

**Evaluación de cuatro volúmenes de aplicación  
y efecto del rocío en la eficacia del herbicida  
asulam en el control de *Panicum  
dichotomiflorum* Michx.**

**Alex Gerardo Rodríguez Calderón**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**

**Honduras**

Noviembre, 2019

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Evaluación de cuatro volúmenes de aplicación  
y efecto del rocío en la eficacia del herbicida  
asulam en el control de *Panicum  
dichotomiflorum* Michx.**

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

Presentado por

**Alex Gerardo Rodríguez Calderón**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2019

## **Evaluación de cuatro volúmenes de aplicación y efecto del rocío en la eficacia del herbicida asulam en el control de *Panicum dichotomiflorum* Michx.**

**Alex Gerardo Rodríguez Calderón**

**Resumen.** Asulam es utilizado posterior a aplicaciones pre y post-emergencia para el control de *Panicum dichotomiflorum*. La aplicación de asulam por lo general se realiza en presencia de rocío. El rocío puede influenciar la eficacia de la aplicación. El objetivo del estudio fue evaluar los volúmenes de aplicación y el efecto del rocío en la eficacia de asulam en el control de *P. dichotomiflorum* de 30 cm y 50 cm de altura. Dos experimentos fueron establecidos en Everglades Research and Education Center en Florida, uno con la maleza de 30 cm y el otro de 50 cm de altura. Se evaluaron cuatro volúmenes de aplicación, 94, 141, 189 y 284 L/ha, y tres niveles de rocío, 0, 50 y 100%. Los resultados muestran que asulam aplicado a la dosis de 3.74 kg de i.a/ha no controla la maleza de 50 cm de altura en 28 días; sin embargo, sí controla la maleza de 30 cm de altura. En *P. dichotomiflorum* de 50 cm de altura el mejor control fue al utilizar 189 L/ha, en *P. dichotomiflorum* de 30 cm de altura, el volumen más efectivo fue el de 141 L/ha. El rocío no fue un factor determinante en el control de *P. dichotomiflorum*. Existe interacción entre volumen y rocío en el peso seco de los volúmenes 189 y 284 L/ha, cuando se controla *P. dichotomiflorum* de 50 cm. En *P. dichotomiflorum* de 30 cm la interacción se presenta en la fitotoxicidad a los 14 DDT en los volúmenes 94, 141 y 284 L/ha.

**Palabras clave:** Altura, control, dosis, fitotoxicidad, peso seco.

**Abstract.** Asulam is used after pre and post-emergency applications for the control of *Panicum dichotomiflorum*. Asulam is usually sprayed in the presence of dew. Dew can influence the effectiveness of the application. The objective of the study was to evaluate the spray volumes and the effect of dew on the effectiveness of asulam in the control of *P. dichotomiflorum*, in plants 30 cm and 50 cm high. Two experiments were established at Everglades Research and Education Center in Florida, one with the plant 30 cm high and the other 50 cm high. Four spray volumes, 94, 141, 189 and 284 L/ha, and three levels of dew, 0, 50 and 100%, were evaluated. The results indicated that the dose of asulam of 3.74 kg of i.a/ha does not control the weed 50 cm high in 28 days; however, it controlled the weed 30 cm high. In *P. dichotomiflorum* 50 cm high the best control was using 189 L/ha, while in *P. dichotomiflorum* 30 cm high, the most effective volume was 141 L/ha. Dew was not a determining factor in the control of *P. dichotomiflorum*. There is interaction between volume and dew in the dry weight of the volumes 189 and 284 L/ha, when *P. dichotomiflorum* 50 cm high is controlled. While in *P. dichotomiflorum* 30 cm high the interaction occurs in the phytotoxicity at 14 DDT in the volumes 94, 141 and 284 L/ha.

**Key words:** Control, dose, dry weight, height, phytotoxicity.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>16</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>17</b>
<b>6. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>18</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Boquillas utilizadas en la aplicación del herbicida asulam en cámara de aplicación.....	5
2. Descripción de los tratamientos en la evaluación de cuatro volúmenes de aplicación y efecto del rocío en la eficacia del herbicida asulam en el control de <i>Panicum dichotomiflorum</i> .....	5
3. El efecto de volumen y rocío sobre la fitotoxicidad, peso seco y rebrote en la evaluación de asulam en <i>Panicum dichotomiflorum</i> de 50 cm de altura.....	7
4. Fitotoxicidad y peso seco de <i>Panicum dichotomiflorum</i> de 50 cm de altura tratado con asulam a distintos volúmenes de aplicación.....	8
5. Efecto de los niveles de rocío en los volúmenes de aplicación de asulam en la fitotoxicidad y peso seco de <i>Panicum dichotomiflorum</i> de 50 cm.....	9
6. El efecto de volumen y rocío sobre la fitotoxicidad y rebrote en la evaluación de asulam en <i>Panicum dichotomiflorum</i> de 30 cm de altura.....	11
7. Fitotoxicidad de <i>Panicum dichotomiflorum</i> de 30 cm de altura tratado con asulam a distintos volúmenes de aplicación .....	12
8. Efecto de los niveles de rocío en los volúmenes de aplicación de asulam en la fitotoxicidad de <i>Panicum dichotomiflorum</i> de 30 cm.....	12
Figuras	
1. Croquis del establecimiento del experimento.....	3
2. Peso seco de <i>Panicum dichotomiflorum</i> de 50 cm de altura, controlado con asulam aplicado a 189 L/ha sobre tres niveles de rocío.....	9
3. Peso seco de <i>Panicum dichotomiflorum</i> de 50 cm de altura, controlado con asulam aplicado a 284 L/ha sobre tres niveles de rocío.....	10
4. Fitotoxicidad de <i>Panicum dichotomiflorum</i> de 30 cm de altura, por asulam aplicado a 94 L/ha sobre tres niveles de rocío.....	13
5. Fitotoxicidad de <i>Panicum dichotomiflorum</i> de 30 cm de altura, por asulam aplicado a 141 L/ha sobre tres niveles de rocío.....	14
6. Fitotoxicidad de <i>Panicum dichotomiflorum</i> de 30 cm de altura, por asulam aplicado a 284 L/ha sobre tres niveles de rocío.....	15

# 1. INTRODUCCIÓN

Everglades Agricultural Area (EAA) es una región agrícola ubicada en el sur de Florida, entre el norte de Everglades y el sur del lago Okeechobee. La región tiene un área de aproximadamente 283,000 hectáreas, mayormente cultivadas con caña de azúcar, arroz, maíz y vegetales, siendo la caña de azúcar el cultivo más importante del área (Baucum y Rice 2009). En Florida se cultivan aproximadamente 165,000 hectáreas de caña de azúcar (USDA-NASS 2018). El 75% del área cultivada con caña de azúcar en Florida se encuentra en Palm Beach, condado que es parte de Everglades Agricultural Area (Baucum y Rice 2009).

