

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**SELECTIVIDAD DE HERBICIDAS PRE Y POST EMERGENTES EN  
SWITCHGRASS**

**por**

**Agustín GUERRA MESA  
Diego BARBOZA ACOSTA**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2017**

Tesis aprobada por:

Director:

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

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

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

Fecha:

26 de abril de 2017

Autores:

-----  
Diego Daniel Barboza Acosta

-----  
Agustín Novel Guerra Mesa

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a nuestras familias y amigos por todo el apoyo brindado durante los años de estudio.

A la Facultad de Agronomía como institución, a su personal docente y no docente que nos han guiado y acompañado en este camino.

En especial a nuestros tutores de tesis por su colaboración en la realización del presente trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	V
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	2
2.1. GENERALIDADES DE LA ESPECIE Y CULTIVO DE SWITCHGRASS.....	2
2.2. HERBICIDAS.....	6
2.2.1. <u>Características de los herbicidas pre-emergentes utilizados</u> .....	7
2.2.1.1. Atrazina.....	7
2.2.1.2. Clomazone.....	8
2.2.1.3. Clorsulfuron.....	9
2.2.2. <u>Características de los herbicidas post-emergentes utilizados</u> .....	10
2.2.2.1. Quinclorac.....	10
2.2.2.2. Propanil.....	11
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	12
3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	12
3.2. TRATAMIENTOS.....	13
3.3. METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN.....	14
3.4. DETERMINACIONES.....	15
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	15
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	17
4.1. EMERGENCIAS.....	17
4.2. DESARROLLO.....	19
4.3. FITOTOXICIDAD.....	21
4.4. MATERIA FRESCA.....	22
4.5. MATERIA SECA.....	25
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	29
6. <u>RESUMEN</u> .....	30
7. <u>SUMMARY</u> .....	31
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	32

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Tratamientos y dosis.....	13
2. Materiales y métodos por etapa.....	14
3. Determinaciones.....	15
4. Contrastes, curvas de emergencias.....	17
5. Porcentaje de emergencia y emergencia relativa a los 26 DPS.....	18
6. Escala de desarrollo.....	19
7. Prueba Tukey ( $<0,10$ ) para estimador de desarrollo.....	19
8. Medias de la variable estimador de desarrollo.....	20
9. Porcentaje de plantas macolladas por tratamiento.....	20
10. Escala visual de daño según tratamiento.....	21
11. Análisis de varianza peso fresco.....	22
12. Análisis de varianza peso seco.....	25
Gráfica No.	
1. Curvas de emergencias según tratamiento.....	18
2. Prueba Tukey ( $<0,10$ ) peso fresco de tratamientos preemergente...	22
3. Prueba Tukey ( $<0,10$ ) peso fresco de tratamientos postemergente..	23
4. Peso fresco g. /planta por tratamiento.....	25
5. Prueba Tukey ( $<0,10$ ) peso seco de tratamientos preemergentes....	26
6. Prueba Tukey ( $<0,10$ ) peso seco de tratamientos postemergentes...	27
7. Peso seco g./planta por tratamiento.....	28
Imagen No.	
1. Fitotoxicidad de plantas tratadas con propanil + clomazone.....	21

## 1. INTRODUCCIÓN

El aumento de la demanda energética ha llevado a un aumento creciente de la búsqueda de otras alternativas a las convencionales de obtención de energía, como ser la producción de biocombustibles. Esta mayor demanda energética es consecuencia del importante incremento poblacional y del uso desmedido de los recursos energéticos, que en su amplia mayoría son de fuentes no renovables y con un alto poder contaminante.

Según el Consejo Mundial de la Energía, el suministro energético a nivel mundial se encuentra en un punto de inflexión, por lo que las decisiones que se tomen hoy afectarán a nuestras vidas durante varias décadas.

En este escenario, el switchgrass aparece como una alternativa promisoriosa, ya que es adecuado para el uso como materia prima de energía, para la producción de etanol, electricidad a través de la co-combustión con carbón y como sustituto de la pasta de madera en la fabricación de papel (Thomason et al., 2004).

Uruguay presenta características productivas vinculadas al sector agropecuario, que harían pensar en el objetivo de cubrir parte de las necesidades energéticas con fuentes renovables, una de ellas es la utilización del switchgrass (Siri Prieto, 2012).

A nivel nacional la investigación comenzó en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni en el año 2007, con el objetivo de evaluar su adaptabilidad a nuestras condiciones climáticas y su producción. En el proceso surgieron nuevas interrogantes como el control de malezas dentro del cultivo, visualizándose dos aspectos críticos, por un lado la elevada interferencia de las mismas debido al lento establecimiento del cultivo y por otro lado, la dificultad de controlar malezas gramíneas estivales, por pertenecer a la misma familia.

Basado en antecedentes a nivel nacional referentes al estudio de esta problemática y con el objetivo de seguir generando información necesaria en este cultivo, es que se condujo este trabajo de investigación, para evaluar herbicidas preemergentes, postemergentes y la combinación de estos en la selectividad de switchgrass.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. GENERALIDADES DE LA ESPECIE Y CULTIVO DE SWITCHGRASS

*Panicum virgatum* L. (switchgrass) es un pasto nativo de América del Norte. Es una especie herbácea perenne, perteneciente a la familia de las poáceas, tiene fijación de tipo C4. Presenta raíces rizomatosas que pueden alcanzar más de un metro de profundidad y la altura de la planta puede llegar a 2,5 m. Una vez establecidas, las plantas pueden vivir por unos 10 años. No necesitan suelos muy fértiles, teniendo altos rendimientos en suelos marginales (Siri Prieto, 2012).

Se distingue de otros pastos de estación cálida, incluso cuando las plantas son jóvenes, por un mechón de cabello blanco en el punto donde la hoja se une al tallo. El tallo es redondo y tiene generalmente un tinte rojizo (USDA. NCRS, 2001).

Esta especie presenta características que la han llevado a ser utilizada en la conservación y recuperación de suelos desgastados y erosionados gracias a su extenso sistema radicular, ya que mejora la estructura del suelo, aumenta la infiltración de agua, aumentando la capacidad de agua disponible y disminuye la erosión, debido a una cobertura durante todo el año (Siri Prieto, 2012).

Presenta con respecto a otros cultivos utilizados con los mismos propósitos ventajas en cuanto a los niveles de fertilización necesarios para alcanzar buenas producciones, sus requerimientos en el agregado de nutrientes suelen ser bajos, debido a un mejor aprovechamiento de los nutrientes disponibles en el suelo, gracias a su sistema radicular.

Es utilizada también para la producción de forraje, fibra, calor y como planta ornamental. Desde principios de 1990 ha sido desarrollado como un modelo de cultivo energético para el etanol y la producción de electricidad en los EE.UU. y Canadá (Elbersen et al., 2001).

Las principales razones por la cual se lo utiliza como fuente de energía, fibra y lo hacen una alternativa muy viable, son su alta biomasa neta, alta producción por hectárea, sus bajos costos de producción, bajos requerimientos de nutrientes, bajos contenidos de cenizas, alta eficiencia en el uso del agua, amplio rango de adaptabilidad geográfica, su fácil establecimiento por semillas,

su adaptación a suelos marginales y por su potencial de almacenamiento de carbono en el suelo (Samson y Omielan, Sanderson et al., Christian y Elbersen, citados por Alexopoulou et al., 2001).

Para lograr un buen establecimiento del cultivo es necesario tener consideración en la colocación de la semilla, la alta latencia que presentan dichas semillas, que con frecuencia debe ser almacenada durante un año antes de la siembra, la disponibilidad de agua en el suelo, la fecha de siembra y la competencia en las primeras etapas del cultivo con las malezas, en los EEUU se ha investigado al respecto y se encontró que el control de malezas es un factor esencial durante el establecimiento del cultivo (Moser y Vogel, 1995). Otros factores que pueden añadirse a los citados son el pequeño tamaño de las semillas, su lenta germinación y la fecha de emergencia.

Según Siri Prieto (2012) no necesitan suelos muy fértiles, teniendo altos rendimientos en suelos marginales. Generalmente son consideradas muy eficientes en el uso de los recursos, un cultivo de bajos insumos para producir energía a través de la celulosa y hemicelulosa.

Tiene muy buena adaptación a suelos marginales y con distintas estructuras, compitiendo muy bien por este recurso, pero existen algunas diferencias en cuanto a las distintas variedades según provengan del norte o del sur de los Estados Unidos, en cuanto a su adaptación a climas y suelos, las originarias del norte y oeste se comportan mejor en condiciones secas y frías, mientras que las del sur se adaptan mejor a condiciones más húmedas (Rinehart 2006, Parrish y Fike 2008).

Las semillas presentan complejos sistemas de latencia, pero su expresión es causada por las estructuras que rodean el embrión y mecanismos dentro de éste (Knapp, 2000). La latencia es probablemente causada por la genética y los efectos medioambientales durante la producción de semillas, cosecha y procesamiento (Sanderson et al., 2012).

La fuerte dormancia que presentan sus semillas ha sido una problemática muy estudiada, por ejemplo según Checovich y Ruíz (2012) en ensayos donde se evaluó el poder germinativo observaron a los 210 días pos-cosecha diferencias importantes entre distintas variedades de switchgrass, mientras algunas alcanzaron el 100% de germinación, otras presentaron valores entre el 50% y 70% e incluso una variedad presentó valores inferiores al 50%.

