

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

TECNOLOGÍAS DE APLICACIÓN ASOCIADAS
AL CONTROL DE MALEZAS EN SORGO

por

María Valentina ORSI VALVERDE
Lucas Ignacio SORIA MORENO

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2017

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Juana Villalba

Ing. Agr. Dra. Grisel Fernández

Ing. Agr. Juan Olivet

Fecha:

30 de octubre de 2017

Autores:

Valentina Orsi Valverde

Lucas Soria Moreno

AGRADECIMIENTOS

A la familia y amigos por brindarnos su apoyo durante la carrera.

A nuestra tutora Ing. Agr. Juana Villalba, por su acompañamiento y disposición durante la realización de este proceso.

Al grupo de trabajo de la Cátedra de Malherbología y personal de la EEMAC, por brindarnos su apoyo en diversas tareas de campo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1. <u>CULTIVO DE SORGO</u>	2
2.1.1. <u>Características del cultivo</u>	2
2.1.2. <u>Interferencia de malezas</u>	3
2.2. <u>HERBICIDAS</u>	6
2.2.1. <u>Atrazina</u>	6
2.2.2. <u>S-metolaclor</u>	8
2.2.3. <u>Quinclorac</u>	10
2.3. <u>TECNOLOGÍA DE APLICACIÓN</u>	12
2.3.1. <u>Generalidades de tecnologías de aplicación</u>	12
2.3.2. <u>Volumen de aplicación</u>	12
2.3.3. <u>Tamaño de gota</u>	14
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	15
3.1. <u>LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS EXPERIMENTOS</u>	15
3.2. <u>EXPERIMENTO HERBICIDAS EN PRE-MERGENCIA</u>	15
3.2.1. <u>Tratamiento y diseño experimental</u>	15
3.2.2. <u>Determinaciones</u>	17
3.2.3. <u>Análisis estadístico</u>	18
3.3. <u>EXPERIMENTO CONTROL DE MALEZAS EN POST-EMERGENCIA</u>	18
3.3.1. <u>Tratamientos y diseño experimental</u>	18
3.3.2. <u>Metodología de instalación</u>	19
3.3.3. <u>Determinaciones</u>	20
3.3.4. <u>Análisis estadístico</u>	20
3.4. <u>EXPERIMENTO EN CONDICIONES SEMI CONTROLADAS</u>	20
3.4.1. <u>Metodología de instalación</u>	20

3.4.2. <u>Tratamiento y diseño experimental</u>	21
3.4.3. <u>Determinaciones</u>	21
3.4.4. <u>Análisis estadístico</u>	21
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	22
4.1. EXPERIMENTO DE HERBICIDA EN PRE-EMERGENCIA....	22
4.1.1. <u>Caracterización de la población de gotas</u>	22
4.1.2. <u>Control de malezas</u>	23
4.1.3. <u>Rendimiento en grano</u>	29
4.2. EXPERIMENTO CONTROL DE MALEZAS EN POST-EMERGENCIA.....	30
4.2.1. <u>Control de malezas y rendimiento en grano</u>	30
4.3. EXPERIMENTO EN CONDICIONES SEMI CONTROLADAS.....	34
5. <u>CONCLUSIONES</u>	35
6. <u>RESUMEN</u>	36
7. <u>SUMMARY</u>	37
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	38
9. <u>ANEXOS</u>	45

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Descripción de los tratamientos pre-emergente.....	16
2. Descripción de los parámetros de la aplicación para lograr los tratamientos de VA y TG.....	16
3. Condiciones en torno a la aplicación de pre-emergente.....	17
4. Descripción de los tratamientos post-emergente.....	19
5. Condiciones climáticas posterior a la aplicación.....	19
6. Descripción de los tratamientos condiciones semi controladas.....	21
7. Clasificación de tamaño de gotas ASAE.	22
8. Parámetros de análisis de las tarjetas hidrosensibles.	22
9. Análisis de las fuentes de variación a los 19 días post aplicación.....	22
10. Densidad de malezas (plantas/m ²) a los 19 días post aplicación.....	24
11. Análisis de las fuentes de variación a los 28 días post aplicación.....	24
12. Análisis de las fuentes de variación a los 40 días post aplicación.....	26
13. Análisis de las fuentes de variación a los 64 días post aplicación.....	27
14. Análisis de las fuentes de variación a los 120 días post aplicación.....	29
15. Análisis de fuentes de variación a cosecha.....	29
16. Rendimiento en grano.....	30
17. Análisis de las fuentes de variación sobre el porcentaje de control de malezas a los 12 y 36 días post aplicación, y del rendimiento en grano a cosecha.....	30

18. Control de malezas (%) a los 12 y 36 días post aplicación y rendimiento en grano.....	31
19. Análisis de fuentes de variación a cosecha sobre materia seca malezas hoja ancha y gramínea.....	33
20. Análisis de fuentes de variación a los 17 y 23 días post aplicación...	34
21. Materia seca por planta a los 17 y 23 días post aplicación.....	34

Figura No.

1. Densidad de malezas (plantas/m ²) a los 28 dpa., en la interacción tamaño de gota por volumen de aplicación.....	26
2. Densidad de malezas a los 40 y 64 días post aplicación.....	27
3. Densidad de <i>Sida</i> spp. y <i>Echinochloa colona</i> a los 28, 40 y 64 días post aplicación.....	28
4. Porcentaje de disminución de rendimiento en grano en relación a la dosis de quinclorac.....	32
5. Efecto del aceite (%) en el control de malezas gramíneas.....	33

1. INTRODUCCIÓN

Los factores principales determinantes de la magnitud de interferencia de las malezas en el cultivo de sorgo son, densidad de enmalezamiento, especies malezas que lo componen, período durante el cual se establece la interferencia y agresividad que pueda expresar el cultivo. Estos factores a nivel país son los principales causantes de las reducciones importantes en el rendimiento en grano del cultivo (Fernández, 2004).

Con independencia del potencial de pérdida de rendimiento, la investigación señala que es el control de malezas el factor de producción simple de mayor impacto en el manejo de este cultivo (Fernández, 2004).

Por otra parte, el sorgo es un cultivo que cuenta con pocas alternativas químicas para el control de malezas y donde los estudios al respecto son escasos, por la poca importancia del mismo a nivel mundial.

Las alternativas químicas más usadas son herbicidas pre-emergentes y necesitan ser utilizadas de forma de garantizar la mayor efectividad para asegurar la liberación de la competencia de malezas en la etapa inicial.

El presente trabajo tuvo como finalidad aportar aspectos de tecnologías de aplicación para el uso de herbicidas pre-emergentes en el cultivo y evaluar nuevas herramientas para el uso en la post-emergencia.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CULTIVO DE SORGO

2.1.1. Características del cultivo

El sorgo es una especie perteneciente a la familia Gramineae, subfamilia panicoideae, tribu andropogoneae, nombre científico *Sorghum bicolor*.

Según describe Carrasco, citado por Siri (2004) la capacidad de macollaje de esta gramínea presenta gran variación, muy influenciada por factores genéticos o ambientales. La altura de planta puede presentar una gran variación desde 45 centímetros hasta en algunos casos 4 metros. La altura es función directa del número de nudos, y estos por su parte del tiempo de crecimiento. En cada nudo existen yemas que pueden o no desarrollarse, las próximas al suelo originan raíces que ayudan al anclaje. Las yemas basales del tallo originan macollos, mientras que las superiores tienen la capacidad de desarrollar ramas.

Carrasco, citado por Siri (2004) define que, el número de hojas varía según el cultivar, las hojas jóvenes se mantienen erectas, mientras que las más viejas se curvan. El tamaño tanto en largo como en ancho es inferior a las de maíz. Los estomas se encuentran a ambas caras de la hoja en hileras simples o dobles, el largo de éstos es $\frac{2}{3}$ de los del maíz, en tanto que hay un 50% más por unidad de área. El comportamiento estomático es responsable de su rusticidad con respecto al déficit hídrico.

El sistema radicular del sorgo se destaca por una gran exploración de suelo, siendo esta especie de las de mayor superficie radicular por medida de volumen de suelo. Dicha característica le proporciona mayor resistencia a déficit hídrico y además de brindarle una alta eficiencia del uso de nutrientes (Carrasco, citado por Siri, 2004).

La inflorescencia de este cultivo es una panoja constituida por un raquis central a partir del cual salen ramas primarias insertadas en anillos, las cuales se dividen en ramas secundarias y a veces terciarias que portan los racimos de espiguillas. Una panoja normal puede llevar entre 1500 a 2000 semillas (Carrasco, citado por Siri, 2004).

Las características fotosintéticas de la planta con metabolismo C4 son, alto punto de saturación por luz, máxima fotosíntesis con temperatura elevada, alta eficiencia del uso del agua, alta eficiencia en el uso de nitrógeno, bajo punto de compensación por

CO₂ y alto punto de compensación por luz. La dominancia apical es el proceso que determina la existencia de mayor o menor grado de macollos en una planta (Carrasco, citado por Siri, 2004).

El rendimiento de cualquier cultivo se explica normalmente en términos de producción de carbohidratos y de su capacidad de almacenaje. Hasta floración de la planta de sorgo se define tanto el tamaño de la fuente como de la fosa (número de granos).

Del proceso de formación y crecimiento de la panoja depende el número de granos obtenidos por planta. Carrasco, citado por Siri (2004) señala que el número de granos por panoja es función directa de la duración del área foliar por planta entre iniciación floral y emergencia de la panoja.

Según Carrasco, citado por Siri (2004) este cultivo tiene requerimientos de temperaturas similares a los del maíz, pero es menos sensible a diferentes niveles de disponibilidad térmica. La temperatura base de crecimiento es de 15°C, es necesario al menos 600°C en toda la estación de crecimiento para que el cultivo pueda realizarse, por lo que no existen limitantes en el país para la producción. Existe un efecto positivo de la temperatura sobre el crecimiento de la panoja hasta los 27°C promedio.

Respecto a los requerimientos hídricos, el cultivo tolera deficiencias de hasta 200 milímetros en la estación de crecimiento, mientras que es afectado por excesos hídricos mayores a 100 milímetros en la maduración (Carrasco, citado por Siri, 2004).

Por su régimen de precipitaciones (iso higro) de 100 milímetros mensuales en promedio, considerando los 400 milímetros en los 4 meses de crecimiento más el contenido de agua almacenada en suelo (100 a 150 mm.), se puede concluir que el país tiene buen potencial para el crecimiento de este cultivo (Carrasco, citado por Siri, 2004).

2.1.2. Interferencia de malezas

Al igual que en otros cultivos, la pérdida de productividad por la presencia de malezas es asociada a efectos de interferencia desde previo a la siembra hasta el momento de la cosecha (Fernández, 2004).

Generalmente las pérdidas de mayor impacto son efecto de la competencia por recursos esenciales para el crecimiento (luz, agua, nutrientes y espacio), durante el período de crecimiento del cultivo (Fernández, 2004).

Fernández (2004) afirma que los factores principales determinantes de la magnitud de interferencia de las malezas sobre el cultivo son: densidad de

enmalezamiento, especies malezas que lo componen, período durante el cual se establece la interferencia y agresividad que pueda expresar el cultivo. Estos factores a nivel país son los principales causantes de las reducciones importantes en el rendimiento en grano del cultivo de sorgo.

Respecto a las características de los enmalezamientos del país, son frecuentes niveles medios a elevados con predominancia de malezas competitivas como *Digitaria sanguinalis* (pasto blanco), *Echinochloa* sp. (capín), *Amaranthus* sp. (yuyo colorado), *Xanthium* sp. (abrojos y cepas), dentro del grupo de anuales, y *Cynodon dactylon* (gramilla) o *Sorghum halepense* (sorgo de alepo) entre las perennes (Fernández, 2004).

En relevamientos estivales más recientes, se identificaron como especies muy frecuentes, *Digitaria sanguinalis*, *Portulaca oleracea*, *Amaranthus quitensis* y *Tragia volubilis* (Belgeri y Caulin, 2008).

Fernández (2004) menciona que además de las características del enmalezamiento es de importancia considerar algunas características inherentes del cultivo, como lo es, la lenta tasa de crecimiento inicial, lo que le confiere baja competitividad en estas etapas, y temprana definición de su potencial, lo que condiciona al cultivo en el período de mayor susceptibilidad frente a la limitación de recursos con los momentos en que tiene menor capacidad competitiva con las malezas. Esto determina la necesidad de hacer controles desde el inicio del ciclo del cultivo.

Para situaciones de enmalezamientos promedios de *Digitaria* sp. se observó que las máximas pérdidas de grano en sorgo se produjeron como resultado de la competencia realizada por la maleza entre la 5ª. y la 8ª. hoja del cultivo, período al cual la maleza alcanzó el 40% de su crecimiento final mientras que el sorgo acumuló solo 23% (Caticha y Sánchez, 1985).