El manejo de malezas en caña de azúcar en Florida es más crítico durante el inicio de temporada, entre agosto y enero. Las malezas más importantes en las plantaciones de caña de azúcar en Florida son *Panicum dichotomiflorum*, *Cynodon dactylon*, *Cyperus esculentus* y *C. rotundus*, *Chenopodium album* y *Amaranthus* spp. (Rott *et al.* 2018).

*Panicum dichotomiflorum*, conocido como “Fall Panicum”, es una planta anual perteneciente a la familia Poaceae. Es la maleza más problemática en caña de azúcar en Florida (Odero *et al.* 2016). Se presentan nudos a lo largo de todo el tallo y están doblados hacia todas las direcciones, lo que ocasiona un crecimiento acelerado e inusual de la maleza. El sistema radicular es fibroso con capacidad de enraizar en los nodos (UMS 2018). Su propagación es mediante semillas, una planta puede producir más de 10,000 semillas, y en algunos casos más de 100,000 semillas, dependiendo del tamaño de la planta y condiciones ambientales (Fausey y Renner 1997). La germinación puede ocurrir durante todo el año, por lo que puede coincidir con la época de siembra, desarrollo de la planta y con la cosecha (Rott *et al.* 2018), sin embargo, entre los meses de septiembre y mayo es cuando más se observa la emergencia de la maleza (Fernández *et al.* 2018).

El control químico de *P. dichotomiflorum* en las plantaciones de caña de azúcar de Florida consiste en la aplicación de diversos herbicidas entre 6 y 7 semanas después de la emergencia. Aplicaciones pre-emergencia son usualmente empleadas por los agricultores, sin embargo, por coincidir con la época seca en el sur de Florida, hay una rápida disipación del herbicida, por lo tanto, un deficiente control de la maleza (Odero y Shaner 2014). Las aplicaciones tempranas post-emergencia son utilizadas para el control de *P. dichotomiflorum*, como atrazina o metribuzina en combinación con ametrina (Odero *et al.* 2016). Sin embargo, éstas aplicaciones no son completamente eficaces (Fernández *et al.* 2018).

Asulam es un herbicida sistémico post-emergente utilizado en caña de azúcar para controlar gramíneas anuales. El control de la maleza se puede demorar hasta cuatro semanas, según el tamaño de la planta y las condiciones ambientales (Rott *et al.* 2018). El herbicida actúa inhibiendo la síntesis de folato mediante la inhibición de dihidropteroato sintasa (Duke 1990). Asulam es utilizado después de las aplicaciones de los herbicidas pre y post-emergencia anteriormente mencionadas. La aplicación de asulam es considerado como “rescate”, debido a que se utiliza luego del deficiente control de *P. dichotomiflorum* con otros herbicidas, utilizado aun cuando la maleza presenta una altura hasta de 60 centímetros (Odero *et al.* 2016). Asulam es aplicado solo o en combinación con trifloxysulfuron, herbicida que acelera y mejora la eficacia del control de *P. dichotomiflorum* (Rott *et al.* 2018).

En los últimos años, los productores de caña de azúcar de Everglades Agricultural Area han reportado una reducción en el control de la maleza con el herbicida asulam. No se han reportado casos de resistencia al herbicida en Florida, por lo cual, no se puede atribuir directamente a esa causa (Heap 2018). Ensayos realizados en Belle Glade comprueban la reducción de la eficacia de asulam en *P. dichotomiflorum*, cuando este es aplicado solo, presentando un mejor control cuando es aplicado en combinación con trifloxysulfuron (Fernández *et al.* 2018).

Los agricultores realizan la aplicación de asulam durante las primeras horas de la mañana, para evitar deriva ocasionada por el viento. Se recomienda realizar la aplicación cuando el viento tiene una velocidad entre 2 y 10 mph (EPA 1995). Sin embargo, a tempranas horas de la mañana hay presencia de rocío, pequeñas gotas de agua sostenidas sobre la superficie del follaje de una planta (Paul y Pinter 1986). El rocío es un factor que podría influenciar en la eficacia de un herbicida, aumentando la eficacia al incrementar la absorción del herbicida, debido a la hidratación de la cutícula beneficiándolo para mantenerse en la solución por más tiempo, o disminuyendo la eficacia del control lavando el herbicida de la hoja, cuando la cantidad de rocío es excesiva (Caseley y Coupland 1985; Martinson *et al.* 2005). Sin embargo, el efecto del rocío en la eficacia de un herbicida, podría estar relacionado al volumen de aplicación del herbicida (Kogan y Zuñiga 2001).

En el caso del asulam, herbicida hidrofílico aplicado cuando hay presencia de rocío, no hay antecedentes de estudios del efecto que podría ocasionar el rocío a la hora de la aplicación.

Los objetivos de este estudio fueron:

- Comparar cuatro volúmenes de aplicación del herbicida asulam a una dosis de 3.74 kg de i.a/ha en plantas de *Panicum dichotomiflorum* de dos diferentes alturas, 30 cm y 50 cm.
- Evaluar el efecto de la presencia de tres cantidades de rocío sobre la efectividad de aplicación del herbicida asulam en plantas de *Panicum dichotomiflorum* de dos diferentes alturas, 30 cm y 50 cm.
- Evaluar la interacción entre volumen de la aplicación y el rocío en plantas de *Panicum dichotomiflorum* de dos diferentes alturas, 30 cm y 50 cm.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación.

Dos experimentos se realizaron entre febrero y mayo de 2019 en un invernadero de Everglades Research and Education Center (EREC), centro de investigación perteneciente a la Universidad de Florida, ubicado en Belle Glade, Florida (26.67° N, 80.64° W). La temperatura promedio del invernadero durante la ejecución de los experimentos fue de 30 °C durante el día y 20 °C durante la noche, con una humedad relativa de 60%.

