

Efectividad del tamaño de las gotas y el uso de adyuvantes en el control de malezas

Juan Mauricio Cedeño Sanchez

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2015

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Efectividad del tamaño de las gotas y el uso de adyuvantes en el control de malezas

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Juan Mauricio Cedeño Sanchez

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2015

Efectividad del tamaño de las gotas y el uso de adyuvantes en el control de malezas

Presentado por:

Juan Mauricio Cedeño Sanchez

Aprobado:

Abelino Pitty, Ph.D.
Asesor principal

John Jairo Hincapie, Ph.D.
Directora
Departamento de ingeniería
agronómica

Renán Pineda, Ph.D.
Asesor

Raúl Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Efectividad del tamaño de las gotas y el uso de adyuvantes en el control de malezas

Juan Mauricio Cedeño Sánchez

Resumen: Las tecnologías de aplicación de herbicidas son importantes en la eficacia del control de malezas. Los objetivos de esta investigación fueron determinar el impacto de tres boquillas (AIXR, TTI y XR) y tres mezclas (tembotrione, tembotrione + aceite de semilla metilado y tembotrione + sulfato de amonio) en el tamaño de la gota, retención en la hoja y control de la maleza. Se evaluaron las malezas *Chenopodium album*, *Avena sativa* y *Abutilon theophrasti*; además, se determinó la relación de la retención del herbicida con el control de las malezas. Los diseños experimentales fueron diseños completamente al azar con un arreglo factorial 3×3 para observar la variación de tamaño de la gota y tres arreglos factoriales 3×3 para determinar la retención y el control en cada maleza. Para el ensayo del tamaño de la gota se utilizó una separación de medias ajustada, para los ensayos de retención y control de la maleza se utilizó el análisis de modelo mixto lineal generalizado de varianza (GLIMMIX de SAS). Se determinó que el tipo de boquillas y adyuvantes determinan el tamaño de la gota en la aplicación, lo que afecta la retención en cada maleza. En el control de las malezas a los días 7, 14, 21 y 28 después de la aplicación se mostró que la variación del control de las malezas se debe a la mezcla utilizada y no al tamaño de la gota.

Palabras claves: Cera, laudis, túnel de viento, tricomas, viscosidad.

The herbicide application technologies are important in the effectiveness of weeds control. The objectives of this research were to determine the impact of three nozzles (AIXR, TTI and XR) and three mixtures (tembotrione, tembotrione + methylated seed oil and ammonium sulfate + tembotrione) in the size of the drop, leaf retention and phytotoxicity. Weeds *Chenopodium album*, *Avena sativa* and *Abutilon theophrasti* were evaluated. Also, the retention ratio of herbicide to control weeds was determined. The experimental design was completely randomized with a factorial arrangement 3×3 to observe the variation in droplet size, and three factorial arrangements 4×3 to determine the retention and control in each weed. For the droplet size test an adjusted separation means was used and, for retention tests and phytotoxicity analysis, generalized linear mixed model of variance (SAS' GLIMMIX) was used. It was observed that the type of nozzles and adjuvants determined the droplet size in the application, which affected the retention in each weed. When controlling the weeds at days 7, 14, 21 and 28 after application, it was shown that the variation of weed control is because the mixture used and not the droplet size.

Key words: Laudis, trichomes, viscosity, wax, wind tunnel.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros y Figuras.....	v

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
4. CONCLUSIONES.....	17
5. RECOMENDACIONES.....	18
6. LITERATURA CITADA.....	19

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Tratamientos utilizados en el ensayo del efecto de la boquilla y del tipo de mezcla sobre el tamaño de la gota	5
2. Clasificación del tamaño de la gota (Control and Fertilizer Application Committee s.f.)	7
3. Tratamientos utilizados en los ensayos de retención y control de maleza.	8
4. Escala porcentual de clasificación de los niveles de control de malezas del 0 al 100 (Tasistro 2000).....	9
Figuras	Página
1. Estructura de la molécula del herbicida tembotrione.	2
2. Efecto de tembotrione sobre (A) <i>Avena sativa</i> , (B) <i>Chenopodium album</i> y (C) <i>Abutilon theophrasti</i>	2
3. Túnel de viento (PAT laboratory, North Platte).	4
4. Pista de rociado (Generation III Research Track Sprayer DeVries Manufacturing, Hollandale, MN 56045).	6
5. Fluorómetro (Trilogy Laboratorio fluorómetro, Turner Designs, Sunnyvale, CA,.....	7
6. Leaf area meter (LI-COR, Lincoln, NE, 68504).	7
7. Diseños de las boquillas XR (A), AIXR (B) y TTI (C). Fuente: Teejet 2008	10
8. Efecto de los adyuvantes AMS y MSO en tamaño de la gota con tres boquillas y tres mezclas al aplicar tembotrione.....	11
9. Retención de las hojas de <i>Chenopodium album</i> utilizando las boquillas XR, AIXR y TTI con las mezclas tembotrione, tembotrione + AMS y tembotrione + MSO.....	12
10. Disminución de la tensión superficial del agua con el surfactante Sandovit 0.1% sobre <i>Chenopodium album</i> (Harr <i>et al.</i> 1991).	12
11. Retención de las hojas de <i>Avena sativa</i> utilizando las boquillas XR, AIXR y TTI con las mezclas tembotrione, tembotrione + AMS y tembotrione + MSO.....	13
12. Retención de las hojas de <i>Abutilon theophrasti</i> utilizando las boquillas XR, AIXR y TTI con las mezclas tembotrione, tembotrione + AMS y tembotrione + MSO.....	14

13. Disminución de la tensión superficial del agua con el surfactante Sandovit 0.1% sobre <i>Abutilon theophrasti</i> (Harr <i>et al</i> 1991).	14
14. Efecto de las mezclas (A) y boquillas (B) sobre el control de <i>Chenopodium album</i>	15
15. Efecto de las mezclas (A) y boquillas (B) sobre el control de <i>Avena sativa</i>	15
16. Efecto de tres mezcla y tres boquilla sobre el control de <i>Abutilon theophrasti</i>	16

1. INTRODUCCIÓN

Las malezas causan un impacto negativo en la agricultura ya que compiten con el cultivo por agua, nutrientes y luz que necesitan para su desarrollo. También pueden ser hospederas de plagas y causar alelopatía en los cultivos. A lo largo del tiempo se han desarrollado varias prácticas para el control de malezas para disminuir su efecto en la producción, llegando a tener muchas tecnologías que se adapta a los sistemas de producción.

Para una aplicación eficiente de herbicida se deben de tomar en cuenta factores que pueden ser controlados por el agricultor y otros que no. Los que se pueden controlar son la calidad de agua, el herbicida y el equipo utilizado; los que no podemos controlar son los factores meteorológicos (Teejet 2004).

Para aumentar la eficiencia en la aplicación de herbicidas se han desarrollado tecnologías, como una amplia variedad de boquillas y adyuvantes. Sin embargo, muchas veces el productor ignora la importancia de la selección de boquilla. Una aplicación incorrecta puede ser muy costosa, cuando disminuye el rendimiento o con problemas legales como resultado de la deriva de los agroquímicos hacia cultivos adyacentes (Teejet 2004).