Con independencia del potencial de pérdida de rendimiento, la investigación señala que es el control de malezas el factor de producción simple de mayor impacto en el manejo de este cultivo (Fernández, 2004). La autora, menciona que es necesario que el cultivo crezca libre de malezas hasta que alcance la cobertura total. Esto puede ocurrir antes, coincidentemente o posterior a finalizadas las etapas de definición de rendimiento. Consecuentemente exige que las medidas de manejo del enmalezamiento contemplen efectos de residualidad así como que aseguren la rápida cobertura del cultivo. Estos requisitos hacen de especial uso, el control químico con herbicidas de pre siembra o pre emergencia residuales.

En la práctica, en los estadios iniciales de crecimiento es cuando el poder residual del herbicida debe actuar en el control de las malezas, ya que especies de malezas que emergen en este período, podrían provocar una reducción significativa en la

productividad económica y de la calidad del producto final generado por el cultivo (Pitelli, 1987).

D'Emden y Llewellyn, citados por D'Emden et al. (2008), afirman que una de las principales desventajas en los sistemas actuales de siembra directa, donde permanece el suelo sin un cultivo en crecimiento en una fracción del año, es que permite el crecimiento de las malezas sin competencia, desencadenando una mayor dependencia de herbicidas.

Por otra parte, los herbicidas pre-emergentes son menos efectivos en el sistema de siembra directa debido a la falta de incorporación mecánica aumentando la probabilidad de pérdida por volatilidad y fotodescomposición de algunos de éstos (Parochetti y Hein, citados por Borger et al., 2013).

Los residuos de rastrojos de cultivos anteriores reducen la penetración de herbicidas en el suelo. Los compuestos con baja solubilidad en agua se unen al rastrojo y se les imposibilita alcanzar las estructuras de las semillas de malezas que se encuentran en el suelo, pero incluso los herbicidas con alta solubilidad en agua son físicamente impedidos por el rastrojo denso y dependen de la lluvia para lavarlos al suelo (Ashworth et al., Bayer Crop Science, Kenga, citados por Borger et al., 2013).

En el cultivo de sorgo las malezas gramíneas y latifoliadas constituyen uno de los factores nocivos ocasionando pérdidas en rendimiento que oscilan entre un 30 y 70 por ciento (Rodríguez et al., s.f.).

En los casos en que el cultivo se mantiene enmalezado los primeros 25 a 30 días desde su nacimiento (en relación a la presión de malezas) es esperable obtener rendimientos muy similares a los tratamientos sin malezas, siempre y cuando la intensidad de la intervención en ese momento sea eficaz en el control de malezas. Cuando el enmalezamiento dura períodos superiores a los 20 a 30 días se produce una pérdida de rendimiento de forma directa al período que dura el enmalezamiento. Sin embargo para obtener rendimientos similares a los testigos limpios es necesario permanecer sin malezas por lo menos de 30 a 40 días desde su nacimiento (Rodríguez et al., s.f.).

La competencia por luz con la maleza es de suma importancia en el desarrollo de los cultivos. Se ha establecido que en comunidades mixtas de algunas especies de malezas y sorgo, sin limitantes de agua o nutrientes, la presencia de 1, 4 y 12 malezas/m², redujo la absorción de luz fotosintéticamente activa en 21, 29 y 51%, respectivamente, con relación al sorgo sin presencia de malezas. Lo que trajo como consecuencia una reducción similar en el área foliar del sorgo y finalmente en el peso de sus panojas (Graham et al., citados por Rosales, s.f.).

Westra et al., citados por Rosales (s.f.) muestran en su trabajo que debido a la competencia de correhuela perenne durante el ciclo del cultivo se produjo una pérdida de 48 % en el rendimiento de sorgo.

La competencia de malezas afectó significativamente el número de panículas por metro cuadrado, la altura de sorgo a cosecha y el número de gránulos por panícula. El peso de mil granos no fue afectado por la competencia. Las reducciones del rendimiento del sorgo fueron el resultado de una disminución del número de panículas y granos por panículas. La reducción en el número de granos por panícula es la principal causa de la reducción de rendimiento de sorgo en ambientes bajo estrés (Saeed et al., citados por Rosales et al., 2014) o con competencia de malezas (Moore et al., citados por Rosales et al., 2014).

2.2. HERBICIDAS

Se presenta una revisión de las principales características químicas y de uso de los herbicidas usados en los distintos experimentos.

2.2.1. Atrazina

La dosis máxima a usar establecida por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca al momento de instalado el cultivo era de 1.5 kg de i.a./año para sorgo, según la resolución No. 55, de enero de 2011. A la fecha surge una nueva resolución que establece la prohibición a la importación, registro y renovación de los productos fitosanitarios a base de atrazina (MGAP. DGSSAA, 2016).

La fórmula química de la atrazina es $C_8H_{14}ClN_5$ (con el nombre químico de IUPAC: 6-chloro-N2-ethyl-N4-isopropyl-1,3,5-triazine-2,4-diamine / CAS: 6-chloro-N-ethyl-N'-(1-methylethyl)-1,3,5-triazine-2,4-diamine (OMS, 1993).

La atrazina pertenece a la familia de los herbicidas triazinas, de acción básicamente sistémica y residual. El sistema radicular es la principal vía de absorción del herbicida, donde el movimiento dentro de la planta es principalmente por xilema, y en una menor medida se da absorción por hojas (Chessa, 2002).

El modo de acción de la atrazina es la secuencia de eventos que inicia en la absorción del producto, ya sea por las raíces y/o por las hojas, translocándose vía apoplasto, siguiendo la corriente transpiratoria y finaliza con la llegada al sitio de acción. El sitio de acción es la proteína D1 quinona en el cloroplasto. La atrazina se encuentra dentro del grupo de los herbicidas inhibidores de la fotosíntesis.

El mecanismo de acción de este herbicida es la interferencia en el transporte de electrones durante el proceso de la fotosíntesis en el fotosistema II, en los cloroplastos. Es imprescindible la presencia de luz para que la molécula pueda funcionar; cuando se da la interrupción de la transferencia de electrones ocurre una reducción de la plastoquinona (PQ) en la membrana del tilacoide, la atrazina se enlaza a la proteína D₁, impidiendo el enlace de la PQ. Al inhibirse el enlace de la PQ a la proteína D₁, el proceso de transferencia fotosintética de electrones es interrumpido y por lo tanto la síntesis de ATP y NADPH en el cloroplasto es afectada. Esto desencadena una incapacidad de fijación de CO₂ en las plantas, la cual luego de dos días aproximadamente de aplicado detienen por completo el crecimiento (López y Papa, citados por Papa, s.f.).

Para que las malezas sean capaces de absorber a la atrazina, o ésta esté en cantidades suficientes para ser absorbido, el herbicida debe estar activado, o incorporado al suelo antes de que las malezas nazcan o que hayan emergido.

En una de las malezas gramíneas anuales más importante en sorgo, como *Digitaria sanguinalis*, el control es insatisfactorio, ocasionando solo una depresión del crecimiento.

En los sistemas de siembra directa el componente lluvia es el elemento de activación del herbicida en el suelo y dado que la persistencia de la atrazina en el suelo torna de 2 a 6 meses, se puede aplicar unos 20 días antes de la fecha programada de siembra y esperar por una lluvia. En aplicaciones en suelos secos no se activará y se observarán grandes fallas de control con amplios manchones enmalezados. El movimiento de la atrazina en el suelo está clasificado como escaso a moderado y la duración de su acción puede variar según el tipo de suelo tratado, la dosis aplicada y los milímetros de lluvia caída. En suelos con menores contenidos de materia orgánica, o arenosos, la retención de herbicida por parte del suelo es menor, aumentando lo disponible para las plantas. En consecuencia se debe controlar la dosis hasta lograr la misma disponibilidad de ingrediente activo para las plantas, en el suelo liviano o arenoso que en un suelo medio o pesado (Chessa, 2002).

La OMS (1993), expone que el herbicida atrazina actúa de forma selectivo en pre y post emergencia, utilizado para el control de malezas en cultivos como el sorgo. Si bien su principal uso es en preemergencia, también puede utilizarse en tratamientos de post emergencia, sobre malezas en estado de plántula (Papa, s.f.).

Se ha encontrado evidencia que la atrazina se puede usar como post-emergente temprano sobre malezas recientemente emergidas (entre 1 o 2 hojas), pero su acción es principalmente de contacto y no sistémica, requiriendo el agregado de coadyuvantes como aceites para su acción, así como una correcta cobertura de gotas en la aplicación (Chessa, 2002).

Biset et al. (2011) mencionan que para el manejo de malezas en el período de barbecho los herbicidas atrazina, metsulfurón metil y 2,4-D son muy eficaces en el control de un amplio espectro de malezas, además los dos primeros presentan residualidad. Dicha residualidad evita la germinación de nuevas cohortes de malezas.

En el cultivo de sorgo granífero, la atrazina es quien permite controlar la mayoría de las malezas de hoja ancha, así como las gramíneas anuales que puede presentarse como limitante del rendimiento en las diferentes zonas sorgueras (Chessa, 2002).

De la Vega (s.f.) recomienda en base a sus trabajos anteriores aplicar este producto para el control de las especies *Xanthium cavanillesi*, *Stelaria media*, *Carduus acanthoides*, *Echinochloa crus-galli*, *Poa annua*, *Setaria* sp., *Amaranthus quitensis*, *Rumex crispus*, *Anthemis cotula*, *Capsella bursa-pastoris*, entre otras.

Las plantas poseen mecanismos de detoxificación que pueden afectar significativamente la respuesta de los cultivos a los herbicidas, un ejemplo de insensibilidad es el maíz, debido a su eficiente sistema de detoxificación que involucra una reacción del herbicida con el glutatión (un tripéptido protector) y posterior transporte a la vacuola de la célula (Belgeri, s.f.).

Se plantea que la tasa de degradación química y microbiana de las triazinas y sulfonilureas disminuye cuando el pH aumenta, principalmente por encima de 7,0. Asimismo, en suelos con pH elevados, estos herbicidas se ligan o adsorben en menor proporción a las partículas del suelo, estando por lo tanto más disponibles para la absorción de las plantas (Barriuso y Bedmar, citados por Metzler et al., s.f.).

2.2.2. S-metolaclor

El s-metolaclor pertenece al grupo químico de las cloroacetamidas. Estos son herbicidas inhibidores del crecimiento meristemático, actúan bloqueando la síntesis de proteína, la división y elongación de las células (Rosales y Esqueda s.f., Rodríguez s.f.).

Las cloroacetamidas son empleadas mayormente en pre siembra y pre emergencia ya que implica mejor control antes de la emergencia de la maleza. Utilizado en post emergencia como herbicida de contacto, se identifica pobre control (Britos y Goyeni, 2013).

Según Kogan y Pérez (2003), el metolaclor es el graminicida recomendado para la aplicación en pre emergencia de sorgo.

Tuesca et al. (s.f.) en su trabajo citan que el s-metolaclor tiene efecto residual, y es clave a fin de evitar emergencias tempranas de primavera y para contribuir a reducir la magnitud del banco de semillas de malezas.

Las cloroacetamidas son inhibidoras del crecimiento del meristemo apical de la raíz, lo que las plantas sensibles mueren antes de la emergencia (WSSA, 1994).

S-metolaclor es absorbido por las estructuras de la semilla en germinación (coleoptilo) y las raíces de las malezas, actuando antes, durante o inmediatamente después de su emergencia (Palma, 2015). Peña (2013) menciona que el s-metolaclor tiene actividad de preemergencia selectiva. Actúa inhibiendo la división celular, lo que impide la germinación de las semillas y dificulta el crecimiento, en especial de las raíces. Al igual que Palma (2015) expone, que se absorbe principalmente por el coleoptilo y además por hipocotilo, inhibe la síntesis de los ácidos nucleicos y de las proteínas, impide la síntesis de los lípidos y rompe la integridad de las membranas celulares. También impide la síntesis de las ceras epicuticulares y la biosíntesis de giberelinas.

García y Fernández-Quintanilla (1991) encontraron que en las especies sensibles, los síntomas se aprecian aunque las plántulas no emergen, a su vez las pocas que emergen presentan hojas retorcidas, mal formadas y coloración predominantemente de color verde oscuro.

Las especies que se identifican como sensibles son: *Agrostis spp.*, *Alopecurus myosuroides* (cola de zorro), *Avena spp.*, *Dactylis glomerata*, *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa cruz-galli*, *Lolium perenne*, *Poa annua*, *Portulaca oleracea*, *Stelaria media*. Se puede encontrar especies resistentes como son: *Cynodon dactylon* y la gran mayoría de las dicotiledóneas (De Liñán Carral y De Liñán, citados por Peña, 2013).

Un estudio presentado por el INTA demuestra que el porcentaje de control de *Digitaria sanguinalis* y *Eleusine tristachya* aumentó cuando se usó atrazina (3 kg./ha.) en conjunto con s-metolaclor (1,2 Kg/ha.) en comparación con dosis inferiores de atrazina (1,5kg). Chicoye et al., citados por Ernst y Ferrari (2013) mencionan que la mezcla de atrazina más s-metolaclor presentaban un buen control de gramíneas anuales y malezas de hoja ancha.

