

EVALUACIÓN DE HERBICIDAS RESIDUALES PARA EL CONTROL DE MALEZAS EN GUANÁBANA (*Annona muricata* L.)

V. A. Esqueda-Esquivel¹; X. Rosas-González;
E. N. Becerra-Leor

Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP. km 34 carretera Veracruz-Córdoba,
municipio Medellín de Bravo, Ver. MÉXICO.
Correo-e: esqueda.valentin@inifap.gob.mx (¹Autor responsable)

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de herbicidas residuales y no residuales en el control de malezas en una plantación de guanábana (*Annona muricata* L.), establecida en marco real a una distancia de 5 m, en Los Ídolos, municipio de Actopan, Ver.

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar, con cuatro repeticiones. Las parcelas experimentales tuvieron una superficie de 5 x 5 m en cuyo centro se encontraba un árbol de guanábana.

Se evaluaron 12 tratamientos (diurón + hexazinona a 1.09 + 0.14, 1.63 + 0.20, 0.87 + 0.33 y 1.31 + 0.49 kg i.a.-ha⁻¹, diurón + paraquat a 0.20 + 0.40 y 0.30 + 0.60 kg i.a.-ha⁻¹, oxifluorfen + glifosato a 0.48 + 0.71 kg i.a.-ha⁻¹, oxifluorfen + paraquat a 0.48 + 0.40 kg i.a.-ha⁻¹, paraquat a 0.40 kg i.a.-ha⁻¹, glifosato a 0.71 kg i.a.-ha⁻¹, glufosinato de amonio a 0.30 kg i.a.-ha⁻¹ y un testigo sin aplicar).

La especie de maleza dominante fue el zacate pata de gallo chica [*Dactyloctenium aegyptium* (L.) P. Beauv.], y también estuvieron presentes 10 especies de malezas de hoja ancha. El control de malezas se evaluó a los 15, 30, 60 y 90 días después de la aplicación (DDA), el peso seco de las malezas fue cuantificado a los 90 DDA.

Se encontró que diurón + paraquat a 0.30 + 0.60 kg i.a.-ha⁻¹ fue el tratamiento con el mayor control de *D. aegyptium*. Las malezas de hoja ancha fueron controladas eficientemente con diurón + hexazinona a 1.63 + 0.20, 0.87 + 0.33 y 1.31 + 0.49 kg i.a.-ha⁻¹. La producción de biomasa de las malezas fue menor al aplicar herbicidas residuales que no residuales.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Dactyloctenium aegyptium*, malezas de hoja ancha, peso seco malezas, pesticidas.

ASSESSMENT OF WEED CONTROL BY RESIDUAL HERBICIDES IN A SOURSOP PLANTATION

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effect of residual and non residual herbicides on weed control in a soursop (*Annona muricata* L.) plantation established in a square system at Los Idolos, Actopan, Ver. The randomized complete block design with four replications was used. The experimental plots had a 5 x 5 m area, each with one soursop tree in the center. Twelve treatments were evaluated (diuron + hexazinone at 1.09 + 0.14, 1.63 + 0.20, 0.87 + 0.33 and 1.31 + 0.49 kg a.i.-ha⁻¹, diuron + paraquat at 0.20 + 0.40 and 0.30 + 0.60 kg a.i.-ha⁻¹, oxyfluorfen + glyphosate at 0.48 + 0.71 kg a.i.-ha⁻¹, oxyfluorfen + paraquat at 0.48 + 0.40 kg a.i.-ha⁻¹, paraquat at 0.40 kg a.i.-ha⁻¹, glyphosate at 0.71 kg a.i.-ha⁻¹, glufosinate at 0.30 kg a.i.-ha⁻¹ and a weedy check). The dominant weed species was crowfoot grass [*Dactyloctenium aegyptium* (L.) P. Beauv.], 10 broadleaf weed species were also present. Weed control was evaluated at 15, 30, 60 and 90 days after application (DAA), and dry weed weight was quantified at 90 DAA. It was found that diuron + paraquat at 0.30 + 0.60 kg a.i.-ha⁻¹ was the treatment with the highest control of *D. aegyptium*. Broadleaf weeds were efficiently controlled with diuron + hexazinone at 1.63 + 0.20, 0.87 + 0.33 and 1.31 + 0.49 kg a.i.-ha⁻¹. Weed biomass production was lower with residual herbicides than with non-residual herbicides.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Dactyloctenium aegyptium*, broadleaf weeds, dry weight of weeds, pesticides.

