

**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**EFFECTO DEL USO DE DIFERENTES SAFENERS EN LA
SELECTIVIDAD DE SORGO AL USO DE GRAMINICIDAS
PREEMERGENTES**

por

Gonzalo VERGARA MAURI

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2012**

Tesis aprobada por:

Director: -----
Ing. Agr. Juana Villalba

Ing. Agr. Dra. Grisel Fernandez

Ing. Agr. Guillermo Siri

1°. de diciembre de 2012

Fecha: -----

Autor: -----
Gonzalo Vergara Mauri

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su apoyo incondicional, pilares fundamentales en mi vida y por acompañarme en mis logros y fracasos, gracias a los cuales todo esto me ha sido posible.

A la Ing. Agr. Juana Villalba, docente y tutora, por su apoyo y gran dedicación a la realización de esta investigación.

A los demás docentes y ayudantes de esta cátedra.

A la Lic. Sully Toledo, por su buena disposición y aportes en la corrección de este documento.

A Matías, David y Renzo por alojarme en el verano para poder realizar el trabajo de campo.

A mis compañeros especialmente generación EEMAC 2011 y amigos que me han acompañado durante toda la carrera haciendo de ella una etapa muy importante en mi vida.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACION.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	V
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 EL CULTIVO DE SORGO.....	3
2.1.1 <u>Características del cultivo</u>	3
2.1.2 <u>Aptitud climática del Uruguay</u>	4
2.1.3 <u>Interferencia de malezas</u>	5
2.2 LOS HERBICIDAS Y EL CULTIVO	7
2.3 SAFENERS.....	10
2.3.1 <u>Características químicas de los safeners</u>	12
2.4 HERBICIDAS UTILIZADOS	14
2.4.1 <u>Atrazina</u>	14
2.4.2 <u>Graminicidas</u>	15
2.4.2.1 Metolachlor.....	15
2.4.2.2 Acetochlor.....	16
3. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	17
3.1 TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	17
3.2 INSTALACIÓN.....	18
3.3 DETERMINACIONES.....	18
3.3.1 <u>Porcentaje de germinación de semilla</u>	18
3.3.2 <u>Porcentaje de emergencia</u>	19
3.3.3 <u>Materia seca</u>	19
3.4 ANALISIS ESTADISTICO Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	19
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	20
5. <u>CONCLUSIONES</u>	39
6. <u>RESUMEN</u>	40
7. <u>SUMMARY</u>	41
8. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	42

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Descripción de los tratamientos.....	17
2. Porcentaje de germinación de semillas de sorgo, en la cámara de crecimiento.....	20
3. Porcentaje de germinación acumulativa de sorgo hasta el día 15.....	21
4. Fuentes de variación y su significancia para la evolución de la germinación.....	22
5. Porcentaje de germinación por fecha.....	23
6. Porcentaje de plantas punteando promedio de día 6 y 8.....	24
7. Porcentaje de plantas con una hoja promedio día 6 y 8.....	24
8. Porcentaje de plantas dañadas sobre las emergidas día 10.....	27
9. Fuentes de variación y su significancia para los factores estudiados en el análisis por tratamiento...	35
10. Efecto del protector sobre el peso medio (g) de los tratamientos.....	35
11. Materia seca (g) acumulada al día 15 con y sin el uso de protector para los diferentes tratamientos herbicidas.....	36
12. Fuentes de variación y su significancia para los factores estudiados en el análisis por planta.....	37
13. Materia seca acumulada (g/planta) al día 15 con y sin el uso de protector para los diferentes tratamientos herbicidas.....	37

Figura No.

1. Evolución de germinación acumulada.....	22
2. Porcentaje plantas punteando y plantas con una hoja a los días 6 y 8 días post siembra.....	25
3. Acetochlor sin protector.....	26
4. Metolagan 1.6L/ha sin protector.....	26
5. Atranex +Dual 1.6L/ha sin protector, plantas muertas.....	28
6. Atranex + Acierto 2L/ha sin protector, plantas muertas.....	28
7. Vista del experimento. Plantas normales y dañadas.....	28
8. Porcentaje de plantas dañadas/emergencias al día 13 sin uso de fluxofenim.....	29
9. Porcentaje plantas dañadas/emergidas, día 10 y día 13 sin uso de fluxofenim.....	30
10. Porcentaje plantas dañadas/emergidas a los 10, 13 y 15 días para semillas sin protector fluxofenim..	32
11. Testigo sin protector.....	32
12. Testigo con protector.....	32
13. Acierto sin protector.....	33
14. Acierto con protector.....	33
15. Dual 1L sin protector.....	33
16. Dual 1L con protector.....	33
17. Dual 1.6L sin protector.....	33

18. Dual 1.6L con protector.....	33
19. Metolagan 1L sin protector.....	34
20. Metolagan 1L con protector.....	34
21. Metolagan 1.6L sin protector.....	34
22. Parrallel sin protector.....	34
23. Parrallel con protector.....	34
24. Materia seca acumulada (g/planta) con y sin protector para tratamiento de Antranex + Acierto.....	38

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se producen aproximadamente 58 millones de toneladas de grano de sorgo, con una tendencia a aumentar su superficie. EUA y Nigeria son los principales productores de grano de sorgo con un 34% del total (Sánchez, citado por Bentancor y Bentancor, 2010).

El sorgo es utilizado principalmente para la alimentación animal directa así como para formulación de raciones, y en algunas regiones del mundo también es dedicado al consumo humano principalmente en lugares donde el auto cultivo familiar forma parte del sustento alimentario.

En nuestro país la importancia del sorgo como parte integrante de un sistema de producción, radica en su utilización como grano y forraje para alimento animal. Además en los últimos tiempos y con el advenimiento de sistemas de agricultura continua en siembra directa, el sorgo ha tomado un rol importante en la integración de las rotaciones agrícolas, ya que sus características físicas como cultivo y producción de altos volúmenes de rastrojo lo hace un integrante casi obligado en las rotaciones agrícolas. Además en los últimos años ha existido un impulso desde la industria de los combustibles hacia la utilización de sorgo dulce como materia prima en la fabricación de biocombustibles.

El desarrollo de nuevos híbridos de sorgo, con mayor potencial de rendimiento, cercano a los 10.000 kg/ha, ha sido un proceso continuo. No obstante, este potencial de rendimiento no se ha reflejado en los rendimientos promedio obtenidos en las distintas zonas del país, los mismos se ubican en 3916Kg/ha para la zafra 2009/10 (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2010). Algunas de las explicaciones se asocian a problemas relacionados al manejo del cultivo, y a condiciones de deficiencias hídricas, frecuentes en Uruguay, si bien el maíz es quien sufre las mayores pérdidas, el sorgo es manejado con cierta marginalidad en este sentido porque por sus condiciones de plasticidad y rusticidad presenta mayor tolerancia.

Como contrapartida, Uruguay ha tenido a lo largo de los años una tendencia a la baja en lo que se refiere al área de producción de sorgo, teniendo su pico máximo a mediados de los setenta (Carrasco, 1989). Con una tendencia creciente desde 2003 a la fecha, sin embargo el área de cultivos de verano en los últimos años ha aumentado debido principalmente al cultivo de soja, desplazando al sorgo y a los demás cultivos de verano.

Una de las formas de interferencia directa que afecta el cultivo son las malezas, compitiendo por agua, espacio, luz y nutrientes. Cuando además esta competencia se da entre plantas cultivadas y malezas fisiológicamente o taxonómicamente similares, es más difícil la solución a través del control químico, ya que tienen reacciones similares frente a los herbicidas. Por ello, son pocos los herbicidas selectivos en el cultivo con un buen control de malezas gramíneas y sin generar fitotoxicidad.

En este escenario una de las herramientas que amplían el uso de herbicidas es la utilización de safeners o protectores para tratar el cultivo. Los safeners o protectores son agentes químicos capaces de reducir la intoxicación o fitotoxicidad producida en el cultivo por el herbicida, mediante la alteración en mecanismos o procesos fisiológicos y bioquímicos en el cultivo sin reducir la efectividad en el control de las malezas objetivo.

Este trabajo tuvo por objetivos, evaluar la selectividad en el desarrollo inicial de sorgo a la aplicación de graminicidas preemergentes, conferida por el uso de diferentes safeners (fluxofenim en la semilla o benoxacor en la formulación del herbicida).

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 EL CULTIVO DE SORGO

El sorgo como cultivo granífero es relativamente nuevo en el país, máxime considerando su carácter productor de granos, pues inicialmente se destinaba a un uso forrajero (Carrasco, 1989). Tiene un buen potencial de desarrollo en Uruguay debido a que presenta una alta rusticidad y potencial de rendimiento en secano un poco superior al resto de los cultivos de verano.

El área de siembra se incrementó desde mediados de los años sesenta y hasta fines de la década del setenta, a partir de cuando hay un descenso marcado en la misma (Carrasco, 1989). Esto a llevado a que hoy se este en la misma área sembrada que hace 30 años.

El potencial de rendimiento ha ido aumentando en los últimos años debido a la implementación de tecnología: manejo del cultivo (56%), preparación de suelo y material genético (44%), cultivo de alta respuesta a la evolución tecnológica (Díaz, citado por Algorta y Carcabelos, 2007).

2.1.1 Características del cultivo

El sorgo se ubica dentro de la familia Gramínea, subfamilia Panicoideae, tribu Andropogoneae y el género Sorghum y su nombre científico es *Sorghum bicolor*.

Según describe Siri (2004) el sorgo es una gramínea típica que presenta gran variación en cuanto a su capacidad de macollar debido a factores genéticos o ambientales (población, humedad, fertilidad, fotoperiodo, etc). Las yemas basales del tallo desarrollan macollas, se puede dar como mecanismo de supervivencia o en caso de bajas densidades de siembra. Las plantas pueden presentar gran variación de alturas todas de hábito erecto estando en función directa con el número de nudos y éste en función del tiempo de crecimiento y el largo del pedúnculo. Las hojas presentan estomas en ambas caras siendo estos mas chicos (2/3) y mayor cantidad por unidad de área (50%) que los de maíz, el área de hoja ocupada por poros es igual tanto en sorgo como en maíz.

Según describe el mismo autor, el comportamiento estomático del sorgo es responsable de su rusticidad frente a deficiencias hídricas, ya que aun bajo condiciones de severo estrés, los estomas permanecen abiertos aunque sea levemente durante el día. Además tiene capacidad de reacción frente a condiciones desfavorables, permanece en estado latente y reanuda el crecimiento en condiciones favorables. Estas características permiten tolerar déficit de hasta 200 mm en la estación de crecimiento y es afectado por excesos de más de 100 mm en la maduración.

A partir de los 450 mm de agua el rendimiento se hace independiente de la evapotranspiración total, por lo que el problema pasa a ser la eficiencia de uso del agua, por ello toda el agua debe pasar a través de la planta en forma de transpiración y se debe reducir al mínimo las pérdidas por evaporación. Esto es afectado por la densidad de plantas ya que a mayor IAF más agua se perderá por transpiración.