La acción del s-metolaclor sobre las malezas queda sujeta a la humedad que se registre al momento de la aplicación, éste herbicida tiene mayor efectividad cuando hay suficiente humedad en el suelo. Se encontró evidencias que desmotivan a aplicar sobre suelos arenosos con bajo contenido de materia orgánica, la eficiencia de control de este grupo químico varía con el contenido de materia orgánica (García y Fernández-Quintanilla 1991, De Liñán y De Liñán, citados por Peña 2013). Para que el s-metolaclor tenga un buen control, se requiere una buena distribución en la superficie del suelo (Pedreros, s.f.).

De Liñán y De Liñán, citados por Peña (2013), encuentran que la dinámica de este compuesto se ha visto modificada por la aplicación de enmiendas orgánicas al suelo, de forma que el incremento de materia orgánica ha producido un aumento de la adsorción y persistencia y un descenso de la lixiviación. El s-metolaclor se considera un herbicida ampliamente utilizado a nivel mundial y es uno de los contaminantes más importante en aguas subterráneas y superficiales. Debido a que las principales vías de degradación son la biodegradación y la lixiviación (Peña, 2013).

García (1991) presenta que el concep II es un antídoto que, usado en tratamiento de semilla de sorgo, inhibe el efecto fitotóxico sobre el cultivo, cuando se emplean herbicidas a base de metolaclor. El efecto safener en sorgo del fluxofenim (concep III) para aplicaciones de metolaclor y acetoclor, fue demostrado por Vergara (2012).

2.2.3. Quinclorac

El nombre genérico del quinclorac es ácido 3,7 -dicloroquinolin 8 carboxílico (Monaco et al., 2002).

El quinclorac es un químico con actividad auxínica equivalente a los fenoxiácidos, compuestos piridínicos y ácidos benzoicos (FAO, 2002). El modo de acción del quinclorac sobre la maleza, es similar a una sobredosis de auxina, es decir actúa imitando el efecto de una sobredosis endógena. De este modo se clasifica como perteneciente a la familia química ácido quinolin carboxílicos (Valverde et al. 2000, Yague y Yague de Tejeda, citados por Nikoloff 2013).

Se revela que el herbicida quinclorac es un fitotóxico que actúa estimulando la actividad de la enzima ACC sintetasa (1-aminociclopropano-1-carboxílico) reguladora de la producción de etileno. Una vez que el herbicida ingresa al vegetal se desencadena la síntesis de etileno y el almacenamiento del ácido abscísico (hormona vegetal). En consecuencia la planta experimenta envejecimiento y una maduración prematura, causando un agotamiento hídrico y provocando un cierre de estomas, reduciendo la transpiración e inhibiendo el crecimiento y desarrollo de la planta, hasta su extinción. En los brotes de las plantas se encuentra el principal sitio de acción entre el quinclorac y la enzima ACC sintetasa (Valverde et al. 2000, Pintado 2010).

Fipke y Vidal (2016) enumeran tres teorías sobre el modo de acción del herbicida. La primera teoría se apoya en pruebas de inhibición de la incorporación de C14-glucosa en celulosa y hemicelulosa, afectando así la síntesis de la pared celular. La segunda hipótesis sugiere que el quinclorac actúa como auxina en las especies de malezas de hoja ancha. Sin embargo, en especies gramíneas, éste herbicida parece

estimular la actividad de la enzima 1-aminociclopropano-1-carboxilato sintasa, posteriormente aumenta la producción de etileno; como también aumentaría el contenido de ácido de cianuro a niveles fitotóxicos. Una tercera hipótesis para explicar el efecto dañino en algunas especies de plantas es la formación de moléculas reactivas de oxígeno (ROS).

Las teorías mencionadas no serían mutuamente excluyentes, lo que puede explicar el efecto herbicida dependiendo de las especies vegetales y la etapa de crecimiento de la planta, entre otros factores (Fipke y Vidal, 2016).

El quinclorac se absorbe por semillas, raíces y hojas, translocándose en planta tanto en forma acropetala como basípeta (Grossmann, 1998).

Sobre especies de gramíneas, el quinclorac inhibió el crecimiento de raíces y brotes; en las gramíneas susceptibles, causa clorosis y necrosis eventual en la expansión de las hojas. El herbicida es absorbido por los brotes emergentes y las raíces de las malezas, se puede translocar tanto por el floema como por el xilema (Monaco, 2002).

Es inalterable al calor y a la luz cuando se encuentra en un rango de pH 3- 9 (Pintado Benzal, 2010).

Las dosis de producto comercial recomendadas para la aplicación en el control de malezas en cultivo de sorgo es de 0,387 litros/ha. a 0,585 litros/ha. para las dosis baja y alta respectivamente (BASF, 2008).

Un estudio realizado sobre las malezas presentes en el cultivo de arroz, indicó que el quinclorac se absorbe principalmente a través del sistema de raíces y en parte a través de follaje, en ejemplares como *Echinochloa* spp. (Capín) pero también otras malezas como *Aeschynomene* spp., *Sesbania* spp. e *Ipomoea* spp. La presencia de Capín determina una fuerte competencia en el cultivo de arroz, y para su control se han utilizado herbicidas como quinclorac, además existen estudios que demostraron que en su estado maduro, poseen una alta resistencia a los herbicidas (Maun y Barrett 1986, FAO 2002).

Según US EPA (2016), bajo ciertas condiciones de aplicación del quinclorac se registra control en gramíneas como *Echinochloa crusgalli*, *Digitaria sanguinalis*, *Pennisetum clandestinum* entre otras menos conocidas en nuestro ambiente de producción; y control de hoja ancha como *Medicago lupulina* y *Taraxacum officinale*.

Según estudios realizados por Monaco et al. (2002), el herbicida quinclorac es utilizado tanto para pre-emergencia como post-emergencia.

En la zafra 2015-2016 se registró que 60985 hectáreas (38 % del área) de cultivo de arroz en el Uruguay, fueron aplicadas con quinclorac, tanto en pre o post-emergencia, así como solo o en mezcla con otros productos (Zorrilla, 2016).

Según Grossmann (1998), el herbicida también se ha desarrollado para su aplicación en áreas de césped, trigo de primavera y barbecho químico.

Este herbicida es reconocido por ser uno de los herbicidas más peligrosos debido a su alta persistencia en el suelo, se caracteriza por clasificarse como ligeramente tóxico (US EPA, 2016).

2.3. TECNOLOGÍA DE APLICACIÓN

2.3.1. Generalidades de tecnologías de aplicación

Behmer et al. (2010) resumen en su capítulo que la aplicación de agroquímicos es un proceso de gran complejidad. Las grandes pérdidas y transformaciones que ocurren entre la preparación del producto y su acción contra las plagas (malezas) pueden impactar negativamente en la acción de los agroquímicos. El control de éste proceso es de gran relevancia porque pueden ocasionar disturbios en la salud humana y el ambiente. La aplicación de agroquímicos se considera uno de los procesos más ineficientes que ha realizado el hombre, solo un bajo porcentaje del producto aplicado toma contacto con el objetivo y tiene efecto sobre éste.

El éxito de la aplicación es muy dependiente del tipo de objetivo, forma de acción del producto, técnica de aplicación, vegetación presente y condiciones ambientales al momento de la aplicación (Fishel 1997, Luchini y Andréa, citados por Olivet et al. 2013).

Según Porras y Porras (s.f.), los herbicidas de pre-emergencia requieren distribución uniforme del producto y no muy elevado número de impactos/cm² en general.

Es de considerar de suma importancia la pérdida de productos fitosanitarios hacia el ambiente por efecto de la deriva, siendo ésta la principal vía de pérdida (Olivet et al., 2013). Las gotas de menor calibre son muy sensibles a la evaporación, por lo que es importante la humedad relativa y temperatura al momento de realizar la aplicación (Porras y Porras, s.f.).

Para que un herbicida sea eficaz, en primera instancia, debe ser aplicado correctamente ya que errores en ese sentido, dosificación, calibración, etc., son frecuentemente responsables de fracasos en el control de malezas (Papa, 2007).

2.3.2 Volumen de aplicación

El volumen de aplicación es una de las variables de importancia en la forma de aplicar. Aun cuando el mismo tiene una relación directa con la cobertura que se alcanza, es muy cuestionado, por dos aspectos, primero porque a mayor volumen menor eficiencia operativa al aplicar y además por el mayor consumo de agua, recurso que comienza a ser más valorizado y también es usado como argumento al momento de optar por aplicaciones de menor volumen.

Para herbicidas de post emergencia, cuando el volumen de aplicación usado es bajo, menor a 100 litros/ha., un aumento de la cobertura y por ende un incremento de la eficiencia del herbicida, que podría estar dado por el aumento del volumen de aplicación (Knoche, citado por Borger et al., 2013).

Borger et al. (2013) obtuvieron que precipitaciones entorno a los 80 milímetros, distribuidas antes y después de la siembra aseguran una distribución uniforme de herbicidas pre-emergentes en el suelo, como es el caso de la trifluralina, la cual logra óptima eficiencia en suelos húmedos (no se especifican los niveles de humedad del suelo), debido a su baja solubilidad y un alto coeficiente de adsorción, logrando un buen control de *Lolium rigidum*. Además se reporta que un aumento en el volumen de aplicación (150 L/ha.) lograría una mejora en el control comparada a volúmenes de aplicación menores (30 L/ha.).

Los herbicidas pre-emergentes son generalmente menos efectivos en sistemas de producción con conservación de suelo debido al alto nivel de residuos de cultivo, sin embargo se puede mejorar el desempeño al aumentar el volumen de aplicación (Borger et al., 2015). Estos autores concluyen que al aumentar el volumen de aplicación, de 30 a 150 L/ha., el herbicida trifluralina aumentó el control de *Lolium rigidum* de 7.1 a 71%. Por lo que se concluye que al aumentar el volumen de agua, aumentó el control de la maleza por efecto del aumento de la cobertura de pulverización.

En estudios realizados con diferentes volúmenes de aplicación para herbicidas de post-emergencia, en control de enfermedades en trigo, no detectaron diferencias en la cantidad de trazador colectado sobre hojas luego de haber aplicado 88 o 158 L/ha. (Stoletniy, 2013). Sin embargo Cunha et al. (2006) obtuvieron una mayor cobertura en soja cuando se utilizaron volúmenes de 160 L/ha. en relación a 115 L/ha., los mayores volúmenes favorecieron la mayor cobertura y homogeneidad de la deposición, aunque sin diferencias en rendimiento en grano de cultivo.

Armstrong-Cho et al., citados por Scaron (2012) en control fúngico sobre cultivos de garbanzo, en los casos que la infección fue baja no se encontraron diferencias a la aplicaciones de distintos volúmenes de caldo, sin embargo cuando se trataba de altas

presiones de infección los mayores volúmenes de aplicación (200 a 300 L./ha.) resultaron en una disminución de la severidad e incluso en mayores rendimientos del cultivo.

2.3.3 Tamaño de gota

El tamaño de gota es principalmente afectado por la boquilla y en menor grado por la presión de trabajo. El mismo está inversamente relacionado a la cobertura, un menor tamaño de gota determina mayores coberturas. Sin embargo, gotas más finas tienen el cuestionamiento desde el punto de vista ambiental, considerando que son las más susceptibles a pérdidas por deriva ocasionada por viento o por evaporación.

El tamaño de gota también es afectado por las propiedades físicas del caldo (Castillo 2010, Klein et al., citados por Scaron 2012) presión de trabajo y características de la boquilla utilizada (Bulacio, citado por Scaron, 2012).

El tamaño de gota influye en la cobertura del pulverizado y puede afectar la eficiencia del herbicida. Una aplicación con un tamaño de gota extremadamente grueso puede ser menos eficaz que una pulverización con un tamaño de gota medio (que son gotas más pequeñas y más numerosas), debido a la reducción de la cobertura (Jensen et al., Knoche, citados por Borger et al., 2013).

Stoletniy (2013) encontró que diferentes tamaños de gotas no afectaron la deposición de fungicidas sobre hojas en el cultivo de trigo.

Según Knoche, citado por Borger et al. (2013), encontraron que el 71% de los estudios indicaron un mejor desempeño de los herbicidas post-emergentes a medida que disminuía el tamaño de las gotas y aumentaba la cobertura del pulverizado. También plantea que esto no ha sido investigado para herbicidas pre-emergentes.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS EXPERIMENTOS

El trabajo está constituido por tres experimentos; de los cuales dos se instalaron en un cultivo de sorgo granífero en el potrero 23 del área de producción de la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC) de la Facultad de Agronomía (Paysandú, Uruguay), durante el período primavera-verano 2015/2016. El tercer experimento se instaló bajo condiciones semi controladas, en invernadero también en la EEMAC.

Los experimentos a campo fueron instalados sobre un sorgo sembrado el día 16 de noviembre de 2015, el cultivar utilizado fue MS 108, de ciclo largo y alto contenido de taninos. Fue sembrado a una densidad de 15 plantas por metro lineal con una distancia entre hilera de 51 cm. Se realizó una fertilización a la siembra con 100 kg por hectárea de fosfato diamónico (18-46-0).