INTRODUCCIÓN

En México existen cerca de 6,000 ha plantadas con guanábana (*Annona muricata* L.), las cuales se localizan principalmente en los estados de Nayarit, Colima, Veracruz, Sinaloa, Campeche, Michoacán, Guerrero y Oaxaca (Vidal y Nieto, 1997). En el estado de Veracruz se tiene una superficie de 750 ha sembradas con este frutal (Cruz *et al.*, 2002), conformada principalmente por plantaciones de 1 a 2 ha, dentro de los municipios de Actopan, Puente Nacional, Comapa y Vega de Alatorre. Las plantaciones de guanábana se encuentran en zonas de medio y bajo potencial productivo, y el nivel tecnológico de las prácticas culturales que se realiza es muy bajo (Rosas *et al.*, 2008).

Uno de los factores que afectan la productividad de las plantaciones, es la competencia que le ocasionan las malezas por agua, luz y nutrimentos, por lo que al establecer una plantación de frutales, es necesario organizar un programa eficiente de control de malezas, ya que de otra manera, los árboles pequeños pueden ser severamente afectados en su desarrollo o incluso eliminados, por la competencia con éstas (Cayón y Lozada, 1992; Alemán, 2004a; Ronchi *et al.*, 2008). Además, en las plantaciones de guanábana, las altas poblaciones de malezas aumentan la incidencia de antracnosis (Hernández *et al.*, 1990), por lo tanto es importante efectuar el control de éstas para reducir el riesgo de problemas fitosanitarios y poder aprovechar al máximo los abonos minerales y orgánicos y la humedad del suelo por la lluvia o el riego (Bogantes y Agüero, 1998; Garro, 2002; Hassan y Ahmed, 2007).

La manera tradicional para controlar las malezas en las plantaciones de guanábana en el estado de Veracruz, es mediante chapeo con machete o con chapeadora mecánica. Esta práctica debe hacerse con cuidado, para no ocasionar daños a las raíces o troncos de los árboles, ya que pueden favorecer el ataque de patógenos (Hernández *et al.*, 1990; MAG, 1991). También se utilizan herbicidas como el paraquat y el glifosato, que se recomiendan para el control químico de las malezas en plantaciones de diversos frutales tropicales (Curti *et al.*, 2000; Pinilla y García, 2002).

El paraquat controla malezas anuales (Hess, 2000), mientras que el glifosato puede utilizarse para controlar tanto malezas anuales, como perennes (Jordan *et al.*, 1997; Norris *et al.*, 2001). Ambos herbicidas sólo tienen efecto postemergente, por lo que dependiendo principalmente del grado de infestación en la plantación y la humedad del suelo, tienen que utilizarse en más de una ocasión para controlar las malezas que emergen después de su aplicación (WSSA, 2002). Para obtener un mayor período de control, se deben aplicar en mezcla con herbicidas residuales (De Amarante *et al.*, 2002; Martínez *et al.*, 2004).

Para el control de malezas en guanábana, en Costa Rica, se recomiendan herbicidas residuales como ametrina,

diurón, terbutilazina y oxifluorfen en mezcla con paraquat y glifosato, con lo que se obtienen períodos de control de malezas más amplios que con los herbicidas no residuales o los chapeos (Elizondo, 1989; Hernández *et al.*, 1990; MAG, 1991). En Brasil, se utilizan principalmente glifosato, paraquat, diurón, oxifluorfen y la mezcla de diurón + paraquat (São José *et al.*, 1999).

Otro herbicida no residual que se utiliza en cultivos frutales e industriales tropicales es el glufosinato (Pinilla y García, 2002; Wibawa *et al.*, 2007; Agüero-Alvarado *et al.*, 2008), el cual pudiera utilizarse en el control de malezas en las plantaciones de guanábana.