El sistema radicular no se caracteriza por el peso de las raíces, sino por una importante ramificación que le permite una muy buena exploración del suelo, siendo la especie de mayor superficie radicular por medida de volumen de suelo, lo que lo hace más resistente a un estrés hídrico y le permite una alta eficiencia en la utilización de nutrientes, generando una ventaja comparativa frente a las demás especies.

El sorgo es una especie C4 por lo que presenta las siguientes características fotosintéticas: alto punto de saturación lumínica, fotosíntesis máxima con temperaturas elevadas, alta eficiencia en el uso del agua y nitrógeno, bajo punto de compensación por CO₂ y alto punto de compensación por luz.

2.1.2 Aptitud climática en Uruguay

La temperatura mínima para la germinación es de 10°C, siendo la óptima 18 – 21°C. Para los 35° de longitud, la temperatura mínima del suelo se alcanza entre el 10 y el 22 de setiembre, lográndose la óptima recién a principios de noviembre (Siri, 2004).

En el país no existen limitantes en cuanto a temperaturas, el rango de temperaturas predominantes en verano se encuentra dentro de la zona de máxima respuesta biológica. Existe una diferencia en temperatura entre el norte y el sur observándose acortamiento del ciclo en el norte por altas temperaturas, se acorta desde iniciación floral hasta emergencia de la panoja.

Si la temperatura fuera el único factor en consideración, el rendimiento potencial de sorgo en la zona norte del país sería mayor (Carrasco, 1989).

La radiación es un factor importante por dos aspectos, por la condición de especie C4 y por el rendimiento en grano, que depende en última instancia de la fotosíntesis durante la etapa de llenado de grano. La radiación es un factor bien disponible en el Uruguay teniendo la máxima radiación compatible con la agricultura de secano.

En Uruguay el promedio de precipitaciones es 100mm por mes (régimen Isohigro) por lo que en todo el ciclo del cultivo se pueden esperar 400mm de precipitaciones y sumado a un suelo que almacene aproximadamente 100mm da para cubrir los requerimientos del cultivo. Esto esta sujeto a una gran variabilidad interanual lo que dificulta establecer un manejo.

2.1.3 Interferencia de malezas

Las pérdidas de productividad ocasionada por la presencia de malezas en sorgo, al igual que en otros cultivos, se asocian con las interferencias durante las etapas previas a la siembra, durante el desarrollo del cultivo y durante la cosecha.

Las pérdidas de mayor impacto en el cultivo se dan por la competencia por los recursos esenciales para el crecimiento. La magnitud de las mismas depende de la densidad del enmalezamiento, de las especies que lo componen, del periodo de competencia y de la agresividad que pueda expresar el cultivo.

La particular combinación de estos factores para las condiciones de producción promedio de nuestro país, es la principal explicación de las fuertes pérdidas constatadas en rendimiento en grano de sorgo por efecto de malezas (Fernandez, citado por Siri, 2004).

Las características de los enmalezamientos mas frecuentes de nuestro país son, niveles medios a elevados de malezas competitivas para el cultivo, como *Digitaria sp*, *Echinochloa sp*, *Amarantus sp*, *Conyza sp*, como malezas de ciclo anual y *Cynodon dactylon* y *Sorghum halepense*, como malezas perennes.

A estas características del enmalezamiento se suman dos inherentes al cultivo, lentas tasas de crecimiento inicial confiriéndole baja competitividad en estos momentos y temprana definición de su potencial de rendimiento.

Ubicando el periodo de mayor susceptibilidad frente a la limitación de recursos en el momento que tiene menos capacidad competitiva.

La composición de especies de la comunidad de malezas problema es un factor de fundamental importancia, ya que determina el grado de la interferencia, según las especies que estén presentes varían los hábitos de crecimiento de las mismas, las necesidades de recursos y esto determina en parte, la competencia al cultivo. Generalmente, cuanto mas cercanas estén las especies de malezas emparentadas fisiológica y taxonómicamente al cultivo más será la competencia de las mismas con el cultivo por los recursos del ambiente.

El objetivo básico del manejo integrado de malezas es la disminución de los niveles de malezas para que no generen competencia al cultivo.

Interesa conocer la comunidad de malezas ya que el control de malezas para ser una práctica correcta debe ser diseñado y programado en el tiempo para poder llegar a controlar las malezas problema en los momentos óptimos de control, estos pueden ser en cultivos anteriores, en el barbecho previo al cultivo o durante el mismo. El conocimiento de las herramientas disponibles es imprescindible para el buen control de las malezas en el sistema, ya que se debe tener en cuenta el tipo de malezas, el momento de interferencia con el cultivo, el daño que pudieran ocasionar y su momento optimo de control.

En cuanto a lo anterior, es importante recordar que el cultivo de sorgo es altamente susceptible a la interferencia de malezas en los estados iniciales del cultivo, esto dado por la baja competitividad del mismo en estos estadios, por lo que el control de las mismas debe ser temprano.

Pitelli (1987) argumenta que en la practica, este debe ser el periodo en que el poder residual del herbicida debe actuar en el control de las malezas, ya que especies de malezas que emergen en este periodo, en época temprana del ciclo del cultivo, podría promover una reducción significativa en la productividad económica y de la calidad del producto final generado por el cultivo.

En Uruguay y para una situación de enmalezamiento con *Digitaria Sanguinalis*, Caticha y Sánchez (1985) encontraron que las máximas pérdidas de grano en sorgo se produjeron como resultado de la competencia realizada por la maleza entre la 5ª y 8ª hoja del cultivo, periodo al cabo del cual la maleza alcanzó el 40% de su crecimiento final mientras que el sorgo solo acumuló un 23%. Este trabajo y otros sobre el tema en el país como los realizados por Ott y Ríos (1981), Holtz y Ghisellini (1985), Elhordoy y Forteza (1986), Parrieti y

Porro (1986) han evidenciado la relevancia de los efectos de las malezas en el rendimiento en grano de sorgo.

2.2 LOS HERBICIDAS Y EL CULTIVO.

El control químico a través del uso de herbicidas de aplicación en preemergencia o presiembra, además de generar un ambiente libre de malezas en la emergencia del cultivo, se asocia a una buena cobertura del suelo que el cultivo pueda lograr, evitándose la competencia inicial con las malezas, logrando un sistema más eficiente.

El metolachlor es el graminicida recomendado para la aplicación en la preemergencia de sorgo. Pertenece al grupo de las cloroacetamidas, su mecanismo de acción no a sido descubierto totalmente a pesar de la amplia investigación sobre el mismo (Kogan y Perez, 2003).

Muchos efectos diferentes fueron descritos con el uso de las cloroacetamidas, se han descrito como inhibidoras de la síntesis de lípidos, ácidos grasos, ceras foliares, terpenos, flavonoides, proteínas involucradas en la división celular, y también por interferencia en procesos de regulación hormonal (Liebl, 1995).

Por estos mecanismos las cloroacetamidas son inhibidoras del crecimiento del meristema apical de la raíz. Las plantas sensibles mueren antes de la emergencia (Weed, 1994).

El control químico de las malezas, es en la actualidad el método de control más utilizado por los productores agrícolas, ya sea por la practicidad de su utilización, por la eficiencia de los mismos, o por el costo menor comparado a otros métodos de control. Es bueno aclarar que este proceso de intensificación en el uso de herbicidas y además el uso de la siembra directa, a generado un incremento en la selección de especies de malezas resistentes y por lo tanto una alteración de las especies problemas presentes en los sistemas, además generalmente estas especies resistentes son las determinan la mayor competencia a los cultivos. Generalmente estas especies seleccionadas presentan características botánicas muy próximas a las especies cultivadas, en consecuencia, pueden presentar un alto potencial competitivo con el cultivo (Pitelli, 1987).

El uso continuo de herbicidas va generando selección de algunas especies de malezas, especialmente el uso repetido de un mismo herbicida o

herbicidas con el mismo modo de acción, selecciona individuos resistentes, los mismos van sobreviviendo y de este modo se generan poblaciones de malezas resistentes.

La necesidad de generar conocimiento sobre los aspectos fisiológicos que determinaban la resistencia a herbicidas en las malezas, determinó sumar evidencias respecto al conocimiento de los modos de acción de muchos herbicidas así como de los procesos de metabolización involucrados en la selectividad de ellos.

Los procesos de evolución de la resistencia a herbicidas pasan por 3 estadios, eliminación de biotipos altamente sensibles, quedando solo los mas tolerantes y resistentes, eliminación de todos los biotipos, excepto los resistentes y por último, selección de estos dentro de una población con alta tolerancia y entrecruzamiento entre los biotipos sobrevivientes, generando nuevos individuos con mayor grado de resistencia, los cuales pueden ser seleccionados nuevamente (Mortimer, citado por Vaz da Silva, 2007).

Suzuki et al., citados por Vaz da Silva (2007), mencionan como mecanismos que le confieren resistencia a las malezas, alteración del sitio de acción del herbicida, compartimentación y metabolización del herbicida. La alteración del sitio de acción del herbicida es debido a un proceso que altera uno o más aminoácidos de la proteína al ser formada, resultando en una proteína mutante, pero según Kissmann, citado por Vaz da Silva (2007), es improbable que las mutaciones puedan ocurrir por acción del herbicida.

La compartimentación ocurre cuando una molécula de herbicida es conjugada con metabolitos de la planta, tornándose inactiva, y es removida de las partes metabólicamente activas de la célula y almacenada en lugares inactivos, como las vacuolas. Debido a la conjugación y compartimentación, la absorción y la translocación del herbicida se ve alterada, es por esto que la cantidad de herbicida que llega al sitio de acción es reducida, no llegando a ser letal.

La metabolización del herbicida ocurre cuando la planta posee la capacidad de descomponer la molécula del herbicida más rápidamente que las plantas más sensibles, tornándola inactiva. Las formas mas comunes de metabolización incluyen hidrolisis y oxidación, algunas moléculas pueden ser conjugadas con las glutatión transferasa (GSH) y aminoácidos. Los conjugados generalmente son inactivos, mas hidrofílicos, y menos móviles en la planta y mas susceptibles a los procesos secundarios de conjugación, detoxificación y compartimentación en comparación con la molécula de herbicida original (Kreuz et al., 1996).

La velocidad de metabolización puede variar con la especie, estado fisiológico de la planta, con la temperatura a la cual esta expuesta, siendo dependiente del ambiente, de esta manera una misma cantidad de herbicida aplicada a una misma especie puede ser fitotóxica en determinadas condiciones y no producir ningún daño en otras.

Cataneo, citado por Vaz da Silva (2007), explica que el metabolismo global de los herbicidas en las plantas puede ser dividido en 4 fases. La fase 1 (transformación) es una alteración directa en la estructura química del herbicida causada por reacciones de oxidación, reducción e hidrólisis. Las reacciones de oxidación en esta fase son realizadas por las enzimas P450 (también denominadas enzimas monooxigenasas dependientes del citocromo P450). Estas enzimas se ligan a la molécula de oxígeno, catalizan la activación de las mismas e incorporan uno de sus átomos al herbicida, causando su hidroxilación. Seguido a la oxidación, muchos herbicidas son rápidamente glicosilados (conjugados a un azúcar por un puente glicosílico) por enzimas glicosiltransferasas o conjugados a un glutatión por las enzimas glutatión S-transferasas (reacciones de la fase 2, considerada como fase de conjugación), resultando en la formación de conjugados menos tóxicos y más solubles en agua. Los herbicidas glicosilados son entonces transportados para las vacuolas y para la matriz extracelular (reacciones de la fase 3, caracterizadas como de compartimentación) siendo posteriormente procesados (fase 4).

