

# **Influencia de las boquillas dobles de abanico plano en la eficacia de herbicidas de contacto**

**Ronald Darwin Navarrete Erazo**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2016

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

# **Influencia de las boquillas dobles de abanico plano en la eficacia de herbicidas de contacto**

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

Presentado por

**Ronald Darwin Navarrete Erazo**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2016

## **Influencia de las boquillas dobles de abanico plano en la eficacia de herbicidas de contacto**

**Ronald Darwin Navarrete Erazo**

**Resumen:** El tipo de boquilla determina la cobertura en la aplicación de herbicidas de contacto. Los objetivos de este estudio fueron determinar la influencia de boquillas dobles de abanico plano 11003 (TJ-60, TTJ-60, TADF, AITTJ-60, AI3070 y GAT) en la eficacia de carfentazon etil, lactofen y glufosinato de amonio, determinar el tamaño de gota y evaluar el control de maleza. Cada herbicida fue un ensayo. Se incluyeron las boquillas de abanico plano individual XR y AIXR. Las malezas evaluadas fueron *Kochia scoparia*, *Abutilon theophrasti*, *Linum usitatissimum*, *Chenopodium album* y *Avena sativa*. La investigación se realizó en el Laboratorio de Tecnología para la Aplicación de Pesticidas de la Universidad de Nebraska Lincoln, Nebraska, Estados Unidos. Se aplicó cada herbicida con las ocho boquillas para determinar el tamaño de gota con el túnel de viento de baja velocidad (cuatro réplicas) y se usó ASABE S572.1 para la clasificación de la gota. El diseño experimental fue completamente al azar, se organizaron ocho plantas de cada especie de maleza para aplicar los herbicidas con cada boquilla, cada una representó una réplica. Para la aplicación se usó la cámara de pulverización de pista a un volumen de 187 L/ha. El control de maleza se evaluó con la escala de estimaciones visuales a los 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación. Para el tamaño de gota y control se utilizó un análisis de varianza y separación de medias con Duncan ( $P < 0.05$ ). Se determinó que las boquillas dobles de abanico plano tienen influencia en la aplicación de herbicidas de contacto ya que en la mayoría de casos pueden presentar cobertura igual que las boquillas comúnmente usadas (TJ-60 y XR) en aplicaciones posemergencia. Los controles ocasionados por las boquillas al aplicar glufosinato de amonio no fueron contundentes debido a que la dosis usada fue menor a la recomendada. Las boquillas de abanico doble pueden causar un control similar y en algunos casos mayor que las de abanico plano individual. El tamaño de gota no tuvo mayor influencia en el control causado por las boquillas dobles de abanico plano, sin embargo la diferencia estructural de AITTJ-60 y TTJ60 mostró susceptibilidad a cambios de gota en las formulaciones utilizadas.

**Palabras clave:** Ángulo, formulación, túnel de viento, venturi.

**Abstract:** The type of nozzle determines the coverage for the contact herbicides applications. The objectives of this study were to determine the influence of twin flat fan nozzles 11003 (TJ-60, TTJ-60, TADF, AITTJ-60, AI3070, and GAT) in the carfentazon ethyl, lactofen and glufosinate ammonium efficacy, determine the droplet size and evaluate weed control. Each herbicide was a trial. The single flat fan nozzles XR and AIXR were included. *Kochia scoparia*, *Abutilon theophrasti*, *Linum usitatissimum*, *Chenopodium album* y *Avena sativa* were evaluated. The study was conducted at the Pesticides Application Technology Laboratory in the University of Nebraska Lincoln, Nebraska, United States. Each herbicide was applied with eight nozzles to determine the droplet size in the low speed wind tunnel (four replicates) and was used ASABE S572.1 for droplet classification. The experimental design was completely randomized, eight plants of each weed species were organized to apply the herbicides with each nozzle and each plant represent a replicate. Spray track chamber was used for applications to a volume of 187

L/ha. Weed control was assessed with the visual scale estimates at 7, 14, 21 and 28 days after application. For the droplet size and weed control, analysis of variance and mean separation by Duncan ( $P < 0.05$ ) was used. Twin flat fan nozzles were determined to be influential when applying contact herbicides, since in most cases their coverage level can be similar to nozzles TJ-60 and XR, commonly used for post-emergent applications. Performance levels related to the application of ammonium glufosinate were not peremptory due to a low dosage. Twin flat fan nozzles can achieve a similar or greater level of control than single flat fan nozzles. Droplet size did not show any effect when considering twin flat fan nozzles; however, the study revealed that, when considering nozzles AITTJ-60 and TTJ60, the droplet size became influential at change of the herbicide formulation.

**Keywords:** Angle, formulation, wind tunnel, venturi.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros y figuras.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>25</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>26</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>27</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	Cuadros	Página
1.	Clasificación estandarizada de diámetros de gota para aplicación de pesticidas ASABE S572.1 (ASABE 2009). .....	4
2.	Herbicidas usados en la evaluación de las boquillas de abanico plano doble e individual. ....	6
3.	Parámetros de aplicación de las boquillas dobles e individuales de abanico plano usados para la aplicación de herbicidas a un volumen de 187 L/ha. ....	6
4.	Escalas de evaluaciones visuales para el control de maleza (De la Cruz 1985).....	7
	Figuras	Página
1.	Túnel de viento de baja velocidad con secciones de 1.2 × 1.2 m y sistema de difracción laser para diferenciar el tamaño de gota, propiedad del PAT Lab en la Universidad de Nebraska Lincoln, Nebraska, Estados Unidos. ....	4
2.	Cámara de pulverización de pista de aplicación automática con velocidad y presión modificables (Generation III Research Track Sprayer DeVries Manufacturing, Hollandale, Minnesota 56045).....	5
3.	Evaluación del diámetro medio volumétrico (Dv0.5) de las gotas producidas por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de carfentazon etil a un volumen de mezcla de 187 L/ha. ....	8
4.	Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de carfentazon etil en <i>Kochia scoparia</i> L. ....	9
5.	Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de carfentazon etil en <i>Abutilon theophrasti Medik.</i> ....	10
6.	Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de carfentazon etil en <i>Chenopodium album</i> L. ....	11
7.	Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de carfentazon etil en <i>Avena sativa</i> L. ....	12
8.	Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de carfentazon etil en <i>Linum usitatissimum</i> L. ....	13

9.	Evaluación del diámetro medio volumétrico (Dv0.5) de las gotas producidas por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de glufosinato de amonio a un volumen de mezcla de 187 L/ha. ....	14
10.	Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de glufosinato de amonio en <i>Kochia scoparia</i> L. ....	15
11.	Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de glufosinato de amonio en <i>Abutilon theophrasti</i> Medik .....	16
12.	Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de glufosinato de amonio en <i>Chenopodium album</i> L. ....	17
13.	Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de glufosinato de amonio en <i>Avena sativa</i> L. .	18
14.	Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de glufosinato de amonio en <i>Linum usitatissimum</i> L.....	18
15.	Evaluación del diámetro medio volumétrico (Dv0.5) de las gotas producidas por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de lactofen a un volumen de mezcla de 187 L/ha. ....	19
16.	Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de lactofen en <i>Kochia scoparia</i> L. ....	20
17.	Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de lactofen en <i>Abutilon theophrasti</i> Medik.....	21
18.	Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de lactofen en <i>Chenopodium album</i> L. ....	22
19.	Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de lactofen en <i>Avena sativa</i> L. ....	23
20.	Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de lactofen en <i>Linum usitatissimum</i> L. ....	24

# 1. INTRODUCCIÓN

El control de malezas es indispensable en todos los sistemas de cultivos. Las malezas compiten con los cultivos por agua, nutrientes minerales, luz y en menor cantidad por dióxido de carbono y oxígeno (Holm y Johnson 2009). Las malezas pueden albergar insectos, enfermedades y en algunos casos producir sustancias químicas alelopáticas perjudiciales para el cultivo. En los Estados Unidos se estiman pérdidas que exceden 8 mil millones de dólares al año por un control deficiente de malezas (Loux et al. 2015).

Los herbicidas son insumos que cumplen un rol crítico en el control de malezas para la mayoría de agricultores en los Estados Unidos, dando lugar a incrementos estimados de 7% o 183 millones de kilogramos entre 1996 y 2007 (Benbrook 2012). Entre 1960 y 1970, la mayoría de herbicidas fueron desarrollados. El registro de nuevos herbicidas ha disminuido drásticamente debido a productos difícilmente superables en términos de eficacia e impactos a la salud humana y ambiental. El uso intensivo y no adecuado de herbicidas en las últimas cuatro décadas ha dado lugar a la evolución de un significativo número de resistencias (Holm y Johnson 2009).

Aplicaciones hechas en malas condiciones pueden generar una pérdida estimada de 50% de todos los herbicidas en el ambiente (Creech 2015). Varios factores son determinantes en el uso no adecuado de herbicidas, los más comunes son por errores humanos al no identificar correctamente el tipo de maleza que se va a aplicar. El bajo conocimiento técnico sobre el equipo de aplicación hace que factores como el tipo de herbicida, la boquilla, la etiqueta de herbicidas, las formulaciones, el métodos de aplicación y la calibración no sean tomados en cuenta, provocando incrementos en sus costos y reduciendo los rendimientos (Qasem 2011).

La clasificación botánica de las malezas permite identificar sus características morfológicas y aplicar eficientemente (Radosevich et al. 1997). *Avena sativa* (Avena) es una gramínea de hojas delgadas y alargadas en forma de cuchillas (Ladizinsky 2012). *Chenopodium album* (Lambsquarters), una planta anual de tallo erecto de hasta 3.0 m de alto, las hojas tienen una superficie harinosa cerosa más ancha que larga y su forma puede ser romboide ovalada o linear (Cedeño Sánchez 2015). *Linum usitatissimum* (Lino) es una herbácea anual erecta con hojas simples, sésiles, lineares lanceoladas con bordes enteros que nacen en tallos y ramas (Gary 1950). *Abutilon theophrasti* (Velvetleaf) tiene un tallo erecto y lanoso, sus hojas son verdes con un tinte púrpura y están cubiertas por pelos cortos y vistosas venas principales en ambas superficies (Lanini y Ann 2016). *Kochia scoparia* (Kochia) es una herbácea anual con raíces pivotantes profundas y alturas superiores a 2.4 m, sus hojas pueden medir 5.5 cm de largo, tienen disposición alterna, presentan tricomas y se recubre de cera dependiendo de la edad (Casey 2010).

Los herbicidas de contacto tienen translocación limitada por lo que deben ser aplicados con buena cobertura para que sean efectivos (Smith 1995). El tipo de boquilla es el factor más importante para determinar la cobertura obtenida en la superficie de las hojas, uniformidad, tamaño de la gota y la cantidad de deriva potencial. El equipo en buenas condiciones garantiza la aplicación, ya que un desgaste de tan solo 10% del orificio de una boquilla puede alterar enormemente la cobertura (Loux et al. 2015).

La boquilla regula el flujo del líquido y lo convierte en gotas pequeñas. La diversidad de diseños da la facilidad de adaptarlas al equipo correcto y al modo y mecanismo de acción del herbicida que se desee aplicar. Sus estructuras brindan amplios rangos de presión sobre el orificio de salida, afectando directamente al caudal, tamaño de gota y ángulo de aspersión (Thornhill y Matthews 1996).

Las boquillas de abanico plano de amplio espectro brindan condiciones ideales para la aplicación de herbicidas. Estas brindan un patrón en forma de V invertida, estrecho y elíptico con mayor deposición en el centro. Se obtiene un patrón uniforme de distribución optimizando la altura de la barra de aplicación y adecuando un traslape apropiado de los patrones de aspersión de las boquillas adyacentes (Teejet 2014).

Las boquillas de doble abanico plano brindan tamaños de gota ideales que permiten aumentar la cobertura, penetración y control de la deriva en aplicaciones posemergentes con herbicidas de contacto. Dos orificios con dirección diferente permiten aplicar el producto en el mismo sentido de avance y lateralmente impactando sobre la parte vertical de las malezas (Teejet 2014).

Las boquillas de inducción de aire son excelentes para aplicaciones posemergentes, se caracterizan por aumentar la superficie volumétrica de las gotas a tamaños gruesos y grandes llenos de aire, reduciendo la deriva. Esta propiedad se debe a que en su estructura se encuentra un orificio que absorbe aire hacia el interior de la cámara de mezcla y lo incorpora al líquido de aplicación (Teejet 2014).

