



## EFICIENCIA Y RENTABILIDAD DEL CONTROL QUÍMICO DE MALEZAS EN EL CULTIVO MAÍZ †

### [EFFICIENCY AND PROFITABILITY OF CHEMICAL WEED CONTROL IN CORN CROP]

Cid Aguilar-Carpio\*, Immer Aguilar-Mariscal, André Aguilar-Carpio and Immer Aguilar-Carpio

IDAGRO S. de R. L. de C. V., Carretera Yautepec-Tlayacapan SN, Col. Puente Pantitlán, CP. 62545, Tlayacapan, Morelos, México. \*Email:

cid.aguilar.carpio@gmail.com

\*Corresponding author

#### SUMMARY

**Background:** Corn is one of the main crops in Mexico. The crop is affected by different pests such as weeds and high-cost inputs are required for its control. **Objective:** To determinate the efficiency of five post-emerging herbicides on the control of monocotyledonous and dicotyledonous weeds in a corn crop, as well as to identify the optimal economic herbicide. **Methodology:** The study was carried out in Cocula, Guerrero, Mexico under irrigation conditions. Treatments were: 1) Nicosulfurón + 2,4-D; 2) Nicosulfurón + atrazine; 3) Nicosulfurón + dicamba; 4) Rimsulfurón + 2,4-D; 5) Rimsulfurón + dicamba; 6) Rimsulfurón + atrazine and 7) Treatment without application. Sampling was performed 7, 15, 30 and 60 days after application. The variables evaluated were, weed number and control percentage. In addition, an economic analysis was carried out, depending on the grain yield obtained. **Results:** Application of nicosulfuron and rimsulfuron in mixture with 2,4-D, dicamba and atrazine archived control levels than or equal to 90% for 30 days on *Sorghum halepense* and *Panicum reptans* weeds. For *Melampodium divaricatum* and *Argythamnia neomexicana* nicosulfuron + dicamba and rimsulfuron + atrazina herbicides-controlled weeds for 30 days. *Kallstroemia maxima* weed, was controlled by 100% with the application of nicosulfuron + dicamba. As for the financial analysis, the greatest economic benefit was with the mixture of rimsulfuron with atrazine and 2,4-D. **Implications:** The mixture of rimsulfuron + 2,4-D is efficient on the weed control in corn crop, in addition to being the most economical. **Conclusion:** The application of nicosulfuron and rimsulfuron achieves the best control over monocotyledons and dicotyledons, the greater control was observed with the nicosulfuron +dicamba application, however, the rimsulfuron application with atrazine and 2,4-D generated the best profitability.

**Keywords:** Herbicide; gramineae; dicotyledonous.

#### RESUMEN

**Antecedentes:** El maíz es uno de los principales cultivos en México. El cultivo es afectado por diferentes plagas como las malezas y para su control se requieren de insumos de alto costo. **Objetivo:** Determinar la eficiencia de cinco herbicidas posemergentes sobre el control de malezas presentes en el cultivo de maíz, así como identificar el herbicida optimo económico. **Metodología:** El estudio se realizó en Cocula, Guerrero, México bajo condiciones de riego. Los tratamientos fueron: 1) Nicosulfurón + 2,4-D; 2) Nicosulfurón + atrazina; 3) Nicosulfurón + dicamba; 4) Rimsulfurón + 2,4-D; 5) Rimsulfurón + dicamba; 6) Rimsulfurón + atrazina y 7) Testigo sin aplicación. Los muestreos se realizaron a los 7, 15, 30 y 60 días después de la aplicación. Las variables evaluadas fueron, número de malezas y porcentaje de control. Además, se realizó un análisis económico, en función al rendimiento de grano obtenido. **Resultados:** Con las aplicaciones de nicosulfurón y rimsulfurón en mezcla con 2,4-D, dicamba y atrazina se lograron niveles de control mayor o igual al 90% por 30 días sobre las malezas *Sorghum halepense* y *Panicum reptans*. Para *Melampodium divaricatum* y *Argythamnia neomexicana*, los herbicidas nicosulfurón + dicamba y rimsulfurón + atrazina controlaron a las malezas por 30 días. La maleza *Kallstroemia maxima*, fue controlada en un 100% con la aplicación de nicosulfurón + dicamba. En cuanto al análisis financiero, el mayor beneficio económico fue con la mezcla de rimsulfurón con atrazina y 2,4-D. **Implicaciones:** La mezcla de rimsulfurón + 2,4-D es eficiente en el control de malezas en el cultivo de maíz, además de ser el más económico. **Conclusión:** La aplicación de nicosulfurón y rimsulfurón logran el mejor control sobre las monocotiledóneas y en las dicotiledóneas, el mayor control se observó con la aplicación de nicosulfurón + dicamba, sin embargo, la aplicación de rimsulfurón con atrazina y 2,4-D generó la mejor rentabilidad.