### Establecimiento.

Semillas de *Panicum dichotomiflorum* fueron sembradas en bandejas plásticas de germinación de 6 cm de profundidad, utilizando medio de sustrato (Sun Gro® Professional Growing Mix, Sun Gro Horticulture, Agawam, MA) y colocadas en el invernadero. Las plantas de *P. dichotomiflorum* fueron trasplantadas 25 días después de la siembra en macetas plásticas de 8 L con 1.4 kg del mismo medio de sustrato. Antes de realizar el trasplante se realizó una mezcla del sustrato en las macetas con 18.2 g de fertilizante Osmocote (14-14-14). Las plantas fueron colocadas en mesas dentro del mismo invernadero y fueron regadas todos los días antes de alcanzar 50 cm de altura en el primer experimento, y 30 cm de altura en el segundo experimento. En la Figura 1 se muestra un croquis del establecimiento del experimento.

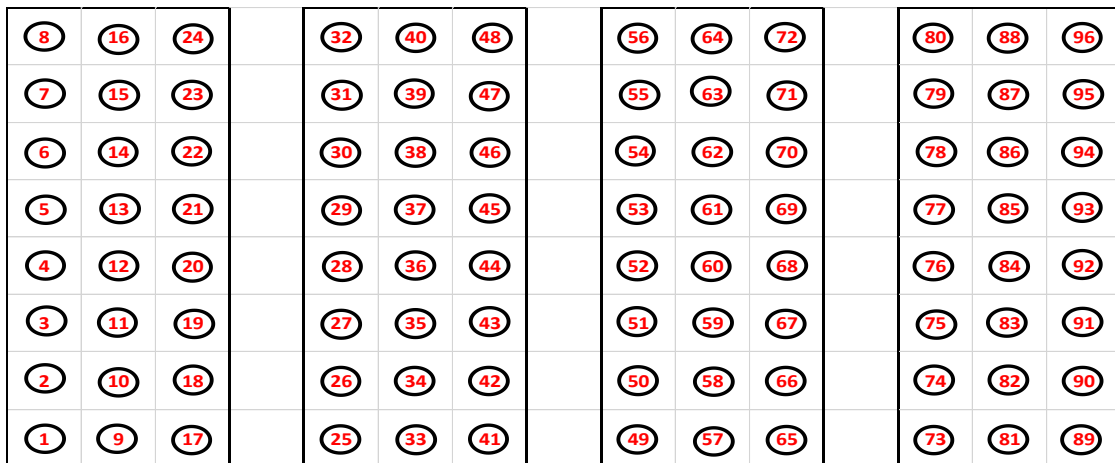


Figure 1. Croquis del establecimiento del experimento. Cada sección representa un bloque.



### **Construcción de simulador de rocío.**

Un simulador de rocío es una estructura diseñada para imitar, con atomizadores, el rocío presente en el campo durante las primeras horas de la mañana. La medida del simulador es de 1.5 metros de largo, 1.5 metros de ancho y 1.2 metros de alto. Al interior de la cámara se instaló un atomizador a cada lado, cada uno cuenta con una entrada de aire y una de agua. Se utilizó un compresor de aire para romper las partículas de agua, el cual trabajaba a una presión constante de 2.81 kg/cm<sup>2</sup>. El agua se colocó en un recipiente de 20 litros presurizada con CO<sub>2</sub>. Se instaló una red de mangueras para conectar los atomizadores con el compresor y la fuente de agua.

### **Tratamientos.**

El primer experimento consistió en la aplicación de los tratamientos en *Panicum dichotomiflorum* con una altura de 50 centímetros, las aplicaciones se realizaron el 20 de marzo de 2019. El segundo experimento consistió en la aplicación de los tratamientos en *P. dichotomiflorum* con una altura de 30 centímetros, el cual se realizó el 10 de abril de 2019.

Se realizó un estudio preliminar para determinar el tiempo de simulación y cantidad de rocío. La condición ambiental durante la evaluación del rocío en el campo fue de 26 °C y 54% de humedad. El rocío obtenido en el campo fue de 55.29 uL/g de peso fresco de la planta, lo que se alcanzó en 48 segundos en la cámara de simulación. El rocío obtenido en el campo se representa como el 50%, mientras que el 100% indica un exceso de rocío, alcanzado en 96 segundos, aplicando 95.61 uL de rocío de peso fresco de la planta. El 0% representa ausencia de rocío.

Las plantas fueron colocadas individualmente dentro de la cámara de simulación de rocío y se aplicó el tiempo respectivo. Se procedió a colocar las plantas en una cámara de aplicación (Generation III Spray Booth, Devries Manufacturing Corp., Hollandale, MN) ubicada en el mismo laboratorio, donde se aplicó asulam a una dosis de 3.74 kg i.a/ha en todos los tratamientos, se evaluó cuatro diferentes volúmenes de aplicación, 94, 141, 189 y 284 L/ha, mezclado con 0.25% v/v de surfactante no iónico (NIS) y tres rocíos, 0, 50 y 100%. Diferentes boquillas se utilizaron en cada volumen de aplicación, con diferentes velocidades y presiones (Cuadro 1). El experimento consistió en evaluar 12 tratamientos con 4 repeticiones (Cuadro 2).

Cuadro 1. Boquillas utilizadas en la aplicación del herbicida asulam en cámara de aplicación.

Volumen (L/ha)	Velocidad (km/h)	Presión (PSI)	Boquilla
94	4.8	40	XR11001
141	4.0	60	XR110015
189	3.2	50	XR11002
284	3.2	60	XR11003

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos en la evaluación de cuatro volúmenes de aplicación y efecto del rocío en la eficacia del herbicida asulam en el control de *Panicum dichotomiflorum*.

Volumen de aplicación (L/ha)	Cantidad de rocío (%)
94	0
141	50
189	100
284	
Testigo	

### Variables evaluadas.

**Evaluación del control del herbicida.** El efecto del herbicida se determinó mediante una evaluación visual estimando el porcentaje de control, al cual se le llamará fitotoxicidad, a los 14 y 28 días después del tratamiento (DDT). La evaluación se realizó comparando las plantas tratadas con las plantas sin aplicación del herbicida. Se utilizó una escala de 0 a 100%; donde 0% indica ausencia de control y 100% un control completo y muerte de la planta.

**Peso seco.** Después de realizar la evaluación del control del herbicida a los 28 DDT se procedió a cosechar las plantas. Las plantas fueron cortadas desde la superficie y colocadas en bolsas de papel separadas dentro de un cuarto de secado a 65 °C durante 10 días. Al transcurrir los 10 días se pesaron para obtener el peso seco.

