores más altos de tasa de emergencia, a pesar de que no se diferenció estadísticamente del testigo.

La siguiente gráfica modela el comportamiento de las emergencias acumuladas, lo que grafica el ajuste al modelo estadístico utilizado para evaluar tanto la tasa de emergencia como el promedio de emergencias acumuladas.



T1: Testigo; T2: Metolaclor 0.96 Kg/ha; T3: Metolaclor 1.54 Kg/ha; T4: Metolaclor c/ safener 0.96 Kg/ha; T5: Metolaclor c/ safener 1.54 Kg/ha; T6: Atrazina 1 Kg/ha; T7: Atrazina 1.5 Kg/ha; T8: Metsulfuron 6 g/ha; T9: Clorsulfuron 15 g/ha; T10: Clorsulfuron 22.5 g/ha; T11: Pendimetalin 0.36 Kg/ha; T12: Imazetapir 140 g/ha + Sulfometuron 100 g/ha.

DPT: días post tratamiento.

Figura No. 3 Representación de las emergencias acumuladas para cada tratamiento.

En la misma se puede determinar que, el punto máximo de emergencia acumulada, para cada uno de los tratamientos, ocurre aproximadamente entre los 11-13 DPT. Si bien los tratamientos se diferencian en el porcentaje total de emergencias acumuladas (Cuadro 3) y la tasa con la cual emergen las mismas (Cuadro 4), son similares en cuanto al momento en el que logran su correspondiente valor máximo de emergencias.

#### 4.1.2 Sobrevivencia

La sobrevivencia de las plántulas para cada tratamiento se evaluó a través del análisis de la mortalidad acumulada respecto a las emergencias totales acumuladas; como forma de conocer el número de plántulas que aunque emergieron luego no lograron sobrevivir.

Los tratamientos de metolaclor a 0.96 y 1.54 Kg ha<sup>-1</sup>, con y sin uso de safener, presentaron una mortalidad del 100% de las plántulas emergidas a los 15 DPT (23 de enero), por lo cual no se incluyeron en este análisis. Estos tratamientos incluso presentaron elevadas tasas de emergencias, evidenciando que es posterior a la emergencia que se desencadena la muerte de la planta por la intoxicación con el herbicida.

Como fue mencionado al analizar las emergencias acumuladas el uso del safener fluxofenim, no funcionó en la protección del switchgrass al uso del metolaclor. La germinación acumulada fue menor al testigo y no sobrevivió ninguna planta. Coincidiendo con el estudio de invernáculo de Butler et al., citados por Hashemi y Sadeghpour (2013), el cual reportó la pérdida del 99% de las plantas.

Los restantes tratamientos, no se diferenciaron estadísticamente entre sí, en ninguna de las dos fechas evaluadas.

A su vez no presentaron variación en el porcentaje de mortalidad entre las dos fechas evaluadas, lo cual indica que la mortalidad que se dio al inicio de la evaluación no se incrementó con el tiempo, manteniéndose la sobrevivencia.

Cuadro No. 5 Supervivencia (%) del total de plantas emergidas para los 18 y 27 días post tratamiento.

Tratamiento	18 DPT		27 DPT	
	Supervivencia	T-K*	Supervivencia	T-K*
Testigo	84,5	A	84,7	A
Metolaclor 0.96 Kg/ha	0	-	0	-
Metolaclor 1.54 Kg/ha	0	-	0	-
Metolaclor c/ safener 0.96 Kg/ha	0	-	0	-
Metolaclor c/ safener 1.54 Kg/ha	0	-	0	-
Atrazina 1 Kg/ha	57,4	A	57,4	A
Atrazina 1.5 Kg/ha	77,8	A	77,8	A
Metsulfuron 6 g/ha;	70	A	70	A
Clorsulfuron 15 g/ha;	84	A	84	A
Clorsulfuron 22.5 g/ha;	97,3	A	97,3	A
Pendimetalin 0.36 Kg/ha	95,6	A	95,6	A
Imazetapir+Sulfometuron 140 g/ha+100 g/ha	88,2	A	88,2	A

\*T-K: Análisis de Tukey-Kramer  $p < 0.05$ .

Los antecedentes para metsulfuron y clorsulfuron en switchgrass, reportan reducción de la biomasa producida y de la cobertura basal, sin determinar una reducción en el stand de plantas (Lair y Redente, 2004). En el caso del clorsulfuron, si bien se dio cierta mortalidad, en ambas dosis, los valores no se diferenciaron del testigo, a pesar de esto no se encuentra explicación para la mayor mortalidad, en términos absolutos, que se registró en la dosis más baja de clorsulfuron, respecto a la más alta.

En el caso de la atrazina, si bien se reporta una cierta tolerancia a este herbicida, también se han registrado datos de daño al cultivo con dosis mayores a  $1 \text{ kg ha}^{-1}$ , y de reducción en el stand de plantas con dosis de  $1.6 \text{ Kg ha}^{-1}$  (Zarnstroff, citado por Parrish y Fike, 2005). En este caso también la mayor mortalidad se registró para la dosis más baja; si bien no se dieron diferencias estadísticas, ambos tratamientos presentaron una supervivencia menor al testigo.

Respecto al uso de pendimetalin, este herbicida presenta como antecedente un efecto negativo sobre el cultivo de switchgrass, con reducción en el stand de plantas y en el rendimiento final, a dosis de 0.67 y 1,1 Kg ha<sup>-1</sup>, los resultados indican un bajo nivel de emergencias pero con alta sobrevivencia.

Para el uso de imazetapir en preemergencia, Masters et al. (1996) reporta un incremento en el stand de plantas, pero a dosis de 70 g i.a. ha<sup>-1</sup>, sin embargo la selectividad no sería consistente generando pérdidas de hasta el 40% del stand. A su vez el uso del mismo en poblaciones nuevas de switchgrass provocó una reducción en el stand de plantas (Becker y Miller, Huo et al., Mitchell et al., Wilson, citados por Boydston et al., 2010b), por lo cual el resultado obtenido es previsible, si bien la mortalidad registrada fue baja.