El herbicida utilizado en toda el área experimental para controlar la vegetación presente fue glifosato 1440 g e.a./ha. (Panzer Gold 48%), estas aplicaciones así como los tratamientos fueron realizadas con un equipo de pulverizador costal con presión constante.

En los siguientes ítems se detallará la metodología de cada uno de los experimentos.

3.2. EXPERIMENTO HERBICIDAS EN PRE-EMERGENCIA

Como fuera comentado este experimento fue conducido sobre un cultivo de sorgo sembrado el 16 de noviembre de 2015, los tratamientos fueron aplicados 2 días post- siembra.

3.2.1. Tratamientos y diseño experimental

El diseño fue bloques totalmente al azar, con tres repeticiones, con un tamaño de parcela de 10 x 2 metros. Los tratamientos correspondieron a un factorial completo de

los factores volumen de aplicación (VA), tamaño de gota (TG) y dosis del herbicida s-metolaclor (Cuadro 1).

Cuadro No. 1. Descripción de los tratamientos pre-emergente.

Trat.	Ingrediente activo *	Dosis en PC.	VA (L/ha.)	TG**
1	s-metolaclor+atrazina	1 L. +1,5 Kg.	74	F
2	s-metolaclor+atrazina	1 L. +1,5 Kg.	74	XG
3	s-metolaclor+atrazina	1 L. +1,5 Kg.	153	F
4	s-metolaclor+atrazina	1 L. +1,5 Kg.	153	XG
5	s-metolaclor+atrazina	1,6 L.+ 1,5 Kg.	74	F
6	s-metolaclor+atrazina	1,6 L.+ 1,5 Kg.	74	XG
7	s-metolaclor+atrazina	1,6 L.+ 1,5 Kg.	153	F
8	s-metolaclor+atrazina	1,6 L.+ 1,5 Kg.	153	XG

*el producto comercial de s-metolaclor fue Dual Gold (96%) y la atrazina Gesaprim nueve- 0 (94%).

** F: gota fina; XG: gota extremadamente gruesa.

Al momento de la aplicación las condiciones fueron de 18,5 °C de temperatura, 90,6% de humedad relativa y una velocidad del viento de 3,5 km./h. Las aplicaciones fueron realizadas con un equipo de pulverización experimental, con un ancho operativo de 2 metros. Se presentan los parámetros de la aplicación para lograr cada tratamiento (Cuadro 2).

Cuadro No. 2. Descripción de los parámetros de la aplicación para lograr los tratamientos de VA y TG.

Trat.	VA (L/ha.)	Tamaño de gota	Boquilla	Presión de trabajo (bar)	Velocidad (km./h.)
1	74	F	XR 11001	1,5	3,6
2	74	XG	AirMix 11001	1,5	3,6
3	153	F	XR 11002	1,5	3,6
4	153	XG	AirMix 110015	2	3,6
5	74	F	XR 11001	1,5	3,6
6	74	XG	AirMix 11001	1,5	3,6
7	153	F	XR 11002	1,5	3,6
8	153	XG	AirMix 110015	2	3,6

Las condiciones meteorológicas de los 7 días previos y 11 días posteriores a la instalación del experimento (Cuadro 3).

Cuadro No. 3. Condiciones en torno a la aplicación de pre-emergente.

Día	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitaciones (mm)
11 nov.	22,6	76,3	0
12 nov.	21,7	80,3	7,6
13 nov.	18,6	82,6	0
14 nov.	20,4	72,2	0,3
15 nov.	21,9	63,2	0
16 nov.	20,9	73,6	0
17 nov.	20,1	87,4	1,3
18 nov.	20,4	82,37	0
19 nov.	18,2	83,43	9,1
20 nov.	16,4	63,97	0
21 nov.	17,7	53,18	0
22 nov.	21,3	58,04	0
23 nov.	21,3	60,87	0
24 nov.	19,9	59,5	0
25 nov.	21,2	68,75	0
26 nov.	19,2	85,64	19
27 nov.	21,3	89,41	12,4
28 nov.	19,9	69,70	0,3
29 nov.	20,4	52,79	0

3.2.2. Determinaciones

Se evaluó densidad de emergencias (No./m²) a los 19, 28, 40, 64 días post aplicación y a la cosecha (120 dpa.), para lo cual se muestreó en 5 cuadrados de 0.5 x 0.5m, al azar por parcela, determinando la especie. El rendimiento en grano del cultivo de sorgo fue evaluado en 2 metros lineales por parcela.

Con el fin de determinar los parámetros descriptivos de la población de gotas de las boquillas utilizadas en la aplicación, se realizó una evaluación con tarjetas hidrosensibles; éstas fueron colocadas sobre soportes de metal, se realizó la simulación de aplicación con iguales condiciones que en los tratamientos, fueron escaneadas y procesadas usando el programa CIR 1.5 para obtener los parámetros descriptivos de la población de gota de cada tratamiento.

3.2.3. Análisis estadístico

Se realizaron los análisis de varianza (ANAVA) para cada variable, usando el programa estadístico INFOSTAT (versión 2016). Dicho análisis realizó una descomposición de la variabilidad total en la muestra (suma de cuadrados totales de las observaciones) en componentes sumas de cuadrados, asociados cada uno a una fuente de variación conocida. Para ello se utilizó la prueba de comparación múltiple DMS, al 95 % de confianza.

Se debió realizar una transformación para poder hacer válida la prueba F del análisis de varianza de los datos de número de malezas por metro cuadrado, ya que por ser conteo se produjeron problemas de normalidad en los datos. Dicha transformación se realizó aplicando raíz cuadrada al valor de conteo de malezas por metro cuadrado adicionando el valor de 0.5.

3.3. EXPERIMENTO CONTROL DE MALEZAS EN POST-EMERGENCIA

3.3.1. Tratamientos y diseño experimental

La aplicación de los tratamientos post-emergentes fue realizada cuando el cultivo presentaba una altura de 49 cm, en estado de 4 hojas totalmente desarrolladas. El enmalezamiento estaba constituido principalmente por malezas gramíneas, siendo dominante *Echinochloa colona* y en ínfima proporción *Digitaria sanguinalis*, ya que al momento de la siembra solo había recibido la aplicación de glifosato.

El diseño fue bloques totalmente al azar, con tres repeticiones, con un tamaño de parcela de 10 x 2 metros. Los tratamientos fueron factorial completo donde los factores de estudio fueron dos dosis del herbicida quinclorac y agregado de adyuvantes (sin adyuvante, con aceite, con sulfato de amonio y con aceite + sulfato de amonio).

El quinclorac usado fue de la marca comercial Exocet de la empresa Cibeles, formulado como suspensión concentrada a 250 g/L. El aceite usado fue metilado de soja, a una dosis de 1% del volumen de caldo. El sulfato de amonio se agregó a una dosis de 2% del volumen de caldo (Cuadro 4).

Cuadro No. 4. Descripción de los tratamientos post-emergente.

Tratamiento	Dosis quinclorac en PC.	Adyuvante
1	1,12L./ha.	-
2	1,12L./ha.	Aceite (1%)
3	1,12L./ha.	Sulfato de amonio (2%)
4	1,12L./ha.	Aceite (1%) + sulfato de amonio (2%)
5	1,68L./ha.	-
6	1,68L./ha.	Aceite (1%)
7	1,68L./ha.	Sulfato de amonio (2%)
8	1,68L./ha.	Aceite (1%) + sulfato de amonio (2%)

3.3.2. Metodología de instalación

Para la aplicación se utilizó el mismo equipo experimental de presión constante, munido de boquillas XR 11001, que erigen gotas finas y reguladas para un volumen de aplicación de 100 L/ha. a 2 bar de presión de trabajo y a una velocidad de 3,6 Km/h.

Las condiciones meteorológicas del día de la aplicación, 16/12/2015 fueron de una temperatura de 21,6 °C, 73 % de humedad relativa y una velocidad del viento de 8 km/h. Se presentan las condiciones meteorológicas promedio de los 10 días posteriores a la aplicación (Cuadro 5), las cuales se obtuvieron de los registros meteorológicos de la EEMAC.

Cuadro No. 5. Condiciones climáticas posterior a la aplicación.

Día	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitaciones (mm)
17 dic.	20,6	83,9	88,4
18 dic.	21,6	77,1	17,3
19 dic.	19,6	54,9	0
20 dic.	21,3	64,7	0
21 dic.	24	77,1	2
22 dic.	21,3	89,3	56,6
23 dic.	20,9	89,4	30,5
24 dic.	23,4	82,2	0,3
25 dic.	24,4	73,4	0
26 dic.	24,8	73,5	0

3.3.3. Determinaciones

A los 12 y 36 días post aplicación se evaluó el control de maleza, usando una escala porcentual a través de apreciación de síntomas, donde 0 indicaba sin síntomas de daño del herbicida y 100%, muerte de las plantas, esto para la especie *Echinochloa colona*, la cual era dominante, por parcela.

Además se evaluó la selectividad en el cultivo usando una escala de 0 a 10, donde 0 es ausencia de síntomas de fitotoxicidad y 10, muerte de planta.

El 17 de marzo del 2016 se efectuó la cosecha donde se evaluó el rendimiento en grano de sorgo en 2 metros lineales por parcela, donde además se realizó materia seca de malezas a partir del corte de malezas en 5 cuadrados de 0.5 x 0.5m.

3.3.4. Análisis estadístico

El análisis de varianza (ANAVA) para cada variable se realizó con programa estadístico INFOSTAT. Dicho análisis realiza una descomposición de la variabilidad total en la muestra (suma de cuadrados totales de las observaciones) en componentes sumas de cuadrados, asociados cada uno a una fuente de variación conocida. Para ello se utilizó la prueba de comparación múltiple DMS, al 95 % de confianza.

Se debió realizar una transformación para poder hacer válida la prueba F del análisis de varianza de los datos de porcentaje de control y materia seca a cosecha de malezas hoja ancha y gramínea en gramos por metro cuadrado, ya que se produjeron problemas de normalidad en los datos. Dicha transformación se realizó aplicando raíz cuadrada al valor de conteo de malezas por metro cuadrado y del peso seco al momento de la cosecha, adicionando el valor de 0.5.

3.4. EXPERIMENTO EN CONDICIONES SEMI CONTROLADAS

3.4.1. Metodología de instalación

El día 14 de abril de 2016, se instaló el ensayo en condiciones semi controladas, en invernadero, en macetas de 1 kg de suelo aproximadamente. Para ello se prepararon macetas con una relación tierra/arena 3/1, en cada maceta se sembraron 5 semillas de sorgo a una profundidad de 1,5 cm. El sorgo utilizado en el ensayo fue de la misma variedad que el sembrado en el experimento a campo y se mantuvo sin restricciones hídricas.

3.4.2. Tratamientos y diseño experimental

El diseño experimental fue de bloques completamente al azar, se evaluó el factorial, dosis de herbicida quinclorac, con y sin agregado de adyuvante, más un tratamiento testigo sin herbicida. En este caso se usó la mezcla de adyuvantes (sulfato de amonio al 2% y aceite al 1% de volumen de caldo).

Los tratamientos fueron aplicados cuando el sorgo alcanzó dos hojas desarrolladas, el día 2 de mayo del 2016.

Cuadro No. 6. Descripción de los tratamientos condiciones semi controladas.

Tratamiento	Dosis quinclorac en PC.	Adyuvante
1	1.12 L/ha.	-
2	1.12 L/ha.	Aceite (1%) + sulfato de amonio (2%)
3	1.68 L/ha.	-
4	1.68 L/ha.	Aceite (1%) + sulfato de amonio (2%)

3.4.3. Determinaciones

A los 3, 9, 17 y 23 días de la aplicación se evaluó la fitotoxicidad en el cultivo de sorgo. La evaluación se realizó por hoja donde 0% indicaba ausencia de daño y 100% muerte de hoja, luego realizando un promedio por planta.

Además a los 17 días post aplicación se realizó en la mitad de las repeticiones de cada tratamiento y en testigo, cortes para evaluar materia seca de las plantas. A los 23 días post aplicación se procedió a efectuar el corte de las restantes repeticiones determinando peso seco. Las muestras fueron secadas en estufa a 60°C durante 48 horas.

3.4.4. Análisis estadístico

El análisis de varianza (ANAVA) para cada variable se realizó con programa estadístico INFOSTAT. Dicho análisis realiza una descomposición de la variabilidad total en la muestra (suma de cuadrados totales de las observaciones) en componentes sumas de cuadrados, asociados cada uno a una fuente de variación conocida. Para ello se utilizó la prueba de comparación múltiple DMS, al 95 % de confianza.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EXPERIMENTO HERBICIDAS EN PRE-EMERGENCIA

4.1.1. Caracterización de la población de gotas

En el presente trabajo se utilizó boquillas convencionales (XR), las cuales corresponden según el manual de Teejet a tamaño de gota fina, para los volúmenes de aplicación de 74 y 153 L/ha., mientras que para la boquilla de aire inducido (AirMix) eroga tamaño de gota extremadamente gruesa para ambos volúmenes. Según la normativa ASAE, las categorías de gotas se definen según el DMV que forman (Cuadro 7).