Zhang y Maun, Zegada-Lizarazu et al., citados por Hashemi y Sadeghpour (2013) afirman que la dormancia puede tener 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. Igualmente 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).

Varios trabajos han sido dirigidos a encontrar métodos para mitigar los efectos de la latencia en el establecimiento del cultivo, por ejemplo, Checovich y Ruíz (2012) estudiaron el efecto de la temperatura de almacenamiento, encontrando que las temperaturas más bajas (7°, -20°C) prolongaron la dormición más que la temperatura ambiente.

La selección genética de las semillas de baja latencia ha demostrado ser una práctica efectiva en reducir la latencia primaria (Sanderson et al., 1996). La latencia primaria en general, puede ser levantada por un período de espera luego de la maduración o mediante estratificación en frío (Moser y Vogel, 1995).

Según Sanderson et al. (2012) la fertilización nitrogenada no se recomienda durante el primer año del cultivo, porque se fomenta el crecimiento de malezas, aumentando la competencia para el establecimiento de las plantas, los costos de implantación y el riesgo económico asociado con el establecimiento del cultivo. Sanderson y Reed (2000) encontraron que no había respuesta en rendimiento de biomasa al agregado de N en dosis de 22 a 112 Kg. ha.<sup>-1</sup> durante el año de establecimiento de *Panicum virgatum*.

Sanderson et al. (2012) recomienda las pruebas de suelo (P, K, pH) antes de la siembra. Los niveles de fósforo y potasio son generalmente adecuados para el crecimiento de *Panicum virgatum* en la mayoría de los campos agrícolas. Para el fósforo el nivel (Bray y Kurtz método 1) deberá ser superior a 25 mg. Kg.<sup>-1</sup> al establecer pastos de estación cálida (Rehm, Rehm et al., citados por Sanderson et al., 2012).

Entre otras cosas la capacidad de la tierra, y la frecuencia de la cosecha determinan las dosis óptimas de nitrógeno. Los rendimientos máximos de *Panicum virgatum* se lograron con 448 Kg. de N/ha. aplicados en abril, en un sistema de tres cortes en Oklahoma. Varias cosechas cada año y altas tasas de aplicación de N, tuvieron un efecto negativo sobre la biomasa media anual. Por otra parte dicho nivel de fertilización hace económicamente inviable un sistema de un corte al año (Thomason et al., citados por Sanderson et al., 2012).

Sin embargo, Aravindhakshan et al., citados por Sanderson et al. (2012) concluyeron que el sistema de un corte anual y dosis de N entorno a 69 Kg. de N/ha. es económicamente lo más viable.

Resultados similares fueron obtenidos por Mulkey et al. (2006) en Dakota del Sur, EEUU usando 56 Kg. de N/ha. no encontraron respuesta en cuanto a rendimiento con dosis mayores a la mencionada, por el contrario se favoreció la interferencia de malezas.

Menos investigación hay sobre el rol de P y K en la nutrición de switchgrass, algunos autores especulan que la respuesta a la fertilización fosfatada sería limitada sin agregado de N (Taylor y Allinson, 1982).

En ensayos nacionales dirigidos a optimizar el rendimiento del cultivo, se obtuvo que recién en el cuarto año de evaluación del mismo hay respuesta al agregado de N y P (Siri Prieto, 2012).

Un aspecto clave en el manejo sostenible, es la decisión de cuándo cosechar este tipo de cultivo. Muchos trabajos han demostrado que el momento mejor de corte, minimizando la extracción de nutrientes, es luego de un período invernal. Este cultivo al ser perenne estival, recicla gran cantidad de nutrientes en sus raíces y/o en la base de los tallos para el rebrote de la estación siguiente de crecimiento. Este manejo hace que la exportación de muchos nutrientes contenidos en las hojas y tallos cosechados sea la más baja posible (Siri Prieto, 2012).

Son varios los trabajos que se han realizado buscando solucionar la importante incidencia que tienen las malezas en cuanto a la implantación de switchgrass y sus primeras etapas de desarrollo, que son los momentos en los cuáles se da la mayor competencia de las malezas y donde tienen mayor efecto, ya que una vez establecido el cultivo, éste compite muy bien y no presenta mayores problemas a lo largo de su ciclo (Elbersen et al., 2001).

La producción de switchgrass puede ser retrasada por uno o más años debido a la competencia de malezas y pobres establecimientos de las plantas (Schmer et al., 2006). Las malezas más comunes en el establecimiento del cultivo son gramíneas de verano, capaces de germinar antes que el mismo, o sea a menor temperatura, tales como *Digitaria sanguinalis*, *Setaria viridis*, *Setaria glauca*, *Panicum dichotomiflorum*, y *Echinochloa crus-galli* (Mitchell y Britton, 2000). 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.

Las malezas perennes invernales son de fácil control, ya que su estación de crecimiento no coincide con la de este cultivo; 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 et al., 2010). Existe una cierta tolerancia durante las primeras etapas del cultivo al uso de glifosato, lo que permite una flexibilidad en el momento de su aplicación (Sanderson et al., citados por Sanderson et al., 2012).

El manejo de malezas de hoja ancha es más simple, ya que existen herbicidas selectivos para el control de las mismas, sin generar fitotoxicidad para el switchgrass. Algunos de estos según Sanderson et al. (2012), son 2,4 D, dicamba, picloram, metsulfuron, sulfosulfuron y aminopyralid.

El control mecánico es una opción para disminuir la competencia de malezas en el primer año del cultivo, realizando cortes previos a la siembra, reduciendo las reservas de carbohidratos de especies anuales y perennes, reduciendo así su presión.

Según Elbersen et al. (2001), un correcto establecimiento de *Panicum virgatum* es la mejor medida para mitigar la interferencia de malezas.

## 2.2. HERBICIDAS

Los herbicidas son productos químicos capaces de alterar la fisiología de la planta, causando la muerte o desarrollo anormal de la misma. Los mismos generan su efecto letal actuando sobre un sitio primario de acción y generando una serie de efectos secundarios y terciarios que conllevan a la muerte de la planta (Duke 1996, Collavo 2008). El modo de acción de un herbicida consiste en la secuencia de eventos que ocurren desde que este es absorbido por la planta hasta la aparición de fitotoxicidad.

Los efectos fisiológicos de los herbicidas en las plantas, pueden radicar en la regulación del crecimiento, inhibición de la división celular, inhibición de la respiración y/o fotosíntesis, o interrupción de procesos metabólicos complejos (Duke, 1996).

Los herbicidas pueden clasificarse en familias de acuerdo a características comunes entre ellos, así, se han clasificado de acuerdo al tiempo de aplicación (pre-siembra, pre-emergencia y post-emergencia),

selectividad (selectivos, no selectivos), movilidad en la planta (de contacto, sistémicos) familia química (triazinas, dinitroanilinas, fenoxiacéticos, cloroacetamidas, ciclohexanodionas, sulfonilureas y bupiridilos, entre otros) y modo de acción (inhibidores de la fotosíntesis, inhibidores de la síntesis de pigmentos, etc.). Esta última clasificación es la más usada recientemente y promovida por el énfasis en el manejo de resistencia (Caseley, 1996).

### 2.2.1. Características de los herbicidas pre-emergentes utilizados

#### 2.2.1.1. Atrazina

Es un herbicida selectivo de pre y post emergencia temprana, perteneciente al grupo químico de las triazinas, clorotriazinas, cuando es aplicado al follaje presenta muy baja sistemia en planta, mientras que aplicado al suelo es absorbido por el sistema radicular y rápidamente transportado hacia las hojas, vía apoplasto, por el xilema (SATA, 2016).

Actúa inhibiendo la transferencia de energía a través del “Fotosistema II”, adhiriéndose a una proteína involucrada en la cadena de transferencia, interrumpiendo el transporte. En general, se da un cambio en la secuencia de aminoácidos serina por glicina lo que conlleva a la interrupción del transporte y por acumulación de electrones se da la destrucción por fotooxidación de los carotenoides y de la clorofila (SATA, 2016).

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 dentro del cultivo, 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 (Masters, citado por Hashemi y Sadeghpour, 2013).

La atrazina ha sido un herbicida eficaz durante el establecimiento de *Panicum virgatum*, para controlar principalmente hierbas anuales de estaciones frías y malezas de hoja ancha (Vassey et al., Martin et al., citados por Sanderson et al., 2012). Algunos autores como Martin et al. (1982) sostienen que tiene cierto grado de tolerancia a este herbicida, ya sea en estado de plántula o planta madura. Buhler et al., citados por Hashemi y Sadeghpour (2013) afirman que es una de las especies más tolerante a la atrazina, seguramente porque la atrazina se detoxifica en la planta por tres vías N-

dealkylation, 6-hydrxylation y glutación en el caso de esta especie, la vía del glutación el cual es un metabolito no fitotóxico, ocurre a una tasa más rápida que la vía del N-dealkylation (molécula de baja fitotoxicidad) como sucede en otras especies. Sin embargo hay indicios de que este herbicida también puede causar lesiones a las pequeñas plántulas, cuando las dosis utilizadas son mayores a 1 Kg. i.a. ha.<sup>-1</sup> (Bahler et al., Bovey y Hussey, McKenna et al., citados por Parrish y Fike, 2005).

Goncherenko y Pancini (2014), no encontraron diferencias estadísticas entre las dosis de atrazina de 1Kg y 1.5 Kg.ha.<sup>-1</sup> en germinación, comparado al testigo sin herbicida. Tampoco se vieron efectos negativos en la posterior producción de biomasa.