**Palabras claves:** Herbicida; gramínea; dicotiledóneas.

† Submitted January 24, 2021 – Accepted May 11, 2021. This work is licensed under a CC-BY 4.0 International License. ISSN: 1870-0462.

## INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los principales cultivos en México con una superficie de 7,143,102 ha, con una producción de 21,162,038 t de grano (SIAP, 2019). Está presente en la alimentación de los pobladores y en la producción ganadera, así como en el sector industrial, para la extracción de almidón, dextrina, azúcar, aceite, acetona y alcohol (De los Santos *et al.*, 2017). Más de la tercera parte de la tierra que se cultiva en México es destinada a la siembra de este cereal, debido a que representa la principal fuente de subsistencia (Aguilar *et al.*, 2016). Los principales estados productores de maíz del país son: Sinaloa, Jalisco, Guanajuato, Michoacán, Chihuahua, Estado de México, Veracruz, Puebla y Guerrero, en donde se producen 827,306 t de grano, con un rendimiento promedio de 2.7 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2019).

El maíz es un cultivo que durante su crecimiento y desarrollo puede ser afectado por diferentes plagas (malezas, insectos y hongos) limitantes, que inciden en el rendimiento de grano; entre estas plagas destacan las malezas que, si no se controlan oportuna y eficientemente, compiten con las plantas cultivadas por luz, agua, nutrientes y bióxido de carbono (Aguilar, 2003; Esqueda *et al.*, 2009), limitando el desarrollo y vigor de los cultivos, lo que ocasiona una menor capacidad para resistir las incidencias de insectos y patógenos (Rosales *et al.*, 2011). La implementación de labores culturales (barbecho, rastreo y surcado) por el productor ayuda a disminuir la población de malezas presentes en el cultivo, al inicio del ciclo agrícola; sin embargo, en la zona de estudio es común que los productores realicen aplicaciones de herbicidas preemergentes a la maleza y cultivo. En ocasiones, debido a la baja humedad del suelo al momento de la aplicación, a la desuniformidad de la misma o la calibración deficiente, el control de maleza es irregular, por lo que se requiere complementar el control con herbicidas selectivos posembrados, entre los que se encuentran nicosulfurón, que es un herbicida sistémico, selectivo a las variedades e híbridos de maíz, cuando se aplica en etapa V4 (4ta hoja) y V8 (8va hoja) se absorbe por la raíz y follaje, se transloca por el floema y el xilema hacia los tejidos meristemáticos (Liñán, 2003; Hansen *et al.*, 2013). Otras opciones para utilizar son el 2,4-D y la atrazina; el primero es un derivado clorado del ácido fenoxiacético, con actividad como regulador del crecimiento de las plantas, y que se utiliza como fitoregulator y como herbicida selectivo y sistémico (Liñán, 2003; Hansen *et al.*, 2013). A su vez, la Atrazina es un herbicida selectivo en los cultivos de maíz y sorgo; se aplica en pre y posemergencia al cultivo y maleza. El producto es absorbido por vía radicular, y en menor proporción por vía foliar; se transloca en sentido acrópeto por el xilema y se

acumula en los meristemos apicales y en las hojas impidiendo la fotosíntesis en la fase de absorción del CO<sub>2</sub> (Liñán, 2003; Hansen *et al.*, 2013).

Investigaciones realizadas en cultivos de maíz, trigo, sorgo y potreros, indican que aplicaciones posembradas de herbicidas hormonales como 2,4-D y MCPA, solos y en mezcla con atrazina, carfentrazone y acetoclor, controlan malezas de hoja ancha en un 90 % (Baghestani *et al.*, 2007; Lyon *et al.*, 2007; Esqueda *et al.*, 2009; Rosales *et al.*, 2011; Kamaiah *et al.*, 2014; Triveni *et al.*, 2017; Jaybhaye *et al.*, 2020). Al respecto, García y Mejía (2005) al aplicar las mezclas de nicosulfurón + atrazina y nicosulfurón + bentazon + MCPA en el cultivo de maíz, lograron un control superior al 90 % de *Sorghum verticilliflorum*, *Mimosa pudica*, *Amaranthus dubius* y *Aldama dentata*.