Cuadro No. 7. Clasificación de tamaño de gotas ASAE.

Símbolo	Categoría	Código	Diámetro volumétrico mediano (DMV)
VF	muy fina	Rojo	menor a 100
F	Fina	anaranjado	100-175
M	Media	amarillo	175-250
C	Gruesa	Azul	250-375
VC	muy gruesa	Verde	375-450
EC	extremadamente gruesa	blanco	mayor a 450

El estudio de la población de gotas de la aplicación de los distintos tratamientos (Cuadro 8), indicaron que las boquillas de aire inducido, efectivamente determinaron gotas extremadamente gruesas, pero las boquillas XR en estas condiciones de trabajo no arrojaron gotas finas como se pretendía, sino que fueron gotas gruesas. Esto podría estar explicado por un mal estado de las boquillas o problemas en el programa en la lectura de las tarjetas, contabilizando varios depósitos como uno solo y aumentando el tamaño de cada depósito.

Cuadro No. 8. Parámetros de análisis de las tarjetas hidrosensibles.

Trat.	Vol. L/ha.	Boquilla	Presión (bar)	Impactos / cm ²	DMV (µm)	Área de cobertura (%)	Amplitud relativa
4-8	153	AirMix110 015	2	33	875,1	19,2	0,917
2- 6	74	AirMix110 01	1,5	34	523,3	8,1	1,25
1-5	74	XR110 01	1,5	216	265,5	15,5	1,34
3-7	153	XR110 02	1,5	144	375	20,6	1,03

*XR boquilla convencional.

Con respecto al área de cobertura en las tarjetas ésta fue superior con mayor volumen de aplicación, independiente del tipo de boquilla, pero en el volumen menor la cobertura con las gotas finas fueron prácticamente el doble que con las gotas extremadamente gruesas, valor esperable.

Contrariamente a nuestros resultados, Knoche y Spillman, citados por Borger et al. (2013) obtuvieron resultados donde las gotas más grandes (extremadamente gruesa) determinaron una mayor cobertura, comparado a gotas más finas, explicado por el potencial que tiene éstas para romperse y rebotar después de aterrizar el objetivo. Estos autores confirmaron que al aumentar la cobertura de pulverización con el uso de tamaños de gota media en comparación con el tamaño de gota extremadamente gruesa, el aumento del volumen de aplicación tuvo un impacto mucho mayor en la cobertura que el tamaño de gota.

Otros resultados (Borger et al., 2015), reafirmaron lo mencionado respecto al volumen de aplicación, al igual que los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Independientemente del volumen las boquillas de aire inducido arrojaron un número de impactos menor que las boquillas de tipo convencional.

4.1.2. Control de malezas

La densidad de malezas fue analizada para cada fecha de evaluación y para las dos especies de malezas dominantes, total de malezas y en el caso de aquellas malezas que se encontraban en número reducido fueron agrupadas en “Otras”.

En la primera fecha, correspondiente a los 19 días post aplicación no se identificó interacción significativa para ninguna de las fuentes de variación en estudio (Cuadro 9).

Cuadro No. 9. Análisis de las fuentes de variación a los 19 días post aplicación.

Fuente de variación	p- valor				
	Total malezas	<i>Echinochloa colona</i>	<i>E.colona</i> rebrote	<i>Sida</i> spp.	Otras
Dosis	0.942	0.740	0.309	0.300	0.527
Volumen	0.740	0.585	0.515	0.367	0.984
Tamaño de gota (TG)	0.657	0.429	0.297	0.081	0.376
Dosis x volumen	0.641	0.924	0.267	1.930	0.350
Dosis x TG	0.906	0.184	0.980	0.956	0.082
Volumen x TG	0.690	0.128	0.139	0.365	0.158

Rebrote: planta proveniente de rebrote, quedó viva de la aplicación con glifosato previa.

Si bien no se cuenta con un tratamiento testigo para cuantificar el potencial de enmalezamiento del sitio, las bajas densidades de malezas en esta fecha, indicaron una buena efectividad de los pre-emergentes.

Cuadro No. 10. Densidad de malezas (plantas/m²) a los 19 días post aplicación.

Trat.	Vol. (L./ha.)	TG	Dosis s-metolaclor + dosis atrazina	Total malezas	<i>E. colona</i>	<i>E. colona</i> rebrote	<i>Sida</i> spp.	Otras
1	74	F	1 + 1.5	9.15	1.57	1.31	6.01	0.26
2	74	XG	1 + 1.5	4.71	1.05	0.26	1.83	1.57
3	153	F	1 + 1.5	5.23	2.09	0.00	2.88	0.26
4	153	XG	1 + 1.5	7.58	1.05	2.61	3.14	0.78
5	74	F	1.6 + 1.5	4.97	0.52	2.09	1.83	0.52
6	74	XG	1.6 + 1.5	5.75	1.83	2.35	0.78	0.78
7	153	F	1.6 + 1.5	8.10	1.83	0.52	4.18	1.57
8	153	XG	1.6 + 1.5	6.01	1.05	2.09	2.35	0.52

Los herbicidas empleados en el experimento, atrazina y s-metolaclor necesitan de humedad en suelo, para activarse y tener un buen desempeño (García y Fernández-Quintanilla, 1991). Las condiciones no fueron extremadamente limitantes, debido a que ocurrieron precipitaciones de 20 milímetros acumulados desde 6 días pre aplicación y 9 días post aplicación del herbicida (Cuadro 3).

A los 28 días post aplicación, se encontró diferencia significativa para la interacción volumen de aplicación por tamaño de gota, para la especie *Echinochloa colona* y total de malezas (Cuadro 11).

Cuadro No. 11. Análisis de las fuentes de variación a los 28 días post aplicación.

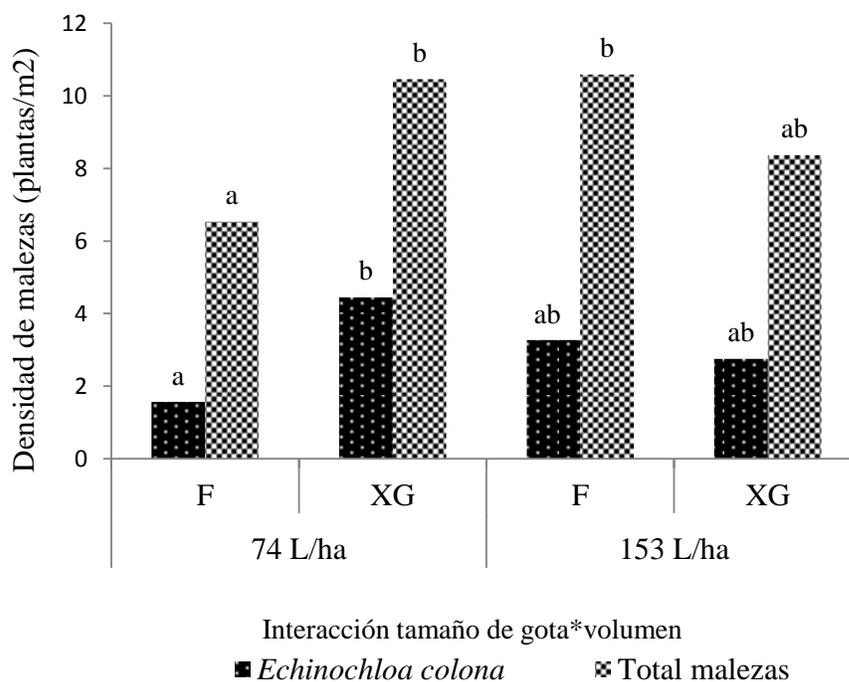
Fuente de variación	p- valor				
	Total malezas	<i>Echinochloa colona</i>	<i>E. colona</i> rebrote	<i>Sida</i> spp.	Otras
Dosis	0.816	0.518	0.349	0.634	0.755
Volumen	0.783	0.903	0.957	0.695	0.880
Tamaño de gota (TG)	0.412	0.311	0.494	0.178	0.091
Dosis x volumen	0.724	0.233	0.759	0.970	0.330
Dosis x TG	0.183	0.857	0.787	0.220	0.100
Volumen x TG	0.040	0.048	0.253	0.741	0.589

Las interacciones encontradas a los 28 días post aplicación (Figura 1), indicaron en *Echinochloa colona* y total de malezas igual comportamiento, en el volumen mayor sin diferencias en tamaño de gota, mientras que en el volumen más bajo, el control fue mayor con las gotas más finas (gota fina comparada a gota extremadamente gruesa).

Contrariamente, Borger et al. (2013) no observaron diferencias estadísticas entre las fuentes de variación volumen de aplicación y tamaño de gota, a diferencia de los resultados obtenidos en el presente trabajo. Obtuvieron mejor control de *Lolium rigidum* en mayor volumen de aplicación, en la mayoría de los sitios de experimentación.

Según la Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas y Biológicos, citados por Borger et al. (2013), recomiendan para la aplicación de herbicidas pre-emergentes de forma de minimizar la deriva, el uso de tamaño de gota gruesa, ya que no se identifica diferencia entre éste y el tamaño de gota fina.

No se ha encontrado interacción significativa entre el tamaño de gota y el volumen de aplicación en el control de malezas. El volumen de aplicación tuvo un mayor impacto en la cobertura de la aspersion que el tamaño de la gota, y también tuvo un impacto significativo en el control de *Lolium rigidum*. A un menor tamaño de gota el grado de cobertura de la superficie foliar de las malezas, a un mismo volumen de aplicación, se incrementó exponencialmente. Inversamente, a mayor diámetro de la gota, menor número de gotas por centímetro cuadrado y menor área cubierta (Nufarm Australia, citado por Borger et al., 2013).



Letras distintas sobre columnas indican diferencia estadística dentro de un mismo volumen de aplicación.

Figura No. 1. Densidad de malezas (plantas/m²) a los 28 dpa., en la interacción tamaño de gota por volumen a aplicación.

Tanto a los 40 como a los 64 días post aplicación no se verificó interacción estadísticamente significativa entre las fuentes de variación analizadas.

Cuadro No. 12. Análisis de las fuentes de variación a los 40 días post aplicación.

Fuente de variación	p- valor				
	Total malezas	<i>Echinochloa colona</i>	<i>E. colona</i> rebrote	<i>Sida</i> spp.	Otras
Dosis	0.783	0.214	0.962	0.481	0.765
Volumen	0.962	0.131	0.878	0.760	0.537
Tamaño de gota (TG)	0.527	0.754	0.341	0.881	0.320
Dosis x volumen	0.991	0.754	0.600	0.799	0.658
Dosis x TG	0.194	0.346	0.068	0.201	0.369
Volumen x TG	0.648	0.638	0.893	0.816	0.418

Cuadro No. 13. Análisis de las fuentes de variación a los 64 días post aplicación.

Fuente de variación	p- valor				
	Total malezas	<i>Echinochloa colona</i>	<i>E. colona rebrote</i>	<i>Sida spp.</i>	Otras
Dosis	0.613	0.310	0.270	0.912	0.342
Volumen	0.964	0.437	0.143	0.100	0.813
Tamaño de gota (TG)	0.399	0.514	0.220	1.040	0.870
Dosis x volumen	0.916	0.239	0.617	0.980	0.208
Dosis x TG	0.188	0.813	0.785	0.140	0.575
Volumen x TG	0.409	0.287	0.128	0.208	0.342

Desde los 40 días post aplicación la maleza *Sida spp.* fue la dominante del enmalezamiento (81,4 % del total de malezas). Se mantuvo el excelente control de maleza gramínea, indicando una buena efectividad de s-metolaclor y considerando los resultados en estas condiciones, la dosis de 1 L/ha. sería suficiente para mantener el control de esta especie.

Por su parte, la atrazina no controló efectivamente las emergencias de *Sida spp.* a los 64 días post aplicación, el promedio en todo el experimento fue de 19.15 plantas/m².