Algunas de las malezas que pueden estar en cultivo de maíz, como *Chenopodium album*, una planta anual de tallo erecto hasta 1.0 m de largo, en ocasiones puede llegar a ser más largo, las hojas tienen una superficie harinosa, variables desde una forma ovalada a linear (Barkley 1983). *Avena sativa* que es una gramínea con hojas de 3-20 mm de anchura, glabras y áspera en los bordes (Universidad de Navarra s.f.) y *Abutilon theophrasti*, tiene un tallo erecto y lanoso, sus hojas son alternadas, redondeadas con forma de corazón, bordes dentados y suaves pelos en toda su superficie (Barkley 1983).

El herbicida utilizado tiene el ingrediente activo tembotrione (Figura 1), un inhibidor de la enzima 4-hidroxifenilpiruvato dioxigenasa (HPPD). Este herbicida detiene la degradación catabólica de triosina para plastoquinona y tocofenol, que interviene en procesos metabólicos de desarrollo de los cloroplastos en las malezas susceptibles. Por la falta de plastoquinona, la capacidad de producir energía se ve afectada, la energía producida no puede ser transportado lo que ocasiona que la maleza no crezca (Almsick 2009).

Otro proceso que resulta afectado es la capacidad de producir vitamina E, que protege la membrana biológica contra el estrés oxidativo y al aparato fotosintético contra la foto degradación. Los inhibidores de la HPPD impiden la biosíntesis de caretenoides, causando que pierda la protección de la clorofila de los rayos ultravioletas y el exceso de luz, por consecuencia cuando la luz solar penetra la hoja la clorofila se destruye y la planta se torna de color blanca (Figura 2). Estos procesos hace que la planta muera (Almsick 2009).

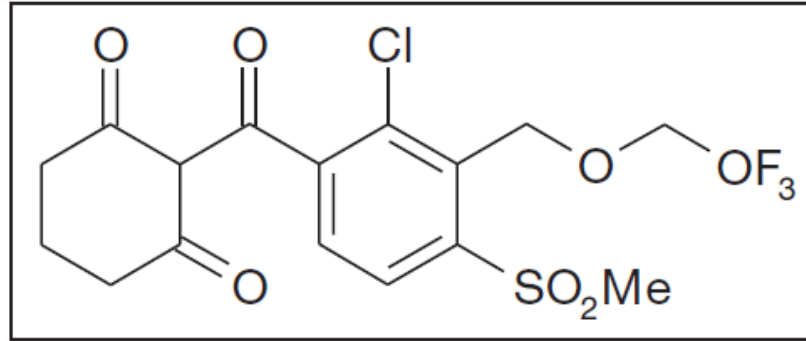


Figura 1. Estructura de la molécula del herbicida tembotrione.

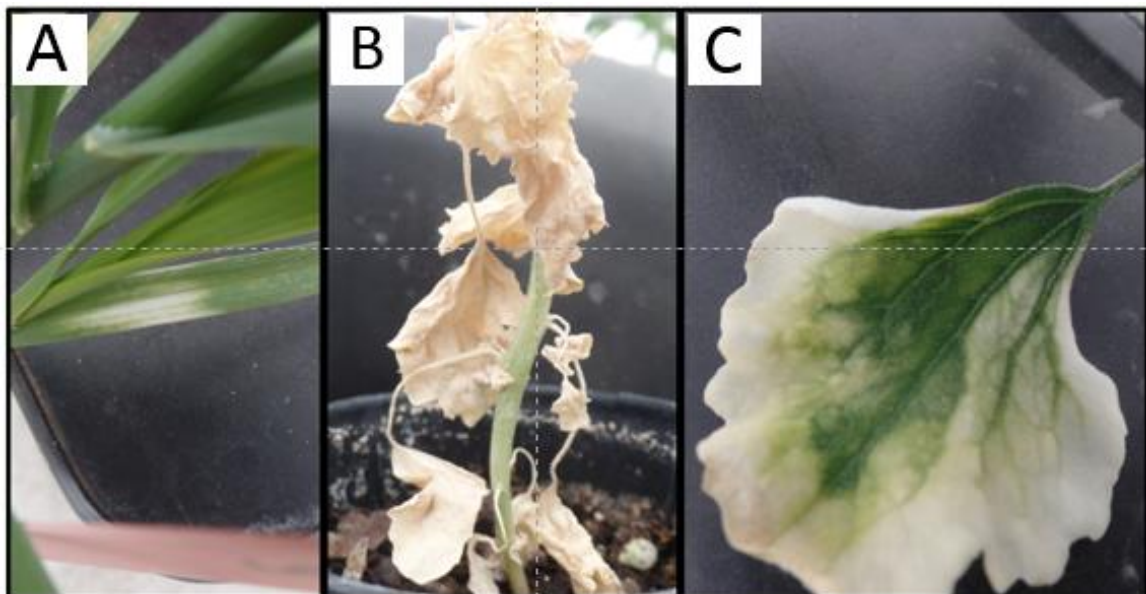


Figura 2. Efecto de tembotrione sobre (A) *Avena sativa*, (B) *Chenopodium album* y (C) *Abutilon theophrasti*.

Los adyuvantes son sustancias que se agregan a la formulación del herbicida para mejorar las características de la mezcla o la eficiencia del herbicida, cumplen una gran variedad de funciones individuales o en conjunto. Algunas de sus funciones son adherencias, compatibilidad, corrección de pH, ablandamiento de aguas duras, reducción de la espuma, reducción de la evaporación, penetración, minimización de la deriva. Ciertas formulaciones de herbicidas pueden tener en sus mezclas adyuvantes (Labza s.f.).

Los aceites de semilla metilada pertenecen a un grupo de adyuvantes derivado de aceites vegetales que disminuyen la tensión superficial de la gota y aumentan la absorción del herbicida. Sin embargo, no son tan eficaces como otros tensioactivos para aumentar la difusión, el contacto o la penetración (Miller y Westra 1996). Los aceites vegetales son de dos tipos: triglicéridos y metilados. Los aceites metilados son mejores disolventes que los

aceites a base de petróleo, pero su papel como un disolvente de ceras cuticulares es controversial. Su eficiencia puede variar dependiendo de la fuente de la semilla (Nalewaja 1994).

Los sulfatos de amonio (AMS) son utilizados para aspersiones de herbicidas con aguas duras, para evitar la precipitación de ciertos herbicidas causada por iones de hierro, zinc, magnesio, sodio, potasio y calcio (Nalewaja y Matysiak 1993).

En el mercado tenemos disponibles una gran variedad de boquillas que son agrupadas por su patrón de aspersión. Las boquillas clasificadas por su uso se dividen en dos grandes grupos: abanico y conos. Para la aplicación de herbicidas es común el uso de boquillas de abanico plano, mientras que las boquillas de cono hueco son utilizadas aplicaciones de fungicidas e insecticidas (Teejet 2014).

El orificio de la boquilla y la presión tienen un fuerte impacto en las aplicaciones, ya que pueden modificar el tamaño de la gota en la aplicación. La penetración del herbicida es afectada por el tamaño de la gota. Las gotas pequeñas pueden flotar en el ambiente y depositarse en ambos lados de la hoja. Las gotas grandes solo cubren la parte superior de la hoja deslizándose por la hoja (Government of new Brunswick s.f.). En aplicaciones de glifosato, el efecto observado fue que con las gotas grandes el daño es localizado, lo que puede disminuir la translocación del herbicida. Al aumentar el tamaño de la gota la absorción del herbicida disminuye (Hua Liu et al. 1996), resultados similares fueron observados en Dicamba (Creech 2015).