El uso de herbicidas posembrados a la maleza y el cultivo es necesario para lograr una adecuada producción de maíz; sin embargo, la escasa rentabilidad y conocimiento de herbicidas, puede repercutir en el incremento en los costos de producción (García y Delgado, 2019). Por lo anterior, es conveniente contar con alternativas para el control químico eficiente y rentable de malezas en el cultivo de maíz. Por ende, el objetivo del estudio fue determinar la eficiencia de cinco herbicidas posembrados en el control de malezas en el cultivo de maíz, así como identificar el tratamiento óptimo económico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una parcela perteneciente al municipio de Cocula, Gro., las coordenadas son 18° 15' 41.41" N y 99° 38' 55.57" O y una altitud de 635 m. De acuerdo con Gracia (2005), el clima pertenece al tipo Aw0 (w)(i) gw, el más seco de los climas subhúmedos con lluvias en verano y sin estación invernal definida; la temperatura media anual es 26 °C y la precipitación promedio anual es 797 mm.

El estudio consistió en evaluar en el cultivo de maíz, dos herbicidas posembrados del grupo químico de las sulfonilureas, que controlan malezas de hojas angostas, mezclados con herbicidas que controlan malezas de hojas anchas, con el fin de ampliar su espectro de control y lograr un control total. El maíz híbrido H-515 se sembró en enero de 2014 a una densidad de población de seis plantas por m<sup>2</sup>. El cultivo se fertilizó con la fórmula 150-100-00, la cual se dividió en dos aplicaciones de sulfato de amonio (20.5 % N) y superfosfato de calcio simple (18.5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) a los 15 y 35 días después de la siembra (dds). Se proporcionó un riego por gravedad cuatro días antes de la siembra; después se regó cada 10 días, con el fin

de mantener una humedad apropiada en el suelo para el desarrollo óptimo de las malezas y el cultivo. Siete tratamientos fueron evaluados (Tabla 1), utilizando la mezcla de nicosulfurón + 2,4-D como testigo regional; además se incluyó un testigo sin aplicación. Todos los tratamientos se aplicaron a los 23 dds, con un aspersor manual de 15 L de capacidad, provisto de una boquilla de abanico plano 8003, con un gasto de solución de 300 L ha<sup>-1</sup>.

**Tabla 1. Herbicidas aplicados en el cultivo de maíz.**

Tratamientos	Dosis (g i.a. ha <sup>-1</sup> )
1. Nicosulfurón + 2,4-D	37.5 + 479
2. Nicosulfurón + dicamba	37.5 + 240
3. Nicosulfurón + atrazina	37.5 + 1800
4. Rimsulfurón + 2,4-D	12.5 + 479
5. Rimsulfurón + dicamba	12.5 + 240
6. Rimsulfurón + atrazina	12.5 + 1800
7. Testigo sin aplicación	-

El diseño experimental fue en bloques completos al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones. Las unidades experimentales fueron 28, las cuales estuvieron formadas por cuatro surcos de 0.8 m de ancho y 6 m de largo (19.2 m<sup>2</sup>).

Antes de la aplicación de los herbicidas, se realizó un muestreo para determinar la densidad de población e identificar las especies de malezas predominantes en el cultivo, para lo cual se utilizó un cuadrante de 0.25 m<sup>2</sup>, que fue lanzado al azar dos veces en las parcelas tratadas. Los tratamientos se aplicaron sobre una población de malezas (mono y dicotiledóneas), los cuales presentaron un promedio de 15 a 20 cm de altura (23 dds). Los valores obtenidos de los cuadrantes fueron transformados para reportar los datos de la densidad de población en m<sup>2</sup>. La identificación de las malezas se realizó de acuerdo con los criterios establecidos por Espinosa y Sarukhán (1997) y Rzedowski y Rzedowski (2010).

La evaluación del efecto de los tratamientos sobre las principales especies de malezas se realizó a los 7, 15, 30 y 60 días después de la aplicación (dda). Se estimó el porcentaje de control de cada especie de maleza en forma visual, mediante la asignación de un valor dentro de la escala de 0 % (planta sin daño) a 100 % (planta muerta) (Champion, 2000).

A madurez fisiológica se determinó el rendimiento de grano (R, 10 % de humedad, kg ha<sup>-1</sup>) en el cultivo de maíz, en donde se cosecharon las mazorcas en 10 plantas y posteriormente se extrapola a rendimiento por hectárea (kg).

En las variables de densidad de población y porcentaje de control de las distintas especies de malezas se realizó el análisis de varianza con el programa Statistical Analysis System (SAS) versión 9.1. Previo a los análisis de varianza, los datos de porcentaje de control se realizó una transformación correspondiente  $\sqrt{X + 0.5}$ . El efecto de la transformación es incrementar la precisión con la cual se puede medir las diferencias entre medias pequeñas. Las variables que mostraron efecto significativo de los tratamientos se sometieron a la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Asimismo, se realizó un análisis económico para determinar la rentabilidad de cada tratamiento, tomando en cuenta el costo total (CT) y el ingreso total (IT), que sirvieron de base para determinar el ingreso neto (IN) y la ganancia por peso invertido (GPI); se utilizaron las siguientes ecuaciones (Bueno *et al.*, 2005):

Costo Total (CT). Es la suma de los costos fijos (CF) y variables (CV).

$$CT = (CF + CV)$$

Ingresos totales (IT) se deriva de la venta total del producto y se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$IT = Py Y$$

Dónde:  
Py= Precio del producto  
Y= Rendimiento por hectárea.