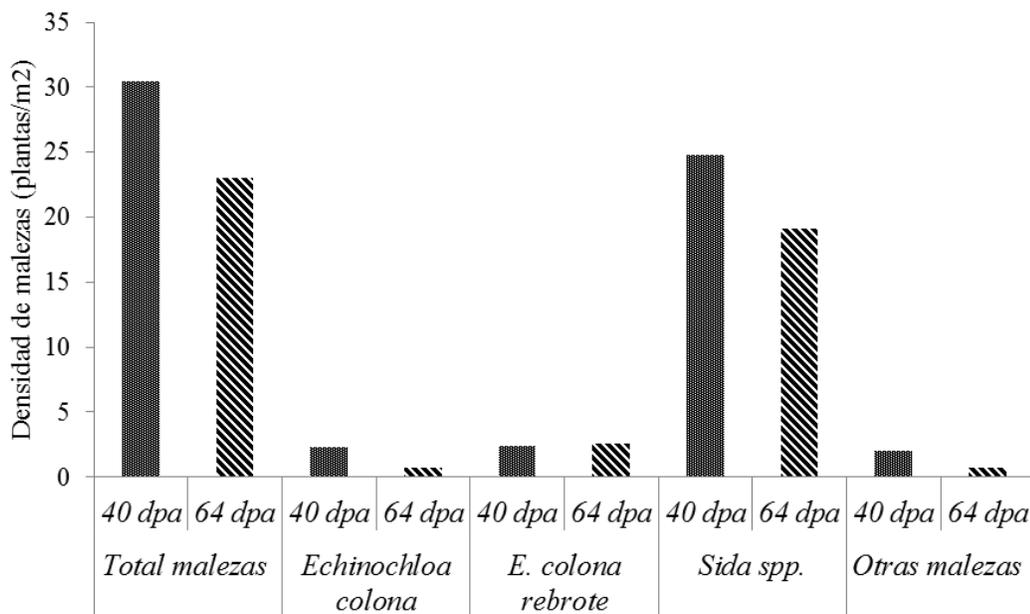


Figura No. 2. Densidad de malezas a los 40 y 64 días post aplicación.

Se presenta la evolución de las malezas dominantes, donde se visualiza el efecto residual prolongado en el control de la gramínea, *Echinochloa colona* y la fuerte infestación que se produce de *Sida* spp. a partir del día 40 (Figura 3).

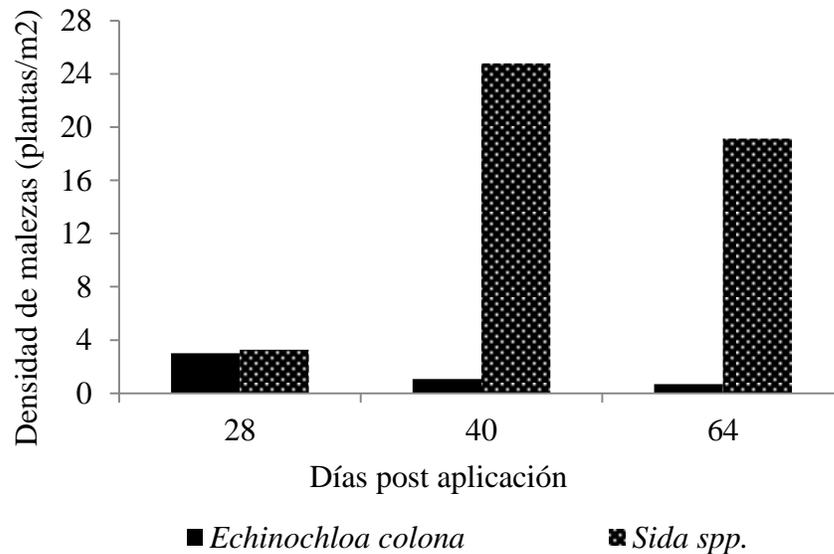


Figura No. 3. Densidad de *Sida* spp. y *Echinochloa colona* a los 28, 40 y 64 días post aplicación.

Para el control analizado a los 120 días post aplicación no se registraron diferencias estadísticas para ninguna de las fuentes de variación, y ninguna de las malezas en estudio.

El promedio de densidad de las malezas predominantes y el total, fue 1.5 plantas/m² para *Echinochloa colona*, 18.4 plantas/m² para *Sida* spp. y 21.54 plantas/m² para el total de malezas, indicando un muy bajo enmalezamiento.

Cuadro No. 14. Análisis de las fuentes de variación a los 120 días post aplicación.

Fuente de variación	p- valor			
	Total malezas	<i>Echinochloa colona</i>	<i>Sida spp.</i>	Otras
Dosis	0.949	0.404	0.897	0.722
Volumen	0.693	0.327	0.598	0.523
Tamaño de gota (TG)	0.636	0.980	0.570	0.724
Dosis x volumen	0.859	1.000	0.955	0.124
Dosis x TG	0.930	0.710	0.803	0.350
Volumen x TG	0.861	0.600	0.823	0.418

4.1.3. Rendimiento en grano

En rendimiento en grano no se registraron diferencias para ninguno de los factores estudiados, coherentemente a la inexistencia de efectos en el control de malezas para la mayoría de las determinaciones y al escaso enmalezamiento del área. El promedio de rendimiento fue de 4697 kg/ha.

Es de destacar que las condiciones climáticas a inicio de la etapa de crecimiento del cultivo de sorgo fueron favorables para éste, lo cual sumado al escaso enmalezamiento del área, quizás hayan condicionado la inexistencia de respuestas.

Si bien el cultivo de sorgo presenta un bajo vigor inicial, la densidad de plantas y la alta capacidad de cubrir el entre surco, le confiere parte de su rusticidad para competir con las malezas. Además presenta temprano y corto período crítico de competencia, lo cual disminuye los requerimientos de un control de malezas muy residual.

Cuadro No. 15. Análisis de fuentes de variación a cosecha.

Fuente de variación	p-valor
Dosis	0.535
Volumen	0.493
Tamaño de gota (TG)	0.615
Dosis x volumen	0.230
Dosis x TG	0.930
Volumen x TG	0.785

Cuadro No. 16. Rendimiento en grano.

Trat.	Volumen (L./ha.)	TG	Dosis s-metolaclor + dosis atrazina	Rendimiento (kg./ha.)
1	74	F	1+ 1.5	5054
2	74	XG	1+ 1.5	4310
3	153	F	1+ 1.5	4265
4	153	XG	1+ 1.5	4709
5	74	F	1.6+ 1.5	4372
6	74	XG	1.6+ 1.5	4555
7	153	F	1.6+ 1.5	5461
8	153	XG	1.6+ 1.5	4850

4.2. EXPERIMENTO CONTROL DE MALEZAS EN POST-EMERGENCIA

4.2.1. Control de malezas y rendimiento en grano

En el análisis realizado para las fuentes de variación sobre el porcentaje de control de malezas para los días 12 y 36 post aplicación, y en rendimiento en grano a cosecha, no se encontraron diferencias estadísticas.

Cuadro No. 17. Análisis de las fuentes de variación sobre el porcentaje de control de malezas a los 12 y 36 días post aplicación, y del rendimiento en grano a cosecha.

Fuente de variación	p- valor		
	Control día 12	Control día 36	Rendimiento
Dosis de quinclorac	0.762	0.387	0.185
Aceite	0.276	0.470	0.248
Sulfato de amonio	0.774	0.793	0.807
Dosis x aceite	0.229	0.591	0.513
Dosis x sulfato de amonio	0.877	0.965	0.630
Aceite x sulfato de amonio	0.771	0.056	0.535

La ausencia en diferencias de rendimiento en grano del cultivo de sorgo en las diferentes dosis ensayadas como de sus interacciones con los adyuvantes empleados fue

coherente con las evaluaciones de fitotoxicidad realizada a los 12 y 36 días post aplicación (datos no presentados debido a la ausencia total de síntomas).

Los controles obtenidos en la maleza predominante, *E. colona*, no superaron el 40% en ambas fechas de evaluación, es importante mencionar que la maleza se encontraba macollada y/o comenzando la etapa reproductiva, debido a que no se aplicó pre-emergente en el área experimental previo a la siembra.

Por otra parte, es importante mencionar que el quinclorac, herbicida muy usado en arroz, ya ha presentado casos de resistencia a esta maleza. Se han identificado en el centro norte del país, biotipos de *Echinochloa crus-galli* y *Echinochloa colona* con elevada resistencia a este herbicida (Valverde et al. 2000, INIA 2014).

El promedio de rendimiento en grano para la totalidad de los tratamientos fue de 3965 Kg./ha., no se puede afirmar de la selectividad del herbicida considerando que no se contó con un testigo sin malezas para esta comparación.

EL quinclorac es un herbicida que es tóxico dentro de planta a partir de la acumulación del metabolito cianuro, en el caso del cultivo de arroz, la selectividad está dada por la capacidad de no acumular cianuro (Valverde et al. 2000, INIA 2014). En el sorgo, si bien sería una buena herramienta para el control en post-emergencia, es necesario profundizar los estudios de selectividad que determinen la posibilidad de uso sin daño y con efectividad en el control.

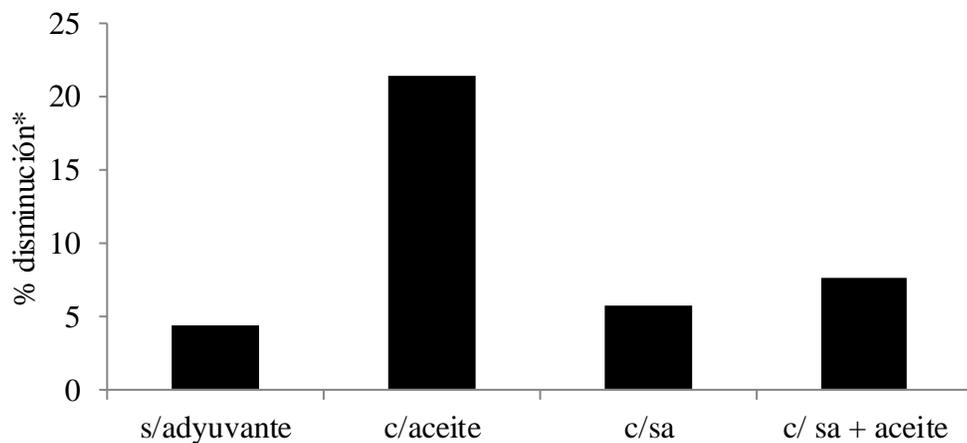
Cuadro No. 18. Control de malezas (%) a los 12 y 36 días post aplicación (dpa.) y rendimiento en grano (kg/ha.).

Trat	Dosis en PC. (L./ha.)	Aceite (%)	Sulfato de amonio (%)	Control a los 12 dpa.	Control a los 36 dpa.	Rendimiento (Kg./ha.)
1	1.12	0	0	28	37	4177
2	1.12	1	0	49	33	4386
3	1.12	0	2	24	28	4325
4	1.12	1	2	58	45	3799
5	1.68	0	0	37	53	3995
6	1.68	1	0	45	35	3448
7	1.68	0	2	40	32	4077
8	1.68	1	2	39	47	3511

Las dosis recomendadas para la aplicación del herbicida quinclorac, para control de malezas en cultivo de sorgo, en USA va de un rango de 0,387 a 0,585 litros/ha. de ingrediente activo (BASF, 2008) y en muchos casos la recomendación

adiciona el uso de distintos adyuvantes, ya que es un herbicida que tiene recomendación tanto en post-emergencia como en pre-emergencia (Monaco et al., 2002).

A pesar de la inexistencia de diferencias significativas, es visible una tendencia a menor rendimiento con la mayor dosis de quinclorac, alcanzando una disminución del 20%. La tendencia más marcada fue con el uso de la dosis alta y el agregado de aceite (Figura 4). Esta disminución de rendimiento cuando se utilizó la dosis más alta, permite inferir que es necesario continuar estudios validando las dosis recomendadas en otras regiones, con condiciones climáticas y variedades diferentes.



*% disminución de rendimiento de tratamientos con el mismo adyuvante, de dosis alta de quinclorac (1.68 L./ha.) con respecto a la dosis baja (1.12 L./ha.).

Figura No. 4. Porcentaje de disminución de rendimiento en grano, dosis alta en relación a la dosis baja de quinclorac.

Otra variable analizada en este experimento fue la materia seca de malezas a cosecha, no hubo efecto de los tratamientos ni de las interacciones en malezas de hoja ancha y en gramínea solo hubo efecto del agregado de aceite (P= 0.02).

Cuadro No. 19. Análisis de fuentes de variación a cosecha sobre materia seca malezas hoja ancha y gramínea.

Fuente de variación	p- valor	
	Maleza hoja ancha	Maleza gramínea
Dosis	0.932	0.473
Aceite	0.464	0.025
Sulfato de amonio	0.611	0.197
Dosis x aceite	0.085	0.880
Dosis x sulfato de amonio	0.319	0.404
Aceite x sulfato de amonio	0.553	0.940

El sulfato de amonio puede ser utilizado como corrector del pH del agua y secuestrante de cationes para mejorar la dureza del agua de aplicación. En los resultados de éste trabajo, la presencia de sulfato de amonio no mostró ningún efecto sobre el control de malezas.

El control de las malezas gramíneas a cosecha fue de 4 veces superior cuando se le agrego al quinclorac aceite al 1% (Figura 5). Según Arrospide (2004), el uso de aceites vegetales como adyuvantes promueve la penetración del producto mediante la acción sobre las estructuras cerosas de la cutícula y pared celular, quizás esta sea parte de la explicación al resultado obtenido de mayor control a cosecha con aceite.