Mitchel et al. (2010), determinaron que el uso en preemergencia de una combinación de atrazina y quinclorac a una dosis de 1.1 Kg.ha.<sup>-1</sup> y 560 g.ha.<sup>-1</sup> de ingrediente activo, respectivamente, tuvo mayor rendimiento en biomasa y mejor stands de plantas en comparación con los tratamientos individuales de atrazina o quinclorac.

En el segundo año, aplicaciones de atrazina, isoproturón, simazina, 2,4-D, glifosato y paraquat se utilizaron para controlar las malezas en primavera, cuando el cultivo aún no ha brotado (Christian y Elbersen, Lobo y Friske, Ocumpaugh et al., citados por Elbersen et al., 2001).

#### 2.2.1.2. Clomazone

Este herbicida perteneciente al grupo de las isoxazolidinona es selectivo de pre y post emergencia, sistémico, trabaja inhibiendo la biosíntesis de carotenos (PDS). Interfiriendo en la formación de clorofila, ya sea, inhibiendo la síntesis de tifol, de carotenoides o del aminoácido histidina. Puede ser aplicado tanto al suelo como o al follaje y se trasloca vía apoplasto y simplasto (SATA, 2016).

Su uso es frecuente en el cultivo de arroz, en dosis desde 288 a 480 g. i.a. ha.<sup>-1</sup> para el control de malezas tales como *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa* sp., *Setaria* sp. entre otras (SATA, 2016).

En cuanto a fitotoxicidad causada por este herbicida, es un blanqueamiento temporal del follaje, que puede desaparecer entre los 30 y 60 días después de la aplicación, así fue reportado por Esquivel (1999) en el

cultivo de caña de azúcar.

No se encontraron referencias bibliográficas sobre el uso de este herbicida en el cultivo de switchgrass.

#### 2.2.1.3. Clorsulfuron

Pertenece al grupo químico de las sulfonilureas, es un herbicida selectivo, de pre y post emergencia, comportándose como sistémico o de contacto. Su modo de acción es inhibiendo la acetolactato sintetasa (ALS). Afecta la síntesis de proteínas, aminoácidos de cadena ramificada (isoleucina, leucina y valina) y cambia la conformación de los mismos, al inducir su precipitación o inhibiendo la acción enzimática de la acetolactato sintetasa (ALS). Esta acción desencadena un disturbio total del metabolismo, al interrumpir la síntesis proteica e interfiere con la síntesis de ADN y el crecimiento celular. Las especies sensibles rápidamente detienen el crecimiento, dado que trabajan en las zonas meristemáticas. Es de absorción foliar y radicular y rápidamente transportado por la planta, tanto vía xilema como floema, acumulándose en las zonas meristemáticas (SATA, 2016).

Está recomendado su uso en los cultivos de trigo, cebada y avena, controlando malezas de hoja ancha y algunas gramíneas anuales (SATA, 2016).

Goncherenko y Pancini (2014) obtuvieron en su trabajo con el tratamiento de clorsulfuron en pre-emergencia a dosis de 15 g. i.a. ha.<sup>-1</sup> los mejores porcentajes de emergencia. Lair y Redente (2004) con dosis más elevadas de este herbicida tampoco encontraron efectos negativos en cuanto a la germinación y el desarrollo de las plántulas.

Dicho herbicida junto con metsulfurón y sulfometurón utilizados en post emergencia han sido eficientes en el control de malezas de hoja ancha, en el cultivo de switchgrass (Bransby, citado por Elbersen et al., 2001).

## 2.2.2. Características de los herbicidas post-emergentes utilizados

### 2.2.2.1. Quinclorac

Este herbicida perteneciente al grupo del ácido quinolecarboxílico funciona tanto por contacto como por traslocación interna de las plantas, estimulando la actividad de la enzima ACC sintetasa. Esto incrementa la producción de etileno en la planta lo cual provoca como respuesta, envejecimiento y maduración prematura, por la acumulación de HCN (cianuro de hidrógeno) obtenido como coproducto en la biosíntesis del etileno. El principal sitio de acción entre el quinclorac y la enzima se localiza en los brotes de las hojas (SATA, 2016).

En trabajos de Mitchell et al. (2010) utilizando dos dosis de quinclorac ( $280 \text{ g.ha}^{-1}$  y  $560 \text{ g.ha}^{-1}$  de i.a.) en pre-emergencia no obtuvieron resultados positivos en cuanto al control de malezas y establecimiento del switchgrass, en comparación a cuando utilizaron mezclas de atrazina y quinclorac, como fue mencionado anteriormente.

El uso de este herbicida en post-emergencia (4-6 hojas) reduce el rendimiento en biomasa del cultivo. Boydston et al. (2010) hablan de una reducción entorno al 33% con dosis de  $560 \text{ g.ha}^{-1}$  de ingrediente activo. El daño se reduce considerablemente (16%) cuando la aplicación se realiza sobre el cultivo ya establecido. En ambos casos el control de malezas gramíneas anuales es muy efectivo permitiendo la cosecha de un cultivo con mayor pureza.

A su vez Curran et al., citados por Goncherenko y Pancini (2014) observaron un 47% de clorosis respecto al testigo, dos semanas post-aplicación y retraso en el crecimiento, utilizando dosis de  $560 \text{ g.ha}^{-1}$  de i.a. aplicado a las cuatro semanas post-emergencia del cultivo. Ambos efectos fueron desapareciendo a medida que fue avanzando el desarrollo del cultivo, viéndose una mayor persistencia del retraso en el crecimiento. En dicho trabajo se concluyó que el mejor momento para el control de malezas es a las cuatro semanas post-siembra, mientras que para minimizar los daños sobre el cultivo es necesario aplicar a las seis semanas post-siembra, utilizar un protector del cultivo o dosis menores, por ejemplo  $280, 420 \text{ g.ha}^{-1}$  de i.a.

Myers et al., Vogel y Masters, citados por Boydston et al. (2010) aseguran que la reducción en rendimiento ocasionado por la incidencia de malezas, es mayor al producido por el uso de quinclorac a dosis entre 0.43 y 1.1 Kg.ha.<sup>-1</sup> de i.a.

#### 2.2.2.2. Propanil

Es un herbicida de post emergencia, actúa por contacto deteniendo el crecimiento radicular, necrosando las hojas e inhibiendo la función clorofílica. Pertenece al grupo químico de las amidas, cloroacetamidas.

Es un herbicida muy utilizado en el cultivo de arroz por su alta selectividad, dentro de su espectro de acción controla varias malezas del genero *Panicum*, es importante aclarar que el cultivo en estudio pertenece a dicho género (SATA, 2016).

No se encontraron referencias de trabajos donde se utilizara éste herbicida en el cultivo de switchgrass.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo bajo condiciones semi-controladas, dentro de un telado ubicado en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni de la Facultad de Agronomía en la ciudad de Paysandú.

#### 3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el estudio de la variable porcentaje de emergencia se utilizó un diseño completamente al azar, donde el efecto estudiado era el de los herbicidas preemergentes, con un total de cuatro tratamientos de treinta y seis repeticiones.

Luego de la aplicación de los herbicidas postemergentes el diseño de análisis pasó a ser de arreglo factorial de los tratamientos, lo que permitió el estudio de cada factor individual (herbicida preemergente y postemergente), así como también la interacción entre la combinación de ellos, lo que resultó en veinticuatro tratamientos con seis repeticiones.

#### 3.2. TRATAMIENTOS

Se evaluaron 4 opciones preemergentes (sin herbicida o testigo, atrazina, clorsulfuron y clomazone) combinadas con 6 opciones postemergentes (sin herbicida o testigo, quinclorac en 3 dosis, propanil y la mezcla de propanil + clomazone). Lo que resultó en 24 tratamientos, los que se detallan en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 1. Tratamientos y dosis.

<b>Trat.</b>	<b>Pre-emergente (principio activo)</b>	<b>Dosis (i.a. ha.<sup>-1</sup>)</b>	<b>Post-emergente (principio activo)</b>	<b>Dosis (i.a. ha.<sup>-1</sup>)</b>
1	testigo	...	testigo	...
2	atrazina	1 kg.	testigo	...
3	clorsulfuron	0.012 kg.	testigo	...
4	clomazone	0.48 kg.	testigo	...
5	testigo	...	quinclorac	0.56 Kg.
6	atrazina	1 kg.	quinclorac	0.56 Kg.
7	clorsulfuron	0.012 kg.	quinclorac	0.56 Kg.
8	clomazone	0.48 kg.	quinclorac	0.56 Kg.
9	testigo	...	quinclorac	0.42 Kg.
10	atrazina	1 kg.	quinclorac	0.42 Kg.
11	clorsulfuron	0.012 kg.	quinclorac	0.42 Kg.
12	clomazone	1 l.	quinclorac	0.42 Kg.
13	testigo	...	quinclorac	0.28 Kg.
14	atrazina	1 kg.	quinclorac	0.28 Kg.
15	clorsulfuron	0.012 kg.	quinclorac	0.28 Kg.
16	clomazone	0.48 kg.	quinclorac	0.28 Kg.
17	testigo	...	propanil	2.4 Kg.
18	atrazina	1 kg.	propanil	2.4 Kg.
19	clorsulfuron	0.012 kg.	propanil	2.4 Kg.
20	clomazone	0.48 kg.	propanil	2.4 Kg.
21	testigo	...	propanil + clomazone	2.4 Kg. + 0.288 Kg.
22	atrazina	1 kg.	propanil + clomazone	2.4 Kg. + 0.288 Kg.
23	clorsulfuron	0.012 kg.	propanil + clomazone	2.4 Kg. + 0.288 Kg.
24	clomazone	0.48 kg.	propanil + clomazone	2.4 Kg. + 0.288 Kg.