Es importante determinar el efecto que pueden tener los factores tecnológicos en la aplicación, para evitar incurrir en costosas consecuencias de aplicaciones con baja efectividad. Aplicado con la tecnología correcta se reduce la resistencia en maleza, se reduce la deriva en el ambiente lo que hace más eficiente la aplicación.

Los objetivos fueron determinar el impacto de tres de boquillas y tres mezclas en el tamaño de la gota, determinar el efecto de tres mezclas y tres boquillas en la retención de mezclas sobre tres malezas, determinar el efecto de las tres mezclas y tres boquillas en control de tres malezas y determinar la relación de la retención del herbicida con el control de las malezas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó de enero a abril de 2015 en el “Pesticide Application Technology Laboratory” (PAT), localizado en “The West Central and Extension Center of University of Nebraska, North Platte, Nebraska, Estados Unidos”. Que cuenta con las instalaciones y los instrumentos necesarios (Invernadero, túnel de viento, pista de rociado y fluorómetro) para el desarrollo de esta investigación.

Variación del tamaño de la gota

Se compararon el tamaño de las gotas con tres boquillas y tres Mezclas (cuadro 1). Los datos del tamaño de las gotas son proporcionados por un túnel de viento (PAT laboratory, North Platte) (Figura 3), que funciona con láseres que son capaz de medir el volumen de diámetro medio en μm (Creech 2015), Se midió con el parámetro diámetro de volumen medio, que es un valor donde la mitad del volumen de la mezcla se atomiza en gotas más grande, mientras que la otra mitad se atomiza en gotas más pequeñas que este valor (Czaczyk *et al* 2012).



Figura 3. Túnel de viento (PAT laboratory, North Platte).

La dosis aplicadas en el túnel de viento fueron de 220 ml/ha de Laudis (92.4 g de ingrediente activo tembotrione/ha), 10 ml/L del adyuvante Aceite de semilla metilada (MSO) y 25 g/L de sulfato de amonio (AMS). Se clasificaron las gotas según su tamaño (Cuadro 2). El diseño experimental utilizado para este ensayo fue un diseño completamente al azar, con

un arreglo factorial 3×3 . Los datos obtenidos fueron procesados con separación de medias ajustada de SAS v9.3 (SAS 2013) con una probabilidad del 5% ($\alpha=0.05$).

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el ensayo del efecto de la boquilla y del tipo de mezcla sobre el tamaño de la gota.

Mezcla	Boquilla
Tembotrione	XR 11003
Tembotrione	AIXR 11003
Tembotrione	TTI 11003
Tembotrione + AMS	XR 11003
Tembotrione + AMS	AIXR 11003
Tembotrione + AMS	TTI 11003
Tembotrione + MSO	XR 11003
Tembotrione + MSO	AIXR 11003
Tembotrione + MSO	TTI 11003

AMS Sulfato de amonio.

MSO Aceite de semilla metilada.

Determinación de retención y control de maleza

Para retención y el control se compararon tres boquillas, tres mezclas y tres malezas (Cuadro 3). Las malezas fueron cultivadas en el invernadero del PAT, las Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) y lambsquaster (*Chenopodium album*) fueron sembradas en celdas cono-TAINER DT40 (Stuewe and Sons Inc., Corvallis, OR 97389) y las avena (*Avena sativa*) en celdas cono-TAINER SC10 (Stuewe and Sons Inc., Corvallis, OR 97389) todas se rellenaron con el sustrato Professional Growers mix potting soil (Ball Horticulture Company, West Chicago, IL, 60185). Las plantas recibieron nutrición suplementaria con fertilización líquida diaria con Professional plant food 10-4-3 para una alimentación líquida continua (Nature's source). Se proporcionó iluminación suplementaria (NeoSol™ DS 300W, Illumitex, Austin, TX, 78735) para asegurar 14 h diarias de luz.

Se aplicó cuando las malezas alcanzaron una altura de 15 a 20 cm, fueron rociadas individualmente en una pista de rociado (Generation III Research Track Sprayer DeVries Manufacturing, Hollandale, MN 56045) (Figura 4) con una dosis de Laudis de 110 ml/ha (46.17 g de ingrediente activo tembotrione) la mitad de lo recomendado por el fabricante, la dosis del adyuvante Aceite de semilla metilada (MSO) fue de 10 ml/L y la de sulfato de amonio (AMS) fue de 25 g/L, las dos últimas siguiendo las recomendaciones del fabricante. Cada boquilla se calibró individualmente para asegurar que el mismo volumen de la mezcla a nivel de la planta. La distancia de la boquilla al follaje de la planta fue de 50 cm. Para determinar la cantidad de mezcla sobre las hojas de las malezas, se añadió el producto Spectra trace SH-P (fluorescent), los resultados son mostrados en unidades de fluorescencia relativa, entre mayor es el número de fluorescencia relativa mayor es la cantidad de mezcla presente en la hoja. Después de la aplicación se colectaron las hojas y se lavaron inmediatamente dentro de una bolsa plástica, con una solución de 40 ml de una mezcla 9:1

de agua destilada y solución de alcohol isopropílico, que fue añadido con un dispensador de botella con salida superior (Modelo 60000-BTR, LabSciences, Inc., Reno, NV, 89510)



Figura 4. Pista de rociado (Generation III Research Track Sprayer DeVries Manufacturing, Hollandale, MN 56045).

Luego se colectó una muestra de 2 ml del lavado de la hoja, con una pipeta para llenar una botella pequeña de vidrio. La botella se coloca en un módulo dentro de un fluorómetro (Trilogy Laboratorio fluorómetro, Turner Designs, Sunnyvale, CA, 94085) (Figura 5), que brinda los datos de fluorescencia en unidades relativas de fluorescencia (RFU). Fue necesario medir el área de las hojas de las malezas, las hojas fueron sacadas de las bolsas plásticas y secadas con papel toalla, para luego ser medidas con un LI-3100 leaf area meter (LI-COR, Lincoln, NE, 68504) (Figura 6). Los datos fueron corregidos tomando en cuenta el área foliar de las hojas de maleza y la incidencia de mezcla en la misma. Para determinar el control que tienen las mezclas y las boquillas sobre las malezas, se evaluó el porcentaje de nivel de daño de las malezas (Cuadro 4) en los días 7, 14, 21 y 28 después de la aplicación.



Figura 5. Fluorómetro (Trilogy Laboratorio fluorómetro, Turner Designs, Sunnyvale, CA, 94085).