Ingreso neto (IN) es el monto en efectivo (ganancias) obtenido; se determina de la diferencia entre el Costo total (CT) y el ingreso total (IT).

$$IN = (IT - CT)$$

Ganancia por peso invertido (GPI, \$) permite determinar la rentabilidad de los tratamientos evaluados. Se obtiene dividiendo el Ingreso neto (IN) entre el Costo total (CT).

$$GPI = (IN / CT)$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Identificación y densidad de población de malezas

En el lote experimental se identificaron cinco especies de malezas, las más predominantes fueron: zacate Johnson [*Sorghum halepense* (L.) Pers.], con un promedio de 12 plantas por m<sup>2</sup> (27.3 %) y zacate conejo (*Panicum reptans* L.), con seis plantas por m<sup>2</sup> (13.6 %), ambas de la familia Poaceae, rosa amarilla [*Melampodium divaricatum* (Rich.) DC.] de la familia

Asteraceae, con siete plantas por m<sup>2</sup> (15.9 %), quesito (*Argythamnia neomexicana* Müll. Arg.) de la familia Euphorbiaceae, con siete plantas por m<sup>2</sup> (15.9 %) y verdolaga de marrano [*Kallstroemia maxima* (L.) Hook. & Arn.] de la familia Zygophyllaceae, con 12 plantas por m<sup>2</sup> (27.3 %). Lo anterior indica, que las especies de mayor predominancia fueron *S. halepense* y *K. maxima*, que en asociación ocupan más del 50 % de la superficie en el área de estudio; *S. halepense* tiende a diseminarse con mayor facilidad, por su propagación con semilla, así como por rizomas (Rzedowski y Rzedowski, 2010; Esqueda *et al.*, 2015). El análisis estadístico y prueba de comparación de medias no mostró diferencias significativas en las especies de malezas, lo que es un indicativo de que al inicio del estudio la densidad de población de cada especie de maleza era homogénea en todo el lote experimental (Tabla 2).

### Porcentaje de control

#### Zacate Johnson (*S. halepense*)

En la primera evaluación se observó que el tratamiento con rimsulfurón en mezcla con 2,4-D y atrazina logró

un control total sobre *S. halepense*, el cual se mantuvo hasta los 30 dda, lo cual es de esperarse, ya que las sulfonilureas son eficientes para el control de especies de gramíneas. Cobb y Reade (2010) mencionan que el rimsulfurón impide la reacción enzimática de la acetolactato sintasa (ALS), altera las síntesis de los aminoácidos esenciales isoleucina, leucina y valina, además de que detiene la división celular y crecimiento de la planta. Es importante señalar, que el mayor efecto de los herbicidas se registró a los 30 dda; sin embargo, en la evaluación a los 60 dda, rimsulfurón en mezcla con atrazina presentó el mejor control. Con respecto a nicosulfurón, a los 30 dda se logró el mayor control, el cual se mantuvo a los 60 dda con la aplicación de nicosulfurón en mezcla con 2,4-D y atrazina, tendencia similar a rimsulfurón. El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los tratamientos de herbicidas a los 30 y 60 dda (Tabla 3). Al respecto, Esqueda *et al.* (2015) observaron tendencias similares cuando aplicaron nicosulfurón a 40 y 60 g ha<sup>-1</sup> sobre *S. halepense* en el cultivo de arroz donde el control fue del 98.50 y 99.50 %, respectivamente.

**Tabla 2. Densidad de población de malezas (m<sup>2</sup>) en el cultivo de maíz.**

Tratamientos	<i>S. halepense</i>	<i>P. reptans</i>	<i>M. divaricatum</i>	<i>A. neomexicana</i>	<i>K. maxima</i>
Nicosulfurón + 2,4-D	14 a	2 a	3 a	7 a	9 a
Nicosulfurón + dicamba	18 a	3 a	7 a	5 a	16 a
Nicosulfurón + atrazina	9 a	8 a	13 a	11 a	12 a
Rimsulfurón + 2,4-D	8 a	3 a	6 a	8 a	16 a
Rimsulfurón + dicamba	18 a	2 a	3 a	6 a	11 a
Rimsulfurón + atrazina	12 a	10 a	9 a	8 a	9 a
Testigo sin aplicación	6 a	15 a	6 a	5 a	14 a
Tukey $\alpha=0.05$ (DMS)	20.1	21.6	16.8	9.0	24.0
CV (%)	69.9	149.7	107.7	54.4	81.7