### 3.3. METODOLOGÍA DE INSTALACIÓN

Los materiales y métodos utilizados en cada etapa del experimento se presentan en el siguiente cuadro

Cuadro No. 2. Materiales y métodos por etapa.

<b>Etapa</b>	<b>Observaciones</b>
Preparación de sustrato y macetas	Mezcla 3:1 de tierra y arena Identificación de macetas por tratamiento
Elección de semillas	Prueba de germinación de dos lotes (2014 y 2015)
Siembra	10 semillas por maceta a 1 cm. de profundidad
Aplicación pre-emergentes	Aplicación de dosis de i.a. correspondientes en un caldo de 20ml por maceta
Riego	1 o 2 veces al día durante todo el ciclo
Aplicación post-emergentes	Pulverización de herbicidas sobre las macetas, teniendo en consideración, temperatura y velocidad del viento
Cosecha parte aérea	Corte de las plantas a nivel del suelo y peso verde y secado en estufa para peso seco

Se decidió sembrar el lote 2014, ya que luego de 7 días de evaluación tuvo un porcentaje de germinación del 70%, superior al lote 2015, el cual presentó un muy bajo porcentaje, debido a un alto grado de dormancia de la semilla.

La aplicación de pre-emergentes se realizó inmediatamente luego de la siembra. Para el cálculo del caldo por maceta, se tuvo en cuenta el área de las mismas ( $0.01056 \text{ m}^2$ ),  $100 \text{ L ha}^{-1}$  como tasa de aplicación de referencia y las dosis de principio activo de cada herbicida. Estas mezclas fueron directamente aplicadas en las macetas, sin necesidad de pulverizarlas, ya que el vehículo de conducción de los herbicidas en el suelo es la humedad de este.

Las aplicaciones post-emergentes se realizaron cuando el cultivo se encontraba con un desarrollo en promedio de 3-4 hojas (38 DPS). Para las mismas se utilizó una pulverizadora manual de presión constante con fuente de  $\text{CO}_2$ , trabajando a 2 bar. de presión y boquillas TT 11001, a una tasa de aplicación de  $120 \text{ L ha}^{-1}$ . La temperatura al momento de la aplicación fue de  $28^\circ \text{ C}$ . humedad de 38% y la velocidad de viento no tuvo incidencia porque la aplicación se realizó de forma protegida.

Luego de culminado el conteo de emergencias se realizó un raleo de plantas, dejando un número de 6 por maceta, con el objetivo de reducir la competencia entre ellas. Durante todo el periodo experimental se realizó control manual de malezas.

### 3.4. DETERMINACIONES

Las determinaciones que se realizaron en distintos momentos de la experimentación se presentan en el cuadro 3.

Cuadro No. 3. Determinaciones

<b>Determinaciones</b>	<b>Indicaciones</b>
Conteo de emergencias	Se realizó durante un período de 9 días, comenzando a los 17 días post-siembra, registrando el número de plantas emergidas por maceta, cada 3 días
Conteo de hojas y macollos	Al finalizar el conteo de emergencias, se registró el número de hojas y macollos por planta, dicha actividad se llevó a cabo cada 8 días en promedio, durante un período de 50 días
Evaluación de síntomas de fitotoxicidad	Dichos síntomas se evaluaron a los 7 días luego de la aplicación post-emergente, mediante una escala visual de 10 puntos (1-10 de menor a mayor daño)
Estimación de materia fresca y seca	A los 70 días post-siembra se cosechó la parte aérea de las plantas, para la estimación de su peso fresco y posterior peso seco

### 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El programa estadístico utilizado en el análisis de los datos fue SAS (Statistical Analysis Software). Para la mayoría de las variables se realizó un análisis de varianza y un test de Tukey al 5% para la separación de medias.

Para el estudio del desarrollo del cultivo, se incorporó la mediana como

variable de respuesta, ya que la misma permite describir una característica cualitativa, como lo es el número de planta con 1, 2, 3 o más hojas. Para ver el nivel de significancia de los tratamientos, a dicha variable se le realizó un análisis de varianza. Se utilizó un estadígrafo descriptivo para la cuantificación del daño fitotóxico.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. EMERGENCIAS

El análisis de varianza de las curvas de emergencia indica una interacción estadísticamente significativa ( $p$  valor  $< 0.10$ ) entre los días post siembra y los tratamientos preemergente.

Esto significa que la emergencia del cultivo con el correr de los días se ve afectada de forma diferente según el herbicida utilizado a la siembra.

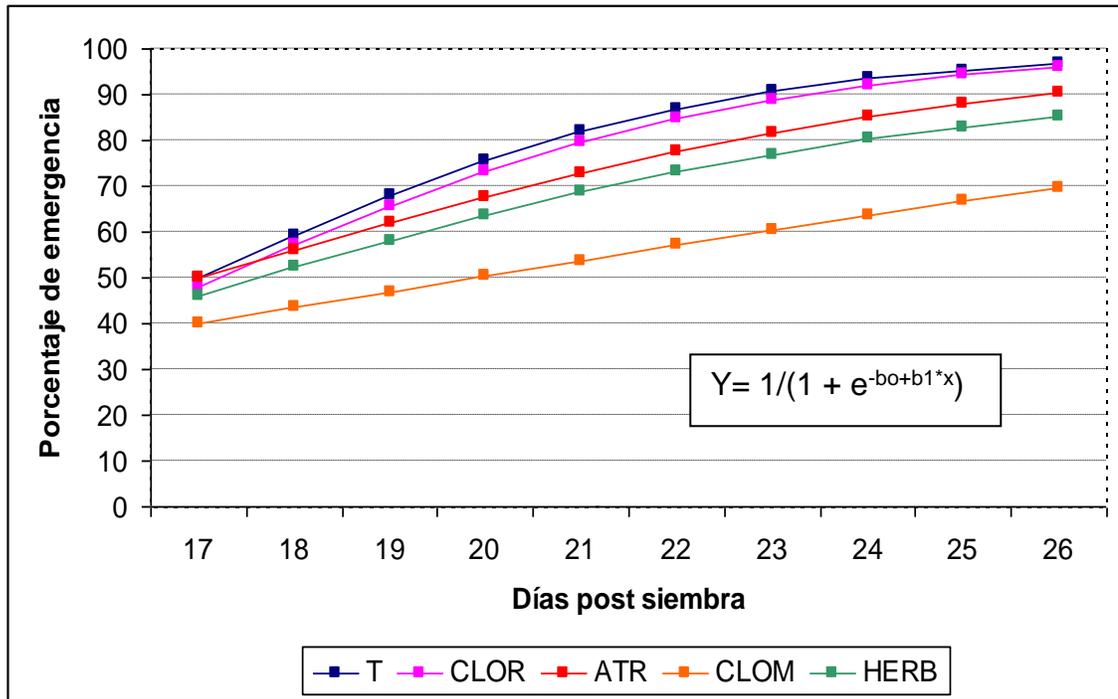
El análisis estadístico realizado en base a contrastes, determinó que el tratamiento con herbicida clorsulfuron no presentó efecto negativo en la emergencia del cultivo. El mismo resultado obtuvo Goncherenko y Pancini (2014) trabajando con dosis de 15 g. i.a. ha.<sup>-1</sup>, al igual que Lair y Redente (2004) con dosis aún mayores.

Los tratamientos en los que se utilizó atrazina y clomazone si tuvieron efecto negativo en dicha variable. Este último registró los menores valores de emergencia en el período de estudio, siendo el único por debajo del promedio de los tratamientos. Incluso las plantas murieron luego de emerger.

Cuadro No. 4. Contrastes de curvas de emergencias.

<b>Contrastes</b>	<b>P- valor</b>
herbicidas vs. testigo	$< 0.0001$
atrazina vs. clomazone	$< 0.0001$
atrazina vs. clorsulfuron	0.0027
atrazina vs. testigo	0.0003
clomazone vs. clorsulfuron	$<0.0001$
clomazone vs. testigo	$<0.0001$
clorsulfuron vs. testigo	0.8049

( $p$  valor  $< 0,10$ )



T: testigo; CLOR= clorsulfuron; ATR= atrazina; CLOM= clomazone; HERB= promedio de herbicidas

Gráfica No. 1. Curvas de emergencias según tratamiento.

En la gráfica se visualiza claramente el resultado obtenido en el análisis de los datos.

El porcentaje de emergencia final queda constatado a los 26 DPS, por lo tanto parece necesario presentar estos datos, donde se visualiza los efectos que los distintos tratamientos pueden tener en una variable determinante en la implantación del cultivo, etapa que según la bibliografía consultada tiene un peso importante en la producción y persistencia del mismo.

Cuadro No. 5. Porcentaje de emergencia y emergencia relativa a los 26 DPS.

Tratamientos	% de emergencia	% de emergencia relativa
testigo	97	100
clorsulfuron	96	99
atrazina	90	93
clomazone	70	72

\* Testigo fue tomado como base 100

## 4.2. DESARROLLO

Para determinar el efecto de los tratamientos en el desarrollo del cultivo, se utilizó un estimador, obtenido a partir del promedio de las medianas del número de hojas y macollos según tratamiento, que representa un estado de desarrollo, el cual se lee mediante la siguiente escala.