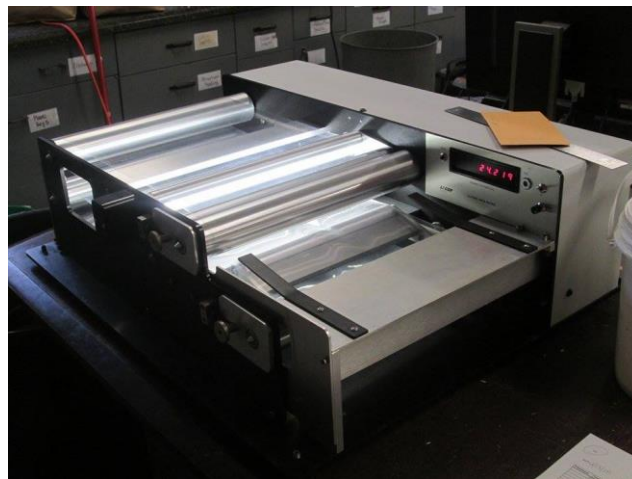


Figura 6. Leaf area meter (LI-COR, Lincoln, NE, 68504).

Cuadro 2. Clasificación del tamaño de la gota (Control and Fertilizer Application Committee s.f.)

Clasificación	Umbral		
	Dv0.1	Dv0.5	Dv0.9
Muy fina	41.5	99.9	170.8
Fina	65.7	163.6	350.1
Mediana	88.0	249.4	459.2
Gruesa	95.6	365.1	683.5
Muy Gruesa	109.2	408.3	842.6
Extra gruesa	>109.2	> 408.3	>842.6

Cuadro 3. Tratamientos utilizados en los ensayos de retención y control de maleza.

Tratamiento		
Mezcla	Boquilla	Maleza
Testigo sin aplicar		<i>Abutilon theophrasti</i>
Testigo sin aplicar		<i>Chenopodium album</i>
Testigo sin aplicar		<i>Avena sativa</i>
Tembotrione	XR 11003	<i>Abutilon theophrasti</i>
Tembotrione	XR 11003	<i>Chenopodium album</i>
Tembotrione	XR 11003	<i>Avena sativa</i>
Tembotrione	AIXR 11003	<i>Abutilon theophrasti</i>
Tembotrione	AIXR 11003	<i>Chenopodium album</i>
Tembotrione	AIXR 11003	<i>Avena sativa</i>
Tembotrione	TTI 11003	<i>Abutilon theophrasti</i>
Tembotrione	TTI 11003	<i>Chenopodium album</i>
Tembotrione	TTI 11003	<i>Avena sativa</i>
Tembotrione + MSO	XR 11003	<i>Abutilon theophrasti</i>
Tembotrione + MSO	XR 11003	<i>Chenopodium album</i>
Tembotrione + MSO	XR 11003	<i>Avena sativa</i>
Tembotrione + MSO	AIXR 11003	<i>Abutilon theophrasti</i>
Tembotrione + MSO	AIXR 11003	<i>Chenopodium album</i>
Tembotrione + MSO	AIXR 11003	<i>Avena sativa</i>
Tembotrione + MSO	TTI 11003	<i>Abutilon theophrasti</i>
Tembotrione + MSO	TTI 11003	<i>Chenopodium album</i>
Tembotrione + MSO	TTI 11003	<i>Avena sativa</i>
Tembotrione + AMS	XR 11003	<i>Abutilon theophrasti</i>
Tembotrione + AMS	XR 11003	<i>Chenopodium album</i>
Tembotrione + AMS	XR 11003	<i>Avena sativa</i>
Tembotrione + AMS	AIXR 11003	<i>Abutilon theophrasti</i>
Tembotrione + AMS	AIXR 11003	<i>Chenopodium album</i>
Tembotrione + AMS	AIXR 11003	<i>Avena sativa</i>
Tembotrione + AMS	TTI 11003	<i>Abutilon theophrasti</i>
Tembotrione + AMS	TTI 11003	<i>Chenopodium album</i>
Tembotrione + AMS	TTI 11003	<i>Avena sativa</i>
Tembotrione + AMS	XR 11003	<i>Abutilon theophrasti</i>
Tembotrione + AMS	XR 11003	<i>Chenopodium album</i>
Tembotrione + AMS	XR 11003	<i>Avena sativa</i>

MSO Aceite de semilla metilada.

AMS Sulfato de amonio.

Cuadro 4. Escala porcentual de clasificación de los niveles de control de malezas del 0 al 100% (Tasistro 2000).

Porcentaje	Descripción de las categorías principales	Descripción detallada
0	sin efecto alguno	Sin control
10	Efectos ligeros	Control muy pobre
20		Control pobre
30		Control pobre a deficiente
40	Efectos moderados	Control deficiente
50		Control deficiente a moderado
60		Control moderado
70	Efectos severos	Control por debajo de lo satisfactorio
80		Control de satisfactorio a bueno
90		Control muy bueno a excelente
100	Efecto completo	Control total

El diseño estadístico para el ensayo del tamaño de la gota fue un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial 3×3 (tres boquillas y tres mezclas). Para el análisis de los datos se utilizó una separación de medias ajustada de SAS v9.3 (SAS 2013) a un nivel de significancia de 0.05.

El diseño estadístico para el ensayo del tamaño de la gota fue un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial 3×3 con un arreglo factorial para los datos de retención y retención de la mezcla en la hoja de las malezas fue de 3×3 (tres boquillas y tres mezclas) para cada maleza (lambquarter, avena y velvetleaf). Para analizar de los datos se utilizó el análisis de modelo mixto lineal generalizado de varianza en el procedimiento GLIMMIX de SAS v9.3 (SAS 2013), que permite analizar datos de distribución no normal, como el porcentaje de daño sobre la planta (Stroup 2014). Se realizó una separación de medias para comparar los efectos vistos en las malezas a un nivel de significancia de 0.05.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variación del tamaño de la gota.

Hubo una interacción altamente significativa ($P < 0.0001$) entre las mezclas (tembotrione, tembotrione + AMS y tembotrione + MSO) y las boquillas (XR, AIXR y TTI). El tamaño de la gota fue menor con la boquilla XR, intermedia con la AIXR y las gotas más grandes fue con la TTI, con las tres mezclas. La diferencia del tamaño de la gota entre las boquillas se debe a su diseño (Figura 7). La boquilla XR, que presentó el menor tamaño de la gota tiene un orificio que mide el volumen del líquido y crea la gota. Las boquillas AIXR y TTI presentaron un tamaño de gota mayor ya que tienen un preorificio que mide la cantidad de líquido, el que crea la gota es el orificio de salida. Este sistema de orificios induce aire y operan bajo el principio de Venturi, la corriente del preorificio genera una corriente de aire a través de los orificios. La mezcla del aire y del líquido permite la formación de las gotas con un mayor tamaño (Teejet 2008).

En las mezclas tembotrione y tembotrione + AMS el tamaño de la gota fue similar con las boquillas XR y AIXR. Sin embargo, con la mezcla Tembotrione + MSO y la boquilla XR el tamaño de la gota fue mayor que el tembotrione solo, mientras que en las boquillas AIXR y TTI la mezcla de tembotrione + MSO el tamaño de la gota era menor. Estas variaciones pueden ocurrir por el cambio de la viscosidad en la mezcla con MSO, de tamaño mediano, según el cuadro 3 las producidas por la boquilla XR, al aumentar la viscosidad del líquido tiende a aumentar el tamaño de la gota (Hopkinson *et al*). Para gotas de tamaño extra grande el tamaño de la gota, según el cuadro 3 como las producidas por la AIXR y TTI, las gotas tienden a reducir su tamaño. La poca variación del tamaño de la gota en la mezcla tembotrione + AMS y tembotrione, pudo ocurrir porque el AMS es un regulador de aguas duras y no tiene un efecto directo sobre la tensión superficial de la gota (Nalewaja y Matysiak 1993).