**Evaluación de rebrote.** Después de la cosecha de las plantas, las macetas se dejaron debidamente marcadas para realizar la evaluación de rebrote. Una semana después de haber cosechado se realizó la evaluación observando si existió rebrotes en cada una de las plantas, lo que indicaría si la planta produce nuevo tejido y determinar la probabilidad de supervivencia y la efectividad sistémica del herbicida.

**Análisis estadístico.** Se utilizó un diseño Bloques Completos al Azar (BCA) para ambos experimentos, para el análisis de datos se utilizó el programa estadístico “Statistical Analysis System” (SAS). Los experimentos fueron analizados por separado, debido a que no se realizaron en el mismo momento y las plantas tratadas presentaron diferentes condiciones. Se usó un arreglo factorial 4×3, los factores fueron los cuatro volúmenes de aplicación y los tres rocíos. En el análisis estadístico no se usó el testigo que no fue aplicado con herbicida. Se hizo un análisis de varianza para el ajuste de datos y separación de medias LSD con un nivel de significancia de 5% ( $P \leq 0.05$ ).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Experimento 1.

El factor volumen mostró diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) para las variables fitotoxicidad a los 28 días después del tratamiento y peso seco. Fitotoxicidad a los 14 DDT y rebrote no fueron significativos entre tratamientos. Para el factor rocío no se encontró diferencia significativa en las variables. Se encontró interacción significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre volumen y rocío para la variable peso seco (Cuadro 3). A los 14 DDT no se presentó fitotoxicidad en ninguno de los tratamientos. Se discutirán solamente los resultados con diferencias significativas.

Cuadro 3. El efecto de volumen y rocío sobre la fitotoxicidad, peso seco y rebrote en la evaluación de asulam en *Panicum dichotomiflorum* de 50 cm de altura.

Factores	Fitotoxicidad 14 DDT	Fitotoxicidad 28 DDT	Peso seco	Rebrote
Volumen	ns	*	*	ns
Rocío	ns	ns	ns	ns
Volumen $\times$ Rocío	ns	ns	*	ns

ns= No existieron diferencias significativas entre tratamientos ( $P > 0.05$ ).

\* = Existieron diferencias significativas entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ).

#### Volumen de aplicación.

El volumen de aplicación 189 L/ha presentó una fitotoxicidad a los 28 DDT significativamente mayor que utilizando 94 y 284 L/ha. Este resultado coincide con los obtenidos por Richard (1991) en el estudio de los volúmenes de aplicación de asulam en el control de *Sorghum halepense*, maleza gramínea panicoida, al igual que *Panicum dichotomiflorum*, donde obtuvo que el volumen de 187 L/ha presentó un mejor control en *S. halepense*. El volumen 141 L/ha no mostró diferencias significativas con los volúmenes 94 y 284 L/ha, los cuales presentaron 28.33 y 24.58% de fitotoxicidad, respectivamente. El volumen 189 L/ha, el volumen que presentó la mayor fitotoxicidad, no fue significativamente mayor que cuando se aplicó 141 L/ha (Cuadro 4).

Asulam aplicado a altos volúmenes podría ocasionar un escurrimiento del herbicida, mientras que bajos volúmenes pueden incurrir a una baja cobertura de la hoja, presentando un menor control (Richard 1991). En este experimento, el volumen más bajo y el más alto,

94 y 284 L/ha, presentaron fitotoxicidad más bajas entre los volúmenes, lo que pudo ser ocasionado a la falta de cobertura de la hoja, en el caso de la aplicación con 94 L/ha, y a un posible escurrimiento del herbicida en 284 L/ha.

El peso seco de las plantas mostró que, al utilizar los volúmenes de aplicación de 94, 189 y 284 L/ha, presentan un mayor peso seco que cuando asulam fue aplicado a 141 L/ha. El volumen más alto, 284 L/ha, presentó el mayor peso seco entre los volúmenes de aplicación, obteniendo 20.93 g. Debido a la altura y la etapa de desarrollo en el que estaba la planta cuando se aplicó, el control no fue efectivo, mostrando una baja fitotoxicidad a los 28 DDT y un alto peso seco.

Cuadro 4. Fitotoxicidad y peso seco de *Panicum dichotomiflorum* de 50 cm de altura tratado con asulam a distintos volúmenes de aplicación.

Volumen (L/ha)	Fitotoxicidad 28 DDT (%)	Peso seco (g)
94	28.33 b §	19.00 ab
141	37.50 ab	15.88 b
189	45.50 a	18.62 ab
284	24.58 b	20.93 a
TESTIGO	0	58.62

§ = Valores con letras diferentes entre columna indican diferencia significativa entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ).

#### **Interacción de volumen con rocío.**

No hubo efecto del rocío en los volúmenes de aplicación bajos, 94 y 141 L/ha, para ninguna de las variables. Sin embargo, para los volúmenes de aplicación altos, 189 y 284 L/ha, si hubo interacción del volumen con el rocío en la variable peso seco (Cuadro 5). Estos resultados difieren con el estudio realizado por Kogan y Zuñiga (2001) sobre el efecto del rocío en la eficacia de glifosato, donde se obtuvo que el rocío no afectó la actividad del herbicida cuando fue aplicado a 150 y 300 L/ha, solamente afectando cuando fue aplicado a 450 L/ha.

Cuadro 5. Efecto de los niveles de rocío en los volúmenes de aplicación de asulam en la fitotoxicidad y peso seco de *Panicum dichotomiflorum* de 50 cm.

Volumen (L/ha)	Rocío (%)	Peso seco (g)
94	0	18.10 abc §
94	50	22.18 ab
94	100	15.97 bc
141	0	13.15 c
141	50	16.30 bc
141	100	16.93 bc
189	0	15.53 bc
189	50	24.15 a
189	100	15.37 bc
284	0	23.98 a
284	50	21.55 ab
284	100	16.03 bc
TESTIGO		58.62

§ = Valores con letras diferentes entre columna indican diferencia significativa entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ).

El volumen de aplicación de 189 L/ha con el 50% de rocío presentó un peso seco significativamente mayor que 0 y 100% de rocío (Figura 2). Sin embargo, todos los niveles de rocío mostraron fitotoxicidad similar a los 28 DDT. Esto indica que, aunque la fitotoxicidad fue similar, la aplicación en 50% de rocío ocasiona una menor reducción de biomasa a los 28 DDT.