Cuadro No. 6. Escala de desarrollo

<b>Estado de desarrollo</b>	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	1M	2M	3M	4M
<b>Estimador</b>	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1	2	3	4

\*H: hojas; M: macollos

En lo referente al efecto provocado por los distintos tratamientos preemergentes en el desarrollo de las plantas el estudio de los datos de esta variable arrojó como resultados una incidencia del herbicida clorsulfuron que se mantuvo hasta los 52 DPS. El herbicida atrazina en preemergencia tuvo un efecto menos prolongado, extendiéndose hasta los 36 DPS. Goncherenko y Pancini (2014) trabajando con 1Kg y 1.5Kg i.a.ha.<sup>-1</sup> no encontraron efectos negativos sobre el desarrollo de las plantas. Martin et al., Buhler et al., citados por Hashemi y Sadeghpour (2013), sostienen que switchgrass presenta cierto grado de tolerancia a este herbicida gracias al proceso de detoxificación que ocurre dentro de las plantas.

Cuadro No. 7. Prueba Tukey ( $p < 0.05$ ) para estimador de desarrollo.

	<b>36 DPS</b>	<b>52 DPS</b>
<b>Tratamiento</b>	<b>Media (estimador)*</b>	<b>Media (estimador)*</b>
testigo	0.2597 A	0.4903 A
atrazina	0.2347 B	0.4986 A
clorsulfuron	0.2014 C	0.4500 B

\*Distinta letra significa diferencia significativa entre estimadores.

\*Promedio de las medianas de cada tratamiento.

No se constataron grandes efectos de los tratamientos postemergentes en el desarrollo del cultivo, tampoco hubo interacción entre pre. y postemergentes. Como se puede ver en el siguiente cuadro el valor del estimador no se diferencia significativamente entre tratamientos para ninguna de las fechas.

A los 36 días post aplicación se da una diferencia significativa entre el estimador del tratamiento quinclorac (0.56Kg i.a. ha.<sup>-1</sup>) con respecto a los

tratamientos quinclorac (0.42kg i.a. ha.-1), propanil y propanil + clomazone, pero ninguno se diferenci6 significativamente del testigo. Por lo tanto estos efectos no pueden ser atribuidos al herbicida utilizado en postemergencia.

Cuadro No. 8. Medias de la variable estimador de desarrollo (Tukey  $p < 0.05$ ).

7 DPA		14 DPA	
Tratamiento	Media	Tratamiento	Media
quinclorac (0.56kg)	0.3972 A	quinclorac (0.56kg)	0.5056 A
propanil+clomazone	0.3944 A	propanil	0.4806 A
propanil	0.3944 A	quinclorac (0.28kg)	0.4778 A
quinclorac (0.42kg)	0.3861 A	propanil+clomazone	0.4750 A
quinclorac (0.28kg)	0.3833 A	testigo	0.4722 A
testigo	0.3778 A	quinclorac (0.42kg)	0.4667 A
21 DPA		36 DPA	
Tratamiento	Media	Tratamiento	Media
quinclorac (0.56kg)	0.5722 A	quinclorac (0.56kg)	0.6583 A
testigo	0.5611 A	quinclorac (0.28kg)	0.5806 AB
quinclorac (0.28kg)	0.5528 A	testigo	0.5611 AB
propanil	0.5417 A	quinclorac (0.42kg)	0.5444 B
quinclorac (0.42kg)	0.5306 A	propanil	0.5444 B
propanil+clomazone	0.5278 A	propanil+clomazone	0.5194 B

\*Distinta letra significa diferencia significativa entre estimadores.

Si se tiene en cuenta el valor absoluto del estimador, las plantas tratadas con quinclorac (0.56Kg i.a. ha.-1) fueron las que registraron mayor desarrollo. Esto se explica debido a un mayor porcentaje de plantas macolladas, como se ve en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 9. Porcentaje de plantas macolladas por tratamiento.

Tratamiento	% plantas macolladas
quinclorac (0.56kg)	45
quinclorac (0.28kg)	35
quinclorac (0.42kg)	31
testigo	30
propanil	28
propanil+clomazone	24

### 4.3. FITOTOXICIDAD

Los daños por fitotoxicidad que fueron evaluados luego de la aplicación de los herbicidas postemergentes a los 7 días post aplicación, solo fueron evidenciados en los tratamientos que utilizaron propanil y propanil en mezcla con clomazone (cuadro 10).

Cuadro No. 10. Escala visual de daño según tratamiento.

Tratamientos	Daño
testigo	0
quinclorac (0.28kg i.a. ha. <sup>-1</sup> )	0
quinclorac (0.42kg i.a. ha. <sup>-1</sup> )	0
quinclorac (0.56kg i.a. ha. <sup>-1</sup> )	0
propanil	3.4
propanil + clomazone	7.2

\*Escala de 1 a 10, de menor a mayor daño.

Los síntomas de fitotoxicidad constatados fueron manchas foliares blanquecinas tanto puntuales como expandidas a lo largo de la hoja desde el ápice, llegando a cubrir gran parte de las mismas. A los 14 días post aplicación las plantas recuperaron su vigor y ya no se visualizaron síntomas nuevos.

Imagen No. 1. Fitotoxicidad en plantas tratadas con propanil+clomazone.



#### 4.4. MATERIA FRESCA

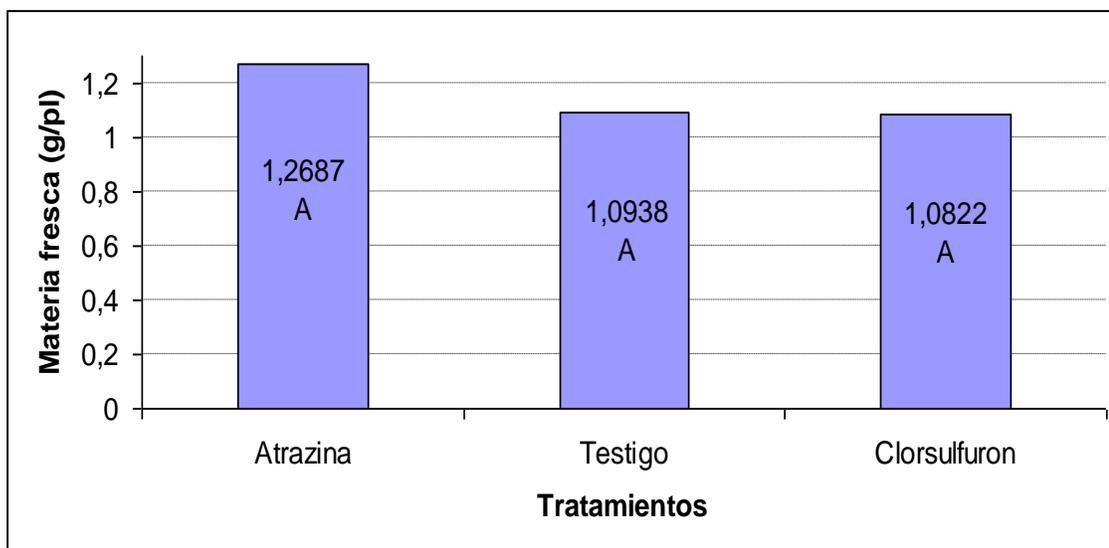
Para el análisis de los datos de materia fresca, se compararon las medias por tratamiento, y se estudiaron los efectos individuales de los herbicidas preemergentes, los postemergentes y la interacción de ambos, sobre esta variable.

El análisis de varianza a un nivel de significancia nominal de 0.10 dio como resultado que tanto los tratamientos preemergentes como postemergentes presentaron diferencias significativas con respecto al testigo, no presentando diferencias las interacciones de preemergentes y postemergentes.

Cuadro No. 11. Análisis de varianza peso fresco

Efecto	P-valor (< 0.10)
preemergente	0.07820
postemergente	0.0002
preemergente x postemergente	0.9787

Se presentan las medias para los efectos principales en las gráficas 2 y 3, contrario al análisis de varianza para los tratamientos preemergentes en la prueba Tukey ( $P < 0.10$ ) no se encontraron diferencias significativas entre dichas medias.