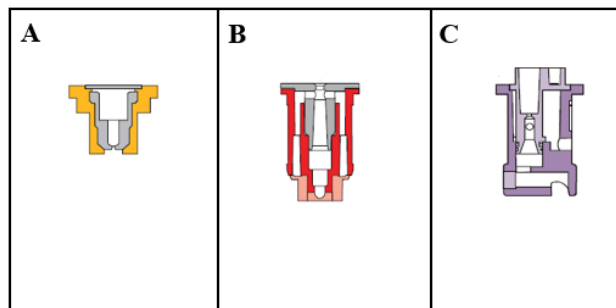


Figura 7. Diseños de las boquillas XR (A), AIXR (B) y TTI (C). Fuente: Teejet 2008

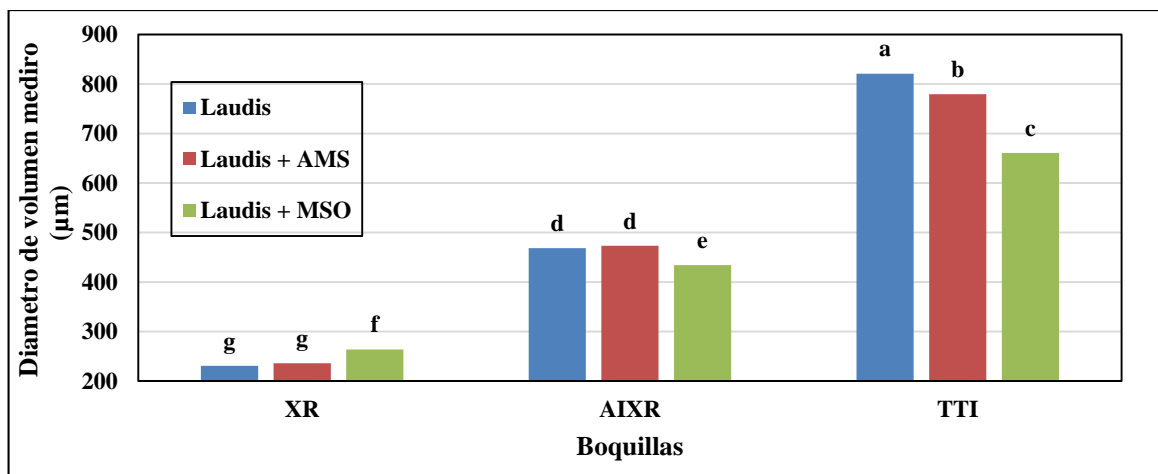


Figura 8. Efecto de los adyuvantes AMS y MSO en tamaño de la gota con tres boquillas y tres mezclas al aplicar tembotrione. Los tratamientos con letras diferentes muestran diferencias significativas.

Retención de las mezclas sobre *Chenopodium album*

Hubo una interacción altamente significativa ($P < 0.0001$) entre las mezclas (tembotrione, tembotrione + AMS y tembotrione + MSO) y las boquillas (XR, AIXR y TTI) (Figura 9). La mezcla tembotrione + MSO fue la mezcla que presentó la mayor retención en la hoja de la maleza, puede ser por la capacidad surfactante que tiene el adyuvante MSO, de disminuir la tensión superficial de la gota, sin agregar surfactante la retención de la hoja es menor (Figura 10) en *Chenopodium album*. Tembotrione + MSO con la boquilla XR no mostró diferencia significativa en retención, en comparación con las boquillas AIXR y TTI utilizando la misma mezcla, pero si mostró diferencia significativa entre las boquillas AIXR y TTI, esto se pudo dar porque al usar la mezcla con MSO y la boquilla XR se redujo el tamaño de las gotas hasta el punto de perder el impulso y la dirección de las gota, quedando estas flotando en el aire (Nuyttens 2009). El efecto de disminución de retención al aumentar el tamaño de gota extra grande de a una extra grande de mayor tamaño, se pudo dar por el aumento del peso de la gota, causando el deslizamiento por la hoja (Figura 8).

La mezcla de tembotrione + AMS no mostro diferencias significativas en retención de la mezcla sobre la hoja, con la mezcla de tembotrione, en las boquillas AIXR y TTI (Figura 9), El efecto causado por la mezcla AMS no se le puede atribuir al el tamaño de la gota, ya que los resultados de retención no muestran una correlación con los resultados observados en tamaño de la gota (Figura 8), Mostrando tratamientos que no presenta diferencias significativa en el tamaño de la gota, pero si en retención de la mezcla. Esto se puede atribuir que el AMS regula aguas duras y no tiene un efecto directo en la tensión superficial de la gota, teniendo un poco variación en el tamaño de la gota (Figura 8).

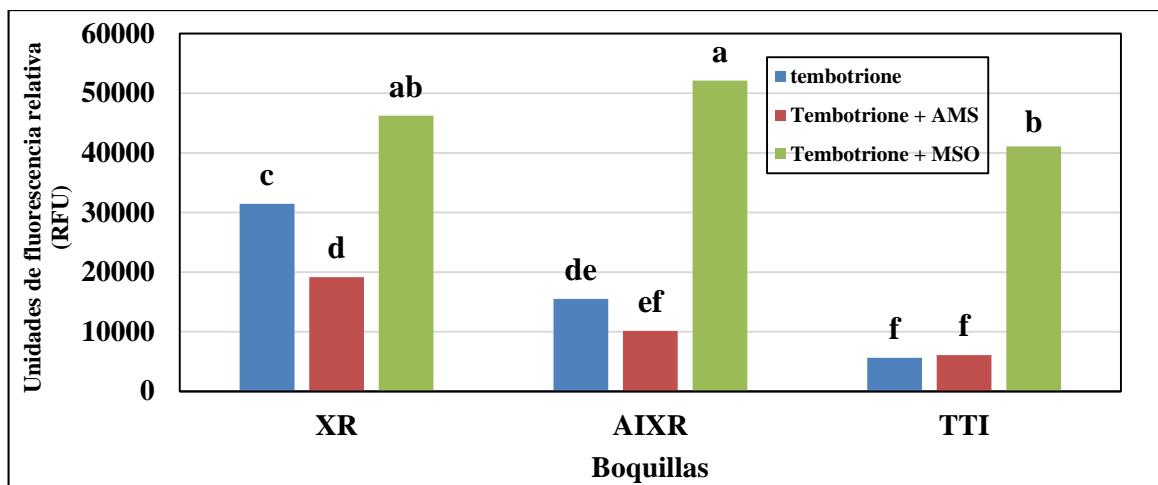


Figura 9. Retención de las hojas de *Chenopodium album* utilizando las boquillas XR, AIXR y TTI con las mezclas tembotrione, tembotrione + AMS y tembotrione + MSO. Tratamientos con mezclas diferentes presentan diferencias significativas.