Nuevos diseños de boquillas de doble abanico han permitido mejorar las aplicaciones y efectos adversos a estas. La boquilla Guardian AIR<sup>®</sup> Twin Spray fue diseñada para proporcionar más gotas pequeñas que las boquilla de aire inducido común (Pentair 2014). La Turbo Drop Dual Fan (TADF) es un diseño que permite aplicar a las malezas de dos a cuatro veces en una sola pasada con un patrón de pulverización único (Greenleaf 2014). Estas nuevas tecnologías proporcionan mayor cobertura, penetración, uniformidad y control no posible anteriormente con otras boquillas.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la influencia de las boquillas de doble abanico plano en la eficacia de carfentrazone etil (Aim<sup>®</sup> EC), glufosinato de amonio (Liberty<sup>®</sup> 280 SL), lactofen (Cobra<sup>®</sup> EC) como herbicidas de contacto sobre velvetleaf, kochia, avena, lino y lambquarters.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La estudio fue conducido en El Laboratorio de Tecnología para la Aplicación de Plaguicidas (PAT Lab) en el Centro de Investigación y Extensión Centro Oeste de la Universidad de Nebraska Lincoln cerca de North Platte (41.09°N, 100.77°W), Nebraska, Estados Unidos. PAT Lab cuenta con invernaderos con temperaturas entre 18- 25 °C en el día y 12-18 °C en la noche, túneles de viento, cámaras de aspersión y laboratorio para mezclar químicos.

**Cultivo de malezas.** Velvetleaf, kochia, lino y lambquarters fueron cultivadas en bandejas D20T con macetas individuales tipo Deepot™ D40H (Stuewe and Sons Inc., Corvallis, Oregón 97389) y para el cultivo de avena se usaron bandejas RL98 con macetas Ray Leach Cone-tainer™ SC10 (Stuewe and Sons Inc., Corvallis, Oregón 97389). Todas las macetas se llenaron con Ball Professional Growers mix (Ball Horticulture Company, West Chicago, Illinois, 60185), un sustrato compuesto por un 85% turba de musgo, fibra de coco, compost y 15% de perlita, vermiculita y caliza dolomítica para ajustes del pH entre 6.0 y 6.5.

Las malezas fueron sembradas entre enero y febrero del 2016 brindándoles un programa de nutrición con fertirriego manual en forma de neblina con Professional Plant Food 10-4-3 (Ball Horticulture Company, West Chicago, Illinois, 60185) fórmula líquida de N-P-K y micronutrientes tales como calcio y magnesio. Debido a la época de invierno y la baja cantidad de horas luz, se proporcionaron 5 horas de iluminación suplementaria con luces LED de inducción NeoSol™ DS 300W (Illumitex, Austin, Texas, 7873) para obtener malezas con tamaños uniformes.

**Determinación del tamaño de gota de las boquillas.** Se evaluó el tamaño de gota de las ocho boquillas para cada herbicida usando el túnel de viento de baja velocidad en la PAT Lab (Figura 1) a un volumen de mezcla de 187 L/ha. El espectro de tamaño de gota se determinó usando Sympatec que es un completo sistema de difracción laser (Sympatec Inc., Clausthal, Germany). Sistema óptico de helio-neón láser o HELOS es un sensor de difracción láser que trabaja bajo el principio de medición en dos componentes laterales capaces de diferenciar tamaños de gota entre 0.1 a 8750 micras, el emisor y el receptor están separados a 1.2 m a cada lado del túnel de viento. Este laser es operado por el software WINDOX 5 desde una computadora (Creech et al. 2013).

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) con el modelo linear general (PROC GLM) de Statistical Analysis System (SAS 9.3), para la separación de medias se usó Duncan a un nivel de significancia de 5% ( $P < 0.05$ ).

Para determinar el tamaño de gota de cada boquilla y herbicida se utilizó la Clasificación estandarizada de diámetros de gota de La Sociedad Americana de Ingenieros Agrícolas y Biológicos ASABE S572.1 (Cuadro1) (ASABE 2009).



Figura 1. Túnel de viento de baja velocidad con secciones de  $1.2 \times 1.2$  m y sistema de difracción laser para diferenciar el tamaño de gota, propiedad del PAT Lab en la Universidad de Nebraska Lincoln, Nebraska, Estados Unidos.

Cuadro 1. Clasificación estandarizada de diámetros de gota para aplicación de pesticidas ASABE S572.1 (ASABE 2009).

Categoría de la gota	Símbolo	Código de color	Diámetro medio volumétrico ( $\mu\text{m}$ )
Extremadamente fina	EF	Púrpura	< 60
Muy fina	MF	Rojo	61-145
Fina	F	Naranja	145-225
Media	M	Amarillo	226-325
Gruesa	G	Azul	326-400
muy gruesa	MG	Verde	401-500
extremadamente gruesa	EG	Blanco	501-650
Ultra gruesa	UG	Negro	> 651

**Control de malezas.** Para la aplicación de los herbicidas se usaron seis boquillas de doble abanico plano TwinJet (TJ-60), Turbo TwinJet (TTJ-60), Turbo Drop (TADF) , AI Turbo TwinJet (AITTJ-60), TeeJet AI3070, Guardian AIR (GAT) y dos boquillas de abanico individual Extended Range TeeJet (XR) y AI Extended Range TeeJet (AIXR). Cada herbicida fue un estudio individual y se aplicó usando las ocho boquillas sobre cada especie de maleza, cuando estas alcanzaron tamaños entre 10 a 15 cm. Este tamaño fue alcanzado por *A. theophrasti*, *K. scoparia* y *C. album* a los 28 días, *L. usitatissimum* a los 22 días y *A. sativa* a los 17 días después de la siembra.

Se aplicó en la cámara de pulverización de pista (Figura 2) (Generation III Research Track Sprayer, DeVries Manufacturing, Hollandale, Minnesota 56045) a una altura de 51 cm entre la boquilla y el follaje de la maleza, con un ángulo de 110°. Para la aplicación de los herbicidas (Cuadro 2) se calibraron las boquillas individualmente a un volumen de mezcla de 187 L/ha (20 gpa) (Cuadro 3).

El diseño estadístico fue un diseño completamente al azar, las ocho boquillas fueron evaluadas en la aplicación de los tres herbicidas individualmente sobre ocho plantas de cada especie de maleza, cada planta representó una repetición.



Figura 2. Cámara de pulverización de pista de aplicación automática con velocidad y presión modificables (Generation III Research Track Sprayer DeVries Manufacturing, Hollandale, Minnesota 56045).

Cuadro 2. Herbicidas usados en la evaluación de las boquillas de abanico plano doble e individual.

Herbicida <sup>§</sup>	Nombre Comercial	Dosis (g ai ha <sup>-1</sup> )	Fabricante
Carfentrazone etil	Aim <sup>®</sup> EC	10	FMC Corporation, Market Street, Philadelphia, 17351
Glufosinato de amonio	Liberty <sup>®</sup> 280 SL	300	Bayer Crop Science, Durham, North Carolina, 27709
Lactofen	Cobra <sup>®</sup> EC	100	Valent USA Corporation, Walnut Creek, California 61583

<sup>§</sup> A todos los herbicidas se les agregó el surfactante no iónico R-11<sup>®</sup> al 0.25% (v/v) fabricado por Wilbur-Ellis Company, Fresno, California, 94596

Cuadro 3. Parámetros de aplicación de las boquillas dobles e individuales de abanico plano usados para la aplicación de herbicidas a un volumen de 187 L/ha.

Nomenclatura	Nombre comercial	Fabricante	Presión (PSI)	Velocidad (km/h)
XR 11003VS	Extended Range <sup>®</sup>	Spraying Systems Co. <sup>§</sup>	32	6.4
AIXR 11003VP	AI Extended Range	Spraying Systems Co.	33	7.9
TJ-60 11003VS	TwinJet <sup>®</sup>	Spraying Systems Co.	33	5.9
TTJ-60 11003VP	Turbo TwinJet <sup>®</sup>	Spraying Systems Co.	33	6.8
AITTJ60 11003VP	AI Turbo TwinJet <sup>®</sup>	Spraying Systems Co.	33	6.0
AI3070 11003VP	TeeJet AI 3070 <sup>®</sup>	Spraying Systems Co.	31	4.6
GAT 11003	Guardian AIR <sup>®</sup>	Pentair Technologies. <sup>ð</sup>	32	9.7
TADF 03	Turbo Drop <sup>®</sup>	Greenleaf Technologies. <sup>λ</sup>	32	9.7

<sup>§</sup> Disponible en Springfield, Illinois 62708

<sup>ð</sup> Disponible en Stanford, North Carolina 27330

<sup>λ</sup> Disponible en Covington, Lousiana 70434

**Estimación visual del control.** Para determinar el control se utilizó la escala de estimaciones visuales de 0 a 100%, donde 0 = sin control y 100% = muerte de la maleza (Cuadro 4), estos datos fueron colectados a los 7, 14, 21 y 28 días después de la aplicación (dda) (De la Cruz 1985). Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) con el modelo lineal general (PROC GLM) de Statistical Analysis System (SAS 9.3), para la separación de medias se usó Duncan a un nivel de significancia de 5% (P<0.05).

Cuadro 4. Escalas de evaluaciones visuales para el control de maleza (De la Cruz 1985).

<b>Escala %</b>	<b>Categoría</b>	<b>Descripción de las categorías principales</b>
0	Sin Efecto	Sin control
10		Control muy pobre
20	Efecto ligero	Control pobre
30		Control pobre a deficiente
40		Control deficiente
50	Efecto mediano	Control deficiente a moderado
60		Control moderado
70		Control satisfactorio
80	Efecto severo	Buen control
90		Muy buen control
100	Muerte total	Muerte de la maleza

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Ensayo 1. Efectividad de las boquillas dobles de abanico plano en la aplicación de carfentazon etil (Aim® EC).

**Determinación del tamaño de la gota.** El diámetro medio volumétrico de las boquillas fue estadísticamente diferente ( $P < 0.0001$ ). El mayor tamaño de gota fue extremadamente gruesa ( $D_{v0.5}$  501-650  $\mu\text{m}$ ) con las boquillas AITTJ-60 y TADF. Gotas muy gruesas ( $D_{v0.5}$  401-500  $\mu\text{m}$ ) se obtuvieron con las boquillas dobles de abanico plano GAT, AI3070, TTJ-60 y la de abanico individual AIXR. La boquilla de abanico individual XR y la boquilla de doble abanico TJ-60 que produjeron gotas finas ( $D_{v0.5}$  145-225  $\mu\text{m}$ ) (Figura 3).

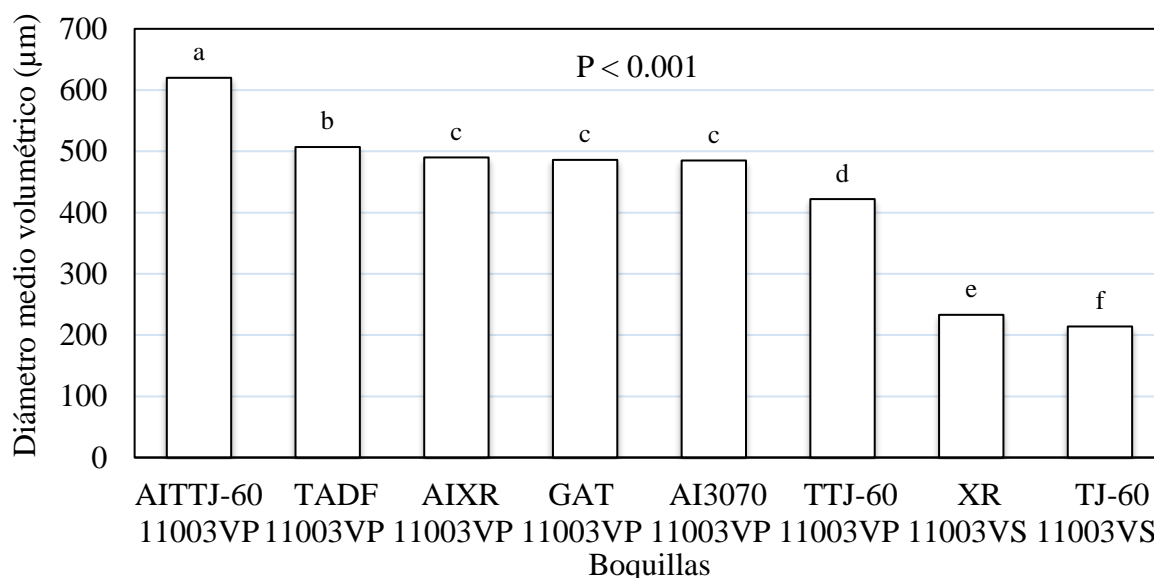


Figura 3. Evaluación del diámetro medio volumétrico ( $D_{v0.5}$ ) de las gotas producidas por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de carfentazon etil a un volumen de mezcla de 187 L/ha.