Este autor relató que el interés en las GSTs está enfocado sobre maíz (también se puede hacer extensivo a sorgo) por el hecho que los herbicidas utilizados en el cultivo, tales como, metolachlor, alachlor y atrazina son detoxificados por conjugación con GSH. El mismo investigador observó también que varios estudios indican que, a menudo, el principio determinante de la selectividad del herbicida en las plantas es la capacidad para su metabolización y detoxificación de la sustancia.

En plantas de cereales y malezas resistentes, la glutatión-S-transferasa es frecuentemente considerada como crucial para la detoxificación metabólica de la planta y este proceso es generado o ampliado por el herbicida.

Las GSTs no se distribuyen de la misma forma entre las plantas, existen plantas con actividad más elevada de estas enzimas, estas plantas son más resistentes al tratamiento con herbicidas mientras que las plantas más sensibles mueren. Por ejemplo plantas como maíz y sorgo son tolerantes a atrazina por que presentan niveles elevados de GST, que catalizan la conjugación atrazina-GSH, resultando en la transformación de este herbicida en una forma no tóxica soluble en agua.

La detoxificación y eliminación de compuestos potencialmente fitotóxicos como los agroquímicos (xenobióticos) presentes en el medio ambiente es un requisito para la sobrevivencia de las plantas. La habilidad de las plantas en detoxificar ciertos compuestos químicos derivados de herbicidas a través de reacciones enzimáticas específicas es reconocido como uno de los factores críticos para la determinación de la selectividad del cultivo a los herbicidas.

Cualquier factor externo que facilite o posibilite el aumento de la selectividad de los herbicidas para el cultivo, aumentando los procesos de detoxificación de los compuestos químicos perjudiciales para el desarrollo del mismo debe ser tenido en cuenta como una herramienta de fundamental importancia, y al cual debe dedicársele investigación, este es el caso de los safeners. Esto permite ampliar el uso de determinados herbicidas a otros cultivos y ampliar la base química para el control de malezas.

2.3 SAFENERS

Safeners también conocidos como antídotos o protectores, son agentes químicos, utilizados para reducir la intoxicación de plantas de cultivos por herbicidas a través de mecanismos fisiológicos y moleculares, sin interferir con el control de las malezas (Davies y Caseley, 1999).

Los Safeners actualmente comercializados se utilizan para protección de cultivos como el sorgo, maíz y arroz tanto en presiembra como preemergencia y también cultivos de invierno en postemergencia, previniendo el daño de diferentes grupos de herbicidas utilizados según el cultivo (Hatzios y Burgos, 2004).

El concepto de la utilización de safener para protección de cultivos fue introducido hace más de 60 años y desde entonces ha sido utilizado para diferentes cultivos.

El descubrimiento de la actividad protectora de algunas sustancias químicas fue descubierto por casualidad por Hoffman en el año 1947, cuando observó que plantas de tomate tratadas con 2,4,6-T no sufrieron daño a la exposición de vapor de 2,4D, luego de esto y tras la realización de varios experimentos sin tener buenos resultados y a pesar de reconocer la importancia de este hallazgo y de las interacciones que se podían generar en las plantas, fue solo en el año 1971, donde se patenta el primer safener comercial. El

mismo era el NA (anhídrido naftálico) y fue producido por la Gulf Oil Co para la protección de maíz de los efectos de los tiocarbamatos.

Tras este nuevo producto que en su momento no tuvo grandes éxitos por sus altos costos y con el descubrimiento luego de otros protectores de aplicación directa con el herbicida se desarrolló la industria de los safeners, generándose gran cantidad de sustancias con efecto safener, además de varias empresas químicas involucradas en el descubrimiento de nuevas sustancias, continuándose hasta la actualidad.

En las primeras etapas de comercialización de los safeners, la mayor parte del uso de estos protectores era para tratamientos pre siembra e incorporado al suelo y también en preemergencia para proteger cultivos como maíz, sorgo y arroz, del uso de tiocarbamatos y cloroacetamidas. Más recientemente algunos safeners han sido utilizados para proteger cultivos de invierno (como trigo) siendo utilizados en postemergencia, para aumentar la selectividad a sulfonilureas y también para protección de maíz y arroz a sulfonilureas, imidazolinonas, ciclohexadiona (Davies y Caseley, 1999).

Los cambios significativos en el aumento de la tolerancia de algunos cultivos a los herbicidas con el uso de los safeners, pueden ser alcanzados tanto a través del uso en pre o postemergencia del safener directo a la semilla o aplicado con el herbicida formando parte de la formulación del mismo.

En formulaciones comerciales la proporción de safener en el herbicida se ubican entre 1:6 a 1:30, indicando que pequeñas cantidades de safener son suficientes para disminuir o evitar el efecto fitotóxico de los herbicidas en el cultivo, a pesar de estar en pequeña proporción (Hoffman, citado por Vaz da Silva, 2007).

La utilización de safeners es deseable por permitir una mayor selectividad de los cultivos a los herbicidas en el control de malezas de características similares al cultivo. Esto determinó la utilización de herbicidas antiguos que por dañar el cultivo no se empleaban y al aumentar la selectividad de herbicidas para cultivos se torna posible su uso. También podría ayudar en el control de malezas resistentes y además aumentar la curva dosis respuesta para algunos herbicidas (Hatzios y Burgos, 2004).

El uso de safeners en agricultura, a pesar de ser muy efectivo, es muy específico ya que se ha encontrado que su efecto protector se da solo en algunas especies de gramíneas, no teniendo efecto protector en especies dicotiledóneas. La base de esa selectividad botánica que protege solo a cultivos

de monocotiledóneas en los safeners comercializados es desconocida aun (Hatzios y Burgos, 2004).

2.3.1 Características químicas de los safeners

Según Hatzios y Burgos (2004) se deben observar algunas características para que haya interacción exitosa entre el safener y el herbicida: 1. que los safeners presenten un alto grado de especificidad química y botánica, protegiendo apenas cierto grupo de gramíneas de la intoxicación por los herbicidas; 2. las gramíneas protegidas sean moderadamente tolerantes a los efectos antagónicos de los herbicidas; 3. los safeners prevengan los daños por los herbicidas y sean más eficientes aplicados antes o directamente con el herbicida.

Los safeners actualmente disponibles en el mercado forman parte de diferentes grupos químicos (Davies y Caseley, 1999), siendo los mismos:

- Benoxacor (CGA 154281)
- Cloquintocetmexyl (CGA184927)
- Cyometrinil (CGA 43089)
- Dichlormid (DDCA, R25788)
- Fenclorazole-ethyl (HOE 70542)
- Fenclorim (CGA 123407)
- Flurazole (MON 4606)
- Fluxofenim (CGA 133205)
- Furilazole (MON 13900)
- Mefenpyr-diethyl
- MG 191
- Naphthalic anhydride (NA)
- Oxabetrinil (CGA 92194)

Bordas et al., citados por Hatzios y Burgos (2004) a través de un estudio sobre la especificidad química, comparando tridimensionalmente la estructura cuantitativa y la actividad biológica de 28 safeners y 20 herbicidas, concluyeron que la similitud entre las estructuras del safener y el herbicida es muy importante en la eficiencia del safener.

Safeners que son muy efectivos en la protección de plantas de maíz, sorgo y otras gramíneas contra la acción fitotóxica de los herbicidas del grupo de las cloroacetamidas y tiocarbamatos normalmente poseen una elevada similitud estructural con estos herbicidas (Davies y Caseley, 1999).

El uso de un programa de computación de modelación molecular asistida (CMM) confirmó que los herbicidas tiocarbamatos y cloracetamidas son estructuralmente similares a las moléculas de sus respectivos safeners. Mediante el uso de la tecnología CMM, se podrían formar pares o conjuntos de herbicida safener, por poseer similitudes estructurales como ser, número de enlaces, distribución de cargas, peso molecular, ejemplos de esta similitud estructural son: flurazole-alachlor, fluxofenim-metolachlor, benoxacor-metolachlor, fenclorim-pretilachlor (Hatzios y Burgos, 2004).

Una de las explicaciones del modo de acción de los safeners, es debido a la competencia que ocurre con el herbicida por el sitio de acción, aumentando así la detoxificación metabólica. Los safeners también pueden aumentar el uso de los ingredientes activos por una variedad de mecanismos como son, aumento de la actividad de las enzimas P450, GST, glicosiltransferasa, y por elevar los niveles de glutatión La actividad del transporte vacuolar son también aumentadas por los safeners, así como la hidrólisis y la glicosilación (Davies y Caseley, 1999).

Los safeners también aumentan los niveles de glutatión (GSH) intracelular, esto podría ser una respuesta al estrés o debido a una influencia más directa sobre las enzimas involucradas en la síntesis de glutatión, donde la elevación de GSH resultante podría desempeñar un papel en la inducción de GSTs. El aumento de las tasas de conjugación de la GSH a los herbicidas aplicados, puede aumentar la velocidad del proceso de detoxificación en las plantas (Hatzios y Burgos, 2004).

2.4 HERBICIDAS UTILIZADOS

En este caso los herbicidas utilizados fueron metolachlor, acetochlor y atrazina, este último acompaña a los graminicidas en el cultivo de sorgo de forma de ampliar el espectro de control. Los herbicidas se pueden clasificar de diferentes formas, siguiendo diferentes criterios, momento de aplicación, modo y mecanismo de acción, principales usos, comportamiento en planta y suelo y grupo químico al que pertenecen.

También se puede utilizar la clasificación del HRAC (Comité de acción contra la resistencia a herbicidas). El uso de esta clasificación ha brindado una forma de agrupamiento de los herbicidas de acuerdo a su modo de acción. El objetivo de su creación fue contar una clasificación uniforme para todos los

países basada en el modo de acción y que ayuda en el momento de la elección de los herbicidas, pensando en el manejo de la resistencia.

La clasificación del HRAC es una clasificación alfabética según modo y puntos de acción, existen semejanzas en los síntomas inducidos o sus familias químicas. Para los herbicidas utilizados la atrazina se clasificaría como C₁ (inhibidores del fotosistema II) y el acetochlor y metolachlor como K₃ (inhibidores de la división celular).

2.4.1 Atrazina

La atrazina perteneciente al grupo de las triazinas se clasifica como un herbicida de pre y post emergencia temprana. Su modo de acción es mediante la inhibición de la fotosíntesis, más específicamente inhibiendo el fotosistema II, además genera otros efectos adicionales. En plantas tolerantes se metaboliza a compuestos no tóxicos (Kogan y Perez, 2003).