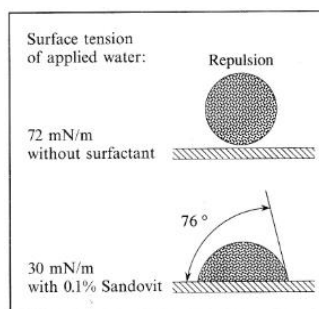


Figura 10. Disminución de la tensión superficial del agua con el surfactante Sandovit 0.1% sobre *Chenopodium album* (Harr et al. 1991).

Retención de la mezcla sobre *Avena sativa*

Los resultados mostraron una interacción significativa ($P < 0.0028$) entre las mezclas (tembotrione, tembotrione + AMS y tembotrione + MSO) y las boquillas (XR, AIXR y TTI) en *Avena sativa* (Figura 11). De igual forma que en *Chenopodium Album* (Figura 9), la mezcla que presentó una mayor retención en la hoja fue MSO. La diferencia vista en *Avena sativa* respecto a los resultados obtenidos para *Chenopodium album*, está en la aplicación de la mezcla AMS con la boquilla XR, de tamaño medianas (Figura 8), que presenta una mejor retención que la mezcla de tembotrione, esto se la atribuye a la diferencia en la morfología de la hoja de una gramínea *Avena sativa* y una hoja ancha como *Chenopodium album* para retener la mezcla.

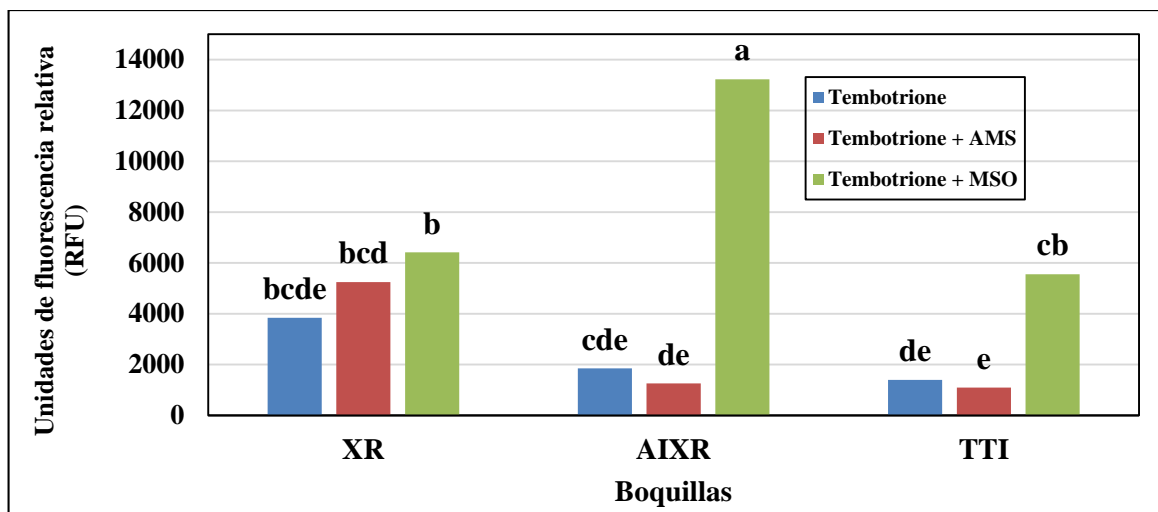


Figura 11. Retención de las hojas de *Avena sativa* utilizando las boquillas XR, AIXR y TTI con las mezclas tembotrione, tembotrione + AMS y tembotrione + MSO. Tratamientos con mezclas diferentes presentan diferencias significativas.

Retención de la mezcla sobre *Abutilon theophrasti*

Hubo una interacción significativa ($P > 0.0023$) entre las mezclas y las boquillas (Figura 12), indicando que al utilizar la boquilla XR la mezcla con mayor cubrimiento sobre la maleza *Abutilon theophrasti* fue tembotrione + MSO. Para la boquilla AIXR la mezcla que mostro una mayor retención sobre la hoja de la maleza fue tembotrione + AMS. En el caso de la boquilla TTI ningunas de las mezclas mostraron diferencias significativas en el recubrimiento. Observando que al aplicar la mezcla con AMS al aumentar el tamaño de la gota de la boquilla XR a AIXR (Figura 8) aumenta la retención en la hoja, pero al aumentar el tamaño de la gota de boquilla AIXR a TTI la retención en la hoja baja. Para la mezcla con MSO aumentar el tamaño de la gota de la boquilla XR a la AIXR la retención en la hoja baja, mientras que cuando aumenta el tamaño de gota de la boquilla AIXR a TTI la retención no presentó diferencia significativa. La retención no presentó una correlación con el tamaño de la gota (Figura 8), la variación de retención se le atribuye a la cantidad de tricomas en las hojas de esta maleza, que presentan una buena retención sin necesidad de agregar un surfactante (Figura 13).

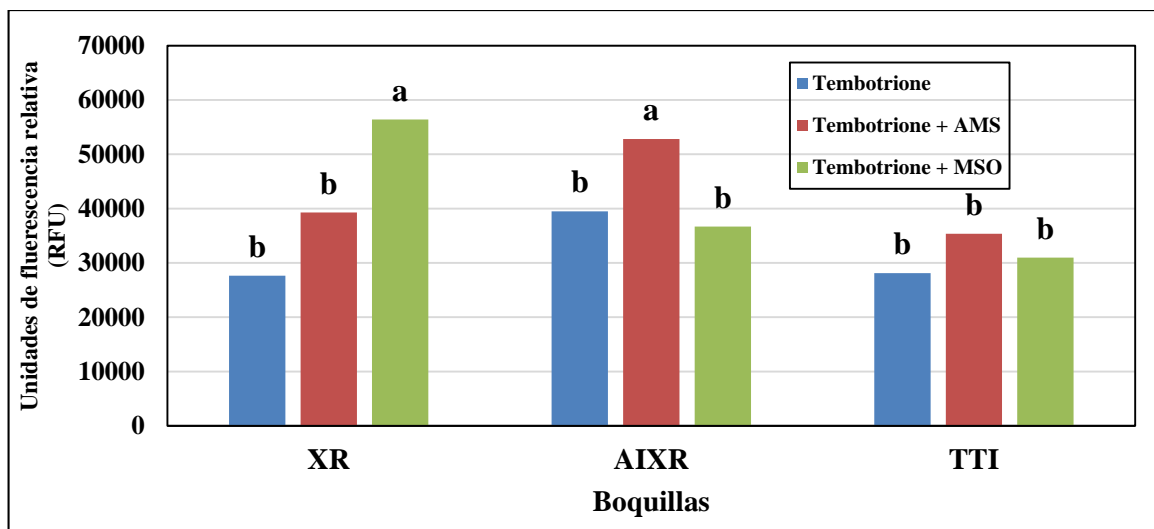


Figura 12. Retención de las hojas de *Abutilon theophrasti* utilizando las boquillas XR, AIXR y TTI con las mezclas tembotrione, tembotrione + AMS y tembotrione + MSO. Tratamientos con mezclas diferentes presentan diferencias significativas.