Las boquillas diseñadas bajo el principio de aire inducido presentaron los mayores tamaños de gota, esto se atribuye a que en su estructura cuentan con un orificio que absorbe aire hacia el interior de la cámara de mezcla, lo incorpora al líquido de aplicación e incrementan la superficie volumétrica de la gota. El mayor tamaño de gota con AITTJ-60 que produjo gota extremadamente gruesa se atribuye a que es un diseño mejorado con aire inducido de la boquilla TTJ-60 que produjo gotas muy gruesas, estas cuentan con un preorificio removible que reduce la presión y una cámara de turbulencia que homogeniza la formación

de las gotas gruesas, extremadamente gruesas (Figura 3) y ultra gruesas evitando la formación de gotas finas susceptibles a la deriva con rangos de presiones entre 20 a 90 psi. Los menores tamaños de gota con la boquilla doble abanico TJ-60 y abanico individual XR, se debe a que estas cuentan con orificios de salida diseñados para producir gotas finas y medias (Figura 3) presiones entre 30 a 60 psi, siendo las boquillas más recomendadas para aplicaciones de herbicidas de contacto ya que brindan buena cobertura y penetración en follajes densos (Teejet 2014).

**Control de *Kochia scoparia*.** El control causado por las boquillas fue estadísticamente diferente ( $P < 0.0001$ ). El mayor control (70%) fue con la boquilla de doble abanico plano TJ-60, sin embargo no presento diferencia estadística al control (62-70%) causado por AITTJ-60, TTJ-60, XR y AI3070. Las boquillas XR y GAT, causaron un control entre 50 a 60%. La boquilla TADF causó el menor control (27%) (Figura 4).

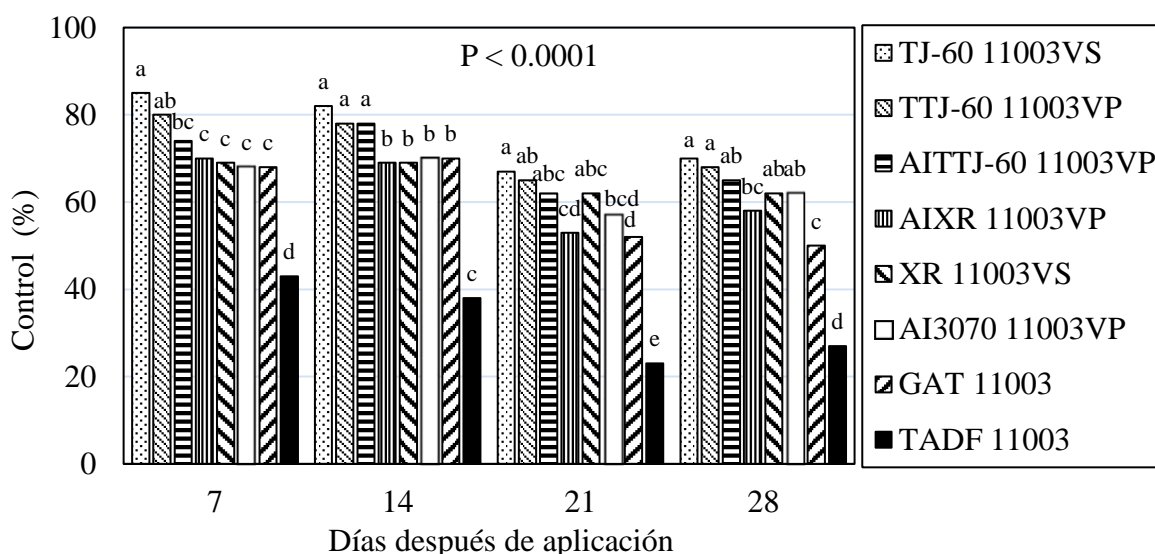


Figura 4. Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de carfentazon etil en *Kochia scoparia* L.

Las boquillas de abanico individual presentaron controles similares a las boquillas dobles de abanico plano, excluyendo a GAT y TADF que presentaron los menores controles. El mayor control con la boquilla TJ-60 se atribuye a que produce gotas finas (Figura 3) que aumentan la cobertura y la penetración de follajes densos por medio de su doble abanico de aspersión de 60° entre sí (Teejet 2014). El menor control causado con la boquilla de abanico doble TADF no se atribuye a que produce gotas extremadamente gruesas (Figura 3) ya que TTJ-60 con el mismo tamaño de la gota ocasionó un control (68%) similar a TJ-60 que causó el mayor control. El control deficiente con la boquilla TADF se puede atribuir a que su diseño con doble patrón de aspersión 10° en sentido de avance y 50° hacia atrás, en algunos casos no brinda la cobertura necesaria para aplicaciones de herbicidas de contacto cuando las presiones de trabajo son menores a 60 psi, por lo que se recomienda su uso en un rango de presión entre 60 a 80 psi (Klein y Kruger 2011). La presión usada es recomendada por el fabricante al aplicar herbicidas sistémicos posemergentes.

**Control de *Abutilon theophrasti*.** El control causado por las boquillas no fue estadísticamente diferente ( $P > 0.05$ ). Las boquillas de doble abanico TJ-60, GAT, AITTJ-60, AI3070, TJ-60 y boquillas de abanico individual XR y AIXR causaron un control similar (99-100%). Las ocho boquillas brindaron el mismo control (100 %) a los 28 dda (Figura 5).

En esta aplicación de carfentazon etil se puede usar cualquiera de las boquillas dobles o individuales de abanico plano que produzca tamaño de gota fina, gruesa, muy gruesas y extremadamente gruesa, sin afectar la eficacia del herbicida (Figura 5). Estudios muestran que *A. theophrasti* es altamente susceptible a aplicaciones de carfentazon etil cuando esta alcanza tamaños entre 10-15 cm, causando daños severos o muerte de la planta, para esto es recomendable el uso de boquillas que brinden buena cobertura (Loux et al. 2015). Debido a que el tipo de boquilla y el tamaño de gota no influyen en la eficacia de este herbicida, la selección podría basarse en la disponibilidad, el precio y la durabilidad.

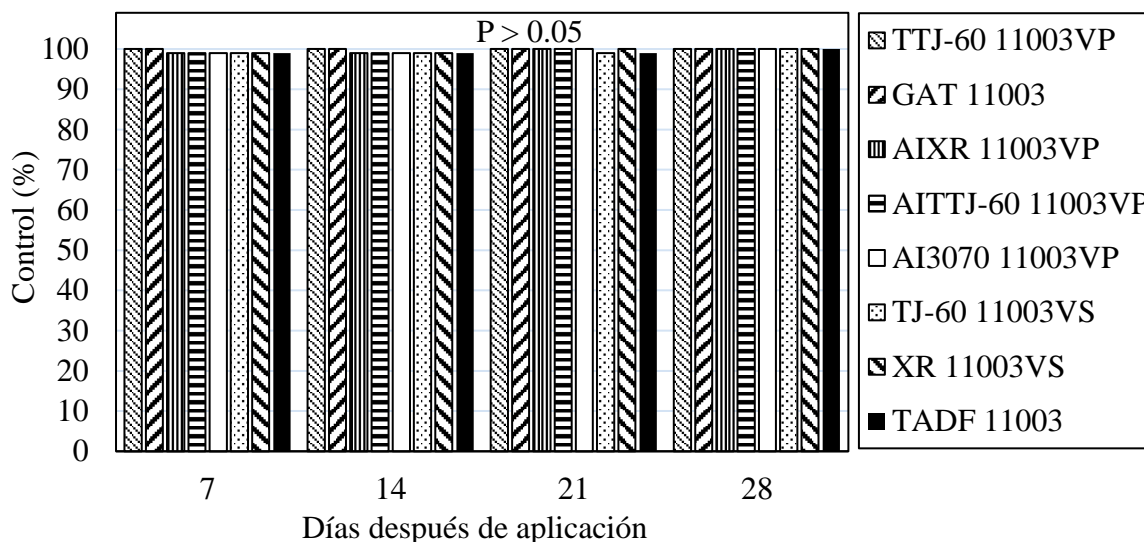


Figura 5. Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de carfentazon etil en *Abutilon theophrasti* Medik.

**Control de *Chenopodium album*.** El control causado por las boquillas fue estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ). El mayor control (90%) fue con la boquilla de doble abanico plano TTJ-60. Las boquillas de doble abanico AITTJ-60, TJ-60, GAT, AI3070 y TADF causaron un control mayor que las boquillas de individual abanico plano XR y AIXR. La boquilla AIXR causó el menor control (55%). El control logrado por TJ-60 y AIXR fue reduciendo a partir de los 7 después de aplicación (Figura 6).

Las boquillas dobles de abanico plano presentaron controles mayores a las de abanico individual. El mayor control con TTJ-60 se atribuye a que su diseño mejorado a partir de TJ-60 que produce gotas finas y medias, cuenta con preorificio que reduce la presión del flujo de líquido, homogeniza la formación de gotas y la distribución uniforme a través de su cuerpo de polímero moldeado que brinda dos perfiles de aspersión separados 60° entre

sí, y excelentes para aplicaciones con productos de contacto a presiones de 30 psi (Teejet 2014). La boquilla TTJ-60 a diferencia de las demás, no cuenta con inducción de aire por lo que pudo haber depositados mayor cantidad de herbicida sobre la superficie foliar de esta maleza. Los menores controles causados por AIXR con gota muy gruesa y XR con gota fina (Figura 3) se atribuyen a que tienen un solo abanico de aspersión y pudieron tener dificultad para lograr la cobertura y penetración necesaria ante la superpuesta distribución de las hojas rómbico ovaladas a linear lanceoladas que impiden la distribución de la mezcla hacia partes medias y bajas (Cedeño 2015).

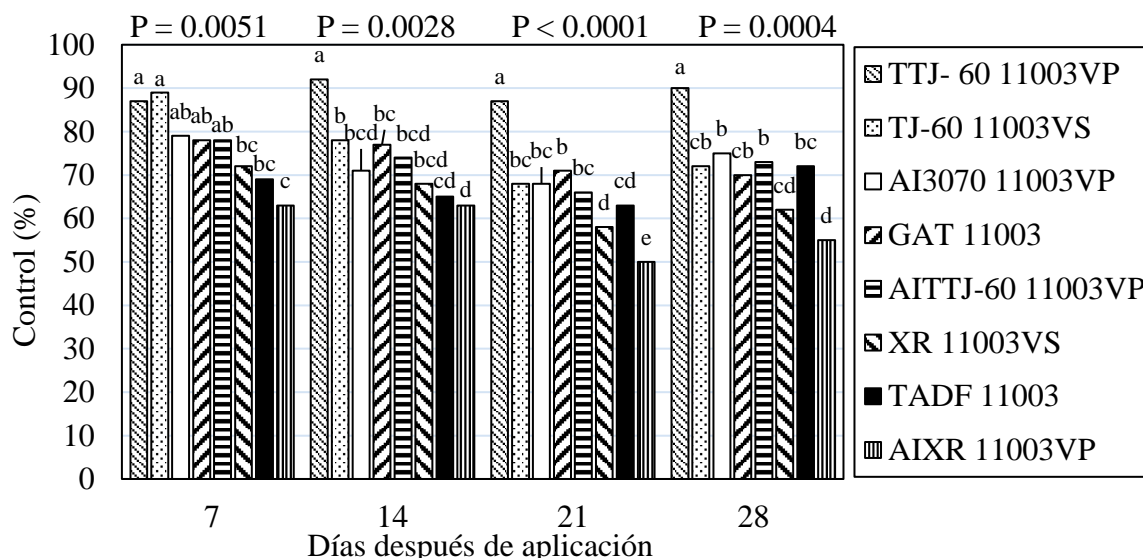


Figura 6. Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de carfentazon etil en *Chenopodium album L.*

**Control de *Avena sativa*.** El control causado por las boquillas no fue estadísticamente diferente ( $P = 0.480$ ) a los 7 dda, mientras que a los 14, 21, 28 dda fue estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ). La boquilla AITTJ-60 produjo el mayor control (37%). Las boquillas TTJ-60, GAT, TJ-60, TADF y boquillas de abanico individual XR y AIXR causaron un control similar (25-30%). La boquilla de doble abanico AI3070 produjo el menor control (23%). El control de maleza para todas las boquillas incremento a los 7 días después de la aplicación (Figura 7).