#### 4.1.3 Evolución de las plantas sobrevivientes

Si bien no se presentaron diferencias significativas en la sobrevivencia de las plantas para cada tratamiento, si se identificaron diferencias en cuanto al estadio de desarrollo de esas plántulas sobrevivientes.

Se evaluaron en tres fechas diferentes para conocer la evolución que presentaron las mismas en cada tratamiento.

A los 15 DPT, para los estadios plantas punteando-1 hoja y el grupo de plantas en 2-3 hojas, los tratamientos no presentaron diferencias significativas ( $P > 0,9980$ ).

En términos porcentuales, los tratamientos de atrazina (ambas dosis) y de metsulfuron, copian mejor la tendencia de desarrollo del testigo, debido a que, ya a los 15 DPT, presentaron plantas con 2-3 hojas; indicando una tendencia a una mayor velocidad de desarrollo respecto a los restantes tratamientos.



Cuadro No. 6 Porcentaje de plantas en los diferentes estadios a los 15 DPT.

15 DPT				
Tratamiento	No.	Punt-H1	H2-H3	H4
Testigo	1	92,8 A	7,2 A	0
Metolaclor 0.96 Kg/ha	2	0	0	0
Metolaclor 1.54 Kg/ha	3	0	0	0
Metolaclor c/ safener 0.96 Kg/ha	4	0	0	0
Metolaclor c/ safener 1.54 Kg/ha	5	0	0	0
Atrazina 1 Kg/ha	6	94,4 A	5,6 A	0
Atrazina 1.5 Kg/ha	7	95 A	5 A	0
Metsulfuron 6 g/ha;	8	95,2 A	4,8 A	0
Clorsulfuron 15 g/ha;	9	100 A	0	0
Clorsulfuron 22.5 g/ha;	10	100 A	0	0
Pendimetalin 0.36 Kg/ha	11	100 A	0	0
Imazetapir+Sulfometuron 140 g/ha+100 g/ha	12	100 A	0	0

A los 21 DPT, en estos estadios, hoja punteando-1hoja, y 2-3 hojas, encuentran diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $P < 0.0001$ ).

Siendo el testigo y los tratamientos con atrazina, a 1 y 1.5 Kg ha<sup>-1</sup>, los que presentaron un mayor desarrollo, predominando plantas con 2 y 3 hojas, lo cual reafirma la tendencia observada a los 15 DPT; diferenciándose de los tratamientos con clorsulfuron, en sus dos dosis, pendimetalin, y la mezcla de imazetapir + sulfometuron, en los cuales predominaron las plántulas punteando-1 hoja, con el menor porcentaje de plantas con 2 y 3 hojas.

El tratamiento con metsulfuron, presentó valores intermedios, con mayor porcentaje de plántulas en estadio punteando-1 hoja, pero con un valor de plantas con 2 y 3 hojas que no se diferencia de los tratamientos más desarrollados.

Solamente el tratamiento de 1.5 Kg de atrazina presentó plantas con 4 hojas desarrolladas.

Cuadro No. 7 Porcentaje de plantas en los diferentes estadios a los 21 DPT.

21 DPT				
Tratamiento	No.	Punt-H1	H2-H3	H4
Testigo	1	15 B	85 A	0
Metolaclor 0.96 Kg/ha	2	0	0	0
Metolaclor 1.54 Kg/ha	3	0	0	0
Metolaclor c/ safener 0.96 Kg/ha	4	0	0	0
Metolaclor c/ safener 1.54 Kg/ha	5	0	0	0
Atrazina 1 Kg/ha	6	26 B	74 A	0
Atrazina 1.5 Kg/ha	7	33,3 B	63,5 AB	3,2
Metsulfuron 6 g/ha;	8	69 A	31 BC	0
Clorsulfuron 15 g/ha;	9	87,6 A	12,4 C	0
Clorsulfuron 22.5 g/ha;	10	87,3 A	12,7 C	0
Pendimetalin 0.36 Kg/ha	11	98,5 A	1,5 C	0
Imazetapir+Sulfometuron 140 g/ha+100 g/ha	12	100 A	0	0

A los 27 DPT, la tendencia en el desarrollo de las plantas en los distintos tratamientos continua siendo la misma; por lo cual tanto el testigo, como los tratamientos con atrazina, en ambas dosis, presentaron un mayor desarrollo, con una proporción importante de plantas con cuatro hojas.

Cuadro No. 8 Porcentaje de plantas en los diferentes estadios a los 27 DPT.

27 DPT				
Tratamiento	No.	Punt-H1	H2-H3	H4
Testigo	1	1,4 C	55,6 A	43 A
Metolaclor 0.96 Kg/ha	2	0	0	0
Metolaclor 1.54 Kg/ha	3	0	0	0
Metolaclor c/ safener 0.96 Kg/ha	4	0	0	0
Metolaclor c/ safener 1.54 Kg/ha	5	0	0	0
Atrazina 1 Kg/ha	6	9,2 C	51,8 A	39 A
Atrazina 1.5 Kg/ha	7	7,9 C	68,3 A	23,8 A
Metsulfuron 6 g/ha;	8	26,2 BC	73,8 A	0
Clorsulfuron 15 g/ha;	9	37,1 BC	62,9 A	0
Clorsulfuron 22.5 g/ha;	10	47,9 B	52,1 A	0
Pendimetalin 0.36 Kg/ha	11	96,9 A	3,1 B	0
Imazetapir+Sulfometuron 140 g/ha+100 g/ha	12	100 A	0	0

En cuanto al desarrollo, los mejores tratamientos fueron los de atrazina, con similar comportamiento al testigo. A su vez, dentro de estos tratamientos, en términos porcentuales, la dosis más baja, de 1Kg ha<sup>-1</sup>, presentó un mayor porcentaje de plantas con cuatro hojas, respecto a la dosis de 1,5 Kg ha<sup>-1</sup> (39 vs. 23,8%).