En México, no existen antecedentes registrados de evaluaciones de herbicidas residuales en plantaciones de guanábana. Se considera que al aplicar este tipo de herbicidas, podría obtenerse un control más eficiente que el obtenido con los herbicidas que no tienen efecto residual y podría reducirse el costo que implica el control de malezas mediante chapeos. Por lo anterior, se realizó este estudio con el objetivo de comparar la efectividad de herbicidas residuales y no residuales sobre el control de malezas de una plantación de guanábana en el centro del estado de Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en una plantación de 17 años de edad, seleccionada por tener diversidad de malezas, representativa de las plantaciones de guanábana del centro del estado de Veracruz.

La plantación se localiza en Los Ídolos, municipio de Actopan, Veracruz a una altitud de 110 m. La textura del suelo es migajón arenoso con pH de 6.9, materia orgánica de mediana a pobre, nitrógeno de mediano a pobre, fósforo extremadamente rico y potasio alto. La plantación se encuentra ubicada en terreno plano y los árboles están distribuidos en marco real, a una distancia de 5 x 5 m.

Se evaluaron 12 tratamientos, conformados por los herbicidas residuales: diurón (3-(3,4-diclorofenil)-1,1-dimetilurea), hexazinona (3-ciclohexil-6-(dimetilamino)-1-metil-1,3,5-triazina-2,4(1H,3H)-diona) y oxifluorfen (2-cloro-1-(3-ethoxi-4-nitrofenoxi)-4-(trifluorometil benceno) y los herbicidas de contacto o sistémicos: paraquat (1,1'-dimetil-(4,4'-bipiridinium), glifosato (N-(fosfonometil) glicina) y glufosinato (ácido 2-amino-4-(hidroximetilfosfinil) butanoico) (Thomson, 1993), más un testigo sin aplicar. Algunos herbicidas se aplicaron solos y otros en mezcla como se indica en el Cuadro 1.

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Las parcelas experimentales se constituyeron por un área de 5 x 5 m (25 m²), en cuyo centro se encontraba un árbol de guanábana.

CUADRO 1. Descripción de tratamientos del experimento para evaluar herbicidas residuales y no residuales en guanábana, en Los Ídolos, municipio de Actopan, Ver.

Tratamientos	Dosis (kg·ha ⁻¹)
1. Diurón + hexazinona	1.09 + 0.14
2. Diurón + hexazinona	1.63 + 0.20
3. Diurón + hexazinona	0.87 + 0.33
4. Diurón + hexazinona	1.31 + 0.49
5. Diurón + paraquat	0.20 + 0.40
6. Diurón + paraquat	0.30 + 0.60
7. Oxifluorfen + glifosato	0.48 + 0.71
8. Oxifluorfen + paraquat	0.48 + 0.40
9. Paraquat	0.40
10. Glifosato	0.71
11. Glufosinato	0.30
12. Testigo	-

Los tratamientos del 1 al 6 son mezclas formuladas de fábrica, mientras que los tratamientos 7 y 8 son mezclas de tanque.

Los herbicidas se aplicaron con una aspersora motorizada de mochila el 8 de agosto de 2003. Al momento de la aplicación, las malezas estaban en etapa de floración y su altura variaba entre 30 y 50 cm.

Antes de la aplicación de herbicidas se determinó la densidad de población de malezas por especie. Se contaron todas las plantas de malezas en los 25 m² de cada una de las cuatro parcelas del tratamiento sin aplicación. Posteriormente se obtuvieron los promedios de cada especie y se realizaron las transformaciones para determinar la población correspondiente por hectárea. Se colectaron tres ejemplares de cada una de las especies presentes, y se identificaron por comparación con ejemplares de la colección de malezas herborizadas del Campo Experimental Cotaxtla, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Se realizaron evaluaciones visuales de control de malezas, como una metodología práctica, confiable y muy utilizada, que consiste en estimar visualmente la cobertura de las diferentes especies de malezas y asignarle un valor en una escala determinada (Burrill *et al.*, 1976; Tasistro, 2000; Alemán, 2004b).

Las evaluaciones se efectuaron a los 15, 30, 60 y 90 días después de la aplicación (DDA), cubriendo el período de lluvias, en el cual se tienen los problemas más fuertes de malezas. Se evaluó individualmente el control de la especie de maleza gramínea dominante, mientras que las especies de hoja ancha fueron evaluadas como grupo. Se utilizó la escala de 0 a 100 %, en donde 0 significó que la maleza no fue afectada y 100, que fue completamente destruida (Frans *et al.*, 1986).