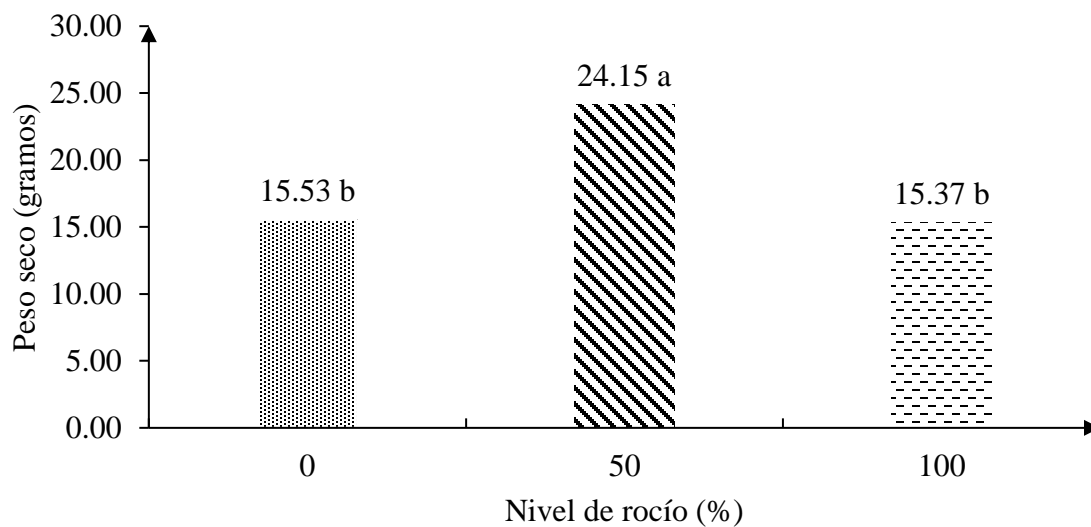


Figure 2. Peso seco de *Panicum dichotomiflorum* de 50 cm de altura, controlado con asulam aplicado a 189 L/ha sobre tres niveles de rocío.

El volumen de aplicación de 284 L/ha mostró interacción significativa con el rocío en la variable peso seco. El peso seco del tratamiento con el 100% de rocío fue significativamente menor al del 0% de rocío. Sin embargo, el 50% de rocío no presentó diferencias significativas con el 0 y el 100% de rocío. Se observa que a medida aumenta el rocío el peso seco disminuye, obteniendo un mayor peso seco cuando se aplica en ausencia de rocío (0%) (Figura 3).

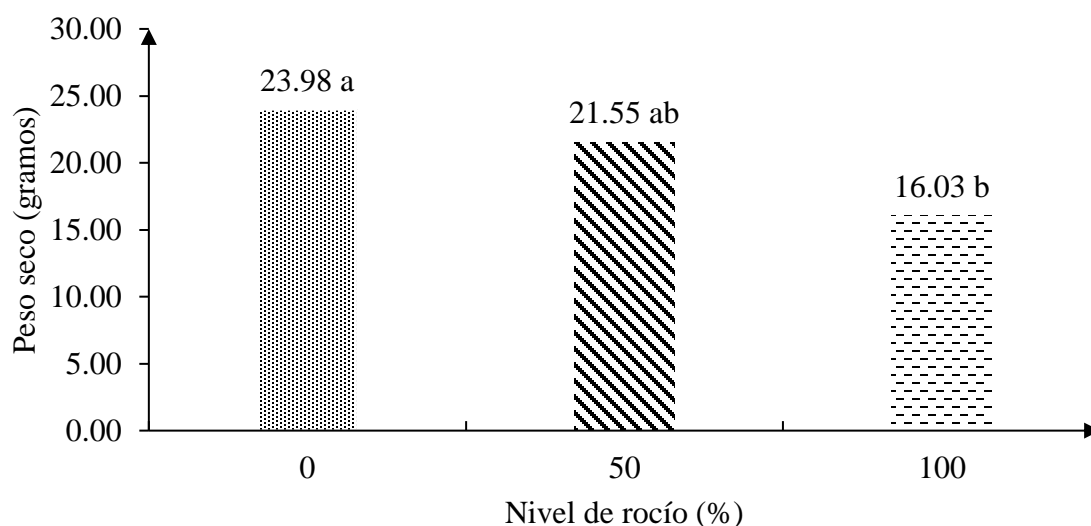


Figure 3. Peso seco de *Panicum dichotomiflorum* de 50 cm de altura, controlado con asulam aplicado a 284 L/ha sobre tres niveles de rocío.

#### **Evaluación de rebrote.**

La probabilidad de supervivencia de *P. dichotomiflorum* fue 0% para todos los tratamientos, mientras que las plantas sin tratar mostraron rebrote. La dosis utilizada, 3.74 kg de i.a/ha, provocó que la planta fuera incapaz de producir nuevos tejidos en todos los volúmenes de aplicación, aun cuando la fitotoxicidad y el peso seco a los 28 DDT indicaron que la maleza aún no había sido controlada. La evaluación del peso seco no indica si el tratamiento resulta en mortalidad, sino que indica la reducción de crecimiento de la planta (Fernández *et al.* 2018).

Por lo tanto, todos los volúmenes a una dosis de 3.74 kg de i.a/ha, aplicados con rocío o sin presencia de rocío, resultó en la muerte de los puntos de crecimiento de la planta, aun cuando a los 28 DDT solamente mostró reducción de crecimiento y un daño parcial de la planta. Aun cuando todos los tratamientos resultan en mortalidad de la planta, los que mostraron un mayor peso seco y una menor fitotoxicidad podrían demorarse más en el control total de la maleza.

Se realizó un análisis de correlación y se encontró que existe una correlación negativa de -0.462 entre fitotoxicidad y el peso seco. A medida que se le atribuyó un mayor daño a la maleza, presentó un menor peso seco. Esto indica que la evaluación de fitotoxicidad fue realizada correctamente.

### Experimento 2.

Este experimento se llevó a cabo bajo las mismas condiciones que el experimento 1 y se evaluaron las mismas variables, con diferencia en que se utilizaron plantas de 30 cm de altura.

El factor volumen mostró diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) para la variable fitotoxicidad a los 14 días después del tratamiento. Fitotoxicidad a los 28 DDT y rebrote no fueron significativos entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). En el factor rocío no se encontraron diferencias significativas para las variables. Se encontró interacción significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre volumen y rocío para la variable fitotoxicidad a los 14 DDT (Cuadro 6). El total de las plantas fueron controladas a los 28 DDT, por lo que no se tomó el peso seco en este experimento. Se discutirán solamente los resultados con diferencias significativas.