Asimismo el porcentaje de plantas sobrevivientes para este herbicida es de 57,4 y 77,8% a 1 y 1,5 Kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, menor que para el testigo que es de 84,7%.

Este comportamiento podría estar explicado por la rápida metabolización que realiza switchgrass de la atrazina, ya que la misma es conjugada primariamente a glutatión, metabolito que no presenta fitotoxicidad en el cultivo.

Estos resultados son coherentes al hecho de que las triazinas son la familia de herbicidas más utilizada en switchgrass, a nivel mundial (Parrish y Fike, 2005).

Los peores tratamientos fueron el pendimetalin, con una muy baja proporción de plantas con 2-3 hojas (3,1%), y la mezcla de imazetapir + sulfometuron que permaneció con el 100% de las plantas en estado punteando-1 hoja; por lo cual claramente estos herbicidas afectaron el desarrollo del switchgrass. Los mismos presentaron un 95,6 y un 88,2% de plantas sobrevivientes respectivamente.

En el caso del pendimetalin, los resultados coinciden con la bibliografía citada (Fransen, citado por Boydston et al., 2010b), en la cual se reporta una reducción del rendimiento obtenido con el uso del mismo, y una supresión del crecimiento.

De igual forma sucede para el herbicida imazetapir, en el cual se reporta una reducción en el crecimiento, con el uso del mismo en poblaciones nuevas de switchgrass (Becker y Miller, Huo et al., Mitchell et al., Wilson, citados por Boydston et al., 2010b). A pesar de que a dosis de 70 g i.a. ha<sup>-1</sup>, se genera un incremento en el stand de plantas y mayor biomasa producida, pero sin consistencia en el tiempo.

En el caso del sulfometuron, si bien se reporta una cierta tolerancia al mismo, esto ocurre en la aplicación postemergente, logrando mayor rendimiento y stand de plantas, sin datos para su uso en preemergencia.

Los tratamientos de metsulfuron y clorsulfuron (ambas dosis), si bien presentan un alto porcentaje de plantas con un desarrollo de 2-3 hojas, no presentaron ninguna con un desarrollo de cuatro hojas, diferenciándose estadísticamente con el testigo.

Presentando un total de 70% de plantas sobrevivientes para el metsulfuron, y de 84 y 97,3% para el clorsulfuron (dosis de 15 y 22.5 g ha<sup>-1</sup> respectivamente), siendo este uno de los herbicidas que logró resultados similares y hasta superiores que el testigo, a pesar de que no lograron un mejor desarrollo.

Por lo cual estos datos determinan que estos herbicidas presentaron un efecto negativo sobre el desarrollo del cultivo. Él mismo sería explicado, tal como es reportado en la bibliografía, por el retraso en el crecimiento que pueden causar estos herbicidas, así como reducción en la cobertura basal, el área foliar y la biomasa cosechada, por toxicidad directa. Relacionado a esto,

Bovey y Hussey, citados por Lair y Redente (2004), no pudieron determinar un efecto claro en el desarrollo de las plántulas de switchgrass con el uso de estos herbicidas.

## 4.2 EXPERIMENTO 2: TRATAMIENTOS POSTEMERGENCIA

### 4.2.1 Altura

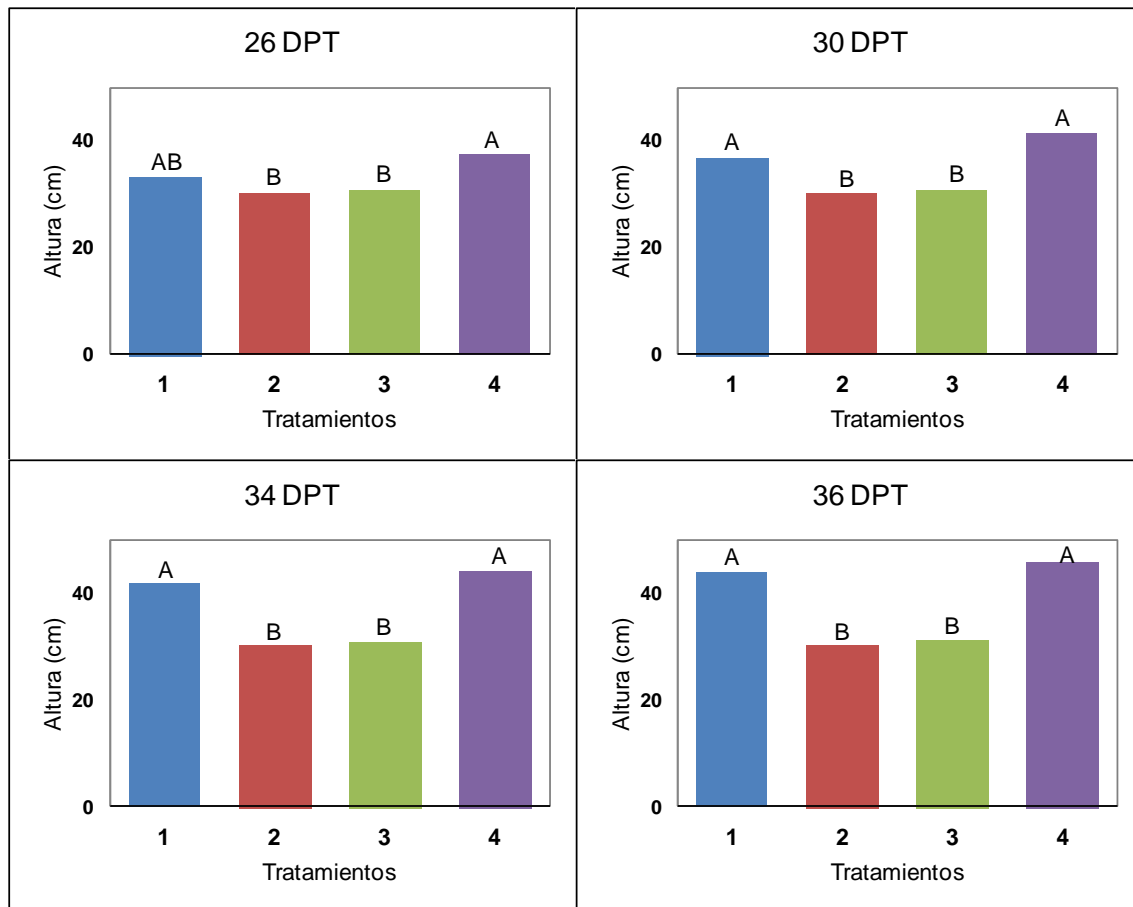
Si bien inicialmente, la medida de altura fue realizada en cada una de las plantas de switchgrass, de cada maceta de cada tratamiento, la baja variación entre macetas llevó a realizar el análisis con el promedio de las mismas. Los valores graficados a continuación se corresponden con el promedio de las repeticiones (cada repetición es una maceta) de cada tratamiento, para las cuatros fechas de evaluación.