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

**Tabla 3. Control de *Sorghum halepense* y *Panicum reptans* (%) en el cultivo de maíz con herbicidas posemergentes.**

Tratamientos	<i>Sorghum halepense</i>				<i>Panicum reptans</i>			
	7 dda	15 dda	30 dda	60 dda	7 dda	15 dda	30 dda	60 dda
T1. Nicosulfurón + 2,4-D	72 de	85 bc	90 a	90 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T2. Nicosulfurón + dicamba	70 e	80 c	90 a	85 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T3. Nicosulfurón + atrazina	80 cd	80 c	90 a	90 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T4. Rimsulfurón + 2,4-D	100 a	100 a	100 a	87 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T5. Rimsulfurón + dicamba	90 b	95 ab	95 a	88 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T6. Rimsulfurón + atrazina	87 bc	92 abc	100 a	97 a	100 a	100 a	100 a	100 a
T7. Testigo sin aplicación	0 f	0 d	0 b	0 b	0 b	0 b	0 b	0 b
Tukey $\alpha=0.05$ (DMS)	9.4	13.8	16.1	27.4	0.0	0.0	0.0	0.0
CV (%)	5.6	7.8	8.5	15.3	0.0	0.0	0.0	0.0

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

**Zacate de conejo (*P. reptans*)**

En todos los tratamientos con herbicidas se observó un control total de *P. reptans* desde los 7 dda, por lo que el análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre los tratamientos de herbicidas y entre fechas de muestreo (Tabla 3); esto posiblemente debido a la alta susceptibilidad de esta especie a las sulfonilureas al actuar sobre reacciones químicas que detienen el crecimiento de las monocotiledóneas (García y Delgado, 2019). Al respecto, García y Mejía (2005) en el cultivo de maíz, con la aplicación de nicosulfurón + atrazina obtuvieron un control del 100 % de *Sorghum verticilliflorum* a los 14 dda. Por su parte, en el cultivo de trigo, Khaliq *et al.* (2011) indicaron que el uso de iodosulfurón + mesosulfurón controló en 95 % sobre *Avena fava*, *Phalaris minor* y *Coronopus didymus* a los 74 dda.

**Rosa amarilla (*M. divaricatum*)**

En la Tabla 4, se observa que a los 7 dda, los tratamientos con herbicidas mostraron un control de esta especie mayor o igual a 82 %, sin haber diferencias estadísticas entre ellos; posteriormente a los 15 y 30 dda se observó un incremento en el control hasta alcanzar valores del 90 % o superiores. Por otro lado, se puede observar que nicosulfurón y rimsulfurón en mezcla con atrazina, a los 60 dda, seguían mostrando acción herbicida mayor o igual al 85 % sobre esta especie, posiblemente debido a la

residualidad de la atrazina. Los inhibidores de la fotosíntesis como la atrazina se utilizan para el control de malezas de hoja ancha y se caracterizan por ocasionar clorosis entre las nervaduras, que empieza en los márgenes de las hojas (Cobb y Reade, 2010). Cabe mencionar que, al hacer el análisis estadístico y la prueba de comparación de medias, los tratamientos con herbicidas no mostraron diferencias entre sí, ni en cada fecha de muestreo. En una investigación realizada por Triveni *et al.* (2017) en el cultivo de maíz, con la aplicación de tembotrione + atrazina obtuvieron controles del 93.6 % de malezas de hojas anchas y zacates, durante 40 días.

**Quesito (*A. neomexicana*)**

En la evaluación a los 7 dda se constató que nicosulfurón + dicamba y rimsulfurón + atrazina ejercieron un control mayor al 90 % de esta especie, el cual se incrementó a 100 % a los 30 dda, al igual que rimsulfurón en mezcla con 2,4-D. Lo anterior indica que *A. neomexicana* presentó susceptibilidad a los herbicidas hormonales, ya que la maleza mostró una malformación en las hojas y necrosis. Cabe señalar que, la mayor efectividad de los herbicidas se registró a los 30 dda, la cual disminuyó en la evaluación posterior. El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los tratamientos de herbicidas a los 30 y 60 dda (Tabla 5). En el cultivo de sorgo, Rosales *et al.* (2011) reportaron con la aplicación de dicamba y