Cuadro 6. El efecto de volumen y rocío sobre la fitotoxicidad y rebrote en la evaluación de asulam en *Panicum dichotomiflorum* de 30 cm de altura.

Factores	Fitotoxicidad 14 DDT	Fitotoxicidad 28 DDT	Rebrote
Volumen	*	ns	ns
Rocío	ns	ns	ns
Volumen × Rocío	*	ns	ns

ns= No existieron diferencias significativas entre tratamientos ( $P > 0.05$ ).

\* = Existieron diferencias significativas entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ ).

### Volumen de aplicación.

A los 14 DDT los volúmenes de aplicación 141 y 284 L/ha presentaron fitotoxicidad mayor significativamente que 94 y 189 L/ha, mostrando un daño de 60.42 y 59.17%, respectivamente (Cuadro 7). Sin embargo, todos los volúmenes de aplicación resultaron en un control de 100% de las plantas a los 28 DDT. Por lo tanto, los volúmenes 141 y 284 L/ha presentan daños en la planta en menor tiempo que los otros volúmenes, cuando asulam es aplicado sobre plantas de *P. dichotomiflorum* con una altura de 30 cm.

La baja fitotoxicidad en 189 L/ha no se puede atribuir a un escurrimiento del herbicida, debido a que 284 L/ha presentó una mayor fitotoxicidad a los 14 DDT. La menor fitotoxicidad presentada en 94 L/ha pudo ser ocasionado por la baja cobertura del herbicida en la superficie de la hoja, sin embargo, la dosis fue lo suficientemente alta para controlar la maleza a los 28 DDT, sin importar la baja fitotoxicidad a los 14 DDT. El volumen de



aplicación de 141 L/ha, por ser un menor volumen de aplicación y por presentar toxicidad en la maleza en menor tiempo, es el más efectivo entre los volúmenes utilizados.

Cuadro 7. Fitotoxicidad de *Panicum dichotomiflorum* de 30 cm de altura tratado con asulam a distintos volúmenes de aplicación.

Volumen (L/ha)	Fitotoxicidad 14 DDT (%)
94	51.67 b §
141	60.42 a
189	52.92 b
284	59.17 a

§ = Valores con letra distinta, difieren estadísticamente entre sí ( $P \leq 0.05$ ).

#### Interacción de volumen con rocío.

El volumen de aplicación de 141 L/ha presentó una mayor fitotoxicidad a los 14 DDT cuando el herbicida fue aplicado sobre el 50% de rocío. El volumen de 94 L/ha también presentó una mayor fitotoxicidad con 50% de rocío, sin embargo, no fue significativamente mayor que aplicado con 100% de rocío. Contrariamente, para los volúmenes más altos de aplicación, 189 y 284 L/ha, el 50% de rocío no presentó una mayor fitotoxicidad estadísticamente a los 14 DDT. Al utilizar en la aplicación un volumen de 189 L/ha no se encontró diferencias significativas entre los niveles de rocío, mientras que con volumen de 284 L/ha el 50% de rocío presentó fitotoxicidad significativamente menor comparado a los otros niveles de rocío (Cuadro 8). Sin embargo, no hubo diferencia significativa en la evaluación a los 28 DDT.

Cuadro 8. Efecto de los niveles de rocío en los volúmenes de aplicación de asulam en la fitotoxicidad de *Panicum dichotomiflorum* de 30 cm.

Volumen (L/ha)	Rocío (%)	Fitotoxicidad 14 DDT (%)
94	0	46.25 e §
94	50	58.75 bcd
94	100	50.00 de
141	0	58.75 bcd
141	50	71.25 a
141	100	51.25 de
189	0	51.25 de
189	50	52.50 cde
189	100	55.00 cde
284	0	65.00 ab
284	50	51.25 de
284	100	61.25 bc

§ = Valores con letra distinta, difieren estadísticamente entre sí ( $P \leq 0.05$ ).

La aplicación con 94 L/ha de volumen obtuvo mayor fitotoxidad cuando el herbicida fue aplicado con 50% de rocío (58.75%), significativamente mayor que cuando la planta presentó 0% de rocío. Sin embargo, no fue mayor significativamente que la aplicación sobre plantas con 100% del rocío. La fitotoxidad en los rocíos 0 y 100% no fue significativamente diferente entre ellos (Figura 4). El 50% de rocío aumento la eficacia de asulam a los 14 DDT, posiblemente por una mejor distribución del herbicida en la hoja. Sin embargo, el 100% de rocío, al no presentar diferencia significativa con el 0% de rocío, pudo haber ocasionado un escurrimiento del herbicida por un exceso de rocío, lo que explicaría por qué no se alcanzó la misma eficacia que en 50% de rocío.

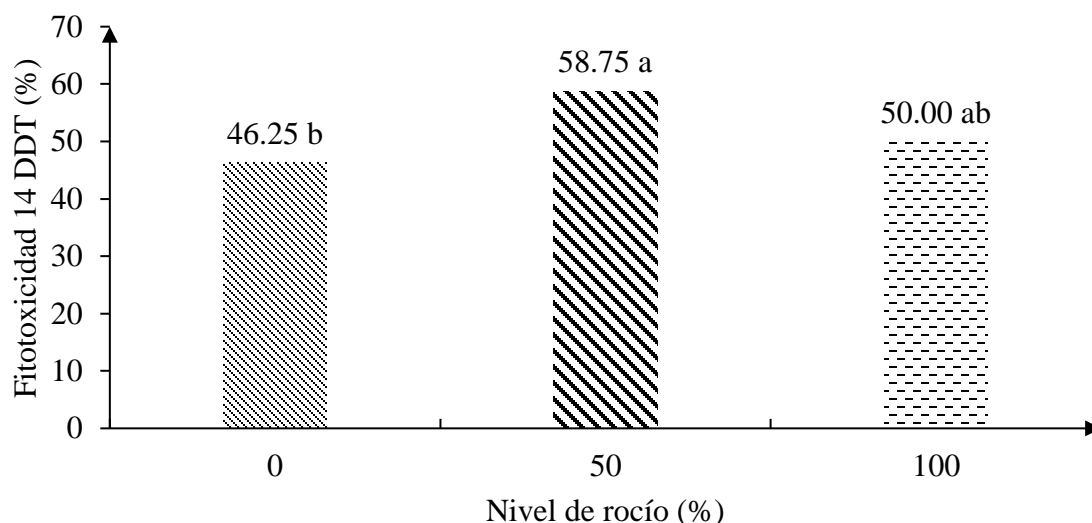


Figure 4. Fitotoxidad de *Panicum dichotomiflorum* de 30 cm de altura, por asulam aplicado a 94 L/ha sobre tres niveles de rocío.