Cuadro No. 9 Coeficiente de variación y p-valor para cada fecha evaluada.

DPA	p-valor	C.V.
26	0,0117	15,28568
30	<0,0001	14,43565
34	<0,0001	14,17834
36	<0,0001	14,07236

A los 26 DPT (días post tratamiento) las diferencias entre tratamientos fueron significativas ( $P= 0,0117$ ), diferenciándose el tratamiento con quinclorac del tratamiento con sulfometuron y la mezcla sulfometuron + imazapir.

En las siguientes fechas de evaluación se acentuó esta diferenciación, determinando una diferencia significativa entre el testigo y el tratamiento con quinclorac con los tratamientos de sulfometuron + imazapir y sulfometuron; debido a que estos últimos dos no variaron su altura de forma significativa, presentando incrementos menores a 1 cm desde la primera hasta la última evaluación, a los 36 DPT.



T1: Testigo; T2: Imazapir 0,84 Kg/ha + Sulfometuron 100 g/ha; T3: Sulfometuron 100 g/ha; T4: Quinclorac 0,56 Kg/ha.

Medias con igual letra no difieren estadísticamente ( $P < 0.10$ )

DPT: Días post tratamiento.

Figura No. 4 Variación de la altura para cada tratamiento, en las cuatro fechas evaluadas.

A su vez los antecedentes en switchgrass que presentan estos herbicidas imazapir + sulfometuron, y sulfometuron, respectivamente, coinciden con los resultados obtenidos.

En imazapir, Stougaard et al. (1994) obtuvieron daños en el forraje y disminución en el rendimiento con la aplicación de una dosis de 840 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

Mientras que en el caso de sulfometuron obtuvieron reducción en el total de biomasa cosechada. Aunque contrariamente, Peters et al. (1989) reportaron

una mayor producción de biomasa, pero a dosis de 0.02 Kg i.a. ha<sup>-1</sup> (20% de la dosis utilizada en el presente trabajo).

A diferencia de esto, los resultados demuestran que el quinclorac no presentó diferencias significativas en promedio de altura respecto al testigo.

En términos numéricos, el crecimiento durante el período de evaluación (26 a los 36 DPT), fue de 8 cm para el tratamiento con quinclorac, respecto a 11 cm del testigo, significativamente mayor a los tratamientos de imazapir + sulfometuron, y sulfometuron. Logrando una altura promedio final, a los 46 DPT, de 45 cm para el quinclorac, 44 cm para el testigo y 30 y 31 cm, respectivamente para la mezcla de imazapir + sulfometuron, y sulfometuron.

Estos resultados son aún mejores que los antecedentes, en los cuales Boydston et al. (2010b), Curran et al. (2011) detectaron tanto reducciones en la biomasa como retraso en el crecimiento, con el uso de quinclorac a 0.56 Kg i.a. ha<sup>-1</sup>. Si bien estos síntomas suelen desaparecer con el tiempo, y la reducción en altura fue solo de un 7% respecto al testigo.

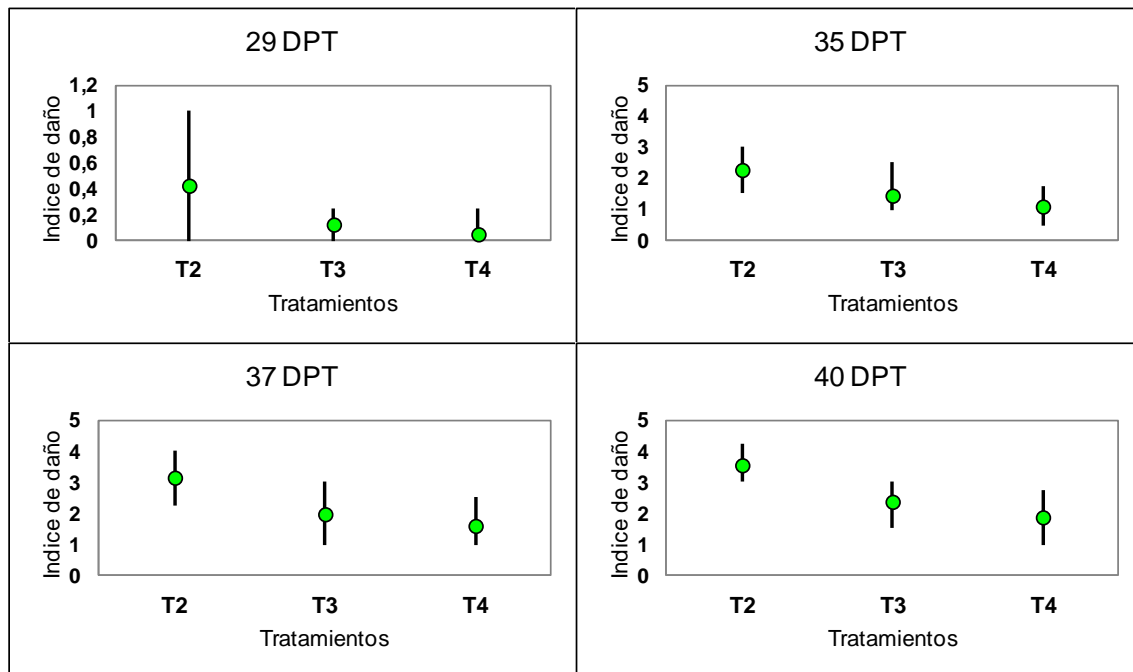
Recientemente el quinclorac fue registrado en EE.UU, para su uso en poblaciones de switchgrass con objetivo de cosecha de semilla (Paramount®, de la empresa BASF). Logrando un buen control de malezas gramíneas anuales estivales.