**Tabla 4. Control de *Melampodium divaricatum* (%) en el cultivo de maíz con herbicidas postemergentes.**

Tratamientos	7 dda	15 dda	30 dda	60 dda
T1. Nicosulfurón + 2,4-D	85 a	92 a	90 a	80 b
T2. Nicosulfurón + dicamba	82 a	97 a	100 a	80 b
T3. Nicosulfurón + atrazina	90 a	95 a	90 a	85 ab
T4. Rimsulfurón + 2,4-D	87 a	100 a	95 a	80 b
T5. Rimsulfurón + dicamba	92 a	96 a	95 a	80 b
T6. Rimsulfurón + atrazina	92 a	100 a	100 a	90 a
T7. Testigo sin aplicación	0 b	0 b	0 b	0 c
Tukey $\alpha=0.05$ (DMS)	26.6	4.6	18.3	5.0
CV (%)	15.0	7.0	9.6	3.0

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

**Tabla 5. Control de *Argythamnia neomexicana* (%) en el cultivo de maíz, con herbicidas posemrgentes.**

Tratamientos	7 dda	15 dda	30 dda	60 dda
T1. Nicosulfurón + 2,4-D	55 b	80 b	85 a	41 a
T2. Nicosulfurón + dicamba	95 a	95 a	100 a	50 a
T3. Nicosulfurón + atrazina	80 a	80 b	96 a	60 a
T4. Rimsulfurón + 2,4-D	77 a	85 ab	100 a	30 a
T5. Rimsulfurón + dicamba	80 a	83 ab	82 a	52 a
T6. Rimsulfurón + atrazina	92 a	95 a	100 a	50 a
T7. Testigo sin aplicación	0 c	0 b	0 b	0 b
Tukey $\alpha=0.05$ (DMS)	20.2	14.6	18.3	24.7
CV (%)	12.6	8.4	9.7	24.4

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

**Tabla 6. Control de *Kallstroemia maxima* en el cultivo de maíz, con herbicidas posemergentes.**

Tratamientos	7 dda	15 dda	30 dda	60 dda
T1. Nicosulfurón + 2,4-D	86 a	100 a	82 a	60 b
T2. Nicosulfurón + dicamba	90 a	95 ab	100 a	80 ab
T3. Nicosulfurón + atrazina	80 a	82 b	96 a	94 a
T4. Rimsulfurón + 2,4-D	92 a	100 a	96 a	70 b
T5. Rimsulfurón + dicamba	80 a	86 ab	87 a	70 b
T6. Rimsulfurón + atrazina	87 a	92 ab	90 a	70 b
T7. Testigo sin aplicación	0 b	0 c	0 b	0 c
Tukey $\alpha=0.05$ (DMS)	16.6	14.9	18.8	22.8
CV (%)	9.6	8.0	10.2	15.4

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

**Tabla 7. Rendimiento (R), ingresos totales (IT), costos fijos (CF), costos variables (CV), costos totales (CT), ingresos netos (IN) y ganancia por peso invertido (GPI) en función a los tratamientos de herbicidas en el cultivo de maíz.**

Tratamientos	R (kg ha <sup>-1</sup> )	IT	CF	CV (\$)	CT	IN	GPI
Nicosulfurón + 2,4-D	6,920	34,600.00	16,973.00	1,170.00	18,143.00	16,457.00	0.91
Nicosulfurón + dicamba	6,650	33,250.00	16,973.00	1,320.00	18,293.00	14,957.00	0.82
Nicosulfurón + atrazina	6,829	34,145.00	16,973.00	1,200.00	18,173.00	15,972.00	0.88
Rimsulfurón + 2,4-D	6,842	34,210.00	16,973.00	425.00	17,498.00	16,712.00	0.96
Rimsulfurón + dicamba	6,600	33,000.00	16,973.00	575.00	17,648.00	15,352.00	0.87
Rimsulfurón + atrazina	6,866	34,330.00	16,973.00	455.00	17,528.00	16,802.00	0.96
Testigo sin aplicación	3,735	18,675.00	16,573.00	0.00	16,573.00	2,102.00	0.13

IT = R x precio por kg de maíz (\$5.00); CF = incluye costo de preparación del terreno, siembra, fertilización, riego, manejo de plagas y cosecha; CV = incluye el costo de los herbicidas.

2,4-D un control mayor al 90 %, sobre *Amaranthus palmeri* y *Helianthus annuus*, a los 45 dda. Al respecto, Lyon *et al.* (2007) observaron un control mayor al 90 % sobre malezas de hoja ancha con la aplicación de 2,4-D.