Para determinar el efecto de los herbicidas en la producción de biomasa de las malezas, a los 90 DDA, se cortó la parte aérea de las malezas contenidas en el interior de un cuadro de 1 x 1 m, lanzado al azar en cada una de las parcelas experimentales como lo indican Tasistro (2000) y Alemán (2004b). Posteriormente, las malezas se colocaron en una estufa de secado a 60 °C, por cinco días, y se cuantificó su peso seco.

Debido a que los datos del porcentaje ocasionan diferentes varianzas, si las medias son diferentes, se necesita realizar una transformación de los datos para cumplir con los criterios de homogeneidad de dichas varianzas (Frans *et al.*, 1986). Por esta razón, los datos de control de malezas fueron transformados a su valor de arcoseno, como lo recomiendan Gomez y Gomez (1984) y Alemán (2004b). Los análisis de varianza se realizaron con los datos transformados de acuerdo al diseño estadístico bloques al azar, y como prueba de separación de medias se utilizó DMS 0.05. En ambos casos se utilizó el Programa de Diseños Experimentales de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León versión 2.5 (Olivares, 1994).

Por motivos de claridad, en el apartado de Resultados y Discusión se presentan los promedios de los datos no transformados, aunque se mantienen las DMS de los datos transformados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación y densidad de población de malezas

En el lote experimental se encontraron 11 especies de malezas pertenecientes a seis familias botánicas, cuya densidad de población total fue equivalente a 55,400 plantas·ha⁻¹ (Cuadro 2).

La especie dominante, fue el zacate pata de gallo chica [*Dactyloctenium aegyptium* (L.) P. Beauv.], una gramínea anual, considerada dentro de las 20 malezas más ampliamente distribuidas en el mundo (Holm *et al.*, 1979; Sharma y Chivinge, 1982). La densidad de población de esta especie fue equivalente a 40,000 plantas·ha⁻¹, que representaba el 72.2 % de la población total de malezas. Las otras 10 especies presentes fueron malezas de hoja ancha de las familias Euphorbiaceae, Asteraceae, Verbenaceae, Malvaceae y Cucurbitaceae, que normalmente se encuentran en las zonas tropicales de México (Villaseñor y Espinosa, 1998).

Control de *D. aegyptium*

A los 15 DDA se tuvo un control total de *D. aegyptium* con la mezcla de diurón + paraquat a la dosis de 0.30 + 0.60 kg·ha⁻¹, el cual fue estadísticamente semejante al

CUADRO 2. Densidad de población de malezas presentes en el experimento para evaluar herbicidas residuales y no residuales en guanábana, en Los Ídolos, municipio de Actopan, Ver.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Plantas-ha ⁻¹
Pata de gallo chica	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) P. Beauv.	Poaceae	40,000
Golondrina	<i>Chamaesyce hypericifolia</i> (L.) Millsp.	Euphorbiaceae	4,300
Gusanillo	<i>Acalypha alopecuroides</i> Jacq.	Euphorbiaceae	2,200
Mozote blanco	<i>Bidens pilosa</i> L.	Asteraceae	2,100
Pegarropa	<i>Priva lappulacea</i> (L.) Pers.	Verbenaceae	1,800
Escobilla	<i>Sida acuta</i> Burm. f.	Malvaceae	1,500
Flor amarilla	<i>Melampodium divaricatum</i> (Rich.) DC.	Asteraceae	1,200
Lechosa	<i>Chamaesyce hirta</i> (L.) Millsp.	Euphorbiaceae	1,000
Leche de sapo	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Euphorbiaceae	500
Hierba amargosa	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	Asteraceae	400
Cundeamor	<i>Momordica charantia</i> L.	Cucurbitaceae	400

obtenido con la dosis de $0.20 + 0.40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de la misma mezcla. A su vez, las mezclas de diurón + hexazinona a $1.31 + 0.49 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ y oxifluorfen + paraquat, tuvieron control semejante a los de la dosis baja de diurón + paraquat. La mezcla de diurón + hexazinona a $0.87 + 0.33 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ y el tratamiento de paraquat sólo tuvieron control en el rango de entre 90 y 95 %, mientras que en el resto de los tratamientos, el control fue menor de 90 %, siendo la mezcla de diurón + hexazinona a $1.09 + 0.14 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, el tratamiento químico que ofreció el control más bajo, aunque estadísticamente fue similar al obtenido con glufosinato.