El control con las boquillas fue deficiente a los 7 dda y aumentó en un promedio de 20% hasta los 28 dda. Esto se atribuye a que la temperatura y la humedad relativa influyen en la actividad de herbicidas de contacto con formulaciones solubles líquidas como la de glufosinato de amonio (Steckel et al. 1997). El efecto ligero ocasionado por la aplicación de carfentazon etil se atribuye a que este tiene más actividad sobre malezas de hoja ancha, pero no brinda buenos resultados sobre gramíneas, por lo que es recomendable aplicar carfentazon etil en mezcla con MCPA Nufarm 28 (NUFARM SA, Burr Ridge, Illinois) que es un herbicida selectivo sistémico de acción hormonal para un buen control de avena y lino (Moeching et al. 2011).

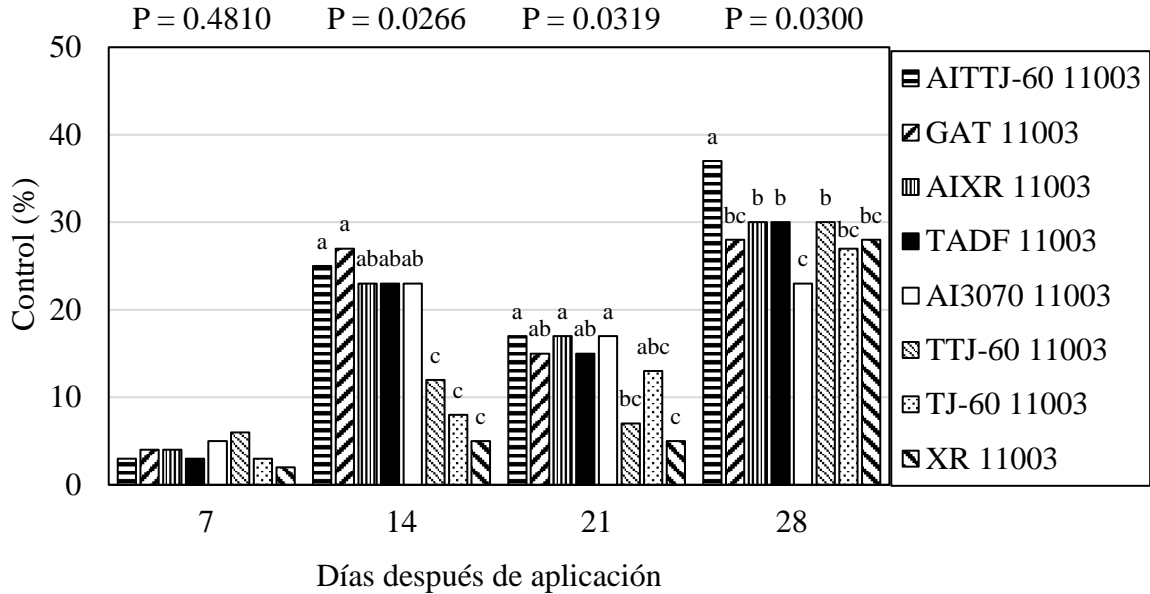


Figura 7. Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de carfentazon etil en *Avena sativa L.*

**Control de *Linum usitatissimum*.** El control causado por las boquillas fue estadísticamente diferente ( $P < 0.0001$ ). El mayor control (57%) fue con la boquilla de doble abanico plano TTJ-60. Las boquillas TJ-60, GAT, AI3070, TADF y AITTJ-60 causaron un control similar (33-45%). La boquilla AIXR causó el menor control (12%). El control de maleza para las boquillas TJ-60 y TTJ-60 fue reduciendo, mientras que para las otras boquillas incremento después (Figura 8).

Los controles ocasionados por las boquillas dobles e individuales de abanico plano de mayor a menor sobre *L. usitatissimum* fueron similares a los de *C. album*. Las boquillas dobles de abanico plano presentaron controles mayores a las de abanico individual. El mayor control con TTJ-60 se atribuye a que su diseño mejorado a partir de TJ-60 que produce gotas finas y medias, cuenta con un preorificio que reduce la presión del flujo de líquido, homogeniza la formación de gotas y la distribución uniforme a través de su cuerpo de polímero moldeado que brinda dos perfiles de aspersion separados  $60^\circ$  entre sí, y excelentes para aplicaciones con productos de contacto a presiones de 30 psi (Teejet 2014). El menor control con la boquilla AIXR se atribuye a que esta produjo gotas muy gruesas (Figura 3) y que su diseño solo tiene un abanico de aspersion por lo que no logro el nivel de cobertura y penetración deseada. El control de deficiente a moderado se atribuye a que el fabricante recomienda utilizarlo en aplicaciones preemergentes a una dosis mayor y en mezcla con herbicidas sistémicos, tales como, 2,4 D o glifosato para obtener buenos resultados.

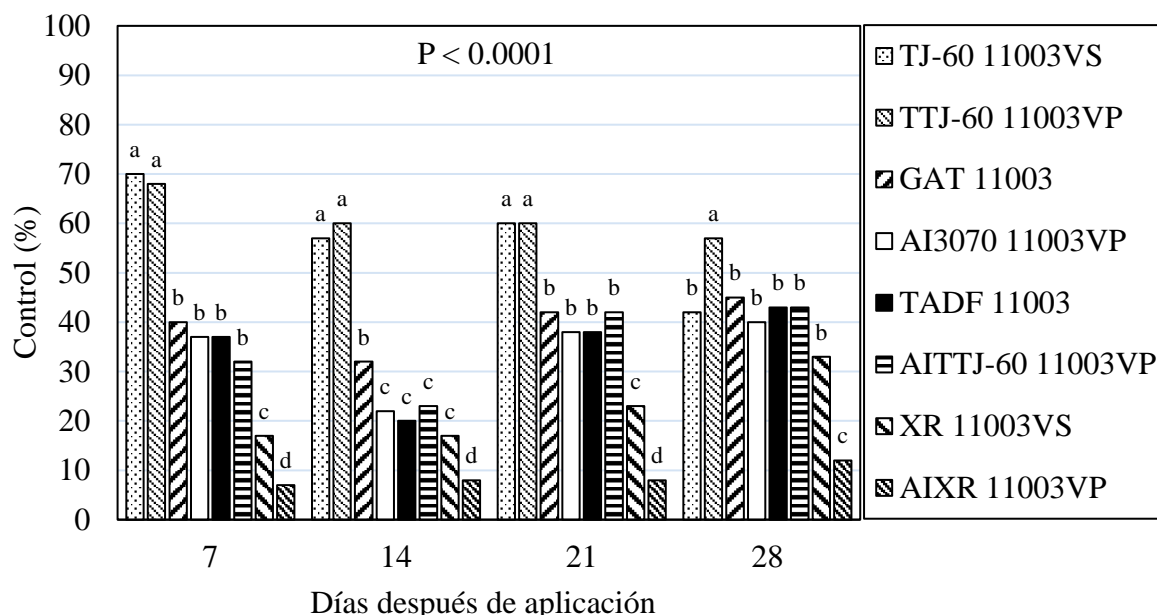


Figura 8. Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de carfentazon etil en *Linum usitatissimum L.*

## Ensayo 2. Efectividad de las boquillas dobles de abanico plano en la aplicación de glufosinato de amonio (Liberty® 280 SL).

**Determinación del tamaño de la gota.** El tamaño de gotas de las boquillas fue estadísticamente diferente ( $P < 0.0001$ ). El mayor tamaño de gota fue muy gruesa ( $D_{v0.5}$  492  $\mu\text{m}$ ) con la boquilla de doble abanico TADF. Las boquillas de doble abanico plano GAT, AI3070, AITTJ-60 y la de abanico individual AIXR también produjeron tamaños de gota muy gruesa ( $D_{v0.5}$  401-500  $\mu\text{m}$ ). Las boquillas TTJ-60, TJ-60 y AIXR produjeron gotas de tamaño medio ( $D_{v0.5}$  226-325 $\mu\text{m}$ ). La boquilla TJ-60 produjo el menor tamaño de gota ( $D_{v0.5}$  238  $\mu\text{m}$ ) (Figura 15).

El tamaño de gota fue similar en la aplicación de carfentazon etil y lactofen, sin embargo para esta aplicación, las boquillas TTJ-60 y su diseño mejorado con aire inducido AITTJ-60 se redujo el tamaño de la gota. Esto se atribuye a que la formulación líquida soluble de glufosinato de amonio presenta menor viscosidad que la emulsión concentrada de carfentazon y lactofen, dando lugar a un mayor movimiento y menor resistencia a formación de gotas más pequeñas. El mayor tamaño de gota con la boquilla TADF se atribuye a su diseño tipo venturi montado en un cuerpo de poliacetal muy versátil que brinda gotas medias a muy gruesas (Figura 15) por debajo de 80 psi, medias a finas sobre esta y 60-120 psi para aplicaciones de cobertura crítica (Greenleaf 2014). Los menores tamaños de gota se mantuvieron con la boquilla de abanico individual AIXR y la boquilla de doble abanico TJ-60 que cuentan con orificios de salida diseñados para producir gotas finas y medias (Figura 9) a presiones entre 30 a 60 psi (Teejet 2014).

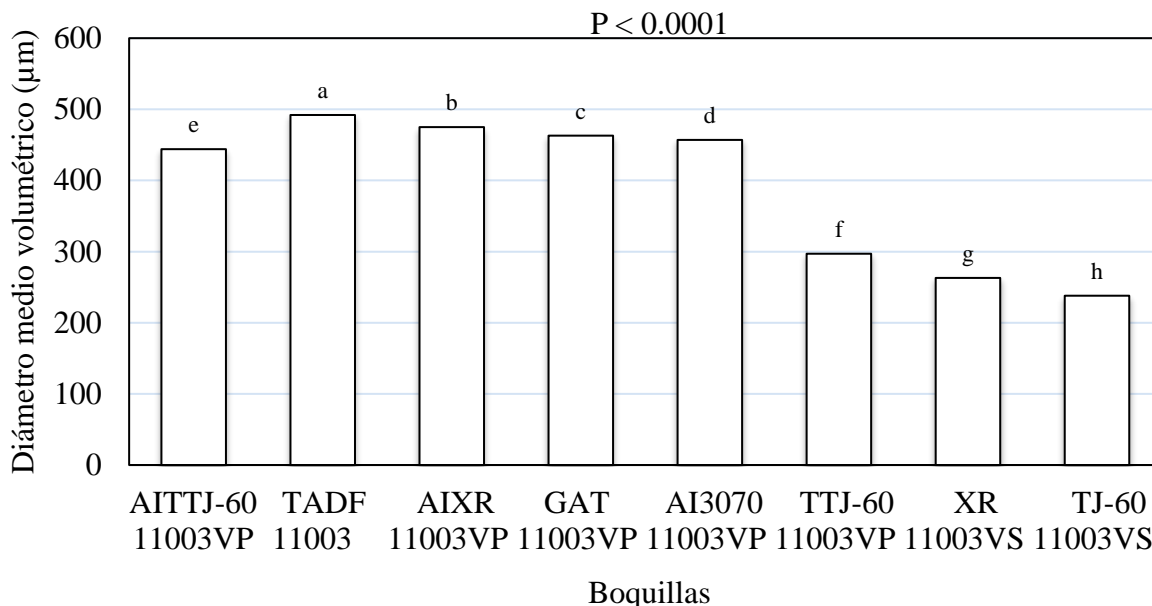


Figura 9. Evaluación del diámetro medio volumétrico ( $D_{v0.5}$ ) de las gotas producidas por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de glufosinato de amonio a un volumen de mezcla de 187 L/ha.