#### Verdolaga de marrano (*K. maxima*)

En el Tabla 6, se observa que en la evaluación a los 7 dda, nicosulfurón en mezcla con dicamba y rimsulfurón + 2,4-D efectuaron un control mayor o igual al 90 %; el control aumentó a los 15 dda época en la cual nicosulfurón y rimsulfurón en mezcla con 2,4-D eliminaron completamente a esta especie. 2,4-D al ser un herbicida hormonal inhibe el crecimiento de malezas de hoja ancha (dicotiledóneas), ya que alteran el balance hormonal de las plantas, al regular procesos como la división y elongación celular (Cobb y Reade, 2010). Es importante señalar, que el tratamiento de nicosulfurón + atrazina a pesar de que no proporcionó un control total desde los 30 dda, efectuó un control de más del 90 %, el cual se mantuvo hasta los 60 dda. Lo anterior se debe a que, la atrazina es un herbicida que se absorbe por las raíces y presenta una elevada persistencia en suelos arcillosos, por su alta capacidad de adsorción (González-Márquez y Hansen, 2009; Hansen *et al.*, 2013). En estudios, reportados por Jaybhaye *et al.* (2020) con la aplicación de

tembotrione + atrazina registraron un control del 84.99 % sobre malezas de hojas anchas y zacates en el cultivo de maíz, durante 40 días. Cabe mencionar que, al hacer el análisis estadístico y la prueba de comparación de medias, los tratamientos con herbicidas mostraron diferencias entre tratamientos y en cada fecha de muestreo.

#### Análisis económico

En el Tabla 7, se presenta la evaluación económica sobre la producción y comercialización del maíz en grano con respecto a la aplicación de diferentes herbicidas. El menor costo de producción se tuvo en el testigo sin aplicación, debido a que no se invirtió en la adquisición y aplicación de herbicidas; sin embargo, debido a la competencia que se originó por la presencia de malezas, el rendimiento del cultivo fue el más bajo. Con la aplicación de nicosulfurón + dicamba se observó el mayor gasto, esto debido a que el precio en el mercado de los herbicidas nicosulfurón y dicamba es más elevado a comparación con atrazina y 2,4-D. No obstante, el uso de rimsulfurón + atrazina y en mezcla con 2,4-D, además de mostrar un excelente control posemergente en las malezas, también fueron los que generaron el mejor ingreso neto y la mayor ganancia por peso invertido, lo que significa que es el más rentable al proporcionar una mejor ganancia para

el productor. El utilizar herbicidas posemergentes incrementa el costo de producción, por lo que el ingreso neto se puede ver afectado, al tener un alto costo total, sin embargo, el uso de herbicidas pre-emergentes es una alternativa que pudiera producir una mejor ganancia por peso invertido. Al respecto, Triveni *et al.* (2017) y Jaybhaye *et al.* (2020) reportaron una mayor ganancia por peso invertido en el cultivo de maíz, con la aplicación de tembotrione + atrazina en comparación al testigo sin aplicación.

### CONCLUSIONES

Nicosulfurón y rimsulfurón en mezcla con 2,4-D, dicamba y atrazina proporcionaron un control mayor o igual al 90 % de *S. halepense* y *P. reptans*, a los 30 dda en donde esta última alcanzó un 100 % a los 60 dda. Para el caso de *M. divaricatum* y *A. neomexicana*, los herbicidas nicosulfurón + dicamba y rimsulfurón + atrazina promovieron una eliminación total de las malezas por 30 días, en cuanto a *K. maxima*, la aplicación de nicosulfurón en mezcla con dicamba fue el único que generó un control del 100 % sobre esta maleza. Los tratamientos que proporcionaron la mayor ganancia por peso invertido fueron las mezcla de rimsulfurón con atrazina y 2,4-D.

### Agradecimientos

Este artículo es dedicado a la memoria del Ph. D. Immer Aguilar Mariscal y a la M. C. Teresa Rodríguez González, gracias por impulsar el conocimiento en el uso de herbicidas y manejo de malezas.

**Financiamiento.** El presente estudio se realizó con recursos personales y no se obtuvo apoyo externo.

**Conflicto de interés.** Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

**Cumplimiento de las normas éticas.** No aplica para esta investigación.

**Disponibilidad de datos.** Los datos están disponibles con Cid Aguilar Carpio, cid.aguilar.carpio@gmail.com, previa solicitud razonable.

### REFERENCIAS

Aguilar, C. A. 2003. Control pre emergente de malezas en maíz. Tesis de Licenciatura. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero CSAEGro. Iguala, Gro. 80 p.

Aguilar, C. C., Escalante, E. J. A. S., Aguilar, M. I., Mejía, C. J. A., Conde, M. V. F. y Trinidad, S. A. 2016. Eficiencia agronómica, rendimiento y rentabilidad de genotipos de maíz en función

del nitrógeno. Terra Latinoamericana. 34(4): 1-11.