La afinidad de atrazina para ser adsorbida por los coloides del suelo es de moderada a alta por lo que las dosis se deben ajustar según el tipo de suelo. Por lo que no se debe aplicar en suelos arenosos puros, se lixivia fácilmente, debe contener no menos de 2 % de materia orgánica y arcilla (Guía Uruguaya...2012).

Es absorbido por las plantas, sobre todo a través de la raíz, pero también por el follaje. Una vez que es absorbido, es translocado a las partes aéreas de la planta y se acumula en los borde de hojas viejas.

En Uruguay se restringió su uso, según la resolución MGAP No. 55/2011, (Año 2011) del uso de productos fitosanitarios formulados a base de Atrazina -en lo referente a dosis máxima permitida- reduciéndola a 1 kg de i.a. por ha y por año, en general salvo para el sorgo ya que a través de la resolución posterior, DGSA No. 25 (Año 2011) la Dirección General de Servicios Agrícolas admite como dosis máxima de Atrazina para aplicación en cultivo de sorgo, 1.5 kg de ingrediente activo por hectárea por año.

Con respecto a su destino en el ambiente, la información disponible indica que se encuentra en el aire en forma de vapor, que reacciona con radicales hidroxilo, así como unido a las partículas, que se depositan eventualmente con la lluvia y el polvo. Es altamente persistente en suelos, donde permanece por más de un año en condiciones de baja humedad y

temperaturas frías. En este medio, su movilidad varía de moderada a alta, sobre todo en suelos de zonas lluviosas con bajo contenido de arcilla y materia orgánica. Debido a su débil adsorción a las partículas y su larga vida media (60 a más de 100 días) representa un riesgo elevado de contaminación para las aguas subterráneas. La hidrólisis química, seguida de la biodegradación son los principales procesos responsables de su eliminación tanto en suelo como en agua. La hidrólisis es rápida en condiciones ácidas o básicas, pero lenta a pH neutro. En los cuerpos de agua su degradación es lenta y no se espera que se una fuertemente a los sedimentos. La volatilización no es un destino ambientalmente importante para este compuesto. Muestra una baja tendencia a bioacumularse en los peces, donde se han encontrado niveles bajos de este plaguicida (Guía Uruguay...2012).

La atrazina controla una variedad amplia de especies de hojas anchas, así como algunas gramíneas.

2.4.2 Graminidas

El acetochlor y el metolachlor pertenecen al grupo de las cloroacetamidas se clasifican como herbicidas selectivos de presembrado o preemergencia, La cloroacetamidas presentan un transporte restringido dentro de la planta. Afectan varios procesos bioquímicos dentro de las plantas e interfieren con el crecimiento normal de la célula, interfieren con la síntesis de ácidos grasos al prevenir la elongación de ácido palmítico y la de saturación del ácido oleico (Kogan y Perez, 2003).

2.4.2.1 Metolachlor

La absorción del mismo se da por brotes y raíces de las plantas.

El tiempo de espera para cultivos sensibles es de tres meses. Se lo denomina como poco persistente (2 a 10 semanas) (Guía Uruguay...2012).

Es moderadamente persistente en los sistemas terrestres, con una vida media de 15 a 70 días. Aunque se adsorbe moderadamente a la mayoría de los suelos, sobre todo cuando presentan un alto contenido de materia orgánica y arcilla, presenta una movilidad moderada a muy alta en este medio. Se lixivia con facilidad en suelos pobres en materia orgánica. Su principal mecanismo de eliminación es la biodegradación, tanto aerobia como anaerobia, la cual es influenciada por el tipo de suelo, la temperatura, el contenido de humedad y la concentración de oxígeno. En la superficie de los suelos la fotólisis directa

también participa en la remoción de este plaguicida. La volatilización no es un destino ambiental importante para el Metolachlor (Guía Uruguay...2012).

El metolachlor controla malezas gramíneas anuales como: Capín - *Echinochloa crusgalli*, Cola de zorro - *Setaria spp*, Eleusine - *Eleusine indica*, Pasto blanco - *Digitaria sanguinalis*, y algunas especies dicotiledóneas como, Verdolaga - *Portulaca oleracea*, Yuyo colorado - *Amaranthus spp*.

Las dosis recomendada para este herbicida varía según el tipo de suelo, para cultivos como maíz, girasol, soja, sorgo con protector (semilla tratada con Concep III), se recomienda para suelos livianos dosis de 0,8 a 0,9 L/ha, para suelos medianos 0,9 a 1,0 L/ha y para suelos pesados 1,35 a 1,6 L/ha (Guía Uruguay...2012).

2.4.2.2 Acetochlor

El Acetochlor perteneciente al grupo de las Cloroacetamidas, se clasifica como un herbicida selectivo de pre siembra y premergencia. La absorción del mismo se da por brotes y raíces de plantas. En plantas recién germinadas es absorbido por brotes y en menor proporción por las raíces. Dentro de la planta es translocado y se concentra en las partes vegetativas (hojas y tallos).

El tiempo de espera para cultivos sensibles es de tres meses. Se lo denomina como poco persistente (12 semanas) (Guía Uruguay...2012).

Se une a los coloides del suelo y por ello presenta un potencial de lixiviación marginal. Su persistencia media a tasas normales de aplicación varía de 8 a 12 semanas, dependiendo del tipo de suelo y condiciones climáticas. Su degradación biológica es importante tanto en suelo como en agua, con una vida media calculada de 4.3 días. De acuerdo a estudios en laboratorio, este compuesto puede ser degradado rápidamente en medio líquido por la exposición a radiación ultravioleta (vida media de 0.5 a 1.2 horas). La volatilización y adsorción al sedimento no se consideran destinos ambientales relevantes para este plaguicida (Guía Uruguay...2012).

3. MATERIALES Y METODOS

El experimento se instaló en febrero 2012 en el invernáculo en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni perteneciente a la Facultad de Agronomía localizada en la ciudad de Paysandú - Uruguay.

3.1 TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue completamente al azar con 4 repeticiones, con un arreglo factorial de los tratamientos, siendo un factor el tratamiento herbicida (6 tratamientos herbicidas + 1 testigo sin herbicida) y el otro el uso del protector fluxofenim aplicado a la semilla (semilla con y sin protector)

Cuadro No. 1. Descripción de los tratamientos

TRATAMIENTO	PRINCIPIOS ACTIVOS	DOSIS EXPRESADA EN PRODUCTO COMERCIAL USADO
1	Testigo	Testigo
2	Atrazina 90% + Acetochlor 90%	Atranex 90 1,66Kg/ha + Acierto 90 2L/ha
3	Atrazina 90% + Metolachlor 96%	Atranex 90 1,66Kg/ha + 1 L/ha Dual
4	Atrazina 90% + Metolachlor 96%	Atranex 90 1,66Kg/ha + 1,6 L/ha Dual
5	Atrazina 90% + Metolachlor 93% + Benoxacor (safener)	Atranex 90 1,66Kg/ha + 1L/ha Metolagan 93 + Benoxacor
6	Atrazina 90% + Metolachlor 93% + Benoxacor (safener)	Atranex 90 1,66Kg/ha + 1,6L/ha Metolagan 93.
7	Atrazina 33.5% + Metalochlor 32.3% + Benoxacor (safener)	Parrallel Plus 4,5L/ha

La ubicación de las macetas dentro del invernáculo fue sobre mesas, y la distribución espacial de los tratamientos dentro de la mesa fue al azar.

3.2 INSTALACIÓN

El cultivo de sorgo fue sembrado el 15 de febrero de 2012, en macetas de 28cm de diámetro por 11cm de profundidad, se colocaron 10 semillas por maceta.

El experimento consistió en la siembra de sorgo variedad 201SW perteneciente al semillero Tijereta, la misma tiene características de alto potencial, de altos taninos y ciclo medio. Se utilizó tierra tamizada y arena como sustrato, siendo la proporción de 3 a 1, respectivamente.

Para los tratamientos con protector, las semilla fueron colocadas en la solución recomendada previo a la siembra, se usó el safener de principio activo fluxofenim (marca comercial Blinda 96, de la empresa Tampa) a la dosis recomendada 40cc/100Kg semilla y diluido en 500 cc de agua.

Luego de la siembra a 2,5 cm profundidad, el mismo día se realizaron las aplicaciones de los diferentes herbicidas, para lo cual se utilizó un equipo experimental de presión constante con fuente de CO₂ con ancho operativo de 2 m, la presión de trabajo fue de 2 bar y las boquillas utilizadas TT 11001, a una tasa de aplicación de 100 L/ha.

Durante el periodo experimental las macetas fueron regadas dos veces por día de forma que no presentaran deficiencias hídricas, las mismas se regaron por aspersión a la superficie de la maceta.

3.3 DETERMINACIONES

3.3.1 Porcentaje germinación de semilla

La determinación del % de germinación de las semillas utilizadas en el experimento se realizó en la cámara de crecimiento del laboratorio de la Unidad de Malherbología, en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni.

Se colocaron semillas curadas y sin curar con el protector fluxofenim, en cajas de Petri, para cada tratamiento se colocaron 5 repeticiones con 50 semillas por repetición.

Se las dejó en la cámara de germinación a 25°C durante 72 horas hasta proceder al conteo de las semillas germinadas.

3.3.2 Evolución de las emergencias

Se realizaron 5 determinaciones: porcentaje de emergencias, identificación por grado de desarrollo (número de plantas en 1, 2, 3 y 4 hojas), número de plantas con malformaciones y plantas muertas. Las determinaciones se efectuaron los días 20, 22, 24, 27 y 29 de febrero, correspondientes a los 6, 8, 10, 13 y 15 días post – aplicación.

3.3.3 Materia seca

Luego de la última medición a campo, el día 29 de febrero, se procedió al corte de las plantas al ras sobre el suelo y fueron colocadas a secar en estufa a 60°C durante 48 horas. Luego se determinó el peso seco.

3.4 ANALISIS ESTADISTICO Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Se usó un ajuste de modelo lineal generalizado asumiendo que las variables porcentaje de germinación de semillas, número de emergencias sobre el número total de semillas colocadas a germinar tienen distribución binomial. Usando el test de Tukey para la separación de medias. Se usó el procedimiento Glimmix del paquete estadístico SAS.

La materia seca se analizó ajustando modelo lineal general asumiendo una distribución normal, realizando la separación de medias por Tukey. Se usó el procedimiento Mixed del mismo paquete estadístico.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La germinación de las semillas, en la cámara de crecimiento no presentó efecto por el uso de fluxofenim ($P>0.75$). A nivel de producción existe el comentario que el protector afecta la germinación de las semillas a campo, sin embargo, esto no fue comprobado (Cuadro No. 2).

Cuadro No. 2. Porcentaje de germinación semillas de sorgo, en la cámara de crecimiento

Tratamiento con protector fluxofenim	Porcentaje Germinación
Si	87.6 A
No	88.4 A

La germinación del sorgo en las macetas no fue afectada por el herbicida o por el uso del safener fluxofenim en la semilla y tampoco hubo efecto de la interacción. Los valores de germinación fueron superiores al 70% (Cuadro No. 3). Comparando con los valores de germinación obtenidos en el laboratorio, se observa que el porcentaje de germinación fue menor ya que en el laboratorio los valores estuvieron por encima del 87%, estas diferencias son esperables ya que las condiciones del laboratorio son óptimas para la germinación.