A los 30 DDA, el mejor control de este zacate (97 %) se obtuvo nuevamente con la mezcla de diurón + paraquat en dosis de $0.30 + 0.60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, aunque éste fue semejante al que se tuvo con la misma mezcla a $0.20 + 0.40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ y con oxifluorfen + paraquat. La mezcla de diurón + paraquat a la dosis más alta fue el único tratamiento que mantuvo controles superiores a 90 % hasta los 90 DDA.

El control obtenido con las mezclas de diurón + hexazinona fue mayor conforme se incrementó la dosis de esta última, lo que ha sido indicado anteriormente por Thomson (1993), no observándose esta tendencia con el diurón. Con esta mezcla el control fue de 90 % hasta los 30 DDA y 60 DDA, con las dosis de $0.87 + 0.33 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ y $1.31 + 0.49 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, respectivamente, y fue superior a 80 % a los 90 DDA, mientras que con las dosis de $1.09 + 0.14$ y $1.63 + 0.20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, el control a los 90 DDA fue de 50 y 73 %, respectivamente. En todas las fechas de evaluación, el control obtenido con la mezcla de oxifluorfen + paraquat, fue estadísticamente superior al de oxifluorfen + glifosato.

De los herbicidas no residuales, paraquat mostró efecto inicial similar al de glufosinato y mayor al de glifosato, sin embargo, a los 30 y 60 DDA, con los tres herbicidas se tenía un control semejante de *D. aegyptium*, mientras el control de glifosato era superior a 70 %, a los 90 DDA, los controles con glufosinato y paraquat, eran 17 y 30 %

menores, respectivamente (Cuadro 3). La mayor eficiencia del glifosato sobre el paraquat, también ha sido indicada por Jordan *et al.* (2001) y Wibawa *et al.* (2007), en malezas de algodón y palma africana, respectivamente. Tanto el glufosinato como el paraquat ocasionan necrosis a las pocas horas de su aplicación y prácticamente no se translocan, lo que permite el rebrote de las malezas, que por su desarrollo no son cubiertas completamente con la solución herbicida aplicada (Maschhoff *et al.*, 2000; Buker *et al.*, 2002; Corbett *et al.*, 2004). A su vez, el glifosato, al ser un herbicida sistémico, puede controlar malezas con mayor desarrollo, aunque el cubrimiento no sea total y debido a su acción relativamente lenta, el control obtenido a los pocos días de su aplicación es menor a la de los herbicidas de contacto, aunque el de estos últimos disminuye más rápidamente (Jordan *et al.*, 1997; Esqueda, 2004).

De acuerdo a los resultados, se obtiene un control más eficiente de este zacate al aplicar el paraquat en mezcla con diurón y oxifluorfen, que al aplicarlo solo, lo que concuerda con lo reportado por Londoño (1983) en el cultivo de plátano. Sin embargo, la mezcla de oxifluorfen + glifosato ofreció menor control en *D. aegyptium* que el glifosato solo. Con relación a lo anterior, diversos estudios encontraron que el oxifluorfen redujo el efecto del glifosato en *Cyperus esculentus* (Pereira y Crabtree, 1986) y *Festuca arundinacea* (Weller y Carpenter, 1980). Además, Starke y Oliver (1998), señalaron que el fomesafén, un herbicida difenil éter, de la misma familia química que el oxifluorfen, ocasionó reducción en el control de *Echinochloa crus-galli* por el glifosato.

Control de las malezas de hoja ancha

El mejor control inicial del grupo de malezas de hoja ancha, se obtuvo con la aplicación de glufosinato y con las cuatro mezclas de diurón + hexazinona, tratamientos cuyos valores de control fluctuaron entre 93 y 99 %. Sin embargo, al ser el glufosinato un herbicida no residual, su efecto se

CUADRO 3. Control de *D. aegyptium* en diferentes días después de la aplicación (DDA), en el experimento para evaluar herbicidas residuales y no residuales en guanábana, en Los Ídolos, municipio de Actopan, Ver.