**Control de *Kochia scoparia*.** El control causado por las boquillas fue estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ). El mayor control (18%) fue con la boquilla de doble abanico plano TTJ-60. Las boquillas GAT, TADF y AITTJ-60 causaron un control similar (8-10%). La boquilla AIXR causó el menor control (0%) a los 7 dda e incrementó su control (5%) a los 28 dda. Las boquillas XR, AIXR, AI3070 y TJ-60 no presentaron diferencia estadística en el control (Figura 10).

El mayor control con la boquilla doble abanico plano TTJ-60, que produce gotas muy gruesas (Figura 9), se atribuye a su diseño de polímero moldeado que brinda un abanico de aspersión hacia adelante y uno hacia atrás, separados  $60^\circ$  entre sí, y excelentes para aplicaciones con productos de contacto a presiones de 30 psi (Teejet 2014). Todas las boquillas causaron un control bajo que se atribuye a la morfología de *K. scoparia* que tiene hojas con una superficie peluda y cera, haciendo difícil la absorción de los herbicidas a dosis menores que las recomendadas (Casey 2010). Estudios realizados en South Dakota fundamentan lo expuesto y muestran mejores resultados (70%) en la aplicación de glufosinato de amonio con una dosis mayor ( $0.59 \text{ kg ia ha}^{-1}$ ) a la usada ( $0.30 \text{ kg ia ha}^{-1}$ ) en un volumen de mezcla de  $94 \text{ L ha}^{-1}$ . Para este estudio se usó la boquilla Extended Range TeeJet (XR 8001) a 40 psi (Moeching et al. 2011). La dosis usada para este estudio es recomendada para plantas que no superen tamaños de 3 a 4 cm.

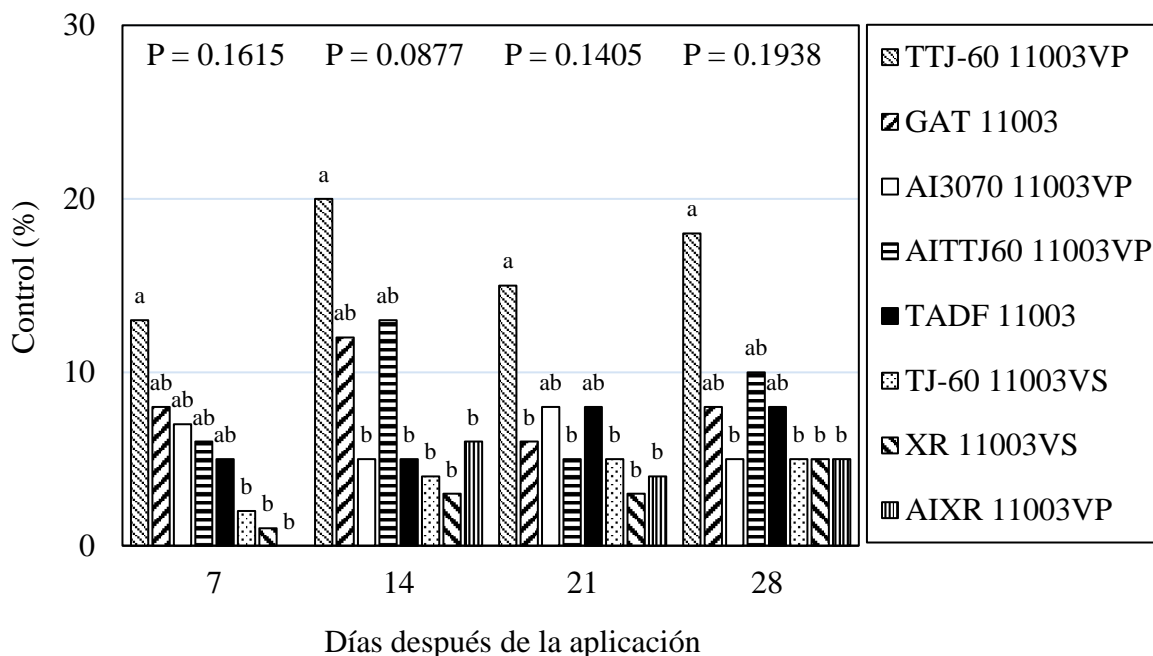


Figura 10. Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de glufosinato de amonio en *Kochia scoparia L.*

**Control de *Abutilon theophrasti*.** El control causado por las boquillas fue estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ). El mayor control (43%) fue con la boquilla de abanico individual XR. El control (37%) con la boquilla AIXR no tuvo diferencia estadística a la XR. Las boquillas GAT, AI3070, TTJ-60 y TADF causaron un control similar (30-33%), y sin diferencia significativa al menor control (28%) fue por las boquillas AITTJ-60 y TJ-60 (Figura 11).

El mayor control causado por XR que produce gotas finas (Figura 9) y AIXR que produce gotas (gruesas) se atribuye a que el patrón de aspersión vertical puede depositar la solución de mejor manera sobre la gran superficie de las hojas y la correcta distribución en la parte superior por medio de peciolo alargados y evitando que una cubra a otra. Además, la ligera acción sistémica de glufosinato de amonio hace que la absorción se haga también a través de los peciolo y tallos, aunque en menor cantidad. El control menor con las boquillas de abanico doble se puede atribuir a que al impactar dos veces a la planta balancea sus hojas y remueve herbicida debido a que sus peciolo son largos y delgados (Lanini y Ann 2016). El control deficiente ocasionado por las boquillas se atribuye a que la dosis usada para este estudio es recomendada para plantas que no superen tamaños de 3 a 4 cm, tamaños menores a las plantas aplicadas de 10 a 15 cm.

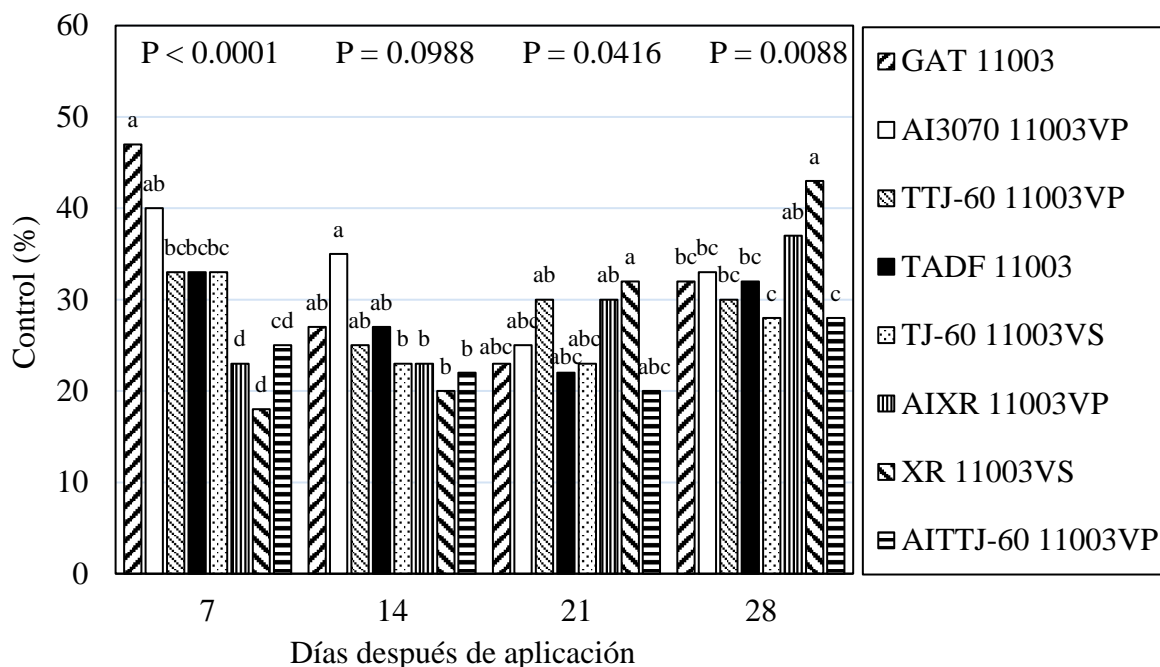


Figura 11. Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de glufosinato de amonio en *Abutilon theophrasti* Medik.

**Control de *Chenopodium album*.** El control causado por las boquillas fue estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ). El mayor control (47%) fue con la boquilla de doble abanico GAT. La boquilla TADF causó un control menor (35%), sin diferencia estadística al control (28%) causado por AIXR. Las boquillas de abanico plano AITTJ-60, TJ-60, AIXR, AI3070 y TTJ-60 no presentaron diferencia estadística en el control (7 a 20%). El menor control (7%) fue con la boquilla AI3070 (Figura 12).

El mayor control causado por la boquilla GAT que produce gota muy gruesa (Figura 9) y dispersión por medio de abanico doble de  $30^\circ$  entre sí. Su eficacia se atribuye a su sofisticado diseño FastCap™ y anillos de sellado que evitan fugas y se inserta al cuerpo de un filtro de malla de 50 mesh que proporciona más gotas con menor tamaño que las boquillas de aire inducido común (Pentair 2014). El menor control y sin diferencia estadística de AITTJ-60, TJ-60, AIXR, TTJ-60 y AI3070, no se puede atribuir al tamaño de gota, ángulo del patrón de aspersión, ni al tipo de abanico doble o individual. La falta de resultados contundentes se atribuye a que el fabricante recomienda aplicar plantas con tamaños de 10 a 13 cm con una dosis mayor ( $0.6 \text{ kg ia ha}^{-1}$ ) que la usada ( $0.3 \text{ kg ia ha}^{-1}$ ).

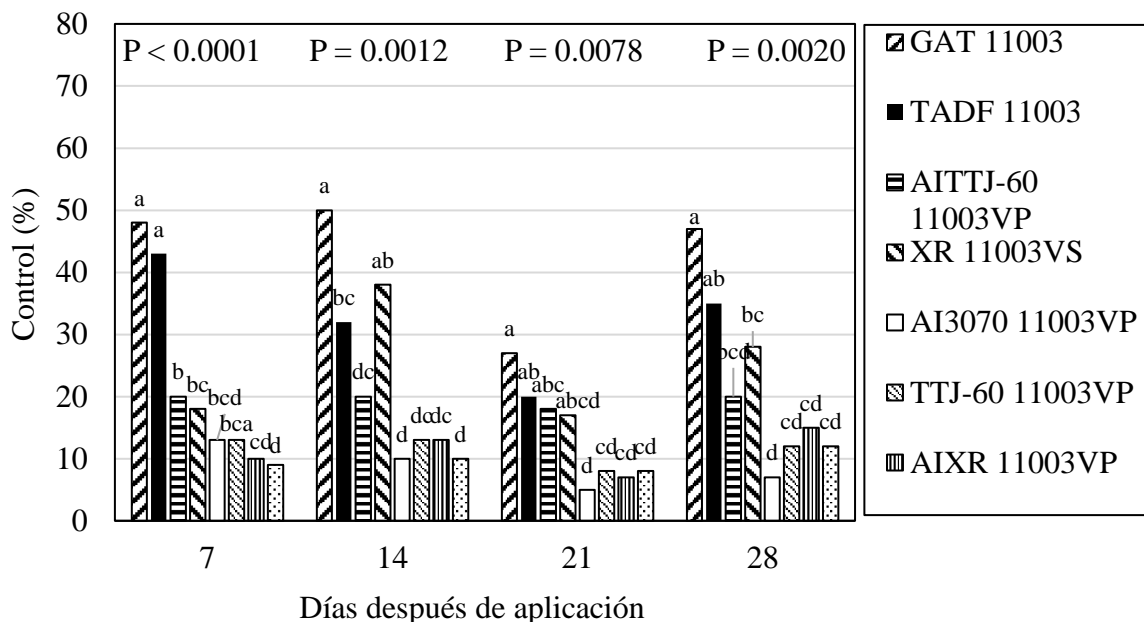


Figura 12. Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de glufosinato de amonio en *Chenopodium album L.*

**Control de *Avena sativa*.** El control causado por las boquillas fue estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ) en las cuatro evaluaciones. El mayor control (40%) fue con la boquilla de doble abanico TTJ-60 y la boquilla de abanico individual XR. Las boquillas GAT, TADF, AIXR y TJ-60 causaron un control similar (33-35%). El menor control (28%) fue con las boquillas de doble abanico plano AITTJ-60 y AI3070 (Figura 13).