La homogeneidad entre los valores de germinación indica que ni los graminicidas usados ni el safener afectaron el proceso de germinación de las semillas de sorgo.

Estos resultados difieren a los encontrados por Swain (1984) quien encontró que la germinación a campo de plantas tratadas con el protector Cyometrinil (CGA 43089) era mayor en comparación a los tratamientos con semilla sin tratar, este protector era indicado para la protección de sorgo con el uso de metolachlor. La disminución de este parámetro fue mayor cuanto mayor fue la dosis del herbicida metolachlor.

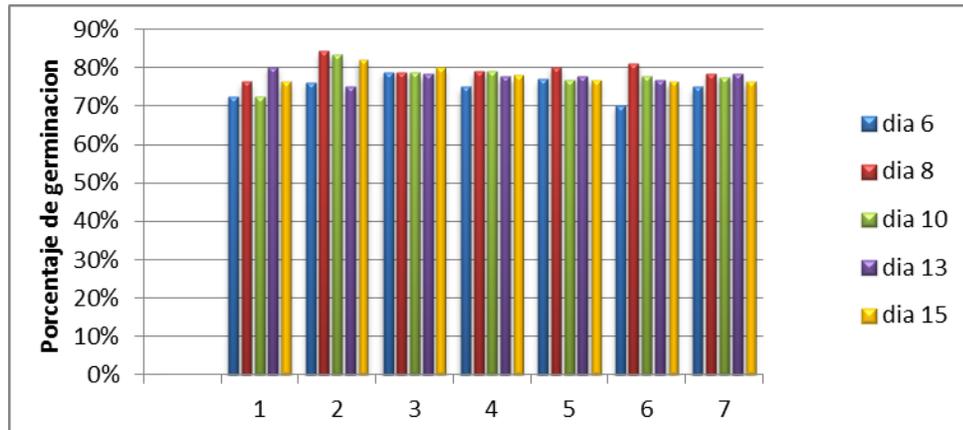
Para evitar un efecto negativo en la germinación, es necesario seguir estrictamente la recomendación de dosis y la dilución en agua. En etapas previas al experimento por error se colocó semilla a germinar con fluxofenim más concentrado y en este caso la germinación se vio fuertemente reducida.

Cuadro No. 3. Porcentaje de germinación acumulativa de sorgo hasta el día 15

Tratamientos herbicidas	Porcentaje Germinación				
	Día 6	Día 8	Día 10	Día 13	Día 15
Testigo	72,5 A	76,3 A	72,6 A	80,1 A	76,3 A
Atranex 90 1,66Kg/ha + Acierto 90 2L/ha	76,2 A	84,3 A	83,5 A	75,0 A	82,1 A
Atranex 90 1,66Kg/ha + 1 L/ha Dual	78,7 A	78,8 A	78,8 A	78,3 A	80,0 A
Atranex 90 1,66Kg/ha + 1,6 L/ha Dual	75,0 A	78,9 A	78,9 A	77,6 A	77,9 A
Atranex 90 1,66Kg/ha + 1L/ha Metolagan 93	77,0 A	80,1 A	76,8 A	77,9 A	76,8 A
Atranex 90 1,66Kg/ha + 1,6L/ha Metolagan 93	70,0 A	81,1 A	77,9 A	76,8 A	76,5 A
Parallel Plus 4,5L/ha	75,0 A	78,4 A	77,4 A	78,4 A	76,4 A
P	0,98	0,97	0,89	0,99	0,99

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

Se realizó la evolución de germinación hasta el día 15, en la actualidad en los laboratorios de INASE, la evaluación de la germinación de semillas de sorgo a nivel de laboratorio se realiza hasta el día 10, y el procedimiento técnico de puesta a germinar es el mismo que fue utilizado para la medición del % de germinación de nuestras semillas, en nuestro caso particular se evaluó hasta el día 15. La figura 1 permite visualizar la evolución de la germinación.



T1: Testigo; T2: Atranex 90 1.66kg/ha + Acierto 2L/ha; T3: Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1L/ha;
 T4: Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1.6L/ha; T5: Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1L/ha;
 T6: Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1.6L/ha; T7: Parrallel Plus 4.5L/ha.

Figura No. 1. Evolución de germinación acumulada

También se analizó la evolución de la germinación considerando además el factor fecha (Cuadro No. 4.).

Cuadro No. 4. Fuentes de variación y su significancia para la evolución de la germinación

Fuente de variación	Grados de libertad numerador	Grados de libertad denominador	F Valor	P-valor
H	6	41,51	0,09	0,9968
P	1	42,27	0,19	0,6626
H*P	6	42,75	1,08	0,3908
FECHA	4	192,8	2,08	0,0852
H*FECHA	24	192,8	0,54	0,9639
P*FECHA	4	193,1	0,38	0,8196

H: Tratamiento herbicida; P: Protector; H*P: Interacción entre ambos factores; FECHA: día de medición; H*FECHA: interacción herbicida fecha; P*FECHA: interacción protector fecha

Aun cuando este análisis es más exigente por el mayor número de observaciones consideradas para el análisis de cada factor, tampoco evidenció diferencias estadísticas (Cuadro No. 5.).

Cuadro No. 5. Porcentaje de germinación por fecha

Tratamientos herbicidas	Protector	Porcentaje Germinación
Testigo	SI	75.4 A
Testigo	NO	73.6 A
Atranex 90 1.66kg/ha + Acierto 2l/ha	SI	86.9 A
Atranex 90 1.66kg/ha + Acierto 2l/ha	NO	69.4 A
Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1L/ha	SI	79.4 A
Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1L/ha	NO	78.2 A
Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1.6L/ha	SI	73.0 A
Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1.6L/ha	NO	82.1 A
Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1L/ha	SI	70.2 A
Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1L/ha	NO	83.5 A
Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1.6L/ha	SI	77.1 A
Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1.6L/ha	NO	77.1A
Parrallel Plus 4.5L/ha	SI	82.8 A
Parrallel Plus 4.5L/ha	NO	69.2 A

Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P < 0.05$)

El fluxofenim no afectó la germinación, el tratamiento testigo presentó 75.4 y 73.6 % de germinación con y sin fluxofenim respectivamente ($P > 0.05$). Estos datos a campo concuerdan con los datos generados en cámara de crecimiento en la etapa previa.

Los diferentes herbicidas tampoco afectaron el porcentaje de germinación, teniendo en cuenta que los gramínicidas no se recomiendan para uso en sorgo sin el protector adecuado, en esta etapa del cultivo no se constató daño por efecto del herbicida. Además ante el aumento de la dosis del herbicida tampoco se presentaron diferencias, siendo que la fitotoxicidad es mencionada como dosis dependiente (Swain, 1984).

Se considera que la sintomatología del gramínicida puede presentarse desde las primeras etapas de la germinación incluso con daños tan severos que provocan que la emergencia no ocurra. En algunos casos las plantas emergen y presentan los daños, de enroscamientos o daños de similares características.

Como forma de evaluar la velocidad de germinación se midió para las 2 primeras fechas (6 y 8 días) post aplicación el número de plantas germinadas por estado de desarrollo.

Al analizar las plantas punteando y las plantas en una hoja, para el promedio de las fechas correspondientes a los días 6 y 8, se observó diferencias en la velocidad de germinación ($P>0.05$), estas diferencias responden tanto a los tratamientos de herbicidas como con la utilización de protector o no dentro de un mismo tratamiento de herbicida.

Cuadro No. 6. Porcentaje de plantas punteando promedio de día 6 y 8

Tratamientos herbicidas	Porcentaje punteando			
	Sin fluxofenim		Con fluxofenim	
Testigo	2.5	Ba	12.3	Ba
Atranex 90 1.66kg/ha + Acierto 2l/ha	61.2	Aa	13.8	Bb
Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1L/ha	12.6	Ba	33.7	Aa
Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1.6L/ha	18.7	Ba	15.4	Ba
Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1L/ha	21.3	ABa	15.3	Ba
Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1.6L/ha	22.3	ABa	9.5	Ba
Parrallel Plus 4.5L/ha	20.0	ABa	13.8	Ba

Letras mayúsculas comparación de medias entre tratamientos herbicidas; Letras minúsculas comparación de medias entre uso de protector.

Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P<0.05$)

Cuadro No. 7. Porcentaje de plantas con 1 hoja promedio día 6 y 8

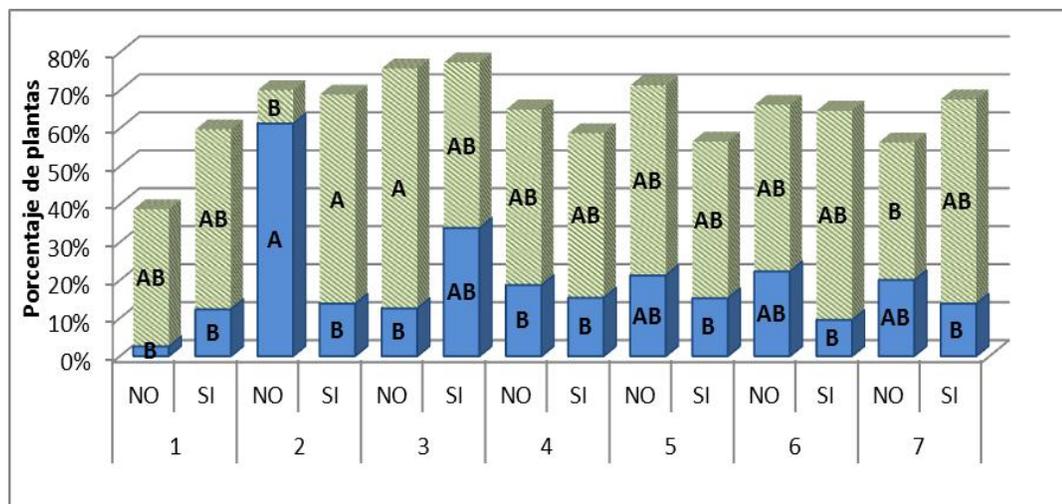
Tratamientos herbicidas	Porcentaje una hoja			
	Sin fluxofenim		Con fluxofenim	
Testigo	36.1	ABa	47.3	Aa
Atranex 90 1.66kg/ha + Acierto 2l/ha	8.7	Bb	55.0	Aa
Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1L/ha	63.1	Aa	43.6	Aa
Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1.6L/ha	46.2	ABa	43.3	Aa
Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1L/ha	50.0	ABa	41.2	Aa
Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1.6L/ha	43.8	ABa	55.1	Aa
Parrallel Plus 4.5L/ha	36.2	ABa	53.7	Aa

Letras mayúsculas comparación de medias entre tratamientos herbicidas; Letras minúsculas comparación de medias entre uso de protector.

Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P<0.05$)

Analizando los datos de los cuadros No. 6 y 7 separando por estado fisiológico, se evidencian diferencias en la velocidad de desarrollo en etapas iniciales, estas diferencias no marcan una tendencia clara, pero si se ve con claridad que los tratamientos con protector tienden a tener una mayor velocidad de desarrollo existiendo mayor numero de plantas con una hoja, el caso extremo que se diferencia claramente es el del tratamiento con Acetochlor sin protector, donde el herbicida afecto la velocidad, porque el mayor porcentaje de plantas no alcanzo el estado de una hoja, al día 8.

A modo de poder visualizar mejor lo comentado anteriormente, se confecciono la figura No. 2.



T1: Testigo; T2: Atranex 90 1.66kg/ha + Acierto 2L/ha; T3: Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1L/ha; T4: Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1.6L/ha; T5: Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1L/ha; T6: Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1.6L/ha; T7: Parrallel Plus 4.5L/ha.

Rayado una hoja; Liso punteando

Medias con igual letra no difieren estadísticamente (P<0.05)

Figura No. 2. Porcentaje plantas punteando y plantas con una hoja 6 y 8 días post siembra

El uso de semilla sin fluxofenim determinó mayores daños cuando se uso acetochlor que cuando se uso metolachlor.

A partir del día 10, se comenzaron a visualizar síntomas de fitotoxicidad en las plantas emergidas. Se observaron plantas con malformaciones, se pudo apreciar desde malformaciones leves hasta malformaciones severas que desencadenaron en la muerte de las plantas.

De forma de cuantificar estos efectos se confeccionó una nueva variable, plantas dañadas a partir de las emergencias totales. Este análisis se realizó para las fechas 10, 13 y 15 días post- siembra.

Los daños que se visualizaron a los 10 días post- siembra fueron enroscamiento de hojas y tallos figuras No. 3 y 4.



Figura No. 3. Acetochlor sin protector Figura No. 4. Metolagan 1.6L/ha sin protector

En este parámetro hubo interacción entre los factores estudiados ($P=0.0964$). En el caso de semilla donde se usó el protector fluxofenim, como era esperable, las emergencias fueron todas sanas, al igual que en el testigo (Cuadro No. 8).

Cuadro No. 8. Porcentaje de plantas dañadas sobre las emergidas día 10

Tratamientos herbicidas	Porcentaje dañadas/emergidas	
	Sin protector	Con protector
Testigo	0	0
Atranex 90 1.66kg/ha + Acierto 2l/ha	85.2 A	0
Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1L/ha	9.7 B	0
Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1.6L/ha	15.2 B	0
Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1L/ha	12.1 B	0
Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1.6L/ha	30.0 B	0
Parrallel Plus 4.5L/ha	18.5 B	0

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

El tratamiento herbicida que determinó la mayor cantidad de emergencias dañadas fue el de Atranex + Acierto 90 esto fue consecuente con la determinación presentada anteriormente. Cabe destacar que los tratamientos Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1L/ha, Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1.6L/ha, Parrallel Plus 4.5L/ha (1,4L metolachlor), que son herbicidas que tienen incorporado el safener Benoxacor, en el formulado comercial del propio herbicida, no determinaron una correcta detoxificación del herbicida dentro de las plantas de sorgo, ya que las plantas que no habían sido tratadas con fluxofenim presentaron daño, variando con la dosis del herbicida. El aumento de dosis de Metolagan de 1 a 1.6L, determinó un 18% de aumento en las plantas dañadas aunque sin diferencias significativas, a su vez, el aumento de dosis de metolachlor de 1 L a 1.6L determinó un aumento de los daños del orden de 5% aproximadamente. El herbicida Parrallel Plus, con el safener Benoxacor incluido, presentó daños intermedios entre las dosis mayores y menores de Metolagan, conteniendo una dosis de metolachlor intermedia entre estos, diferencias sin significancia estadística. En las próximas evaluaciones estas diferencias se agudizan.

A los 13 días de la siembra se siguen visualizando plantas con daños, algunos tan severos que causaron la muerte de las mismas, por otro lado se ven plantas con desarrollo visual normal, estas diferencias se observan en las figuras 5, 6 y 7 respectivamente.



Figura No. 5. Atranex +Dual 1.6L/ha sin protector, plantas muertas Figura No. 6. Atranex + Acierto 2L/ha sin protector, plantas muertas

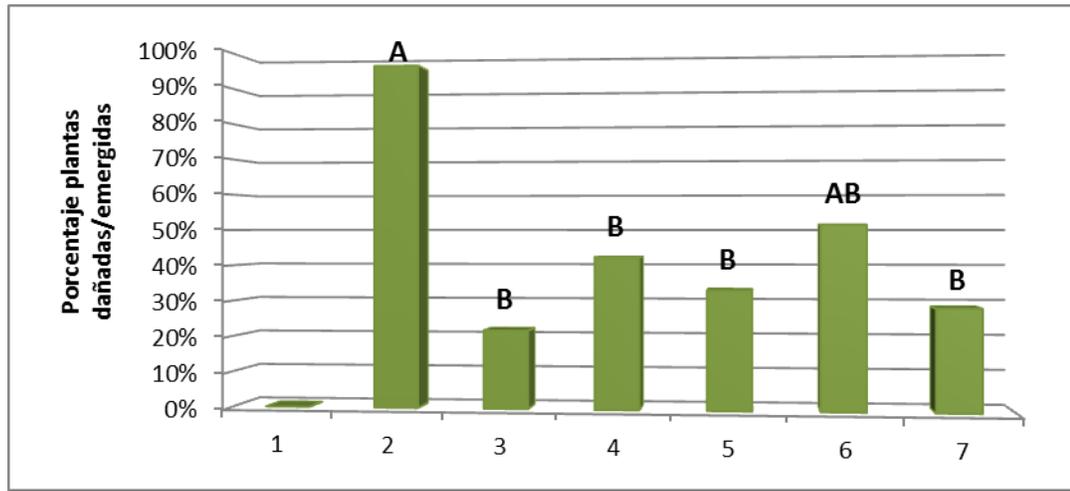


Figura No. 7. Vista del experimento. Plantas normales y dañadas

Al igual que en las mediciones del día 10, la detoxificación del herbicida en el caso de semillas tratadas con fluxofenim fue buena, ya que no se visualizaron plantas con síntomas de daño.

A los efectos de facilitar el análisis estadístico y darle mayor precisión y fortaleza se realizó un análisis sin tomar en cuenta las plantas que habían sido tratadas con protector ya que no sufrieron daños apreciables.

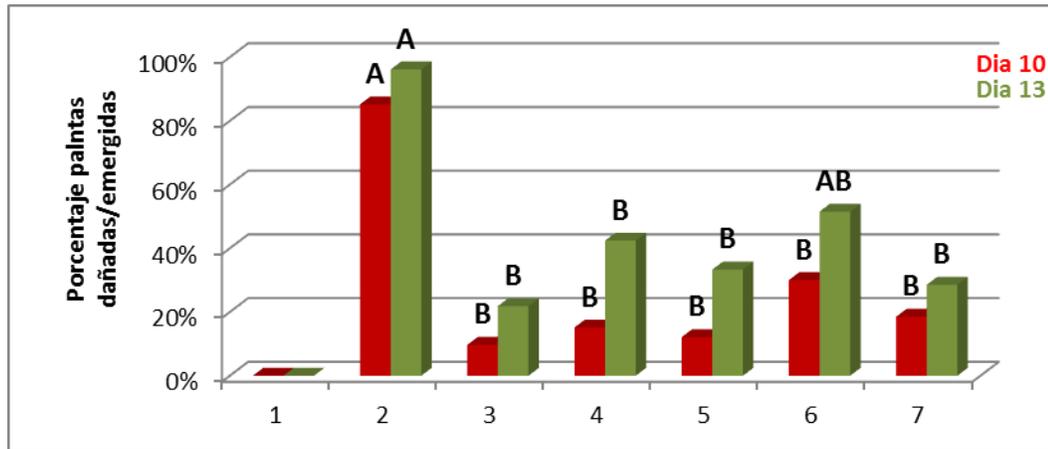
Todos los tratamientos herbicidas determinaron daño, Atranex + Acierto fue el que provocó el mayor daño, 96% (Figura No.8). Las dosis de metolachlor no determinaron un efecto diferencial en la fitotoxicidad aunque hay una tendencia al mayor daño con la dosis de 1.6L, (42%) con respecto a la que ocasiona la dosis de 1L (22%), esta tendencia se repite para la dosis de Metolagan que con 1.6L determino un 51% de daño comparado a un 33% con la dosis de 1L.



T1: Testigo; T2: Atranex 90 1.66kg/ha + Acierto 2L/ha; T3: Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1L/ha; T4: Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1.6L/ha; T5: Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1L/ha; T6: Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1.6L/ha; T7: Parrallel Plus 4.5L/ha.
Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P < 0.10$)

Figura No. 8. Porcentaje de plantas dañadas/emergencias al día 13 sin uso de fluxofenim

Se constató para todos los tratamientos un aumento en el indicador porcentaje de plantas dañadas/emergidas con respecto a la medición del día 10, confirmando que las plantas no han podido revertir los daños hasta este momento. Esto se puede observar en la figura No. 9, donde se compara el porcentaje de daño para el día 10 y el día 13.



T1: Testigo; T2: Atranex 90 1.66kg/ha + Acierto 2L/ha; T3: Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1L/ha; T4: Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1.6L/ha; T5: Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1L/ha; T6: Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1.6L/ha; T7: Parrallel Plus 4.5L/ha.
Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P < 0.10$), comparables entre columnas del mismo color.

Figura No. 9. Porcentaje plantas dañadas/emergidas, día 10 y día 13 sin uso de fluxofenim

Los aumentos en plantas dañadas del día 10 al 13 para el tratamiento 2, 3, 4, 5, 6 y 7 fueron de 8, 12, 27, 21, 21.5 y 10 % respectivamente. En base a estos datos podemos afirmar que el daño por no tener el protector se agravó desde lo cuantificado del día 10 al 13, concluyendo que las plantas no solo no revirtieron los síntomas sino que se agudizaron los efectos de intoxicación.

A los 15 días de la siembra se siguen visualizando plantas con daños, algunos tan severos que causaron la muerte de las mismas y nuevamente para el análisis, fueron consideradas en el mismo indicador. Plantas con malformaciones pero que han seguido su desarrollo casi normal aunque presentaban alguna arruga o arrollamiento en alguna de sus hojas, no han sido consideradas en el indicador, se consideró que estas plantas revirtieron el daño en alguna proporción.