#### 4.2.2 Fitotoxicidad

El daño fue evaluado por una escala subjetiva, con puntajes del 0 al 5, con daños crecientes hasta la necrosis total.

En las gráficas siguientes se presentan las estadísticas descriptivas donde se observa el nivel de daño promedio de cada tratamiento y la variabilidad de sus repeticiones, marcando el valor máximo y mínimo para cada uno.

El testigo no se incluye dentro de estos gráficos, ya que el mismo al no ser tratado con ningún herbicida no presentó daño alguno.



T2: Imazapir 0,84 Kg/ha + Sulfometuron 100 g/ha; T3: Sulfometuron 100 g/ha; T4: Quinclorac 0,56 Kg/ha.

DPT: Días post tratamiento.

Figura No. 5 Daño promedio y su variabilidad para cada tratamiento.

El tratamiento imazapir 0,84 Kg/ha + sulfometuron 100 g/ha presentó un aumento sostenido en cuanto al índice de daño a lo largo del período evaluado, con un 60% de daño promedio final (85% daño máximo).

Sin embargo lo inverso ocurrió con la variabilidad, ya que se redujo significativamente con el pasar de los días, demostrando que el daño fue homogéneo para todas las macetas.

Presentando como síntomas característicos (desde los 35 DPT) hojas con colores rojizos, secas, menor crecimiento y un color general más amarillento.

Estos resultados coinciden con Stougaard et al. (1994), quienes determinaron que la aplicación de imazapir en dosis de 0.84 Kg i. a ha<sup>-1</sup> causó lesiones en el forraje, teniendo como consecuencia una caída en el rendimiento del cultivo.



A su vez este mismo autor obtuvo estos mismos resultados cuando trató áreas de switchgrass con sulfometuron, adjudicándole el efecto fitotóxico a su alta disponibilidad en suelo producto del bajo contenido de arcilla del mismo.

En este caso el tratamiento de sulfometuron causó tonalidades violáceas en las hojas más afectadas, y un color verde más claro en la planta en general, con visible menor crecimiento (desde los 35 DPT). Con un 30% de daño promedio final (60% de daño máximo).

Mientras que el tratamiento de quinclorac  $0,56 \text{ Kg ha}^{-1}$  fue el que presentó, el menor índice de daño, con un 20% de daño promedio final (40 DPT) y un 55% de daño máximo alcanzado. Respetando el desarrollo adecuado para la aplicación, de 3-4 hojas, según determinó Boydston et al. (2010b).

Las plantas más afectadas, a los 37 DPT, presentaron aspecto de “cebollín”, plantas más finas, alargadas y hojas más finas, que lo normal, con tonalidades verdes más claras.

En el caso de Curran et al. (2011), la aplicación a las cuatro semanas post siembra, en las mismas condiciones de dosis, provocó clorosis, con un daño de hasta el 47% a las dos semanas post tratamiento, mientras que en el presente experimento el 50% de daño se alcanzó a los 37 DPT, más tarde en el tiempo.

Experimentos llevados a cabo por Boydston et al. (2010b), con un desarrollo de 4-6 hojas, y a igual dosis, determinaron un daño menor al 15%. ÉL mismo fue alcanzado a las dos semanas post tratamiento, mientras que en el presente experimento recién a los 29 DPT se presentó un daño máximo del 5%.

Por lo cual los resultados obtenidos son más alentadores que los reportados en experiencias anteriores, a pesar de que la aplicación no fue a las seis semanas post siembra, tal como se recomienda para evitar daños en el cultivo.

Para este herbicida los daños visualizados fueron menores y se registraron más tarde en el tiempo, a diferencia de lo ocurrido para los restantes tratamientos; en los cuales los síntomas se visualizaron antes, y se agravaron con el paso del tiempo. Además del daño foliar (Figura 6) también se puede identificar una diferencia importante en el desarrollo de las raíces (Figura 7).