Las boquillas dobles de abanico plano presentaron controles mayores a las de abanico individual. El mayor control fue con las boquillas TTJ-60 que produce gota muy gruesa (Figura 9) con su diseño doble abanico de aspersión y la boquilla de abanico individual XR que produce gotas finas (Figura 9) se atribuye a que las dos boquillas proporcionan excelentes aplicaciones de herbicidas de contacto a  $110^\circ$  y con presiones de 30 psi (Teejet 2014). El control con las boquillas incrementó atribuyendo a que la temperatura y la humedad relativa influyen en la actividad de herbicidas de contacto. La baja absorción de herbicidas solubles (Liberty<sup>®</sup> 280 SL) se debe a que antes, durante y después de la aplicación la humedad relativa era baja, ocasionado que la cutícula de la hoja se deshidrate y retardando la actividad del herbicida (Steckel et al. 1997). El fabricante recomienda aplicar dosis mayor ( $0.6 \text{ kg ia ha}^{-1}$ ) cuando *A. Sativa* supera los 10 cm, la dosis usada es recomendada para plantas con tamaños menor a 7 cm con un máximo de tres hojas.

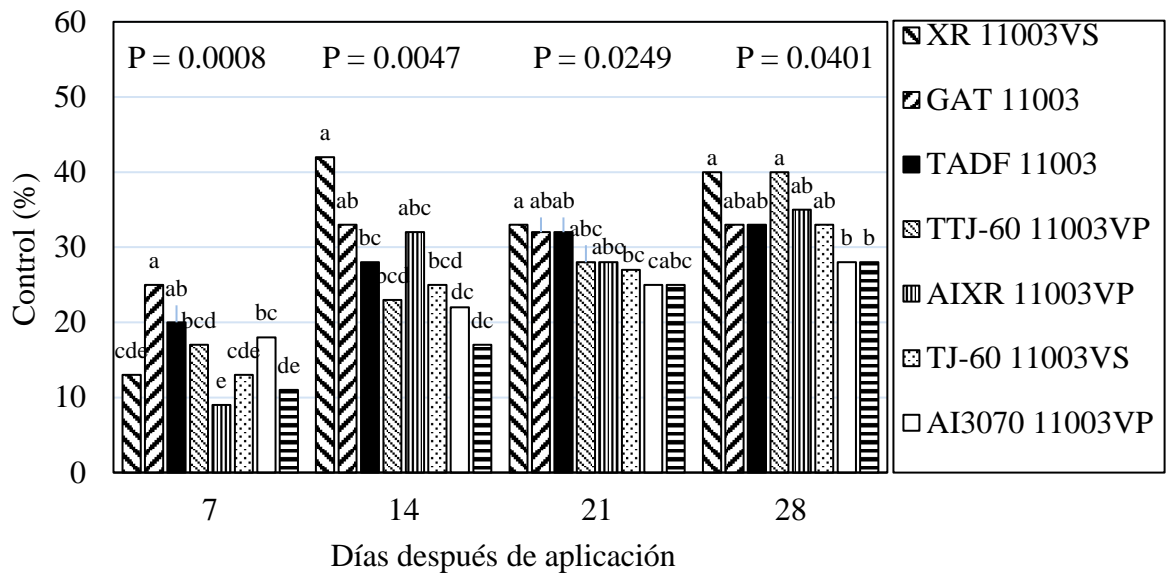


Figura 13. Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de glufosinato de amonio en *Avena sativa L.*

**Control de *Linum usitatissimum*.** El control causado por las boquillas fue estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ). El mayor control (48%) fue con la boquilla de doble abanico plano TJ-60. Las boquillas GAT y AIXR causaron un control similar (37-42%). La boquilla de doble abanico plano AI3070 y XR causaron el menor control (23%) y no hubo diferencia con el control (23-27%) de TADF, AITTJ-60 ni TTJ-60 (Figura 14).

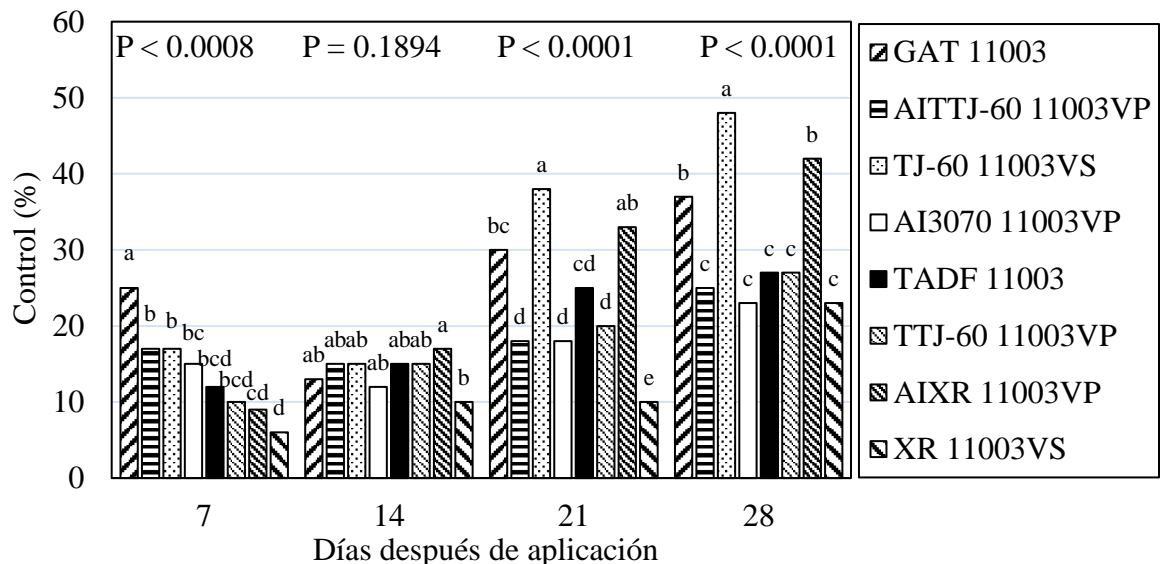


Figura 14. Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de glufosinato de amonio en *Linum usitatissimum L.*

El mayor control con la boquilla de abanico doble TJ-60 se atribuye a que produce gotas finas (Figura 9) con mayor cobertura que las boquillas de abanico individual, mejorando la penetración en follajes densos característicos de *L. usitatissimum* que presenta hojas delgadas con dificultad para retener gotas gruesas (Teejet 2014). El menor control causado por AI3070, XR, TADF, AITTJ-60 y TTJ-60, no se puede atribuir al tamaño de gota, ángulo del patrón de aspersión, ni al tipo de abanico doble o individual. La falta de resultados contundentes se atribuye a que el fabricante recomienda aplicar plantas no mayores de 10 a 13 cm con una dosis mayor (0.4 a 0.6 kg ia ha<sup>-1</sup>) que la usada (0.3 kg ia ha<sup>-1</sup>).

### Ensayo 3. Efectividad de las boquillas dobles de abanico plano en la aplicación de lactofen (Cobra® EC).

**Determinación del tamaño de la gota.** El tamaño de gotas de las boquillas fue estadísticamente diferente ( $P < 0.0001$ ). El mayor tamaño de gota fue ultra gruesa ( $D_{v0.5}$  673  $\mu\text{m}$ ) con la boquilla de doble abanico Teejet AI3070. Tamaños de gota muy gruesa ( $D_{v0.5}$  401-500  $\mu\text{m}$ ) fueron producidos por boquillas de doble abanico Turbo Drop (TADF), Guardian AIR (GAT), Turbo TwinJet (TTJ-60) y la de abanico individual AI Extended Range TeeJet (AIXR). AI Turbo TwinJet (AITTJ-60) produjo un tamaño de gotas gruesa ( $D_{v0.5}$  389  $\mu\text{m}$ ). Tamaño de gota fina ( $D_{v0.5}$  145-225  $\mu\text{m}$ ) fueron producidos por las boquillas Extended Range TeeJet (XR) y TwinJet (TJ-60). El menor tamaño de gota ( $D_{v0.5}$  214  $\mu\text{m}$ ) fue con TwinJet (TJ-60) (Figura 15).

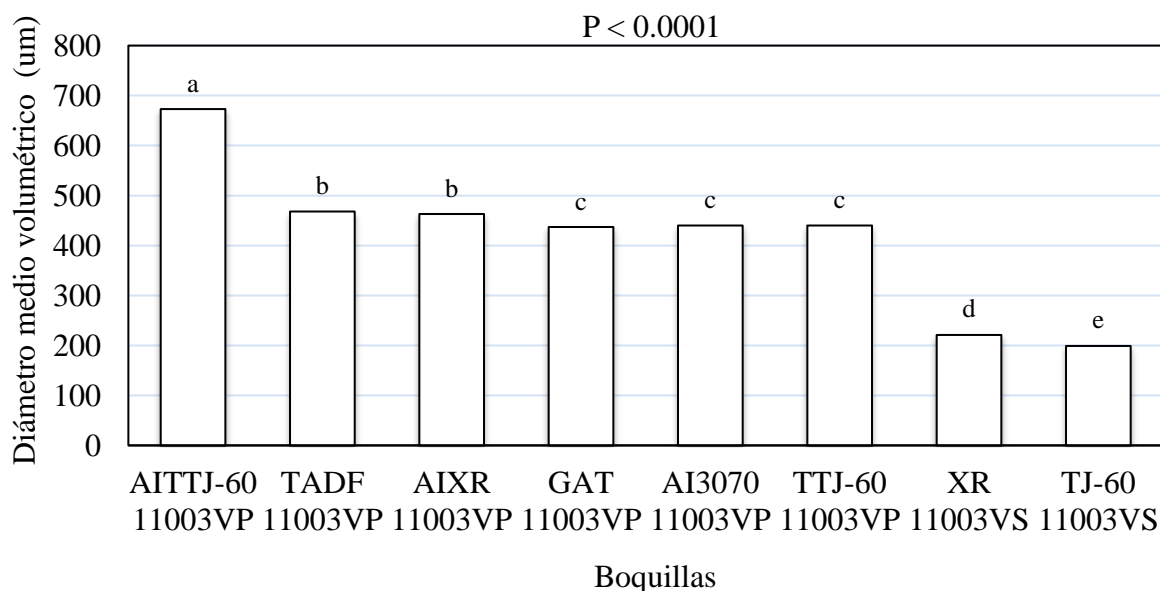


Figura 15. Evaluación del diámetro medio volumétrico ( $D_{v0.5}$ ) de las gotas producidas por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de lactofen a un volumen de mezcla de 187 L/ha.

El tamaño de gota fue similar a los obtenidos en la aplicación de carfentazon etil y glufosinato de amonio, sin embargo para esta aplicación las boquilla TTJ-60 y su diseño mejorado con aire inducido AITTJ-60 aumentaron el tamaño de gota de 20 y 50  $\mu\text{m}$ , respectivamente. Esto se atribuye a que lactofen tiene una rápida actividad al ser aplicado, por lo que cambios de presión y movimiento de la mezcla que causa el diseño de estas boquillas por medio de su preorificio y cámara de turbulencia pudieron precipitar este herbicida, aumentar la viscosidad y por ende el tamaño de la gota. Los menores tamaños de gota se mantuvieron con la boquilla de abanico individual AIXR y la boquilla de doble abanico TJ-60 que cuentan con orificios de salida diseñados para producir gotas finas y medias (Figura 15) a presiones entre 30 a 60 psi (Teejet 2014).

**Control de *Kochia scoparia*.** El control causado por las boquillas fue estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ). El mayor control (100%) fue con la boquilla de doble abanico plano TJ-60 y la boquilla de abanico individual XR. Las boquillas de doble abanico AI3070, GAT y TTJ-60 causaron un control de 95 a 100% sin presentar diferencia a las boquillas de mayor control. Las boquillas de doble abanico plano TADF y AITTJ-60 causaron el menor control (67%). La boquilla de abanico individual AIXR no presentó diferencia estadística en su control (70%) con respecto a las que causaron el menor control. El control para las boquillas AIXR, AITTJ-60 y TADF fue reduciendo 7dda (Figura 16).