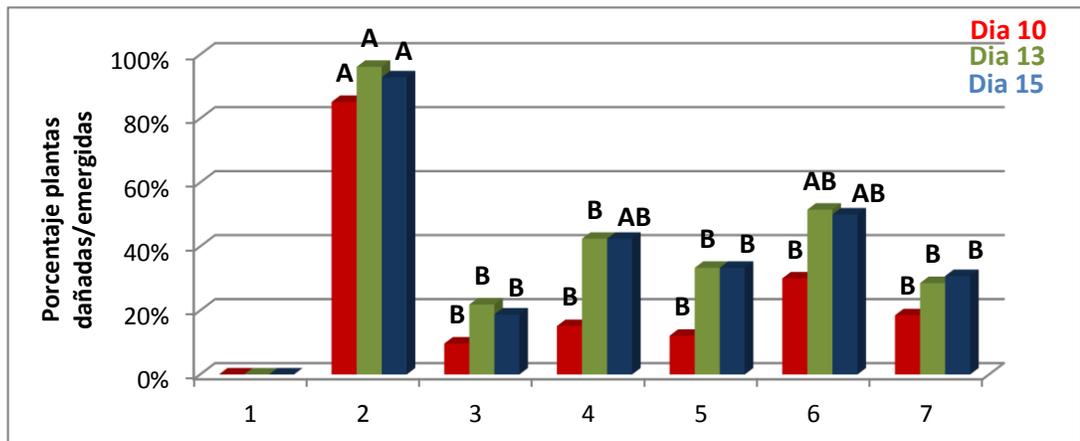
En esta fecha se puede observar algunas diferencias en cuanto a la tendencia que se venía observando en las mediciones anteriores, en cuanto a la cantidad de plantas dañadas. Los tratamientos 2, 3 y 6 disminuyeron el daño (Figura No.10), en comparación a las mediciones anteriores, esto indicaría que la planta pudo revertir el proceso y recuperarse de las malformaciones, aunque no podemos concluir si la recuperación fue total, considerando que no llegamos

mas allá de esta fecha en la evaluación y sería necesario completar el ciclo del cultivo. La rusticidad del sorgo esta mencionada para factores de estrés bióticos como sequia, pero no para detoxificaciones de sustancias tóxicas.

Es de destacar para todos los tratamientos que las variaciones fueron pequeñas, en general se podría decir que se mantuvieron sin grandes cambios los niveles de daños.

Si nos enfocamos nuevamente en la figura No. 10, podríamos decir que hay 2 grupos, el de Atranex + Acierto y los restantes. Acierto fue el que presentó mayor número de plantas dañadas. El uso de fluxofenim en la semilla le otorgo selectividad al igual que para metolachlor, ambos herbicidas recomendados para el protector a nivel nacional (Guía Uruguay...2012). Aunque, Davies y Caseley (1999) no mencionan al acetoclor como herbicida detoxificado por el fluxofenim.

Los tratamientos de metolachlor, marcan una tendencia a mayor daño por la mayor dosis. Esta misma tendencia de aumento de daño por aumento de dosis se observó entre el tratamiento con metolachlor y benoxacor incluido en la formula comercial, con la diferencia que el nivel de daño para la aplicación de la menor dosis es mayor comparada con el del tratamiento de metolachlor 1L, y el daño por aumento de dosis mayor que el tratamiento metolachlor 1.6L, esto deja bastante claro que el Benoxacor no aportó a la metabolización del herbicida. En el caso de tratamiento Parrallel Plus que también contiene benoxacor en la formulación química como protector presentó un daño similar al tratamiento de Metolagan 1L con Benoxacor aunque la dosis de metolachlor contenida en el Parrallel Plus es mayor (1.4L). Por lo tanto se pudo comprobar que el safener Benoxacor no es adecuado para la utilización en sorgo, estos datos coinciden con los datos publicados por Davies y Caseley (1999), indicando el uso de benoxacor para el cultivo de maíz y no para el de sorgo.



T1: Testigo; T2: Atranex 90 1.66kg/ha + Acierto 2L/ha; T3: Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1L/ha; T4: Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1.6L/ha; T5: Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1L/ha; T6: Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1.6L/ha; T7: Pparallel Plus 4.5L/ha.
Medias con igual letra no difieren estadísticamente ($P < 0.10$), comparables entre columnas del mismo color.

Figura No. 10. Porcentaje plantas dañadas/emergidas a los 10, 13 y 15 días para semillas sin protector fluxofenim

Se presenta a continuación fotos de este momento donde se puede observar el avance en el estado de desarrollo de las plantas.



Figura No. 11. Testigo sin protector

Figura No. 12. Testigo con protector



Figura No. 13. Acierto sin protector



Figura No. 14. Acierto con Protector



Figura No. 15. Dual 1L sin protector



Figura No. 16. Dual 1L con protector



Figura No. 17. Dual 1.6L sin protector



Figura No. 18. Dual 1.6L con Protector



Figura No. 19. Metolagan 1L sin protector



Figura No. 20. Metolagan 1L con protector



Figura No. 21. Metolagan 1.6L sin protector



Figura No. 22. Parrallel Plus sin protector



Figura No. 23. Parrallel Plus con protector

A los 15 días finalizaron las evaluaciones de daño y se evaluó la materia seca por tratamiento y por planta acumulada hasta la fecha.

En una primera instancia se analizó el tratamiento considerando la materia seca total, tomando en cuenta el número de plantas total como el sembrado. Como era esperable visto los datos de fitotoxicidad ya presentados, se constató interacción entre el herbicida y el uso del safener (P=0.0018) (Cuadro No. 9).

Cuadro No. 9. Fuentes de variación y su significancia para los factores estudiados en el análisis por tratamiento

Fuente variación	Grado libertad numerador	Grado libertad denominador	F valor	P- valor
H	6	39	5,19	0,0005
P	1	39	17,82	0,0001
Rep	3	39	0,66	0,5789
H*P	6	39	4,36	0,0018

H: Tratamiento herbicida; P: Protector; Rep: Repetición; H*P: Interacción Tratamiento herbicida-protector

La materia seca acumulada fue bien marcada por el uso de protector, este determinó un aumento de 43% en la materia seca acumulada con su utilización (P=0.0001).

Cuadro No. 10. Efecto del protector sobre el peso medio (g) de los tratamientos

Protector Fluxofenim	Materia seca acumulada	
SI	0,5478	A
NO	0.382	B

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

La interacción herbicidas por protector, indica que todos los tratamientos con uso de protector presentaron una mayor acumulación de materia seca, en algunos tratamientos, esta diferencia a favor del uso de protector no eran estadísticamente significativas, pero la tendencia es clara hacia la mayor acumulación de materia seca de los tratamientos con uso de protector, estos resultados son concordantes con los resultados obtenidos por Fuerst y Gronwald (1986), Vaz da Silva (2007).

Cuadro No. 11. Materia seca (g) acumulada al día 15 con y sin el uso de protector para los diferentes tratamientos herbicidas

Tratamiento herbicidas	Materia seca acumulada			
	Sin protector		Con protector	
	Fluxofenim		Fluxofenim	
Testigo	0.718	Aa	0.640	Aa
Atranex 90 1.66kg/ha + Acierto 2l/ha	0.008	Cb	0.592	Aa
Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1L/ha	0.418	ABa	0.432	Aa
Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1.6L/ha	0.414	ABa	0.585	Aa
Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1L/ha	0.428	ABa	0.457	Aa
Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1.6L/ha	0.275	BCb	0.507	Aa
Parrallel Plus 4.5L/ha	0.412	ABa	0.621	Aa

Letras mayúsculas comparación de medias entre tratamientos herbicidas; Letras minúsculas comparación de medias entre uso de protector.

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

También al evaluar la materia seca por planta se constató interacción entre el herbicida y el uso del safener ($P = 0.0002$), esta interacción fue consecuencia del comportamiento del Acetochlor sin fluxofenim, donde el daño fue en plantas muertas y en el crecimiento de las sobrevivientes. También se comprobó efecto de los tratamientos ($P = 0.0001$) (Cuadro No. 12).

Cuadro No. 12. . Fuentes de variación y su significancia para los factores estudiados en el análisis por planta

Fuente Variación	Grados libertad numerador	Grados libertad denominador	F-valor	P-valor
H	6	39	11,78	<0,0001
P	1	39	0,11	0,7412
Rep	3	39	3,6	0,0218
H*P	6	39	6	0,0002

H: Tratamiento herbicida; P: Protector; Rep: Repetición; H*P: Interacción Tratamiento herbicida-protector

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

Cuadro No. 13. Materia seca acumulada (g/planta) al día 15 con y sin el uso de protector para los diferentes tratamientos herbicidas

Tratamientos herbicidas	Sin protector Fluxofenim		Con protector Fluxofenim	
	Medio	Medio	Medio	Medio
Testigo	0.092	Aa	0.085	Aa
Atranex 90 1.66kg/ha + Acierto 2l/ha	0.008	Bb	0.065	Aa
Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1L/ha	0.066	Aa	0.055	Aa
Atranex 90 1.66kg/ha + Dual 1.6L/ha	0.089	Aa	0.081	Aa
Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1L/ha	0.080	Aa	0.065	Aa
Atranex 90 1.66kg/ha + Metolagan 93 1.6L/ha	0.065	Aa	0.071	Aa
Parrallel Plus 4.5L/ha	0.086	Aa	0.073	Aa

Letras mayúsculas comparación de medias entre tratamientos herbicidas; Letras minúsculas comparación de medias entre uso de protector.

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

Se destaca que las diferencias significativas en cuanto a la interacción herbicida por safener se explican únicamente por la diferencia en el tratamiento de Atranex + Acetochlor, el tratamiento con safener presentó una materia seca acumulada de 0.0648g/planta y sin safener 0.0080g/planta (Figura No. 24).

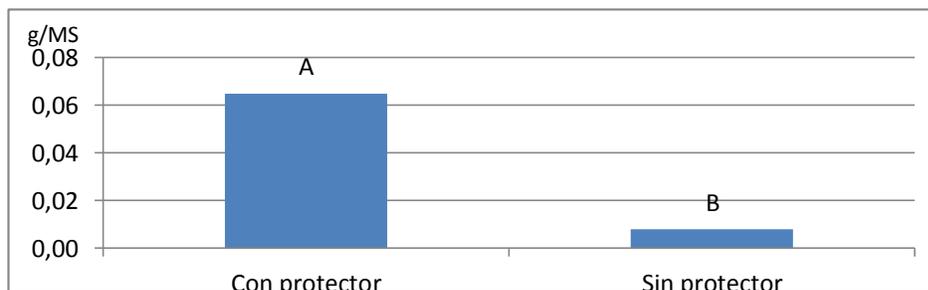


Figura No. 24. Materia seca acumulada (g/planta) con y sin protector para el tratamiento de Atranex + Acierto

Es de destacar que no se encuentran diferencias significativas en el peso individual de las plantas para los tratamientos de metolachlor con y sin protector, cuando en realidad lo esperable es que si hubiese existido diferencias, las plantas que lograron sobrevivir y detoxificar en parte el herbicida acumularon materia seca, en muchos caso explicada por hojas malformadas, enmascarando las diferencias. Es esperable que si el desarrollo del cultivo hubiese seguido se presentaran las diferencias en el peso de plantas de forma significativa, además estas diferencias tenderían a incrementarse con la dosis de herbicida tal cual lo reportan Fuerst y Gronwald (1986), Vaz da Silva (2007).

En cuanto a lo obtenido en la materia seca acumulada por tratamiento concuerda con lo que se pudo observar en el indicador de plantas dañadas, donde los tratamientos de acetochlor, y la mayor dosis de metalochlor en la formulación como Metolagan 1.6L fueron quienes presentaron los mayores efectos fitotóxicos. Si bien en la fitotoxicidad visual también presentaron importante daño Dual 1.6L y Parallel Plus, esto no se reflejó en la materia seca. En las plantas sobrevivientes expresada como materia seca/planta, solo el tratamiento con Acierto determinó menor crecimiento.