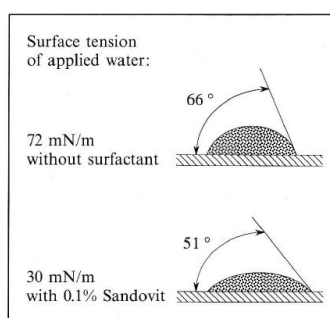


Figura 13. Disminución de la tensión superficial del agua con el surfactante Sandovit 0.1% sobre *Abutilon theophrasti* (Harr *et al* 1991).

Control sobre *Chenopodium album*

Las mezclas y boquillas no mostraron interacción ($P > 0.4014$) en el control de *Chenopodium album*. Las tres mezclas presentaron resultados altamente significativos ($P < 0.0001$), mientras que en las tres boquillas los resultados no fueron significativos ($P > 0.7907$) (Figura 14). Además, para el control de esta maleza hay diferencias en todas las mezclas. La mezcla que tuvo mayor control fue tembotrione + MSO, seguido de tembotrione + AMS y por último tembotrione. La mezcla con aceite de semilla metilada (MSO) tuvo mayor control porque al agregar MSO reduce la tensión superficial, aumentando la cobertura sobre la hoja (Figura 10). El AMS también aumentó la eficiencia de aplicación de tembotrione, posiblemente reduciendo la dureza del agua. El tamaño de la gota (Figura 8) no tuvo efecto sobre el daño en la planta y las tres boquillas no mostraron diferencias significativas en el

control (Figura 14), indicando que el tamaño de la gota no tiene un efecto sobre la absorción de Tembotrione en *Chenopodium album*.

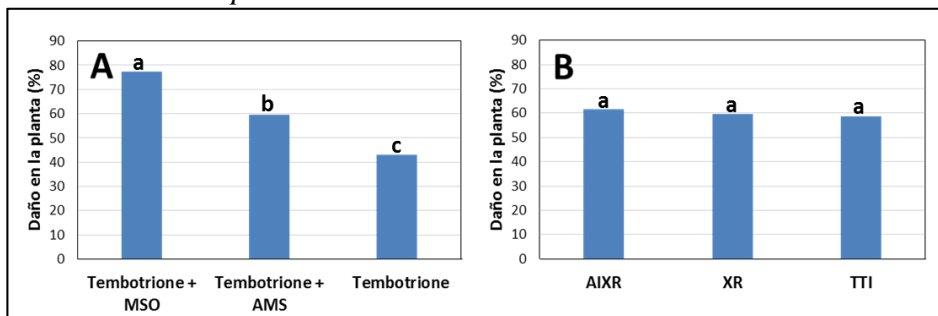


Figura 14. Efecto de las mezclas (A) y boquillas (B) sobre el control de *Chenopodium album*. Letras minúsculas diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos.

Control sobre *Avena sativa*

El control con las mezclas fue altamente significativo ($P < 0.0001$) y con las boquillas fue significativo ($P > 0.0126$) (Figura 15). En *Avena sativa* indican que no es eficiente aplicar con adyuvantes, porque los tratamientos con adyuvantes presentaron un menor control. Este efecto se puede deberse a las propiedades cerosa y lisa de la hoja de la avena, el control fue mayor donde la gota no se esparció y concentró el ingrediente activo en un punto en la hoja, ya que se observaron machones blancos en la hoja. El efecto del tamaño de la gota mostró que aplicar con la boquilla TTI es menos eficiente que aplicar con AIXR y XR, indicando que las gotas de mayor tamaño disminuyen la eficiencia de la aplicación en plantas que presentan características similares a *Avena sativa*, de igual forma se observaron los resultados de retención de la mezcla en la hoja (Figura 11).

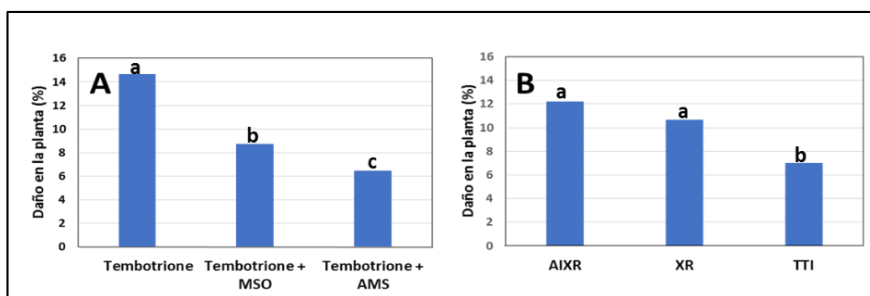


Figura 15. Efecto de las mezclas (A) y boquillas (B) sobre el control de *Avena sativa*. Letras minúsculas diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos.

Control sobre *Abutilon theophrasti*

El control mostró una interacción significativa (0.0025) De las tres mezclas, la que presentó mayor control fue Tembotrione + AMS y tembotrione + MSO. El tembotrione solo fue el que presentó menor control (Figura 16).Lo que demuestra que esta maleza reacciona positivamente al control con mezclas con adyuvantes. El tamaño de la gota no tuvo un impacto significativo sobre efecto visual de la planta, ya que no hubo diferencia significativa al aplicar las tres mezclas con las tres boquillas.

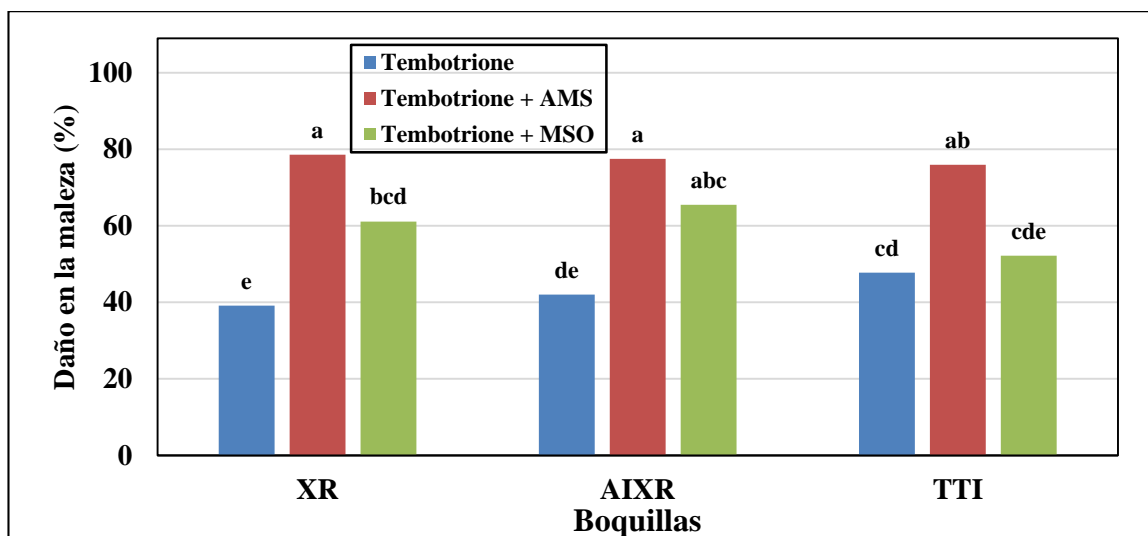


Figura 16. Efecto de tres mezcla y tres boquilla sobre el control de *Abutilon theophrasti*.