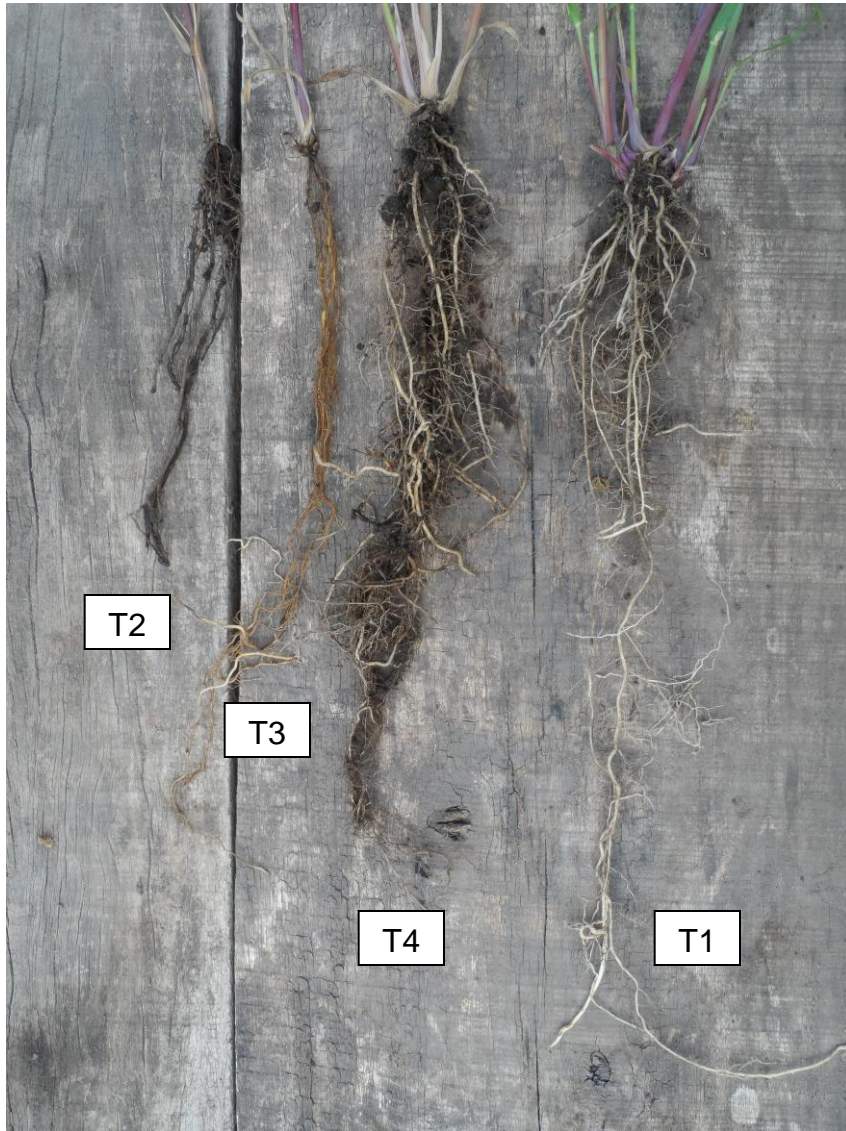


T1: Testigo; T2: Imazapir 0,84 Kg/ha + Sulfometuron 100 g/ha; T3: Sulfometuron 100 g/ha; 4: Quinclorac 0,56 Kg/ha.

Figura No. 6 Visualización del daño foliar y altura de plantas para cada tratamiento.

Respecto al desarrollo radicular, la mezcla de sulfometuron e imazapir presenta 15 cm de desarrollo, el sulfometuron 27 cm y el quinclorac 30 cm, pero con mayor densidad de raíces si se compara con el sulfometuron y la mezcla de sulfometuron e imazapir.

Mientras que el testigo presenta 38 cm de raíces, con una densidad similar al quinclorac, lo que hace que este tratamiento también sea el más similar al testigo respecto al desarrollo radicular.



T1: Testigo; T2: Imazapir 0,84 Kg/ha + Sulfometuron 100 g/ha; T3: Sulfometuron 100 g/ha; 4: Quinclorac 0,56 Kg/ha.

Figura No. 7 Desarrollo radicular para cada tratamiento.

## 5. CONCLUSIONES

En preemergencia, el clorsulfuron a dosis de  $15 \text{ g ha}^{-1}$  presentó el mayor porcentaje de emergencias acumuladas de switchgrass, seguido por el tratamiento de atrazina a  $1 \text{ Kg ha}^{-1}$ . Estos herbicidas presentaron también una alta de tasa de emergencia y sin diferencias con el testigo. En la sobrevivencia si bien no se detectaron diferencias estadísticas, el tratamiento que presentó un comportamiento similar al testigo fue el de clorsulfuron.

En cuanto al desarrollo de las plantas sobrevivientes, el tratamiento de atrazina mostró un mayor desarrollo, similar al testigo.

Estos tratamientos fueron los de mayor selectividad y son los promisorios para continuar profundizando estudios.

En postemergencia, claramente el quinclorac fue el herbicida más selectivo, ya que no se diferenció del testigo sin herbicida en las variables evaluadas.

## 6. RESUMEN

Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) es una especie gramínea, perenne estival, C<sub>4</sub>, originaria de centro y norte América. Utilizada en sus inicios como especie forrajera, hoy en día presenta interés como fuente de materia prima renovable para la generación de energía. En el año 1985, en Estados Unidos, se determina a esta especie como promisoría para la generación de bioenergía, y es en el año 2007 cuando comienzan los estudios en Uruguay. Se posiciona a esta especie como una alternativa para reducir las importaciones de petróleo y la contaminación ambiental. Siendo el control de malezas esencial para un exitoso establecimiento de la especie, surge el presente trabajo con el objetivo de determinar la existencia de selectividad de herbicidas en preemergencia y postemergencia, así como la efectividad del uso del safener fluxofenim para el uso de metolaclor. Los experimentos fueron llevados a cabo en la estación experimental Mario A. Cassinoni, bajo invernadero, en macetas con condiciones semi-controladas. En preemergencia se evaluaron los tratamientos: T1: Testigo; T2: Metolaclor 0.96 Kg/ha; T3: Metolaclor 1.54 Kg/ha; T4: Metolaclor c/ safener 0.96 Kg/ha; T5: Metolaclor c/ safener 1.54 Kg/ha; T6: Atrazina 1 Kg/ha; T7: Atrazina 1.5 Kg/ha; T8: Metsulfuron 6 g/ha; T9: Clorsulfuron 15 g/ha; T10: Clorsulfuron 22.5 g/ha; T11: Pendimetalin 0.36 Kg/ha; T12: Imazethapir 40 g/ha + Sulfometuron 100 g/ha. Se evaluó porcentaje de emergencia, sobrevivencia y desarrollo de las plantas sobrevivientes. Los tratamientos de mayor selectividad resultado de todas las variables evaluadas fueron clorsulfuron 15g/ha y atrazina 1 Kg/ha. El uso de safener no determinó la selectividad del herbicida metolaclor. En postemergencia los tratamientos evaluados fueron: T1: Testigo; T2: Imazapir 0,84 Kg/ha + Sulfometuron 100 g/ha; T3: Sulfometuron 100 g/ha; T4: Quinclorac 0,56 Kg/ha, en los cuales se evaluó el daño y la altura de las plantas, siendo el herbicida Quinclorac el de mayor selectividad, con daños de baja magnitud y sin diferencias en altura con el testigo.