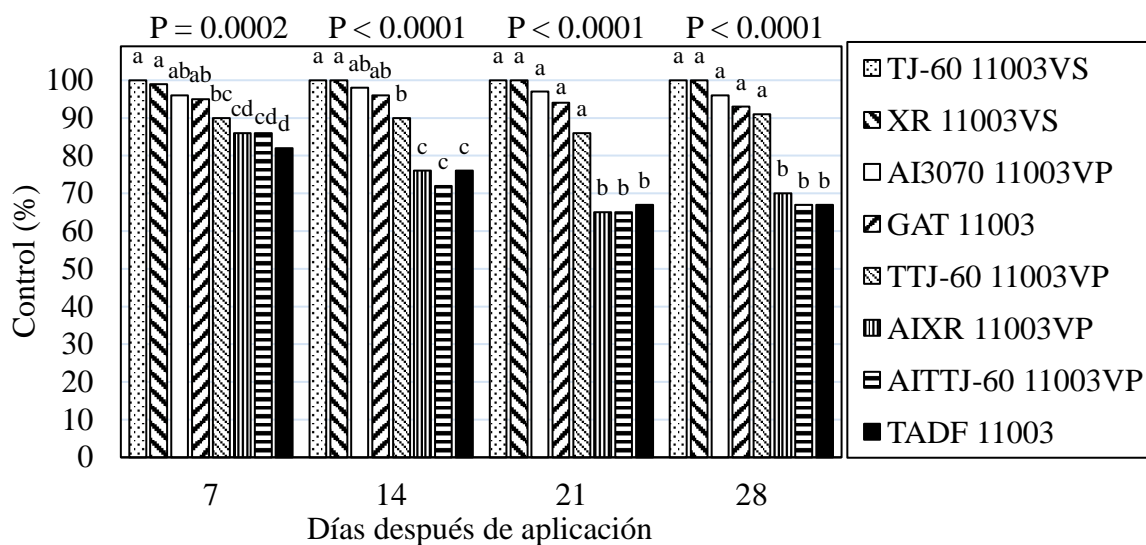


Figura 16. Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de lactofen en *Kochia scoparia* L.

La boquilla de abanico doble TJ-60 y la de abanico individual XR, ambas con gotas finas (Figura 15), y las boquillas de abanico doble AI3070, GAT y TTJ-60 que producen gotas gruesas (Figura 15) causaron un control excelente. Independientemente del tamaño de gota y el tipo de boquilla de abanico plano doble o individual se generó un control similar. Las boquillas AIXR, TADF y AITTJ-60 causaron un control menor, pero satisfactorio. El bajo control con TADF al igual que en la aplicación de lactofen sobre esta maleza, se atribuye que en algunos casos no brinda la cobertura necesaria para aplicaciones de herbicidas de

contacto cuando las presiones de trabajo son menores a 60 psi (Klein y Kruger 2011). Por otro lado, el pobre control causado por AITTJ-60 se atribuye a que produjo gota ultra gruesa que no pudo haber logrado la cobertura deseada, esta boquilla fue la que presento mayor susceptibilidad a cambio de herbicida o formulación, modificando el tamaño de gota y la distribución (Figuras 3,9,15).

**Control de *Abutilon theophrasti*.** El control causado por las boquillas fue estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ). El mayor control (98%) fue con la boquilla de doble abanico plano TJ-60. Las boquillas dobles de abanico plano TTJ-60, GAT, AITTJ-60 y TADF causaron un control (90-95%) sin diferencia estadística a TJ-60. El menor control (57%) fue con la boquilla de abanico plano AIXR, esta no presento diferencia estadística al causado por la boquilla XR y a la de doble abanico AI3070. El control para las boquillas XR, AIXR y AI3070 fue reduciendo siete días después de aplicación, sin embargo AI3070 incremento su control de 21 a 28 dda (Figura 17).

Las boquillas dobles de abanico plano a excepción de AI3070 causaron un control superior a las de abanico individual, independientemente del tamaño de gota. Los menores controles se pueden atribuir que la boquilla doble abanico AI3070 presenta un patrón de aspersión de 70 grados con dirección hacia atrás y las boquillas de abanico plano individual XR y AIXR a que la deposición se realiza de forma vertical, logrando una mayor deposición sobre las hojas superiores y reduciendo la penetración ya que estas se superponen sobre las hojas medias y bajas de esta maleza. Además, estudios presentaron un menor control (31%) al usar AIXR para aplicaciones a *Abutilon theophrasti* bajo los mismos parámetros de dosis, surfactante y volumen total de mezcla, sin embargo el tamaño de las malezas (15-20 cm) al momento de aplicación fue mayor que el usado en este estudio (10-15 cm), atribuyendo a esto el mayor control obtenido (57%) (Creech et al. 2013).

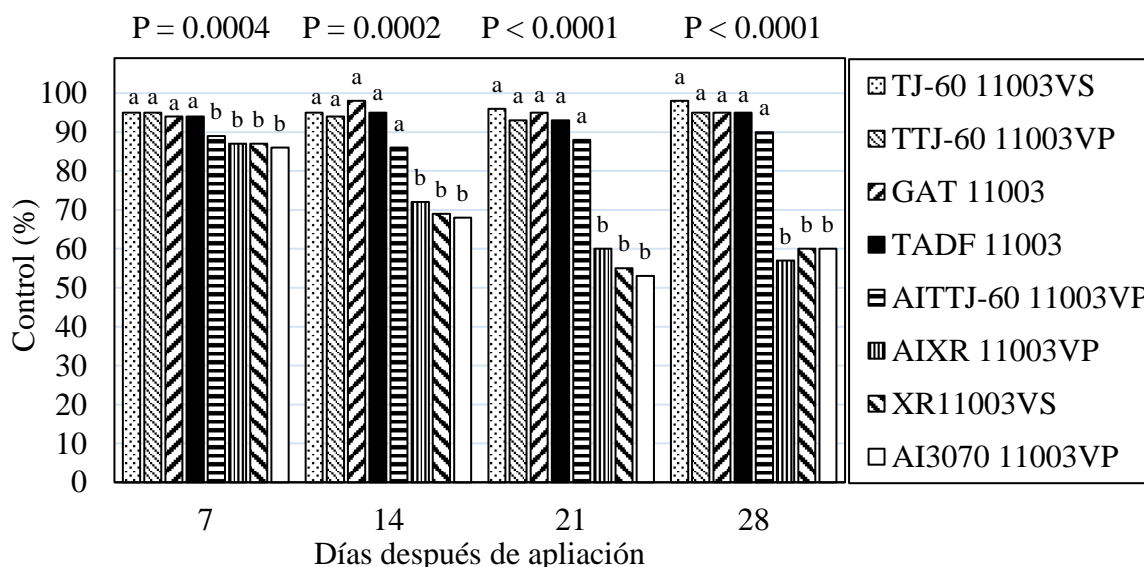


Figura 17. Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de lactofen en *Abutilon theophrasti* Medik.

**Control de *Chenopodium album*.** El control causado por las boquillas fue estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ). La boquilla TJ-60 produjo el mayor control (67%) a los 7 dda y disminuyó hasta los 28 dda. El mayor control fue por AI3070 a los 28 dda, está no presenta diferencia estadística con el control (37-40%) causado por las boquillas AITTJ-60, TJ-60, TTJ-60 y GAT. La boquilla doble abanico TADF y abanico individual AIXR causaron un control de 27 a 28%, estas boquillas no presentaron diferencia estadística con respecto al menor control (20%) con XR. El control causado por las boquillas fue reduciendo siete días después de aplicación (Figura 18).

Las boquillas dobles de abanico plano AI3070, AITTJ-60, TJ-60, TTJ-60 y GAT causaron mayor control que las boquillas de abanico plano individual XR, AIXR y que la boquilla doble de abanico plano TADF. El mayor control se atribuye a que las boquillas dobles de abanico plano brindan mayor cobertura que las de abanico individual. El pobre control con TADF se atribuye a que su diseño presenta dos patrones de aspersión inclinados  $10^\circ$  en sentido de avance y  $50^\circ$  hacia atrás que en algunos casos no brinda la cobertura necesaria para aplicaciones de herbicidas de contacto a presiones menores de 60 psi (Klein y Kruger 2011). El pobre control con AIXR y XR se atribuye a que solo cuentan con un abanico de aspersión en sentido vertical y menor penetración que las de doble abanico. El tipo de boquillas no determinó la eficacia de lactofen (Cobra® EC) esto se atribuye a que su fabricante recomienda aplicaciones preemergentes a una dosis de 0.2 kg ia para el control de *C. album*.

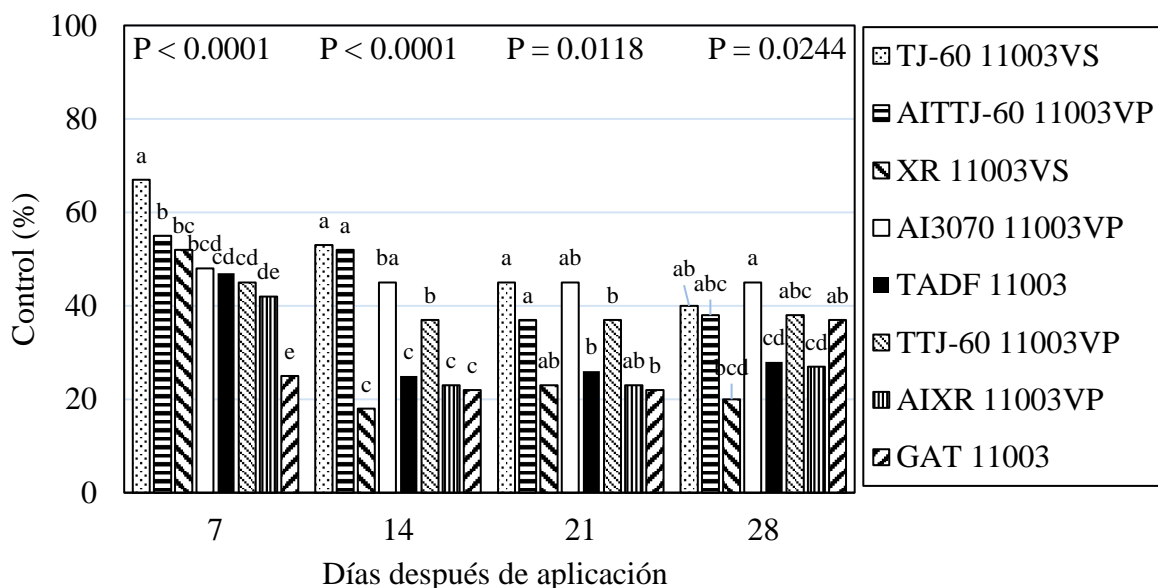


Figura 18. Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de lactofen en *Chenopodium album* L.

**Control de *Avena sativa*.** El control causado por las boquillas no fue estadísticamente diferente ( $P > 0.05$ ) a los 7 y 14 dda, sin embargo a los 21 y 28 dda el control presentó diferencia significativa. El mayor control (33%) fue con la boquilla AIXR. Las boquillas de abanico plano GAT, TTJ-60, TJ-60, TADF y AI3070 causaron un control (27-32%) sin

diferencia estadística a AIXR a los 28 dda. El menor control (20%) fue por la boquilla de doble abanico plano AITTJ-60, esta no presento diferencia con el control (25%) causado por XR a los 28 dda. El control causado por las boquillas incremento un promedio de 10% siete días después de aplicación (Figura 19).

Las boquillas no tuvieron diferencias significativas en el control causado. El tipo de boquillas no determino la eficacia del herbicida. El control deficiente obtenido se atribuye a que lactofen (Cobra® EC) no es recomendado por su fabricante en aplicaciones para el control de gramíneas sino para el control de hoja ancha.