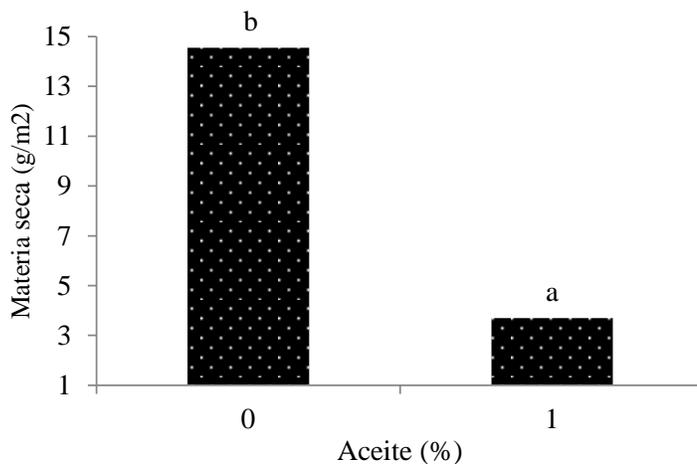


Figura No. 5. Efecto del aceite (%) en el control de malezas gramíneas expresado en la materia seca (g/m^2).

4.3. EXPERIMENTO EN CONDICIONES SEMI CONTROLADAS

En el presente experimento las aplicaciones fueron realizadas con el cultivo de sorgo en 2 hojas. No se registraron diferencias estadísticas para las fuentes de variación en ninguno de los momentos analizados.

Cuadro No. 20. Análisis de fuentes de variación a los 17 y 23 días post aplicación.

Fuente de variación	p-valor	
	17 días	23 días
Dosis	0.233	0.663
Adyuvante	0.061	0.979
Dosis x adyuvante	0.347	0.865

Cuadro No. 21. Materia seca por planta a los 17 y 23 días post aplicación.

Trat.	Aceite + sulfato de amonio (%)	Dosis quinclorac en PC. (L./ha.)	17 días	23 días
			Peso seco/planta (g)	
1	0	1.12	0.121	0.129
2	1 + 2	1.12	0.110	0.130
3	0	1.68	0.116	0.124
4	1 + 2	1.68	0.087	0.122
Testigo	0	0	0.091	0.114

Tampoco en este experimento para estas condiciones se constataron efectos fitotóxicos de la aplicación de quinclorac.

5. CONCLUSIONES

Las tecnologías, volumen de aplicación y tamaño de gota, asociadas al uso de los herbicidas atrazina y s-metolaclor en el cultivo de sorgo, no determinaron diferencias en el control de malezas y rendimiento en grano, solo exceptuando para la evaluación de los 28 dpa, donde hubo en *Echinochloa colona* y en el total de malezas mayor control en el volumen más bajo con gota fina comparado a gota extremadamente gruesa.

En relación al comportamiento de los herbicidas pre-emergentes, s-metolaclor presentó un control residual prolongado, indicado por el bajo enmalezamiento de gramíneas. Lo contrario sucedió con el herbicida atrazina, donde los niveles de enmalezamiento de *Sida* spp. fueron en aumento durante el período.

El herbicida quinclorac no proporcionó un buen control de *Echinochloa colona*, explicado por el avanzado estado de desarrollo de la maleza. La adición de aceite determinó una mejora en el control de la gramínea, independiente de la dosis de herbicida empleada.

El quinclorac evaluado como una herramienta para el uso en post-emergencia del cultivo, en las condiciones de nuestros experimentos, no causó fitotoxicidad ni en condiciones de campo como en condiciones semi controladas. Aunque es necesario profundizar los estudios de selectividad de este herbicida.

6. RESUMEN

El control de malezas es el factor de producción simple de mayor impacto en el manejo del cultivo de sorgo, pero cuenta con pocas alternativas químicas para el control de malezas. Con la necesidad de perfeccionar el uso de los herbicidas pre-emergentes para asegurar la liberación de la competencia de malezas en etapas iniciales se estudió el efecto de volumen de aplicación y tamaño de gota para aplicaciones de atrazina + s-metolaclor y en la post-emergencia del cultivo se estudiaron nuevas alternativas herbicidas. Los experimentos se realizaron en la Estación Experimental Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC) de la Facultad de Agronomía, Paysandú, durante el período primavera-verano 2015/2016. En la evaluación a campo de pre-emergencia los tratamientos correspondieron a un factorial completo de los factores dosis de herbicida s-metolaclor (960 y 1536 g i.a./ha.), volumen de aplicación (74 y 153 L./ha.) y tamaño de gota (gruesa y extremadamente gruesa), en todos los tratamientos se utilizó atrazina a razón de 1,4 kg i.a./ha. Se evaluaron parámetros descriptivos de la población de gotas de las boquillas utilizadas en la aplicación, densidad de emergencias en diferentes fechas y rendimiento de sorgo. En el experimento de post-emergencia a campo los tratamientos se dispusieron en un factorial completo donde los factores fueron dos dosis de herbicida quinclorac (0.38 y 0.58 L./ha.) y agregado de adyuvantes (sin adyuvante; c/aceite; c/sulfato de amonio; c/sulfato de amonio+ aceite). Se evaluó en control de malezas, selectividad en el cultivo, materia seca de las malezas y rendimiento en grano a cosecha. En otro experimento en condiciones semi controladas, instalado en macetas, se repitió dosis de herbicida quinclorac combinado con la inclusión de la mezcla de adyuvantes más un tratamiento testigo sin herbicida. Se evaluó fitotoxicidad y materia seca a diferentes fechas en el cultivo. Los tratamientos en pre-emergencia mostraron interacción entre las variables de estudio solamente a los 28 dpa., indicando para la maleza *Echinochloa colona* y para el total de malezas, mayor control con 74 L./ha. y gota fina, dicho efecto no se mantuvo en el tiempo. El herbicida s-metolaclor logró un efectivo control sobre la maleza gramínea predominante, en cambio el herbicida atrazina no controló efectivamente las emergencias de la maleza predominante de hoja ancha. En las siguientes evaluaciones de control así como en rendimiento no hubo efecto de las variables en estudio. En el experimento de post-emergencia a campo no se registró diferencia estadística para control y rendimiento en grano. La inclusión de aceite en la dosis mayor de quinclorac, presentó una tendencia a la reducción del rendimiento en grano del 20%. El control de malezas gramíneas aumentó con el agregado de aceite, independiente de la dosis de herbicida utilizada. En el experimento en condiciones semi controladas no se observó efectos fitotóxicos sobre el cultivo de sorgo.

Palabras clave: Sorgo; Pre-emergente; Post-emergente; Quinclorac; Atrazina; S-metolaclor.

7. SUMMARY

Weed control is the simple production factor with the greatest impact on sorghum crop management, but has few chemical alternatives for weed control. The effect of application volume and droplet size for atrazine + s-metolachlor applications was studied with the need to improve the use of pre-emergent herbicides to ensure the release of weed competition in early stages emergence of the crop, new herbicidal alternatives were studied. The experiments were carried out at the Experimental Station Dr. Mario A. Cassinoni (EEMAC) of the Faculty of Agronomy, Paysandú, during the spring-summer period 2015/2016. In the pre-emergence field evaluation, treatments corresponded to a complete factorial of the factors herbicide s-metolachlor (960 and 1536 g a. / ha), application volume (74 and 153 L / ha) and drop size (coarse and extremely coarse), atrazine at 1.4 kg ai / ha was used in all treatments. Descriptive parameters of the population of nozzle droplets used in the application, density of emergences at different dates and yield of sorghum were evaluated. In the post-emergence field experiment the treatments were arranged in a complete factorial where the factors were two doses of quinclorac herbicide (0.38 and 0.58 L./ha.) and added adjuvants (without adjuvant; with oil; ammonium sulfate + ammonium sulfate + oil). It was evaluated in weed control, crop selectivity, weed dry matter and grain yield at harvest. In another experiment under semi-controlled conditions, placed in pots, doses of quinclorac herbicide were repeated in combination with the inclusion of the adjuvant mixture plus a control treatment without herbicide. Phytotoxicity and dry matter were evaluated at different dates in the crop. The pre-emergence treatments showed interaction between the study variables only at 28 dpa., indicating for the weed *Echinochloa colona* and for the total weeds, greater control with 74 L./ha. and coarse drop. The herbicide s-metolachlor achieved effective control over the predominant grass weeds, whereas the herbicide atrazine did not effectively control emergences of the predominant broadleaf weed. In the following control evaluations as well as in performance, there was no effect of the variables under study. In the post-emergence field experiment no statistical difference was recorded for control and grain yield. The inclusion of oil in the higher dose of quinclorac showed a tendency to reduce grain yield of 20%. The control of grass weeds increased with the addition of oil, independent of the doses of herbicide used. In the experiment under semi-controlled conditions no phytotoxic effects were observed on the sorghum culture.

Keywords: Sorghum; Pre-emergent; Post-emergence; Quinclorac; Atrazine; S-metolachlor.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Arrospide, G. 2004. Criterio para el uso de aditivos y coadyuvantes. (en línea). Montevideo, Uruguay, Calister. 12 p. Consultado 18 jul. 2017. Disponible en <http://www.calister.com.uy/wp-content/uploads/2016/06/1311182916Criterios para el uso de Aditivos y Coadyuvantes.pdf>
2. BASF. 2008. Paramount-herbicida-label. (en línea). Research Triangle Park, NC. 12 p. Consultado 17 ago. 2017. Disponible en <http://agproducts.basf.us/products/label-and-msds/paramount-herbicide-label.pdf>
3. Behmer, S.; Di Prinzio, A.; Fernández, D.; Magdalena, J. 2010. Pasado y presente de la aplicación de agroquímicos en agricultura In: Castillo, B.; Di Prinzio, A.; Homer B.; Magdalena, J.; Villalba, J. eds. Tecnología de aplicación de agroquímicos. s.l., INTA Alto Valle. pp. 17-25.
4. Belgeri, A. s.f. Herbicidas que actúan a través de la fotosíntesis. Inhibidores del fotosistema. (en línea). s.l., Plant and Soil Sciences eLibrary. s.p. Consultado 18 ago. 2017. Disponible en <http://passel.unl.edu/pages/informationmodule.php?idinformationmodule=1024932941&topicorder=5&maxto=8>
5. _____; Caulin, M. P. 2008. Comunidades de malezas en siembra directa en el litoral agrícola centro. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 75 p.
6. Biset, M.; Colomé, S.; Copioli, A.; Hurtado, P.; Lombardi, N.; Morán, M.; Nisensohn, L.; Faccini, D.; Tuesca, D. 2011. Control químico de malezas en barbecho. (en línea). Revista Agromensajes de la Facultad. 31 (6): s.p. Consultado 17 ago. 2017. Disponible en <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/31/5AM31.htm>
7. Borger, C.; Ashworth, M.; Hashem; Minkey, D.; Powles, S.; Riethmuller, G. 2013. Increased carrier volume improves preemergence control of rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) in Zero-Tillage Seeding Systems. (en línea). Weed Technology. 27:649–655. Consultado 24 abr. 2017. Disponible en <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WT-D-12-00117>

8. _____.; _____.; _____.; _____.; _____. 2015. Carrier volumen is more likely to impact trifluralin efficiency than crop residue. (en línea). Weed Technology. 29:63-70. Consultado 24 abr. 2017. Disponible en <http://www.bioone.org/doi/full/10.1614/WT-D-14-00066.1>
9. Britos Lemes, M. F.; Goyeni Lema, F. 2013. Control de malezas en post emergencia en maíz resistente al glifosato. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 38 p.
10. Castillo, B. 2010. Formación de gotas en la aplicación de plaguicidas. In: Magdalena, J.C.; Castillo Herrán, B.; Di Prinzi, A.; Homer Benister, I.; Villalba, J. eds. Tecnología de aplicación de agroquímicos. Alto Valle, INTA. pp. 55-66.
11. Caticha, G.; Sánchez, M. 1985. Determinación del momento crítico de competencia de malezas en sorgo granífero. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 116 p.
12. Chessa, A. 2002. Una manera diferente de mirar el sorgo granífero. (en línea). NIDERA. Gacetilla técnica aplicando tecnología. no. 9: s.p. Consultado 12 abr. 2016. Disponible en <http://agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/sorgo/gacetilla%209.pdf>
13. Cunha, J.; Fialho Dos Reis, E.; Oliveira, R. 2006. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. Ciência Rural. 36(5): 1360-1366.
14. De la Vega, M. 2005. La atrazina; características y su utilización en barbecho químico para maíz en mezcla de tanque con glifosato. Buenos Aires, UBA/INTA. s.p.
15. D'enden, F.; Llewellyn, R.; Burton, M. 2008. Factores que influyen en la adopción de la labranza de conservación en las regiones de cultivo de Australia. (en línea). In: Seminario Uso de la Biodiversidad para la Evaluación del Impacto de la Intensificación Agrícola y el Diseño de Agroecosistemas Sustentables (2012, Las Brujas, Canelones). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 19-21 (Actividades de Difusión no. 674). Consultado 17 ago. 2017. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2361/1/18429200312162215.pdf>

16. Ernst Baez, O.; Ferrari Franchi, M. 2013. Combinación de alternativas pre - emergentes y glifosato en la post -emergencia en el control de malezas en maíz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 41 p.
17. FAO. 2002. Specifications and evaluations for plant protection products; quinclorac. (en línea). s.l. 26 p. Consultado 18 ago. 2016. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Specs/quinclor.pdf
18. Fernández, G. 2004. Control de malezas. In: Siri, G. ed. Sorgo. Montevideo. Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 61-64.
19. Fishel, F. 1997. Pesticides and the environment (en línea). University of Missouri-Columbia. Department of Agronomy. MU Guide. 6 p. Consultado 17 ago. 2017. Disponible en <http://extension.missouri.edu/explorepdf/agguides/pests/g07520.pdf>
20. Fipke, M.; Vidal, R. 2016. Teoría integrativa del modo de acción del quinclorac; revisión de la literatura. (en línea). Planta Daninha. 34(2): 393-402. Consultado 20 set. 2017. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582016000200393&lng=en&tlng=en
21. García, L.; Fernández-Quintanilla, C. 1991. Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Madrid, Mundi-Prensa. 348 p.
22. García Ochoa, O. M. 1991. Evaluación de herbicidas en pre-emergencia en cultivo de sorgo tratado con protector concep II. Tesis Ing. Agr. Guadalajara, México. Universidad de Guadalajara. Facultad de Agronomía. 73 p.
23. Gigón, R.; Massiggoge J.; Zamora, M.; PenninI, J.; Intaschi, D.; Istillart, C. s.f. Control de malezas gramíneas en preemergencia del cultivo de sorgo granífero. (en línea). Buenos Aires, Argentina, INTA. 2 p. Consultado 14 abr. 2016. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_barrow_-_control_de_malezas_gramneas_en_preemerg.pdf
24. Grossmann, K. 1998. Quinclorac belongs to a new class of highly selective auxin herbicides. Weed Science. 46(6): 707-716.