Es destacable que todos los tratamientos herbicidas que recibieron el protector fluxofenim, no presentaron daños visuales, ni disminución en la materia seca acumulada total por tratamiento o de forma individual.

5. CONCLUSIONES

El porcentaje de germinación de semillas de sorgo no se vio afectado por el uso del safener fluxofenim, esto se confirmó tanto en cámara de germinación en laboratorio como en los ensayos en invernáculo. Los porcentajes de germinación del lote estudiado se ubicaron entre el 75 y 85 % en invernáculo y laboratorio respectivamente.

El uso del safener fluxofenim en las semillas de sorgo determinó una buena detoxificación de los herbicidas utilizados tanto para el uso de metolachlor como para acetochlor. Se constató que con el uso de fluxofenim no se encontraron plantas dañadas y no se registró disminución en la acumulación de materia seca con respecto al testigo.

Para el caso de los tratamientos herbicidas sobre semillas que no habían recibido la protección del fluxofenim, se evidenció daños de diferentes grados, desde malformaciones leves hasta algunas que desencadenaron la posterior muerte de las plantas. El acetochlor generó mayores niveles de daño, con malformaciones intensas, mayor número de plantas muertas, así como en el crecimiento de las plantas sobrevivientes.

El uso del safener Benoxacor dentro de la formulación química de algunos de los tratamientos herbicidas no exhibió efecto en la detoxificación del herbicida.

6. RESUMEN

Los nuevos sistemas agrícolas en siembra directa ineludiblemente para poder ser sustentables tendrán que utilizar cultivos C4, como el sorgo, para poder cumplir con las nuevas exigencias en relación a la conservación del recurso suelo. Enmarcados en esta coyuntura el exitoso control de las malezas y el eficiente uso de las herramientas para su control son pilares fundamentales en la ejecución de estos sistemas, por lo que el conocimiento de estas herramientas es primordial. En este contexto se planteó nuestra investigación, para poder generar conocimiento sobre el uso de graminicidas preemergentes y los safeners adecuados para proteger el cultivo de sorgo. El experimento se realizó en la Estación Experimental Dr. Mario A Cassinonni, consistió en la evaluación de diferentes herbicidas con el uso del safener fluxofenim en la semilla o el safener benoxacor como integrante de la formulación química de los herbicidas. El ensayo se realizó en macetas en invernáculo, con un arreglo factorial de tratamientos, los tratamientos herbicidas fueron: Testigo; Atrazina 1.5kg i.a/ha + Acetochlor 1.8kg i.a/ha; Atrazina 1.5kg i.a/ha + Metolachlor 0.96kg i.a/ha; Atrazina 1.5kg i.a/ha + Metolachlor 1.54kg i.a/ha; Atrazina 1.5kg i.a/ha + Metolachlor 0.93kg i.a/ha + Benoxacor (safener); Atrazina 1.5kg i.a/ha + Metolachlor 1.48kg i.a/ha + Benoxacor (safener); Atrazina 1.5kg i.a/ha + Metolachlor 1.45kg i.a/ha + Benoxacor (safener) y combinados su aplicación sobre semilla protegida con fluxofenim y sin el protector. Se evaluó germinación, evolución del crecimiento de las plantas, plantas dañadas y al cabo de 15 días de la siembra se evaluó la materia seca por planta. No se obtuvieron diferencias en los porcentajes de germinación entre los diferentes tratamientos herbicidas ni entre el uso o no del safener fluxofenim. El uso del fluxofenim en las semillas de sorgo generó una correcta detoxificación de los herbicidas utilizados, tanto de metoclachlor para el cual está recomendado, así como para el uso de acetochlor que no lo está. Los tratamientos que no recibieron el tratamiento de fluxofenim, presentaron síntomas de fitotoxicidad, generando plantas con malformaciones de diferente grado, hasta la muerte de algunas plantas. En este caso, los daños fueron más severos en los tratamientos de acetochlor que en los tratamientos con metolachlor. El safener benoxacor no evidenció efecto en la detoxificación del herbicida.

Palabras clave: Sorgo; Safener; Fluxofenim; Benoxacor; Metalochlor;
Acetochlor.

7. SUMMARY

The new agricultural system based on direct sowing will have to use C4 crops such as sorghum inescapably to be sustainable and also to accomplish the new exigencies concerning the preservation of the soil resource. In this conjuncture the successful control of weeds and the efficient use of the different tools to achieve it are fundamental. So, knowing well these tools is basic for these systems. In that context arises this investigation, to generate knowledge about the usage of pre-emergent graminicides and the adequate “safeners” for the sorghum crop. The experiment was carried out at the experimental station Dr. Mario A. Cassinoni and it consisted on the evaluation of different herbicides and the usage of the “safener” fluxofenim on the seed or the “safener” benoxacor as an ingredient of the chemical formulation of the herbicide. The test was done in greenhouse pots with a factorial arrangement of treatments. The different treatments were: Atrazina 1.5kg a.i/ha + Acetochlor 1.8kg a.i/ha (witness); Atrazina 1.5kg a.i/ha + Metolachlor 0.96kg a.i/ha; Atrazina 1.5kg a.i/ha + Metolachlor 1.54kg a.i/ha; Atrazina 1.5kg a.i/ha + Metolachlor 0.93kg a.i/ha + Benoxacor (safener); Atrazina 1.5kg a.i/ha + Metolachlor 1.48kg a.i/ha + Benoxacor (safener); Atrazina 1.5kg a.i/ha + Metolachlor 1.45kg a.i/ha + Benoxacor (safener) and combined their application over protected seed using fluxofenim or without using it. Germination percentage, plants growth evolution, and damaged plants were evaluated. Dry matter in plants was also evaluated 15 days after the sow. There were no differences in germination percentage between the different herbicide treatments, neither between using the “safener” fluxofenim or not. The usage of fluxofenim on the sorghum seeds generated a correct detoxification of the herbicides used not only for metolachlor, what is recommended, but also for acetochlor. The treatments which didn't receive the application of fluxofenim presented fitotoxicity symptoms, generating malformed plants of different degrees and even some deaths. In these cases the damages were severer for the treatments including acetochlor than for the ones that included metolachlor. The safener benoxacor didn't evidence herbicide detoxification effect.

Keywords: Sorghum; Safener; Fluxofenim; Benoxacor; Metolachlor; Acetochlor.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ALGORTA, E.; CARCABELOS, J. 2007. Efecto de distintas distancias entre hileras, población e híbrido de sorgo granífero en siembra directa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 49 p.
2. BENTANCOR, E.; BENTANCOR, P. 2010. Respuesta a la población de dos híbridos de sorgo granífero, Zona centro. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 101 p.
3. BURTON, J. D.; MANESS, E. P. 1992. Constitutive and inducible bentazon hydroxylation in shattercane (*Sorghum bicolor*) and Johnsongrass (*S. halepense*). *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 44:40-49.
4. CARRASCO, P. 1989. Potencial de producción de sorgo granífero en el litoral norte. s.n.t. 25 p.
5. CATANEO, A. C.; CHAMMA, K. L.; FERREIRA, L. C.; GOMES, G. F.; CARVALHO, J. C.; NOVELLI, E. L. 2002. Glutathione S-transferase activity in acetochlor, atrazine and oxyfluorfen metabolization in Maite (*Zea mays* L.), sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) (Poaceae). *Acta Scientiarum*. 24 (2): 619-623.
6. CATICHA, G.; SANCHEZ, M. 1985. Determinación del momento crítico de competencia de malezas en sorgo granífero. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 116 p.
7. DAVIES, J.; CASELEY, J.C. 1999. Herbicide safeners; a review. *Pesticide Science*. 55 (11): 1043-1058.
8. EDWARDS, R.; BRAZIER-HICKS, M.; DIXON, D. P.; CUMMINS, I. 2005. Chemical manipulation of antioxidant defences in plants. *Advances in Botanical Research*. 42:1-32.
9. FARAGO, S.; KREUZ, K.; BRUNOLD, C. 1994. Herbicide safeners and glutathione metabolism. *Plant Physiology*. 91: 537-542.

10. FUERST, E.P.; GRONWALD, J. W. 1986. Induction of rapid metabolism of metolachlor in sorghum (*Sorghum bicolor*) shoots by CGA-92194 and other antidotes. *Weed Science*. 34:354-361.
11. GEIER, P. W.; STAHLMAN, P. W.; REGEHR, D. L.; OLSON, B. L. 2009. Preemergency herbicide efficacy and phytotoxicity in grain sorghum. *Weed Science*. 23(2): 197-201.
12. GHISELLINI, N.; HOLTZ, I. 1985. Alternativas de manejo en el cultivo de sorgo granifero. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomia. 109 p.
13. GRONWALD, J. W.; FUERST, E. P.; EBERLEIN, C. V.; EGLI, M. A. 1987. Effect of herbicide antidotes on glutathione content and glutathione S-transferase activity of sorghum shoots. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 29:66-76.
14. Guía uruguay para la protección y fertilización vegetal. 2012. 12a. ed. Montevideo, SATA. 593 p.
15. HATZIOS, K. K.; BURGOS, N. 2004. Metabolism-based herbicide resistance; regulation by safeners. *Weed Science*. 52: 454-467.
16. KOGAN, M.; PEREZ, A. 2003. Herbicidas; fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción. Santiago, Chile, Universidad Católica de Chile. 333 p.
17. KREUZ, K.; TOMMASINI, R.; MARTINOIA, E. 1996. Old enzymes for a new job; herbicide detoxification in plants. *Plant Physiology*. 111: 349-353.
18. LIEBL, R. 1995. Cell growth inhibitors (cloroacetamides, cabomothioates, napropamide, bensulide). In: Liebl, R. ed. *Herbicide action*. West Lafayette, Purdue University. v.1, pp.200-224.
19. PITELLI, R. A. 1987. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. *IPEF*. 4: 1-24.
20. SIRI, G. 2004. Sorgo. Montevideo, Facultad de Agronomía. 96 p.

21. SWAIN, J. M.; CHIN, M.; OLLERENSHAW, A. J.; HAMPSHIRE, F. 1984. CGA 43089 - a herbicide safener for use in sorghum (*Sorghum bicolor*). In: Australian Weeds Conference (7th., 1984, Perth, Western Australia). Proceedings. Perth, Western Australia, s.e. v.1, pp. 140-144.
22. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA AGRIVULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS. 2010. Anuario estadístico agropecuario 2010. Montevideo. 82 p.
23. VAZ DA SILVA, J.R. 2007. Avalidacao do fluxofenim nas culturas do sorgo, trigo e arroz como protector ao herbicida s-metolachlor. Tese Dr. Agr. Botucatu, Brasil. UNESP. Facultad de Ciencias Agronómicas. 52 p.
24. WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. 1994. Herbicide handbook. 7th. ed. Champaign. 352 p.