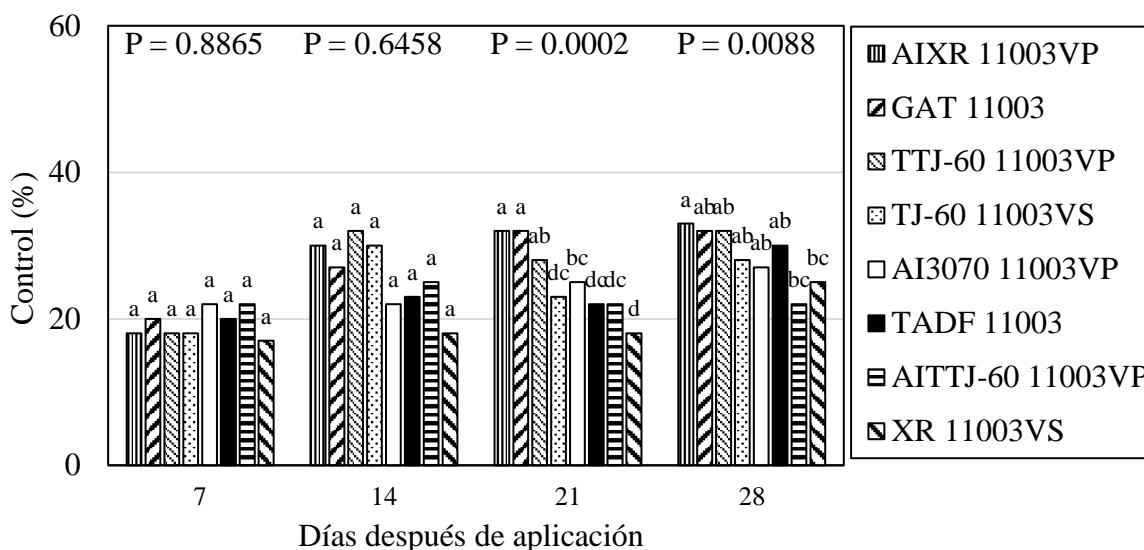


Figura 19. Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de lactofen en *Avena sativa L.*

**Control de *Linum usitatissimum*.** En la aplicación de lactofen, el control causado por las boquillas no fue estadísticamente diferente ( $P < 0.05$ ). Las boquillas de doble abanico plano TJ-60, GAT, AITTJ-60, AI3070, TJ-60 y boquillas de abanico plano individual XR y AIXR causaron un control (98-100%) a los 7, 14 y 21 dda. Las ocho boquillas brindaron el mismo control (100 %) a los 28 dda (Figura 20).

En esta aplicación se puede usar cualquiera de las boquillas de doble o individual abanico plano que produzcan gotas finas, muy gruesas y extremadamente gruesas, sin afectar la eficacia del herbicida (Figura 15). Estudios muestran que gotas gruesas ( $D_{v0.5} 418 \mu m$ ) producidas por AIXR 11003 con una presión de 207 kPa en aplicaciones de lactofen a una dosis de  $0.11 \text{ kg ai ha}^{-1}$  + surfactante no iónico al 0.25% (v/v) a un volumen total de mezcla de  $187 \text{ L ha}^{-1}$  generaron un buen control (86%). El menor control de este estudio se puede atribuir a que las aplicaciones se hicieron cuando las malezas alcanzaron tamaños entre 15-20 cm a diferencia del control total (100%) (Figura 20) las que se aplicaron con tamaños entre 10-15 cm (Creech et al. 2013).

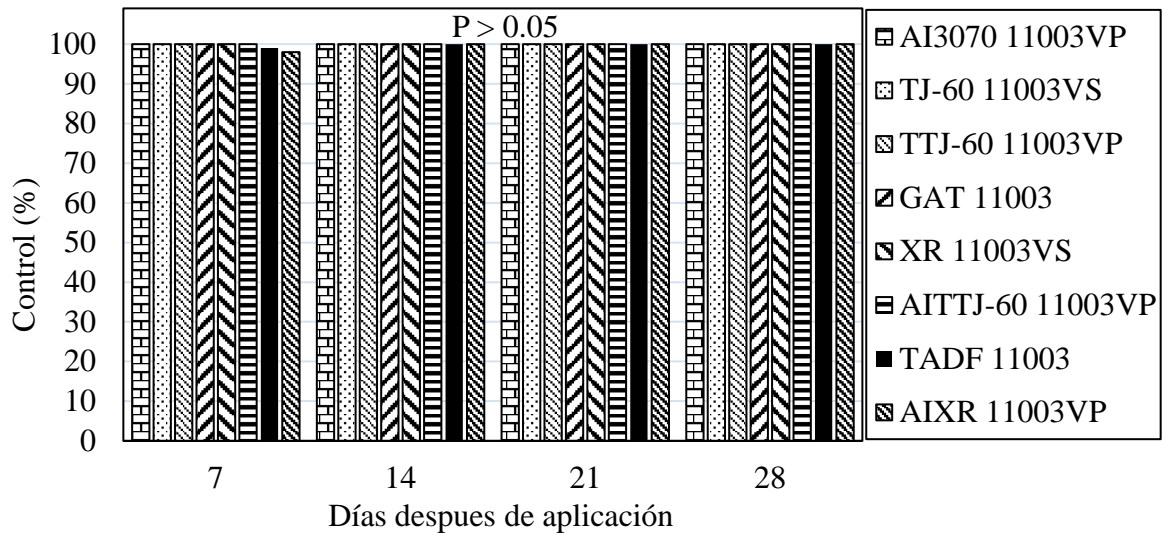


Figura 20. Estimaciones visuales del control causado por las boquillas de abanico plano doble e individual en la aplicación de lactofen en *Linum usitatissimum L.*

#### 4. CONCLUSIONES

- Las boquillas dobles de abanico plano tienen influencia en la aplicación de herbicidas de contacto ya que en la mayoría de casos pueden presentar cobertura igual que las boquillas TJ-60 y XR, comúnmente usadas.
- Las boquillas dobles de abanico plano pueden ocasionar controles similares o mayores a las boquillas de abanico plano individual.
- El tamaño de gota no tuvo mayor influencia en el control causado por las boquillas dobles de abanico plano, sin embargo la diferencia estructural de AITTJ-60 y TTJ60 mostró susceptibilidad a cambios en las formulaciones utilizadas.
- La aplicación de glufosinato de amino a la mitad de la dosis recomendada, no causó un buen control de malezas.
- El tipo de boquilla y el tamaño de gota no tienen influencia en la eficacia de carfentazon etil en el control de *Linum usitatissimum*.
- El tipo de boquilla y el tamaño de gota no tienen influencia en la eficacia de lactofen en el control de *Abutilon theophrasti*.
- Los mejores resultados en la aplicación de glufosinato de amonio fueron por boquillas de abanico doble TJ-60, TTJ-60 y GAT a excepción del control de *Abutilon theophrasti* que producido por la boquilla de abanico individual XR.

## 5. RECOMENDACIONES

- Investigar el efecto de las boquillas dobles de abanico plano usando la dosis de 0.6 kg ai ha<sup>-1</sup> de glufosinato de amonio.
- Replicar el estudio a campo abierto con el fin de determinar el efecto de condiciones ambientales no favorables sobre el tamaño de gota que produce cada boquilla.
- Investigar las boquillas dobles de abanico plano modificando el tamaño del orificio de salida, el ángulo de dispersión, presión y volumen de aplicación.
- Al aplicar carfentazon etil para el control de *Abutilon theophrasti* y lactofen para el control de *Linum usitatissimum* se recomienda seleccionar el tipo de boquilla de acuerdo a precio, disponibilidad o durabilidad.
- Al aplicar carfentazon etil se recomienda usar la boquilla de doble abanico plano TTJ-60 para un excelente control de *Chenopodium album*.
- Al aplicar lactofen se recomienda usar la boquilla de doble abanico plano TJ-60 y la boquilla de abanico individual XR para un excelente control de *Kochia scoparia*.
- Al aplicar lactofen se recomienda usar la boquilla de doble abanico plano TJ-60 para un excelente control de *Abutilon theophrasti*.
- No aplicar glufosinato de amonio a una dosis menor a la recomendada en la etiqueta.

## 6. LITERATURA CITADA

- ASABE. 2009. ASABE S572.1: Droplet Size Classification. American Society of Agricultural and Biological Engineers. 1 p. [https://cdn2.hubspot.net/hub/95784/file-32015844-pdf/docs/asabe\\_s572.1\\_droplet\\_size\\_classification.pdf](https://cdn2.hubspot.net/hub/95784/file-32015844-pdf/docs/asabe_s572.1_droplet_size_classification.pdf).
- Benbrook CM. 2012. Bridging Science and Regulation at the Regional and European Level: Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. *Environmental Sciences Europe*. 24(1):2. <http://www.enveurope.com/>. Doi: 10.1186/2190-4715-24-24.
- Casey AP. 2010. Plant guide for kochia (*Kochia scoparia* L.). USDA-Natural Resources Conservation Service, Kansas Plant Materials Center. Manhattan, KS. 1 p.
- Cedeño Sánchez JM. 2015. Efectividad del tamaño de gotas y el uso de adyuvantes en el control de maleza [Ingeniero Agrónomo]. Francisco Morazán, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 27 p.
- Creech CF. 2015 May. Herbicide application technology impacts on herbicide spray characteristics and performance [Degree of Doctor of Philosophy (Weed Science)]. Nebraska, USA: University of Nebraska Lincoln, Agronomy & Horticulture. 24 p.
- Creech CF, Rodríguez AO, Henry RS, Bagley WE, Luck JD, Kruger GR. 2013. Increased Dicamba, Fluazifop-P, Glyphosate, and Lactofen Efficacy Using Adjuvants. *Weed Technology* (In Review). 6–7 p. <https://www.researchgate.net/>.
- De la Cruz R. 1985. Seminario Taller de Malezas: Técnicas de Investigación de Malezas. CATIE. Panamá 1(15). <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A5637e/A5637e.pdf>.
- Gary A. 1950. Manual of botany. Gray's Manual of botany: a handbook of the flowering plants and ferns of the central and northeastern United States and adjacent Canada. United States: New York: D. Van Nostrand Co., 1970. 1632 p. ISBN: 0442222505.
- Greenleaf. 2014. Catalog Spray nozzles and accessories. P.O. Box 1767, Covington Louisiana, 70434. [www.GreenleafTech.com](http://www.GreenleafTech.com).
- Holm FA y Johnson EN. 2009. Weeds, Herbicides and Management: The history of herbicide use for weed management on the prairies. *Prairie Soils and Crops Journal*. 2:1–3. <http://www.prairiesoilsandcrops.ca/>.

- Klein RN y Kruger GR. 2011. Nozzles: Selection and Sizing. (2). Available online at: <http://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/ec141.pdf>.
- Lanini, T y Ann, B. 2016. Weed Identification, Velvetleaf. Penn State College of Agriculture Sciences. Available online at: <http://extension.psu.edu/pests/weeds/weed-id/velvetleaf>.
- Ladizinsky G. 2012. Studies in oat evolution: Oat Morphology and Taxonomy. New York: Springer. cm (Springer Briefs in Agriculture). ISBN: 978-3-642-30546-7.
- Loux MM, Doug D, Dobbels AF, Johnson WG, Legleiter TR, Young BG, Hager A. 2015. Weed Control Guide for Ohio, Indiana and Illinois. Bulletin 789. Pub# WS16:47. Available online at: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/ws/ws-16-w.pdf>.
- Moeching M, Deneke DL, Wrage LJ, Rosenberg M. 2011. Weed Control in Small Grains: South Dakota State University. Service of SDSU Extension. 03:15. Available online at: <http://www.sdstate.edu/sites/default/files/ps/extension/weed-mgmt/upload/Small-grains-final.pdf>.
- Pentair. 2014. Hypro® Products: Spray trips, Guns and Backpack Sprayer. New Brighton, Minnesota 55112. Available online at: [www.hypropumps.com](http://www.hypropumps.com).
- Qasem JR. 2011. Herbicides and Environment: Herbicides Applications: Problems and Considerations. Dr Andreas Kortekamp. Jordan: InTech. 746 p. 32 vol. ISBN: 978-953-307-476-4.
- Radosevich SR, Holt JS, Ghersa C. 1997. Weed ecology: Implications for management. 2nd ed. / Steven Radosevich, Jodie Holt, Claudio Ghersa. New York, Chichester: J. Wiley. ISBN: 0471116068.
- SAS®. 2014. SAS Users Guide, Statistical Analysis Institute Inc. Cary N.C.
- Smith AE. 1995. Handbook of Weed Management Systems. CRC Press. Griffin, Georgia: Marcel Dekker, Inc. 44 vol. ISBN: 0824795474, 9780824795474.
- Steckel GJ, Wax LM, Simmons FW, Phillips WH. 1997. Glufosinate Efficacy on Annual Weeds Is Influenced by Rate and Growth Stage. Weed Technology (In Review). 11(484-488):6. Available online at: <http://www.jstor.org/stable/3988425>.
- Teejet. 2014. Spraying Systems Co.: Catalog 51A. P.O. Box 7900 Wheaton, Illinois 62703, USA. 164 p.
- Thornhill EW y Matthews GA. 1996. Equipo de aplicación de pesticida para uso en agricultura. [S.l.]: Food & Agriculture Organi. 2 vol. ISBN: 9253036168.