25. Gunsolus, J. L.; Curran W. S. 1999. Herbicide mode of action and injury symptoms. (en línea). Pennsylvania, Pennsylvania State University. 22 p. Consultado 8 ago. 2016. Disponible en http://appliedweeds.cfans.umn.edu/sites/appliedweeds.cfans.umn.edu/files/herbicide_mode_of_action_and_injury_symptoms.pdf.
26. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2014. Anuario 2014. (en línea). Montevideo. 132 p. Consultado 10 may. 2017. Disponible en <http://www.inia.uy/Documentos/Privados/UCTT/Publicaciones/anuario%20INIA%202014.pdf>
27. Kogan, M; Pérez, A. 2003. Herbicidas; fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción. Santiago, Chile, Universidad Católica de Chile. 333 p.
28. Maun, M.A.; Barrett, S.C.H. 1986. The biology of Canadian weeds. 77. *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. Canadian Journal of Plant Science. 66: 739- 759.
29. Metzler, M.; Puricelli, E.; Papa, J. C.; Peltzer, H. s.f. Manejo y control de rama negra. (en línea). Paraná, Entre Ríos, INTA. 27 p. Consultado 24 ago. 2016. Disponible en <http://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/sites/3/2013/10/Metzler.-Manejo-y-control-de-Rama-negra.pdf>
30. MGAP. DGSSAA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección General de Servicios Agrícolas, UY). 2016. Resolución No. 104, 5 de diciembre de 2016. Montevideo. 2 p.
31. Monaco, T. J.; Weller, S. C.; Ashton, F. M. 2002. Weed science; principles and practices. 4th. ed. New York, Wiley. 286 p.
32. Nikoloff, N. 2013. Genotoxicidad de herbicidas de importancia agroeconómica en Argentina. Tesis PhD. La Plata, Argentina. Universidad de La Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. 178 p.
33. Olivet, J. J.; Villalba J.; Schenzer, D. eds. 2013. Tecnología de aplicación de agroquímicos en cultivos extensivos. (en línea). Montevideo, INIA. 40 p. (FPTA no. 53). Consultado 23 jun. 2016. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1375/1/18429170314125051.pdf>

34. _____. 2016. Teórico; tecnología de aplicación. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 16 p.
35. OMS (Organización Mundial de la Salud). 1993. Atrazina. Metepec, Estado de México, México. 22 p. (Guía para la salud y la seguridad no. 47).
36. Palma, C. R. 2015. Evaluación de herbicidas pre-emergentes en frijol de grano negro. Tesis Ing. Agr. Santa Catarina Mita, Guatemala. Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. 78 p.
37. Papa, J. C. s.f. El modo de acción de los herbicidas (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 24 abr. 2017. Disponible en <http://www.agroprofesional.com.ar/index.php/86-modo-de-accion-de-los-herbicidas-jc-papa>
38. _____. 2007. El modo de acción de los herbicidas. Protección vegetal, manejo de malezas. (en línea). Santa Fé, Argentina, INTA Oliveros. pp. 17-19. Consultado 24 abr. 2017. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_combate_de_plagas_y_malezas/165-accion_herbicidas.pdf
39. Pedreros, L. A. s.f. Manejo de malezas en cultivos anuales establecidos sobre rastrojos. (en línea). Concepción, Chile, Universidad de Concepción. 134 p. Consultado 23 dic. 2016. Disponible en <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40203.pdf>
40. Peña Abades, D. 2013. Aprovechamiento de residuos de almazaras en suelos de olivar y de las vegas del Guadiana; efectos en la dinámica de los herbicidas MCPA, s-metolacloro y metribuzina. Tesis PhD. Extremadura, España. Universidad de Extremadura. Departamento de Biología Vegetal. Ecología y Ciencias de la Tierra. 332 p.
41. Pintado Benzal, S. 2010. Estudios electroquímicos de herbicidas imidazolinónicos, triazínicos y quinolínicos. Tesis PhD. Córdoba, Argentina. Universidad de Córdoba. Departamento de Química Física y Termodinámica Aplicada. 22 p.
42. Pitelli, R. A. 1987. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. IPEF. no. 4: 1-24.

43. Porras Piedra, A.; Porras Soriano, A. s.f. Tecnología de la pulverización de productos fitosanitarios sobre las plantas cultivadas. (en línea). s.n.t. 14 p. Consultado 10 nov. 2016. Disponible en <https://es.scribd.com/document/226266848/Tecnologia-de-La-Pulverizacion>
44. Rodríguez, J. s.f. L. U. de malezas. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. Departamento de Protección Vegetal. 14 p. Consultado 17 abr. 2017. Disponible en <http://www.pv.fagro.edu.uy/Malezas/Doc/ClasificacionHerbidas.pdf>
45. _____.; Garay, J.; Colazo, J. C. 2016. Control de malezas y uso de herbicidas en sorgo (en línea). s.n.t. 12 p. Consultado 24 abr. 2017. Disponible en [http://agroconsultasonline.com.ar/documento.html/Control%20de%20malezas%20y%20uso%20de%20herbidas%20en%20Sorgo%20\(2016\).pdf?op=d&documento_id=730](http://agroconsultasonline.com.ar/documento.html/Control%20de%20malezas%20y%20uso%20de%20herbidas%20en%20Sorgo%20(2016).pdf?op=d&documento_id=730)
46. Rosales, E. s.f. Conceptos generales sobre manejo de maleza en sistemas de labranza de conservación. (en línea). s.l., CIRNE-INIFAP. 17 p. Consultado 6 set. 2016. Disponible en agecon.okstate.edu/isct/labranza/robles/ponenci1.doc
47. _____.; Esqueda, V. s.f. Clasificación y uso de herbicidas por su modo de acción. Veracruz, México, INIFAP. 14 p.
48. _____.; Sánchez de la Cruz, R.; Rodríguez del Bosques, L. 2014. Tolerancia de sorgo para grano a dos herbicidas. (en línea). Revista Fitotecnia. 37 (1): 89 - 94. Consultado 5 set. 2016. Disponible en <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/37-1/9a.pdf>
49. Scaron, A. 2012. Estudio de los factores de mayor relevancia en la eficiencia de las pulverizaciones terrestres en cultivos de soja. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 32 p.
50. Siri, G. 2004. Sorgo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 96 p.
51. Stoletniy, I. 2013. Tamaño de gota, volumen de aplicación y uso de adyuvantes en la deposición del pulverizado y el control de mancha amarilla causada por *Pyrenophora tritici-repentis* en trigo. Tesis Mag. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 51 p.

52. Tuesca, D.; Papa J. C.; Morichetti, S.; Montero, N. s.f. Alerta; *Amaranthus quitensis* H.B.K. resistente a glifosato. (en línea). Santa Fé, Argentina. INTA. 5 p. Consultado 6 dic. 2016. Disponible en http://www.senasa.gov.ar/sites/default/files/ARBOL_SENASA/VEGETA_L/AROMATICAS/PROD_PRIMARIA/PLAGAS/amaranthus-hybridus_glifosato_tuesca.pdf
53. US EPA (United States Environmental Protection Agency, US). 2016. Pesticide quinclorac. (en línea). Washington, D. C. 12 p. Consultado 20 dic. 2016. Disponible en https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/ppls/042750-00090-20160208.pdf
54. Valverde, B.; Riches, C.; Caseley, J. 2000. Prevención y manejo de malezas resistentes a herbicidas en arroz; experiencias en América Central con *Echinochloa colona*. San José, Costa Rica, Grafos. 135 p.
55. Vergara Mauri, G. 2012. Efecto del uso de diferentes safeners en la selectividad de sorgo al uso de graminicidas pre-emergentes. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 44 p.
56. WSSA (Weed Science Society of America, US). 1994. Herbicide handbook. 7th. ed. Champaign. 352 p.
57. Zorrilla, G. 2016. Informe preliminar gt arroz estadísticas zafra 15-16. (en línea). Montevideo, Uruguay, INIA. 19 p. Consultado 5 oct. 2017. Disponible en <http://www.inia.uy/Documentos/Privados/INIA%20TT/Arroz/GT%20ARROZ%20JUNIO%202016%20Resumen%20adelanto%20GZ.pdf>

9. ANEXOS

1. Densidad de malezas (plantas/m²) a los 28 días post aplicación.

Trat.	Vol. (L./ha.)	TG	Dosis s-metolaclo + dosis atrazina	Total malezas	<i>Echinochloa colona</i>	<i>E.colona rebrote</i>	<i>Sida spp.</i>	Otras
1	74	GG	1+ 1.5	5.49	0.78	0.78	3.40	0.52
2	74	XG	1+ 1.5	11.50	3.92	1.83	2.61	3.14
3	153	GG	1+ 1.5	10.72	3.92	2.35	3.92	0.52
4	153	XG	1+ 1.5	9.93	2.61	1.31	4.44	1.57
5	74	GG	1.6+ 1.5	7.58	2.35	0.52	3.40	1.31
6	74	XG	1.6+ 1.5	9.41	4.97	1.31	1.83	1.31
7	153	GG	1.6+ 1.5	10.46	2.61	0.78	5.23	1.83
8	153	XG	1.6+ 1.5	6.80	2.88	0.78	1.31	1.83

2. Densidad de malezas (plantas/m²) a los 40 días post aplicación.

Trat.	Vol. (L./ha.)	TG	Dosis s-metolaclo + dosis atrazina	Total malezas	<i>E. colona</i>	<i>E. colona rebrote</i>	<i>Sida spp.</i>	Otras
1	74	GG	1+ 1.5	28.24	1.05	3.14	22.22	1.83
2	74	XG	1+ 1.5	23.27	12.88	1.57	17.78	1.05
3	153	GG	1+ 1.5	18.43	1.05	2.88	14.25	0.26
4	153	XG	1+ 1.5	43.14	0.78	1.35	32.94	7.06
5	74	GG	1.6+ 1.5	29.80	1.83	1.57	25.62	0.78
6	74	XG	1.6+ 1.5	32.68	0.52	3.92	26.14	2.09
7	153	GG	1.6+ 1.5	45.49	0.26	0.78	42.09	2.35
8	153	XG	1.6+ 1.5	22.48	0.26	3.92	17.25	1.05

3. Densidad de malezas (plantas/m²) a los 64 días post aplicación.

Trat.	Vol. (L./ha.)	TG	Dosis s- metolaclor + dosis atrazina	Total malezas	<i>E.</i> <i>colona</i>	<i>E.colona</i> rebrote	<i>Sida</i> spp.	Otras
1	74	GG	1+ 1.5	27.19	0.26	2.61	23.01	1.31
2	74	XG	1+ 1.5	19.08	0.78	4.44	13.59	0.26
3	153	GG	1+ 1.5	19.61	1.83	2.61	15.16	0.00
4	153	XG	1+ 1.5	30.59	0.78	2.09	27.45	0.26
5	74	GG	1.6+ 1.5	29.28	0.52	2.09	26.14	0.52
6	74	XG	1.6+ 1.5	15.69	0.52	3.92	10.72	1.05
7	153	GG	1.6+ 1.5	26.67	0.52	1.31	23.79	1.05
8	153	XG	1.6+ 1.5	16.21	0.26	1.31	13.33	1.31