Palabras clave: Switchgrass; Herbicidas en preemergencia; Herbicidas en postemergencia.

## 7. SUMMARY

Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) is a C4 Summer perennial grass, native to Central and North America. Used initially as a forage species, today it might be of interest as renewable raw material for power generation. In 1985, in the United States, this species becomes promising for bioenergy generation, and in 2007 research studies began in Uruguay. This species emerges as an alternative to reduce oil imports and pollution. Assuming that weed control is essential for a successful establishment of the species, it is that the present research study was carried out with the objective of determining the existence of preemergence and postemergence herbicide selectivity, as well as the effectiveness of the use of fluxofenim for metolachlor safener. The experiments were carried out at the Mario A. Cassinoni experimental station's, greenhouse, and pots under semi-controlled conditions were used. The following treatments were assessed during pre-emergency: T1: witness; T2: Metolachlor 0.96 Kg / ha; T3: Metolachlor 1.54 Kg / ha; T4: Metolachlor c / safener 0.96 Kg / ha; T5: Metolachlor c / safener 1.54 Kg / ha; T6: Atrazine 1 Kg / ha; T7: Atrazine 1.5 Kg / ha; T8: Metsulfuron 6 g / ha; T9: Chlorsulfuron 15 g / ha; T10: Chlorsulfuron 22.5 g / ha; T11: Pendimethalin 0.36 Kg / ha; T12: 40 g Imazethapir / has + 100 g Sulfometurón / has. The emergency, survival and development percentages of the surviving plants were evaluated. The highest selectivity treatments resulting from all of the variables assessed were chlorsulfuron 15g / has and atrazine 1 Kg / has. The use of a safener did not determine the herbicide metolachlor selectivity. The postemergence treatments assessed were: T1: witness; T2: Imazapir 0.84 Kg / has + Sulfometuron 100 g / ha; T3: Sulfometuron 100 g / ha; T4: Quinclorac 0.56 Kg / ha. The plants' damage and height were assessed during the treatments and the Quinclorac herbicide showed the highest selectivity, showing low magnitude damage and no differences in height compared to the witness.

Key words: Switchgrass; Preemergence herbicide; Postemergence herbicide.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Abu-Qare, A. W.; Duncan, H.J. 2002. Herbicide safeners; uses, limitations, metabolism, and mechanisms of action. *Chemosphere*. 48: 965-974.
2. BASF. s.f. Arsenal<sup>®</sup>. (en línea). Ludwigshafen. 8 p. Consultado 29 ene. 2014. Disponible en [http://www.agro.basf.com.ar/images/cat\\_pdf/Arsenal.pdf](http://www.agro.basf.com.ar/images/cat_pdf/Arsenal.pdf)
3. \_\_\_\_\_. 2008. Paramount<sup>®</sup>. (en línea). Research Triangle Park, NC. 12 p. Consultado 29 ene. 2014. Disponible en <http://agproducts.basf.us/products/label-and-msds/paramount-herbicide-label.pdf>
4. Boydston, R. 2010a. Managing weeds in switchgrass grown for biofuel. (en línea). In: Switchgrass Biofuel Workshop (2010, Pullman, VA). Presentations. Pullman, VA, Washington State University. s.p. Consultado 17 ene. 2014. Disponible en <http://css.wsu.edu/biofuels/files/2012/09/Boydston2010SwitchgrassWorkshop.pdf>
5. \_\_\_\_\_.; Collons, H. P.; Fransen, S. C. 2010b. Response of three switchgrass (*Panicum virgatum*) cultivars to Mesotrione, Quinclorac, and Pendimethalin. *Weed Technology*. 24: 336-341.
6. CALISTER. 2009. Metsulfuron Calister 60 WG. (en línea). Jiangsu Province, Nanjing. s.p. Consultado 16 ene. 2014. Disponible en <http://www.calister.com.uy/metsulfuron-calister-60-wg/>
7. Curran, W. S.; Shaffer, A.J.; Schnabel, R. R.; Werner, E. I. 1998. Switchgrass tolerance to several pre and post applied corn herbicides. (en línea). ASA-CSSA-SSSA Conference (1998, s.l.). Proceedings. Madison, WI, s.e. s.p. Consultado 4 feb. 2014. Disponible en <http://extension.psu.edu/pests/weeds/research/switchgrass>
8. \_\_\_\_\_.; Ryan, M. R.; Myers, M. W.; Adler, P. R. 2011. Effectiveness of Sulfosulfuron and Quinclorac for weed control during switchgrass establishment. *Weed Technology*. 25: 598-603.
9. \_\_\_\_\_. 2012. Effect of seeding date and weed control on switchgrass establishment. *Weed Technology*. 26: 248-255.