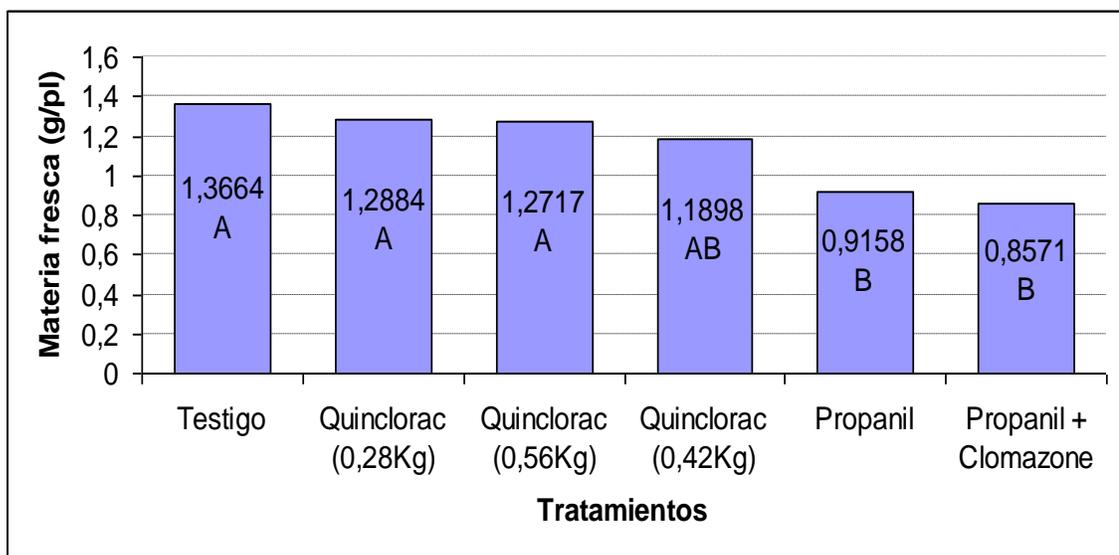
Gráfica No. 2. Prueba Tukey ( $< 0.10$ ) peso fresco de tratamientos preemergentes

El comportamiento similar de los tratamientos con atrazina y el testigo, fue reportado por Goncherenko y Pancini (2014), también en otras variables relacionadas al desarrollo del cultivo, coincidiendo con lo dicho por Cassida et al., citados por Parrish y Fike (2005), en base a estudios realizados tanto en el sur como en el este de Estados Unidos, que la atrazina muy a menudo, favorece el establecimiento de esta especie.

También Curran et al. (1998), al 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.

Esto puede estar explicado como se mencionó en párrafos anteriores, por la rápida detoxificación y asimilación de la atrazina dentro de las plantas como glutatión, un tri-péptido no proteico el cuál interviene en varios procesos.

Para el caso de los herbicidas utilizados postemergentes, si se encontraron diferencias que posibilitan determinar cuáles tratamientos tuvieron mejor o peor desempeño, los resultados se presentan en la siguiente gráfica.



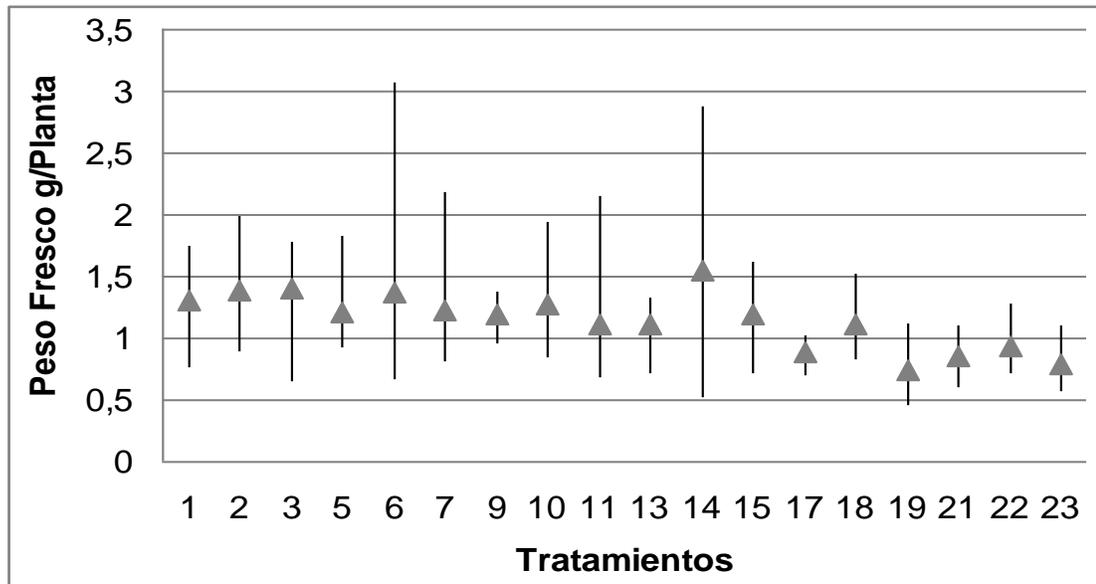
Gráfica No. 3. Prueba Tukey (<0.10) peso fresco de tratamientos postemergentes

En la gráfica se observa que el herbicida quinclorac no presentó diferencias con respecto al testigo, en ninguno de los niveles de dosis utilizados.

Si bien la diferencia entre las medias de los tratamientos quinclorac ( $0.42\text{Kg i.a.ha.}^{-1}$ ) y quinclorac ( $0.56\text{Kg i.a.ha.}^{-1}$ ) no son significativamente distintas, el menor rendimiento en materia fresca del quinclorac ( $0.42\text{Kg i.a.ha.}^{-1}$ ) no era esperable, ya que es una dosis menor, dicho resultado se podría explicar por un eventual ataque de lagartas luego de la aplicación de los postemergentes, que causó una importante defoliación localizada en el experimento.

Con respecto al uso de propanil, este sí causó efectos negativos en la producción de materia fresca del cultivo, determinando una media significativamente menor al testigo, este tipo de herbicidas en las gramíneas provoca que se inhiba la emergencia de hojas, es importante resaltar que la utilización de la mezcla propanil + clomazone no se diferencia con respecto al tratamiento mencionado anteriormente. Esta disminución en peso fresco podría explicarse por el efecto fitotóxico que tuvieron dichos herbicidas sobre las plantas.

A continuación se presenta una gráfica donde pueden visualizarse los rendimientos medios en materia fresca por tratamiento, con sus respectivos máximos y mínimos, se observa claramente los menores valores para los tratamientos 17 en adelante, los cuales corresponden a las aplicaciones de propanil y propanil + clomazone.



1: testigo; 2: atrazina-testigo; 3: clorsulfuron-testigo; 5: testigo-quinclorac (0.56 Kg.i.a./ha.); 6: atrazina-quinclorac (0.56 Kg.i.a./ha.); 7: clorsulfuron-quinclorac (0.56 Kg.i.a./ha.); 9: testigo-quinclorac (0.42 Kg.i.a./ha.); 10: atrazina-quinclorac (0.42 Kg.i.a./ha.); 11: clorsulfuron-quinclorac (0.42 Kg.i.a./ha.); 13: testigo-quinclorac (0.28 Kg.i.a./ha.); 14: atrazina-quinclorac (0.28 Kg.i.a./ha.); 15: clorsulfuron-quinclorac (0.28 Kg.i.a./ha.); 17: testigo-propanil; 18: atrazina-propanil; 19: clorsulfuron-propanil; 21: testigo-propanil+clomazone; 22: atrazina-propanil+clomazone; 23: clorsulfuron-propanil+clomazone.

Gráfica No. 4. Peso fresco, g./planta por tratamiento.

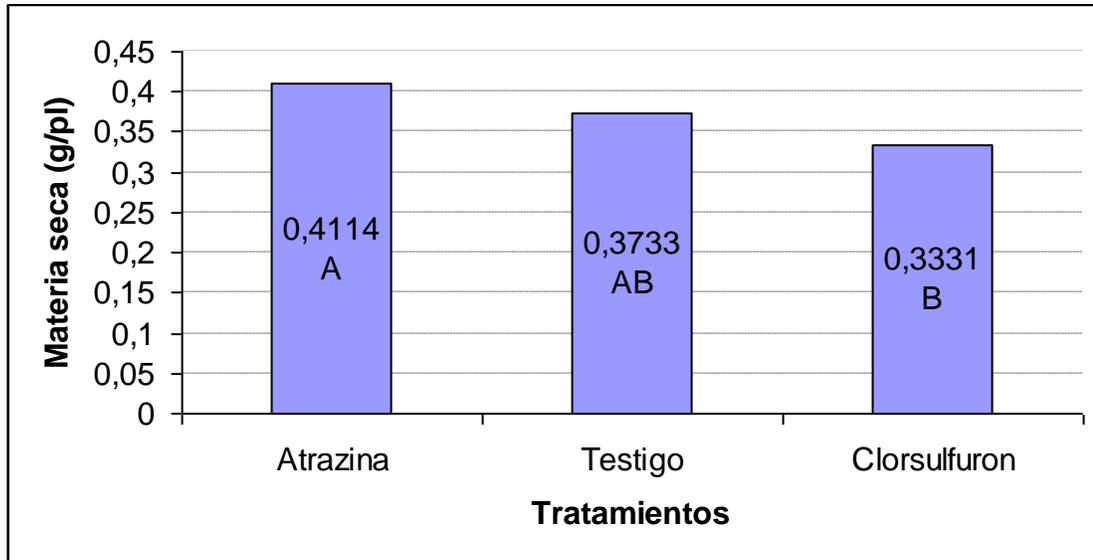
#### 4.5. MATERIA SECA

Analizando la materia seca mediante la media de los tratamientos, se observa en el análisis de varianza que al igual que en peso fresco no hubo interacción entre la aplicación de los herbicidas preemergentes y la de los postemergentes. Por tanto, se presentan las medias de los efectos principales.