Baghestani, M. A., Zand, E., Soufizadeh, S., Bagherani, N. y Deihimfard, R. 2007. Weed control and wheat (*Triticum aestivum* L.) yield under application of 2,4-D plus carfentrazone-ethyl and florasulam plus flumetsulam: Evaluation of the efficacy. Crop Protection. 26: 1759-1764.

Bueno, J. J. E., Alonso, L. A., Volke, H. V., Gallardo, L. F., Ojeda, R. M. M. y Mosqueda, V. R. 2005. Respuesta del papayo a la fertilización con nitrógeno, fosforo y potasio en un luvisol. Terra Latinoamericana. 23(3):409-415.

Champion, G. T. 2000. Bright and the field scale evaluations herbicides tolerant. G M Trials. AICC Newslwtter.

Cobb, H. A. y Reade, J. P. H. 2010. Herbicides and plant physiology. Second Edition. Wiley-Blackwell. 277 p.

De los Santos, R. M., Romero, R. T. y Bobadilla, S. E. 2017. Dinámica de la producción de maíz frijol en México de 1980 a 2014. Agronomía Mesoamericana. 28(2): 439-453.

Espinosa, F. J. y Sarukhán, J. 1997. Manual de Malezas del Valle de México. Claves, descripciones e ilustraciones. Universidad Nacional Autónoma de México.

Esqueda, E. V. A., Rosales, R. E. y Tosquy, V. O. H. 2009. Efectividad de aminopyralid + 2,4-D sobre cuatro especies de malezas en pastizales tropicales. Agronomía Mesoamericana. 20(1): 71-79.

Esqueda, E. V. A., Uresti, D. D. y Hernández, A. L. 2015. Alternativas al fenoxaprop-etil para el control del zacate johnson (*Sorghum halepense*) en arroz de riego. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 2(6): 317-325.

García, de la O. y Delgado, R. M. 2019. Efectividad del herbicida Nicosulfuron en el control de malezas en maíz. Revista Infociencia. 21(3): 1-13.

García, E. 2005. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)-Instituto de Geografía. 4ta Edición. 217 p.

García, M. P. y Mejía, J. 2005. Control químico de malezas en maíz en un sistema de siembra directa. Agronomía Tropical. 55(3): 363-380.

González-Márquez L. C. y Hansen A. M. 2009. Adsorción y mineralización de atrazina y relación con parámetros de suelo del DR 063

- Guasave, Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias geológicas*. 26(3): 587-599.
- Hansen, M. A., Treviño, Q. L. G., Márquez, P. H., Villada, C. M., González, M. L. C., Guillén, G. R. A. y Hernández, A. A. 2013. Atrazina: Un herbicida polémico. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 29(Especial): 65-84.
- Jaybhaye, J., Kakade, S. U., Desmukh, J. P., Thakare, S. S. and Solanke, M. S. 2020. Effect of pre and postemergence herbicides on weed, productivity and profitability of maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 9(5): 2797-2805.
- Kamaiah, I., Aravind, K. B. N. and Ramesh, B. 2014. Efficacy of tank herbicides for weed control in maize. *Trends in Biosciences*. 7(14): 1835-1838.
- Khaliq, A., Matloob, A., Tanveer, A., Areeb, A., Aslam, F. and Abbas, N. 2011. Reduced doses of a sulfonylurea herbicide for weed management in wheat fields of Punjab, Pakistan. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 71(3): 424-429.
- Liñán, V. C. 2003. *Farmacología Vegetal*. 3ª edición. Editorial Agrotécnicas S. L. 1270 p.
- Lyon, D. J., Kniss, A. y Miller, D. 2007. Carfentrazone improves broadleaf weed control in proso and foxtail millets. *Weed Technology*. 21: 84-87.
- Martínez, G. A. 2005. *Experimentación agrícola. Métodos estadísticos*. Primera reimpression. Universidad Autónoma Chapingo. 380 p.
- Rosales, R. E., Sánchez-de la Cruz, R. y Cerda-García, P. A. 2011. Control químico de malezas de hoja ancha en sorgo para grano. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 34(4): 269-275.
- Rzedowski, G. C. de y Rzedowski, J. 2010. *Flora fanerogámica del Valle de México*. 1er Edición digital. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Sistema de Información Agropecuaria (SIAP). 2019. *Sistema de Información Agropecuaria de Consulta*. SAGARPA. México. Disponible en: [http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar\\_comanuar.html](http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comanuar.html) (Revisado: 12 de enero de 2019).
- Triveni, U., Sandhya, R. Y., Patro, T. S. S. K. and Bharathalakshmi, M. 2017. Effect of different pre- and post-emergence herbicides on weed control, productivity, and economics of maize. *Indian Journal of Weed Science*. 49(3): 231-235.