Comparando las Figuras 14, 15 y 16 se observó que *Chenopodium album* y *Abutilon theophrasti* se comportaron de forma similar, en cuanto a susceptibilidad al herbicida con ingrediente activo tembotrione y el tamaño de la gota no tuvo ningún impacto en la aplicación, mientras que el efecto de tembotrione sobre Avena sativa fue menos visible y el tamaño de la gota tubo impacto en la aplicación. Resultados similares se mostraron en una investigación con maíz (Santel 2009).

A pesar que las variaciones en el tamaño de la gota y retención de las mezclas sobre las malezas, el tipo de boquilla no mostró diferencias en el control de las malezas, mostrando resultados diferentes en una investigación sobre plantas de soya, con el herbicida dicamba (Creech 2015), un herbicida sistémico, que penetra por las hojas y raíces (Syngenta s.f.), que resultó con un mejor control con la boquilla XR, que crea menor tamaño de la gota.

4. CONCLUSIONES

- Los adyuvantes sulfato de amonio (AMS) y aceite de semilla metilada (MSO); y las boquillas XR, AIXR y TTI cambian el tamaño de las gotas en la aplicación del herbicida tembotrione.
- En las hojas de *Chenopodium album* y *Avena sativa*, la mezcla con mayor retención fue tembotrione + MSO. Para *Abutilon theophrasti* las mezclas con mayor retención fueron las mezclas con adyuvante, siendo la mejor Tembotrione + AMS cuando se utilizó la boquilla AIXR; y Tembotrione + MSO cuando se utilizó la boquilla XR.
- La boquilla que presentó una menor retención para todos los tratamientos fue la TTI.
- Al utilizar la molécula tembotrione, el nivel de control de las malezas del adyuvante va a depender del tipo de maleza.
- Las boquillas no tuvieron efecto en aplicaciones sobre el control de *Chenopodium album* ni *Abutilon theophrasti*, pero se observó que al utilizar las gotas de la boquilla TTI sobre *Avena sativa* disminuyó la eficiencia del herbicida.
- El tamaño de la gota, retención del herbicida y el control de las malezas con el herbicida tembotrione no muestran una correlación.

5. RECOMENDACIONES

- Investigar con la dosis recomendada por el fabricante de ingrediente activo tembotrione para ver su control en otras malezas.
- Investigar variando la calidad de agua para observar el efecto del tamaño de la gota al agregar los adyuvantes.
- Investigar agregando más boquillas y adyuvantes.
- Al aplicar Tembotrione sobre *Avena sativa* no se recomienda usar las boquillas TTI.
- Al aplicar Tembotrione sobre *Chenopodium album* usar el adyuvante Aceite de semilla metilada.
- A aplicar Tembotrione sobre *Avena sativa* no se recomienda agregar Aceite de semilla metilada ni Sulfato de amonio.
- Al aplicar Tembotrione sobre *Abutilon theophrasti* utilizar el adyuvante Aceite de semilla metilada.

6. LITERATURA CITADA

- Almsick, A.V. 2009. Discusses the development of herbicides with the HPPD mode of action from their beginnings in Japanese rice fields to the newest generation of this “old” class which is still a “new” problem solver in different crops. *Outlooks on Pest Management* 20.1: 27-30.
- Barkley, T.M. 1993. *Field guide to the common weeds of Kansas*. United States of America, Kansas, Kansas state university, university press of Kansas. 17, 36.
- Control and Fertilizer Application Committee. s.f. ASAE S-572 Spray Tip Classification by Droplet Size. (En línea). Consultado jun. 2015. Disponible en <http://www.sherwoodpumps.com/FileAttachments/Spray/en-us/Spray%20Tip%20Classification%20by%20Droplet%20Size.pdf>.
- Creech, C. 2015. *Herbicide application technology impacts on herbicide spray characteristics and performance*. Doctorado. Lincoln, USA. Universidad de Nebraska. 186 p.
- Czaczyk, Z., G. Kruger, A. Hewitt 2012. Droplet size classification of air Induction flat fan nozzles. *Journal of plant protection research* 52: 416 p.
- Government of New Brunswick. S.f. *Pesticide Application*. (En línea). Consultado Jun. 2015. Disponible en <http://www.gnb.ca/0029/00290005-e.asp>
- Haar, J., R. Guggenheim, G. Schulke, R.H. Falk. 1991. *The leaf Surface of major weeds*. Weed Science Society of America. 309 West Clark Street.
- Hopkinson, M.J., H.M. Collins, G.R. Goss. 1996. *Pesticide formulations and application System*. ASTM. West Conshohocken, 100 Barr Harbor Drive 16: 90p.
- Santel, H. 2009. *Laudis® OD – a new herbicide for selective post-emergence weed control in corn (Zea mays L.)* In Bayer CropScience Bayer CropScience 62: p 95-108.
- Labza. s.f. *Los coadyuvantes*. (En línea). Consultado jun. 2015. Disponible en <http://www.labza.com.ar/descargas/Coadyuvantes.pdf>
- Leiva, P. 2011. *Pastillas para pulverización agrícola, su correcta selección y uso para una óptima calidad de aplicación*. En línea. Consultado sep 2015. Disponible en <http://www.produccion->

- animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_combate_de_plagas_y_malezas/137-Pastillas.pdf.
- Miller, P. y P. Westra. 1996. Herbicide surfactants and adjuvants, no. 0.559. Colorado State University Cooperative Extension, Production Crop Series.
- Nalewaja, J.D. 1994. Esterified seed oil adjuvants. North Central Weed Science Society Proceedings 49: 149-156.
- Nalewaja, J. y R. Matysiak. 1993. Optimizing adjuvants to overcome glyphosate antagonistic salts. Weed Technology 7: p 337-342
- Nuyttens, D., Md. Schamphelre, P. Verboven, E. Brusselman, D. Dekeyser. 2009. Droplet size and velocity characteristics of agricultural sprays. Transactions of the ASABE 52:1471-1480
- SAS®. 2013. SAS Users Guide, Statistical Analysis Institute Inc. Cary N.C.
- Syngenta. s.f. Un final de cine. En línea. Consultado sep. 2015. Ribera del Loira 8-10 - 28042 Madrid.
- Steoup, W.W. 2004. Rethinking the Analysis of Non-Normal Data in Plant and Soil Science. Department of Statistics, 340 Hardin Hall North, Univ. of Nebraska, Lincoln.
- Tasistro, A. 2000. Métodos para evaluar efectividad en el control de malezas. Revista Mexicana de la Ciencia de la Maleza. No. Especial. Dirección General de Difusión Cultural. Universidad Autónoma Chapingo. p 25-35.
- Teejet. 2004. Guía de usuarios de boquillas de pulverización. Wheat. Spraying System Co, North Avenue at Schamale Road, P.O. Box 7900, Wheaton, Illinois.
- Teejet. 2008. Catálogo 50A-E Wheat. Spraying System Co, North Avenue at Schamale Road, P.O. Box 7900, Wheaton, Illinois.
- Teejet. 2014. Catálogo 51A. Systems Spraying System Co, North Avenue at Schamale Road, P.O. Box 7900, Wheaton, Illinois.
- Universidad Pública de Navarra. s.f. *Avena sativa*. (En línea). Consultado Sep. 2015. Disponible en http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Aven_sati_p.htm.