Cuadro No. 12. Análisis de varianza de peso seco

Efecto	P-valor (< 0.1)
preemergente	0.0159
postemergente	< 0.0001
preemergente x postemergente	0.9806

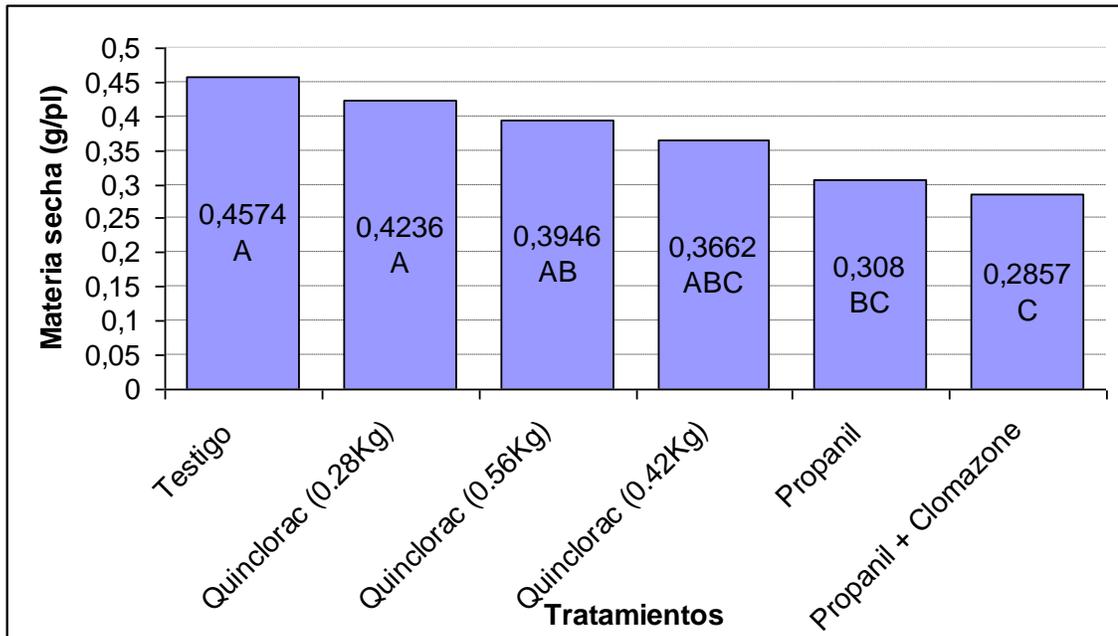
En este caso, cuando se aplica la prueba Tukey a las medias de los tratamientos, se observa que la atrazina, la cual obtiene los valores más elevados, tiene un comportamiento similar al testigo, mientras que presenta diferencias con los tratamientos que utilizaron clorsulfuron, los cuales tuvieron un rendimiento menor a éste pero igual al testigo.



Gráfica No. 5. Prueba Tukey ( $P < 0.10$ ), peso seco de tratamientos preemergentes

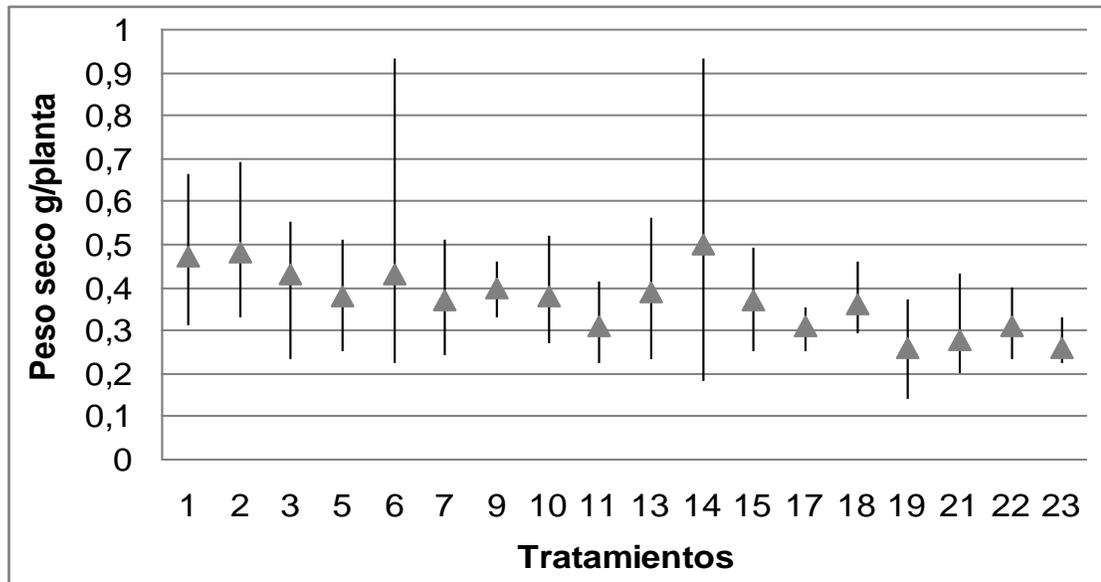
Son más claros los efectos cuando se analizan los tratamientos postemergentes, donde al igual que en materia fresca el uso de quinclorac no presentó diferencias estadísticamente significativas con respecto al testigo, en ninguna de sus dosis, si presentaron las aplicaciones de propanil que disminuyeron los resultados con respecto al testigo.

Se observa una diferencia de 0.1494 g. /pl. entre la media del tratamiento testigo y el propanil, que llevado a una población de 300 000 pl. /ha. son aproximadamente 45 Kg. /ha. a ese nivel de desarrollo del cultivo.



Gráfica No. 6. Prueba Tukey ( $<0.10$ ), peso seco de tratamientos postemergentes

A continuación se presenta un gráfica donde se ubican las medias de todos los tratamientos, con sus respectivos mínimos y máximos. Se aprecia una tendencia de mayor rendimiento en la mayoría de los tratamientos que utilizaron atrazina en preemergencia, dentro de cada grupo de postemergencia.



1: testigo; 2: atrazina-testigo; 3: clorsulfuron-testigo; 5: testigo-quinclorac (0.56 Kg.i.a./ha.); 6: atrazina-quinclorac (0.56 Kg.i.a./ha.); 7: clorsulfuron-quinclorac (0.56 Kg.i.a./ha.); 9: testigo-quinclorac (0.42 Kg.i.a./ha.); 10: atrazina-quinclorac (0.42 Kg.i.a./ha.); 11: clorsulfuron-quinclorac (0.42 Kg.i.a./ha.); 13: testigo-quinclorac (0.28 Kg.i.a./ha.); 14: atrazina-quinclorac (0.28 Kg.i.a./ha.); 15: clorsulfuron-quinclorac (0.28 Kg.i.a./ha.); 17: testigo-propanil; 18: atrazina-propanil; 19: clorsulfuron-propanil; 21: testigo-propanil+clomazone; 22: atrazina-propanil+clomazone; 23: clorsulfuron-propanil+clomazone

Gráfica No. 7. Peso seco, g. /planta por tratamiento

## 5. CONCLUSIONES

Los tratamientos evaluados en preemergencia presentaron diferencias en la selectividad de switchgrass. El herbicida clomazone no fue selectivo, presentó el menor porcentaje de emergencia e incluso las plantas murieron, atrazina registró un porcentaje de emergencia mayor a este, pero significativamente menor a clorsulfuron cuyas emergencias fueron igual al testigo.

Clorsulfuron retraso el desarrollo de las plantas con respecto al testigo, hasta los 52 días post siembra, atrazina tuvo el mismo efecto lo que duró hasta los 36 días. Dichos herbicidas afectaron las etapas iniciales del cultivo, pero no registraron una disminución en la producción de biomasa por planta. Combinando las variables de estudio podríamos inferir que atrazina determinaría menores rendimientos por hectárea que clorsulfuron, debido al efecto en las emergencias.

En el desarrollo del cultivo no se constató interacción entre los tratamientos en preemergencia y en los de postemergencia. Tampoco los tratamientos postemergentes presentaron efectos significativos sobre dicha variable.

Los tratamientos de propanil y propanil en mezcla con clomazone determinaron fitotoxicidad en las plantas. Estos tratamientos no fueron selectivos porque además de los síntomas de fitotoxicidad temporarios presentaron disminución en el peso fresco y seco de la producción de biomasa.

## 6. RESUMEN

*Panicum virgatum L.* es una poacea C4 perenne estival nativa de América del Norte, ha sido utilizada tanto para la recuperación de suelo como la producción de forraje y en las últimas décadas ha despertado interés como cultivo energético. Las principales razones por las que despertó dicho interés son, su alta biomasa neta, alta producción/ha., sus bajos costos de producción, bajos requerimientos de nutrientes, bajos contenidos de cenizas, alta eficiencia en el uso del agua, amplio rango de adaptabilidad geográfica, su fácil establecimiento por semillas, su adaptación a suelos marginales y por su potencial de almacenamiento de carbono en el suelo. Existen aspectos importantes a considerar para lograr un buen establecimiento y producción del switchgrass tales como la colocación de las semillas en el suelo, el alto grado de latencia de las mismas, disponibilidad de agua en el suelo, fecha de siembra y la competencia de las malezas en las primeras etapas del cultivo. A nivel nacional en 2007 se empezó a generar conocimiento sobre dicha especie y continuando con la línea de investigación se plantea el siguiente trabajo, referente a la selectividad de distintos herbicidas preemergentes y postemergente para con el cultivo. El experimento se instaló en la estación experimental Mario A. Cassinoni, bajo condiciones semicontroladas. Se evaluaron cuatro tratamientos preemergentes a saber, testigo, atrazina (1kg i.a.ha.<sup>-1</sup>), clorsulfuron (0.012 Kg. i.a.ha.<sup>-1</sup>), clomazone (0.48 Kg. i.a.ha.<sup>-1</sup>) y seis tratamientos postemergente, testigo, quinclorac en tres dosis (0,56; 0,42; 0,28 Kg. i.a.ha.<sup>-1</sup>), propanil (2,4 Kg. i.a.ha.<sup>-1</sup>), y mezcla de propanil más clomazone (2,4 y 0,288 Kg. i.a.ha.<sup>-1</sup> respectivamente). Las variables evaluadas fueron, porcentaje de emergencia, desarrollo, fitotoxicidad y biomasa aérea (materia fresca y seca). Clomazone registró el menor porcentaje de emergencia e incluso las plantas murieron, por lo que su uso no es recomendado en el cultivo, atrazina tuvo un comportamiento intermedio entre este y clorsulfuron, que fue el herbicida de mayor selectividad en preemergencia. Propanil y propanil + clomazone fueron tratamientos no selectivos porque presentaron síntomas de fitotoxicidad y disminución en la producción de biomasa aérea. El herbicida de mayor selectividad en postemergencia fue quinclorac, no presentando diferencias según dosis evaluadas.