El volumen de aplicación de 141 L/ha presentó interacción significativa de el rocío en la variable fitotoxidad a los 14 DDT. El 50% de rocío en la planta mostró fitotoxidad significativamente mayor (71.25%) a la fitotoxidad reportada cuando la planta tenía 0% y 100% de nivel de rocío, los cuales mostraron una fitotoxidad de 58.75 y 51.25%, respectivamente (Figura 5). La aplicación con 141 L/ha con el 50% de rocío aumentó la eficacia del herbicida a los 14 DDT, mientras que con el 100% de rocío se obtuvo fitotoxidad similar a la aplicación con 0%, posiblemente por escurrimiento del herbicida por el exceso de rocío.

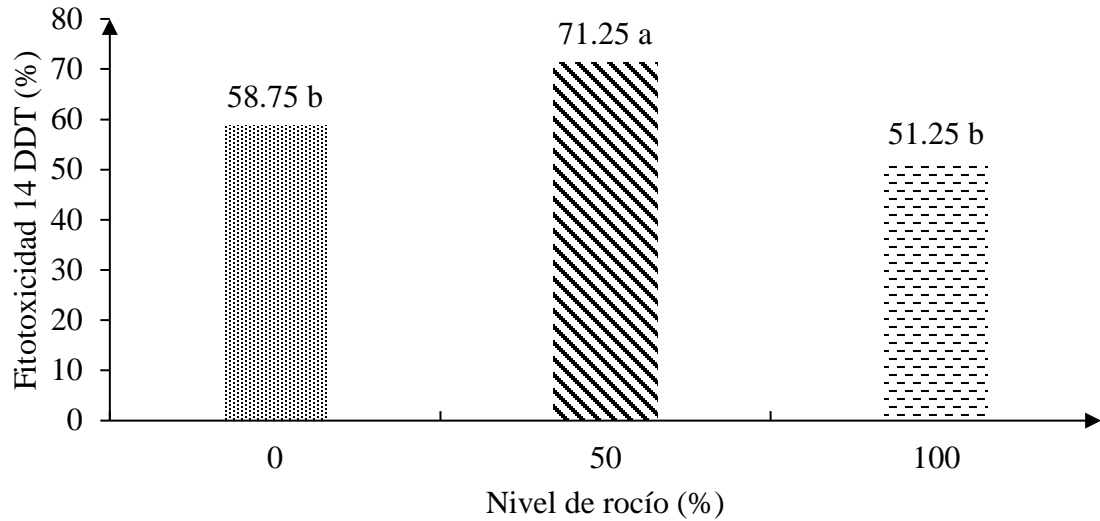


Figure 5. Fitotoxicidad de *Panicum dichotomiflorum* de 30 cm de altura, por asulam aplicado a 141 L/ha sobre tres niveles de rocío.

En el volumen de aplicación de 284 L/ha, el 50% de rocío disminuyó la eficacia del herbicida, presentando una menor fitotoxicidad a los 14 DDT (Figura 6). El rocío puede provocar el escurrimiento del herbicida al interceptar las gotas de la aplicación (Fausey y Rener 2001). Sin embargo, Kogan y Perez (2003), mencionan que la eficacia del glifosato puede aumentar con la presencia de rocío, debido a que el agua presente en la superficie de la hoja puede amortiguar el impacto de gotas grandes del herbicida.

Los resultados obtenidos en 284 L/ha coinciden con lo dicho por Kogan y Perez (2003), lo cual podría explicar la razón por la cual se obtuvo una alta fitotoxicidad con el 100% del rocío. Sin embargo, el 0% de rocío presentó la mayor fitotoxicidad entre los tratamientos, sin presentar diferencia significativa con el 100%. El 50% de rocío fue significativamente menor que el 0 y 100%, posiblemente por no ser suficiente agua en la superficie para amortiguar el impacto de las gotas.

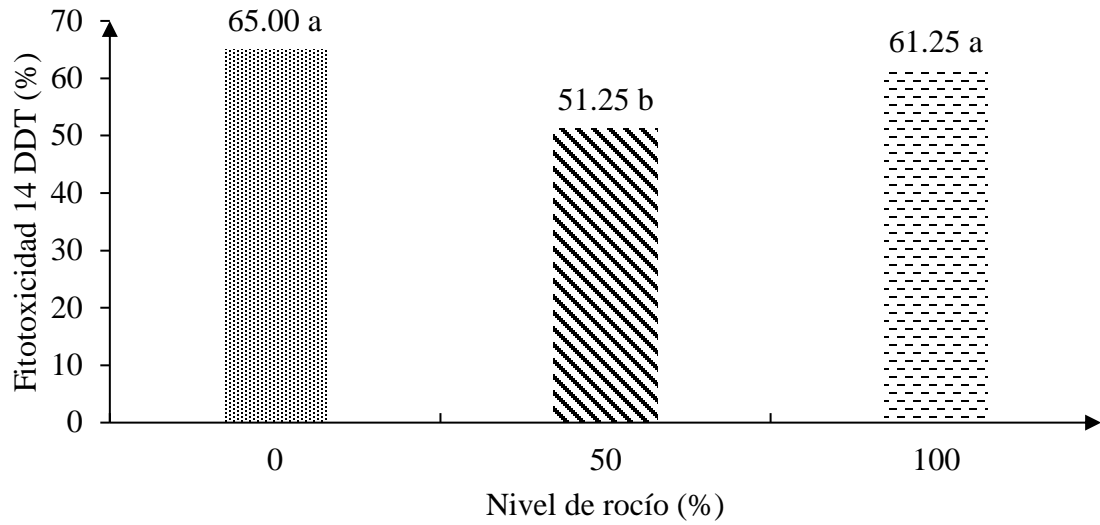


Figure 6. Fitotoxicidad de *Panicum dichotomiflorum* de 30 cm de altura, por asulam aplicado a 284 L/ha sobre tres niveles de rocío.

**Evaluación de rebrote.**

La probabilidad de supervivencia de *Panicum dichotomiflorum* fue de 0% en todos los tratamientos, mientras que las plantas sin tratar mostraron rebrote una semana después de cosechar la planta para la obtención del peso seco.