10. Davies, J. 2001. Herbicide safeners; commercial products and tools for agrochemical research. (en línea). Pesticide Outlook. 12 (1): 10. Consultado 28 ene. 2014. Disponible en <http://www.researchinformation.co.uk/pest/2001/B100799H.PDF>
11. Du Pont <sup>TM</sup>. 2000-2010. Oust<sup>®</sup> XP. (en línea). Wilmington, DE. 16 p. Consultado 29 ene. 2014. Disponible en <http://www.cdms.net/LDat/ld5FQ015.pdf>
12. Hashemi, M.; Sadeghpour, A. 2013. Establishment and production of switchgrass grown for combustion; a review. International Journal of Plant Biology and Research. 1: 1-11.
13. Hatzios, K. K.; Burgos, N. 2004. Metabolism-based herbicide resistance; regulation by safeners. Weed Science. 52: 454-467.
14. Kering, M. K.; Huo, Ch.; Interrante, S. M.; Hancock, D. W.; Butler, T. J. 2013. Effect of various herbicides on warm-season grass weeds and switchgrass establishment. Crop Science. 53: 666-672.
15. Lair, K.; Redente, E. 2004. Influence of auxin and sulfonylurea herbicides on seeded native communities. Rangeland Ecology and Management. 57: 211-218.
16. MAGAN. s.f. Atranex 90 WG. (en línea). Buenos Aires. 2 p. Consultado 16 ene. 2014. Disponible en [http://www.magan.com.ar/images/productos/40\\_e.pdf](http://www.magan.com.ar/images/productos/40_e.pdf)
17. Masters, R. A.; Nissen, S. J.; Gaussoin, R. E.; Beran, D. D.; Stougaard, R. N. 1996. Imidazolinone herbicides improve restoration of great plains grasslands. Weed Technology. 10: 392-403.
18. Mitchell, R. B.; Britton, C. M. 2000. Managing weeds to establish and maintain warm-season grasses. Texas, Texas Tech University Lubbock. 161 p.
19. Parrish, D. J.; Fike, J. H. 2005. The biology and agronomy of switchgrass for biofuels. Critical Reviews in Plant Sciences. no. 26: 423-459.
20. \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. 2008. Establishing and managing switchgrass as an energy crop. (en línea). Forage and Grazinglands. 6: s.p. Consultado 16 ene. 2014. Disponible en <http://www.cabdirect.org/abstracts/20083219019.html>



21. Peters, T. J.; Moomaw, R. S.; Martin, A. R. 1989. Herbicides for postemergence control of annual grass weeds in seedling forage grasses. *Weed Science*. 37: 375-379.
22. Riechers, D. E.; Kreuz, K.; Zhang, Q. 2010. Detoxification without intoxication; herbicide safeners activate plant defense gene expression. *Plant Physiology*. 153: 3-13.
23. Rinehart, L. 2006. Switchgrass as a bienergy crop. (en línea). Lexington, University of Kentucky. College of Agriculture. 10 p. Consultado 14 ene. 2014. Disponible en <http://www.uky.edu/Aq/Forage/switchgrass2.pdf>
24. Rushing, J. B.; Baldwin, B. S.; Taylor, A. G.; Owens, V. N.; Fike, J. H.; Moore, K. J. 2013. Seed safening from herbicidal injury in switchgrass establishment. *Crop Science*. 53: 1650-1657.
25. Sanderson, M. A.; Schmer, M.; Owens, V.; Keyser, P.; Elbersen, W. 2012. Crop management of switchgrass. (en línea). In: Monti, A. ed. *Switchgrass; a valuable biomass crop and energy*. London, Springer-Verlag. cap. 4, pp. 87-112 (Green Energy and Technology). Consultado 6 feb. 2014. Disponible en <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1551&context=agronomyfacpub>
26. SAS INSTITUTE. 2011. SAS system for Windows; version 9.2. Cary, NC. 96 p.
27. SAUDU. s.f. Weedox. (en línea). Ciyao. s.p. Consultado 16 ene. 2014. Disponible en <http://saudu.com/img/articulos/eti-Weedox.pdf>
28. Siri Prieto, G. 2012. Switchgrass como alternativa energética en el Uruguay. *Cangüé*. no. 32: 31-39.
29. Stougaard, R. N.; Masters, R. A.; Nissen, S. J. 1994. Leafy spurge (*Euphorbia esula*) control with imidazolinone and sulfonylurea herbicides. *Weed Technology*. 8: 494-498.
30. Syngenta. 1999. Concep® III. (en línea). Omaha, NE. 1 p. Consultado 29 ene. 2014. Disponible en <http://cultivar.grupomaccio.com/sites/default/files/productos/etiquetas/CONCEP%20III.pdf>

31. \_\_\_\_\_. 2011. Dual<sup>®</sup> Gold 960 EC. (en línea). Cartagena, CO. 7 p. Consultado 16 ene. 2014. Disponible en <http://www.syngenta.com/country/cl/cl/soluciones/proteccioncultivos/Documents/Etiquetas/DualGold960EC.pdf>
32. TAMPA. s.f. Blinda 96. (en línea). Liyang. 6 p. Consultado 17 ene. 2014. Disponible en <http://www.agrotampa.com/pdfs/BLINDA96.pdf>
33. \_\_\_\_\_. s.f. Clerb 75. (en línea). Liyang. 7 p. Consultado 16 ene. 2014. Disponible en <http://www.agrotampa.com/pdfs/CLERB75.pdf>
34. \_\_\_\_\_. s.f. Toro 70 WG. (en línea). Liyang. 6 p. Consultado 16 ene. 2014. Disponible en <http://www.agrotampa.com/pdfs/TORO70.pdf>
35. Vogel, K. P. 1987. Seeding rates of establishing big bluestem and switchgrass with preemergence atrazine applications. *Agronomy Journal*. 79: 509-512.
36. Weimer, M. R.; Swisher, B. A.; Vogel, K. P. 1988. Metabolism as a basis for differential Atrazine tolerance in warm-season forage grasses. *Weed Science*. 36: 436-440.
37. Wilson, R. G. 1995. Effect of Imazethapyr on perennial grasses. *Weed Technology*. 9: 187-191.