Palabras clave: Switchgrass; Herbicidas; Preemergencia; Postemergencia; Selectividad; Desarrollo; Emergencia; Fitotoxicidad; Biomasa.

## 7. SUMMARY

*Panicum virgatum L.* is a C4 summer perennial grass, native to North America, ha. Been used as much for soil recovery as forage production and in recent decades ha. Aroused interest as an energy crop. The main reasons for this interest are: high net biomass, high production / ha, low production costs, low nutrient requirements, low ash content, high efficiency in water use, wide range of adaptability Its easy establishment by seeds, its adaptation to marginal soils and its potential for carbon storage in the soil. There are important aspects to consider in order to achieve a good establishment and production of the switchgrass, such as seed placement in the soil, the high degree of latency of the seeds, availability of water in the soil, date of planting and competition of the seeds. Weeds in the early stages of cultivation. At the national level in 2007 began to generate knowledge about this species and continuing with the line of research the following work is proposed, referring to the selectivity of different herbicides preemergentes and postemergente to the crop. The experiment was installed in the experimental station Mario A. Cassinoni, under semicontrolled conditions. Four preemergent treatments were evaluated: control, atrazine (1 kg i.a.ha.-1), clorsulfuron (0.012 kg i.a.ha.-1), clomazone (0.48 kg i.a.ha.-1). And six treatments post-emergent, control, quinclorac in three doses (0.56, 0.42, 0.28 kg a.ha.-1), propanil (2.4 kg a.ha.-1), and propanyl plus clomazone (2.4 and 0.288 kg a.a.-1 respectively). The variables evaluated were percentage of emergence, development, phytotoxicity and aerial biomass (fresh and dry matter). Clomazone recorded the lowest percentage of emergence and even the plants died, so its use is not recommended in the crop, atrazine had an intermediate behavior between this and clorsulfuron, which was the herbicide of greater selectivity in pre-emergence. Propanil and propanil + clomazone were non-selective treatments because they showed symptoms of phytotoxicity and decrease in aerial biomass production. The herbicide with the highest selectivity in postemergence was quinclorac, not presenting differences according to dose evaluated.

Keywords: Switchgrass; Herbicides; Preemergence; Post-emergence; Selectivity; Development; Emergency; Phytotoxicity; Biomass.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Alexopoulou, E.; Sharma, N.; Christou, M.; Piscioneri, I.; Mardikis, M.; Pigniatelli, V. 2001. Switchgrass in the Mediterranean region. In: Elbersen, H. W. ed. Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) as an alternative energy crop in Europe Initiation of a productivity network. s.n.t. pp. 13-20.
2. Boydston, R. A.; Collins, H. P.; Fransen, S. C. 2010. Response of three switchgrass (*Panicum virgatum*) cultivars to mesotrione, quinclorac, and pendimethalin. *Weed Technology*. 24:336–341.
3. Caseley, J. C. 1996. Herbicidas. (en línea). In: Labrada, R.; Caseley J. C.; Parker, C. eds. Manejo de malezas para países en desarrollo. Roma, Italia, FAO. 481 p. (Estudio FAO. Producción y Protección Vegetal no. 120). Consultado 11 may. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s05.htm>
4. Checovich, M. L.; Ruíz, M. A. 2012. Variación en el nivel de dormición de la semilla en distintas variedades de la forrajera estival *Panicum virgatum* L. *Revista Investigación Agropecuaria*. 38 (2):165-170.
5. Collavo, A. 2008. Resistance to graminicides in monocotyledons weeds. Case studies of *Lolium* spp. and *Phalaris paradoxa* in Italy. Thesis PhD. Padua, Italia. University of Padova. Doctórate School of Crop Science. 176 p.
6. 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). In: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America Conference (1998, s.l.). Proceedings. Madison, WI. s.p. Consultado 30 set. 2016. Disponible en <http://extension.psu.edu/pests/weeds/research/switchgrass>
7. Duke, S. O. 1996. Herbicide-resistant crops; agricultural, environmental, economic, regulatory and technical aspects. Boca Raton, FL, Chemical Rubber Company. 420 p.

8. Elbersen, H. W.; Christian, D. G.; Yates, N. E.; EL Bassam, N.; Sauerbeck, G. 2001. Switchgrass in NW Europe. *In*: Elbersen, H. W. ed. Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) as an alternative energy crop in Europe Initiation of a productivity network. Harpenden, UK, Rothamsted Research. pp. 5-12.
9. Esqueda Esquivel, V. A. 1999. Control de malezas con clomazone y ametrina. *Agronomía Mesoamericana*. 10: 23-30.
10. Goncharenko, G.; Pancini, S. 2014. Evaluación de la selectividad de herbicidas preemergentes y postemergentes en switchgrass (*Panicum virgatum* L.). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 51 p.
11. 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.
12. Knapp, A. D. 2000. An overview of seed dormancy in native warm-season grasses. *In*: Moore, K. J.; Anderson, B. E. eds. Native warm-season grasses; research trends and issues. Madison, WI, CSSA/ASA. pp. 107-122 (CSSA Special Publication no. 30).
13. Martin, A. R.; Moomaw, R. S.; Vogel, K. P. 1982. Warm-season grass establishment with atrazine. *Agronomy Journal*. 74:916–920.
14. Masters, R. A.; Sheley, R. L. 2001. Principles and practices for managing rangeland invasive plants. *Journal of Range Management*. 54:362–369.
15. Mitchell, R. B.; Britton, C. M. 2000. Managing weeds to establish and maintain warm-season grasses. *In*: Moore, K. J.; Anderson, B. E. eds. Native warm-season grasses; research trends and issues. Madison, WI, CSSA/ASA. pp. 159-176 (CSSA Special Publication no. 30).
16. \_\_\_\_\_; Vogel, K. P.; Berdahl, J.; Masters, R. A. 2010. Herbicides for establishing switchgrass in the central and northern Great Plains. *Bioenergy Research*. 3:321–327.

17. Moser, L. E.; Vogel, K. P. 1995. Switchgrass, big bluestem, and indiangrass. *In*: Barnes, R. F. eds. Forages; an introduction to grassland agriculture. Ames, Iowa, Iowa State University. pp. 409-420.
18. Mulkey, V. R.; Owens, V. N.; Lee, D. K. 2006. Management of switchgrass-dominated conservation reserve program lands for biomass production in South Dakota. *Crop Science*. 46:712–720
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 27 may. 2016. Disponible en <http://www.cabdirect.org/abstracts/20083219019.html>
21. Rinehart, L. 2006. Switchgrass as a bioenergy crop. (en línea). Lexington, University of Kentucky. College of Agriculture. 10 p. Consultado 26 may. 2016. Disponible en <http://www.uky.edu/Ag/Forage/switchgrass2.pdf>
22. Sanderson, M. A.; Reed, R. L.; McLaughlin, S. B. 1996. Switchgrass as a sustainable bioenergy crop. *Bioresource Technology*. 56:83–93.
23. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2000. Switchgrass growth and development; water, nitrogen, and plant density effects. *Journal of Range Management*. 53:221–227.
24. \_\_\_\_\_.; 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 may. 2016. Disponible en <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1551&context=agronomyfacpub>
25. SATA. 2016. La guía SATA; guía para la protección y nutrición animal. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 26 may. 2016. Disponible en <http://www.laguiasata.com>

26. Schmer, M. R.; Vogel, K. P.; Mitchell, R. B.; Moser, L. E.; Eskridge, K. M.; Perrin, R. K. 2006. Establishment stand thresholds for switchgrass grown as a bioenergy crop. *Crop Science*. 46:157–161
27. Siri Prieto, G. 2012. Switchgrass como alternativa energética en el Uruguay. *Cangüé*. no. 32: 31-39.
28. Taylor, R. W.; Allinson, D. W. 1982 Response of three warm-season grasses to varying fertility levels on five soils. *Canadian Journal Plant Science*. 62:657–665.
29. Thomason, W. E.; Raun, W. R.; Johnson, G. V.; Taliaferro, C. M.; Freeman, K. W.; Wynn, K. J.; Mullen, R. W. 2004. Switchgrass response to harvest frequency and time and rate of applied nitrogen. *Journal of Plant Nutrition*. 27: 1199-1226.
30. USDA. NRCS (United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service, US). 2001. Switchgrass *Panicum virgatum* L. (en línea). Washington, D. C. s.p. Consultado 27 may. 2016. Disponible en [http://plants.usda.gov/factsheet/pdf/fs\\_pavi2.pdf](http://plants.usda.gov/factsheet/pdf/fs_pavi2.pdf)