#### 4. CONCLUSIONES

- La dosis de asulam de 3.74 kg de i.a/ha no controló *Panicum dichotomiflorum* de 50 cm de altura en 28 días. Sin embargo, la misma dosis de asulam si controló *P. dichotomiflorum* de 30 cm de altura a los 28 días después de realizar la aplicación.
- Asulam aplicado a la dosis de 3.74 kg de i.a/ha presentó un mayor control de *P. dichotomiflorum* de 50 cm de altura cuando se utiliza 189 L/ha. En *P. dichotomiflorum* de 30 cm de altura el volumen más efectivo fue el de 141 L/ha.
- El efecto del rocío en la eficacia de asulam es muy variado y no fue un factor determinante en el control de *P. dichotomiflorum*, siendo más determinante el volumen de aplicación.
- Existe una interacción entre volumen y rocío en el peso seco en los volúmenes altos de aplicación, 189 y 284 L/ha, cuando se controla *P. dichotomiflorum* de 50 cm. Mientras en *P. dichotomiflorum* de 30 cm la interacción se presenta en la fitotoxicidad a los 14 DDT en los volúmenes 94, 141 y 284 L/ha.

## 5. RECOMENDACIONES

- Realizar una réplica del experimento con *Panicum dichotomiflorum*, con plantas de 50 cm de altura, para obtener el tiempo en que presentan fitotoxicidad.
- Realizar un experimento con *Panicum dichotomiflorum*, con plantas de 30 cm de altura y alturas menores con dosificaciones más bajas, para determinar cuál es la menor dosis que controla a los 28 días.
- Evaluar el efecto del rocío en la eficacia de la mezcla de asulam con Trifloxysulfuron.

## 6. LITERATURA CITADA

- Baucum LE, Rice R. W. 2009. An overview of Florida sugarcane. University of Florida. Gainesville, Florida (EDIS Publication SS-AGR-232); [consultado el 25 de feb. de 2019] <http://ufdc.ufl.edu/IR00003414/00001>.
- Caseley JC, Coupland D. 1985. Environmental and plant factors affecting glyphosate uptake, movement and activity. En E. Grossbard and D. Atkinson, eds. *The Herbicide Glyphosate*. London: Butterworth; [consultado el 27 de feb. de 2019] pp. 92–123.
- Duke SO. 1990. Overview of herbicide mechanisms of action. *Environmental Health Perspectives*; [consultado el 23 de feb. de 2019] 87: 265–271. <https://doi.org/10.1289/ehp.9087263>
- EPA, Environmental Protection Agency. 1995. Prevention, pesticides and toxic substances, Asulam (EPA-738-F-95-021); [consultado el 24 de feb. de 2019]. <https://archive.epa.gov/pesticides/reregistration/web/pdf/0265fact.pdf>.
- Fausey JC, Renner KA. 1997. Germination, emergence, and growth of giant foxtail (*Setaria faberi*) and fall panicum (*Panicum dichotomiflorum*). *Weed Science*; [consultado el 25 de feb. de 2019] 45(3):423–425. <https://doi.org/10.1017/S0043174500093097>.
- Fausey JC, Renner KA. 2001. Environmental effects on CGA-248757 and flumiclorac efficacy/soybean tolerance. *Weed Science*; [consultado el 12 de jun. de 2019] 23 (03):346–355. Doi:10.1614/wt-08-150.1.
- Fernandez JC, Odero DC, MacDonald GE, Ferrell JA, Sellers BA, Wilson PC. 2018. Differential response of fall panicum (*Panicum dichotomiflorum*) populations in Florida sugarcane to asulam. *Weed Technology*; [consultado el 24 de feb. 2019] 32:762–767. Doi: 10.11017/wet.2018.71.
- Heap I: The International Survey of Herbicide Resistant Weeds [Internet]; [consultado el 26 de feb. de 2019]. [www.weedscience.org](http://www.weedscience.org).
- Kogan M, Zuñiga M. 2001. Dew and spray volume effect on gluphosate efficacy. En *Weed Technology*; [consultado el 20 de feb. de 2019] 15:590–593. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2001\)015\[0590:DASVEO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2001)015[0590:DASVEO]2.0.CO;2).

- Kogan M, Pérez J. 2003. Herbicidas. Fundamentos fisiológicos y bioquímicos de acción. En Universidad Católica de Chile; [Consultado el 12/06/2019]. Primera edición: pp. 333.
- Martinson KB, Durgan BR, Gunsolus JL, Sothorn RB. 2005. Time of day of applicaion on glyphosate and glufosinate efficacy. *Crop Management*; [consultado el 24 de feb. de 2019]. Doi:10.1094/CM-2005-0718-02-RS.
- Odero DC, Shaner DL. 2014. Dissipaion of pendimethalin in organic soils in Florida. *Weed Technology*; [consultado el 25 de feb. de 2019]. 28(1):82–88. <https://doi.org/10.1614/WT-D-13-00096.1>.
- Odero DC, Duchrow M, Havranek N. 2016. Critical timing of Fall Panicum (*Panicum dichotomiflorum*) removal in sugarcane. *Weed Technology*; [consultado el 23 de feb. de 2019]. 30(1):13. <https://doi.org/10.1614/WT-D-15-00091.1>.
- Paul J, Pinter J. 1986. Effect of dew on canopy reflectance and temperature. *Remote Sensing of Environment*; [consultado el 25 de feb. de 2019]. 19(2):187–205. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(86\)90071-4](https://doi.org/10.1016/0034-4257(86)90071-4).
- Richard EP. 1991. Optimizing Diluent Volume Improves Johnsongrass Control in Sugarcane (*Saccharum* sp.) with Asulam. *Weed Technology*; [consultado el 28 de may. de 2019]. Vol. 5, No. 2. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00028244>
- Rott P, Odero DC, Beuzelin JM, Raid RN, VanWeelden M, Swanson S, Mossler M. 2018. Florida crop/pest profile: Sugarcane. University of Florida. Florida (PI-171); [consultado el 25 de feb. de 2019]. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/PI/PI20700.pdf>.
- USDA-NASS, U.S. Department of Agriculture-National Agricultural Statistics Service. 2018. Crop Production; [consultado el 24 de feb. de 2019]. <https://quickstats.nass.usda.gov/results/055823EC-56AB-3C83-8FAD-A2BA438BA6DB>.