Tratamiento (kg·ha ⁻¹)	Control (%)			
	15 DDA	30 DDA	60 DDA	90 DDA
Diurón + hexazinona (1.09 + 0.14)	78 f ²	68 d	63 e	50 d
Diurón + hexazinona (1.63 + 0.20)	88 de	80 c	76 cd	73 bc
Diurón + hexazinona (0.87 + 0.33)	93 cd	90 b	86 abc	84 ab
Diurón + hexazinona (1.31 + 0.49)	97 bc	90 b	90 ab	87 ab
Diurón + paraquat (0.20 + 0.40)	99 ab	93 ab	84 bc	73 bc
Diurón + paraquat (0.30 + 0.60)	100 a	97 a	93 a	91 a
Oxifluorfen + glifosato (0.48 + 0.71)	88 de	79 c	71 de	58 cd
Oxifluorfen + paraquat (0.48 + 0.40)	97 bc	92 ab	85 abc	84 ab
Paraquat (0.40)	90 d	79 c	64 de	43 d
Glifosato (0.71)	80 ef	80 c	76 cd	73 bc
Glufosinato (0.30)	88 de	70 cd	68 de	56 cd
Testigo sin aplicar	0 g	0 e	0 f	0 e
DMS	6.3082	7.0729	8.5762	10.4334
CV (%)	6.47	7.99	10.36	13.72

²Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de DMS a una $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

redujo significativamente hasta terminar con un control de alrededor de 70 %, mientras que con las tres mezclas de diurón + hexazinona con mayor dosis de este último herbicida, el control de las malezas de hoja ancha a los 90 DDA, era de alrededor de 90 %.

Con la mezcla de diurón + paraquat, se tuvo un control inicial de las malezas de hoja ancha cercano a 90 %, el cual se redujo paulatinamente para terminar en 55 y 70 %, con la dosis baja y alta, respectivamente. Sin embargo, esta mezcla mostró controles superiores a los del paraquat solo, que fue el herbicida con el efecto más deficiente, ya que su máximo control fue solamente de 74 %, y éste se redujo a sólo 25 % a los 90 DDA. La mayor efectividad en el control de malezas de hoja ancha de la mezcla de diurón + paraquat sobre el paraquat solo, también ha sido mencionada por Culpepper *et al.* (2005).

Al comparar estos resultados con los obtenidos en el control de *D. aegyptium*, se puede establecer que esta mezcla es más eficiente para controlar malezas gramíneas, que especies de hoja ancha, lo que ha sido señalado anteriormente por Doty y Malo (1977) en malezas de plantaciones de aguacate.

El control obtenido con las mezclas de oxifluorfen + glifosato y oxifluorfen + paraquat fue semejante a los 15 DDA, pero a partir de los 30 DDA, se observó una fuerte reducción en la actividad de la primera de estas mezclas, que a los 90 DDA, mostraba un control menor a 50 %; esta tendencia también fue observada en el control de *D. aegyptium*, lo que refuerza la posibilidad de un antagonismo en la mezcla de tanque de el oxifluorfen y glifosato, ya que

el control con glifosato solo tuvo una tendencia a ser mayor a partir de los 30 DDA.

El antagonismo al mezclar pesticidas es hasta cierto punto común, y que puede ser ocasionado por la dosis, modo de acción y formulación de los herbicidas, la época de aplicación, las especies de malezas y su estado de crecimiento, y el medio ambiente (Green, 1989). El control de glifosato a los 15 DDA fue de 85 %, y se redujo más de 20 % entre la primera y última fecha de evaluación (Cuadro 4).

Producción de biomasa de malezas

La mayor cantidad de biomasa seca de malezas se produjo en las parcelas del tratamiento sin aplicación, el cual superó significativamente al resto de los tratamientos. Con la aplicación de los tratamientos herbicidas se tuvo una reducción del peso seco de malezas de entre 51.7 y 84.4 %. Los herbicidas no residuales como el paraquat, glifosato y glufosinato, fueron los tratamientos con menor reducción del peso seco de las malezas, junto con la mezcla de oxifluorfen + glifosato y las dosis menores de las mezclas de diurón + paraquat y diurón + hexazinona. A su vez, la menor producción de biomasa seca de malezas se obtuvo con las tres mezclas de diurón + hexazinona con mayor dosis de hexazinona y las mezclas de oxifluorfen + paraquat y de diurón + paraquat a sus dosis altas (Cuadro 5).

Aunque la determinación de la biomasa producida es un método laborioso, provee información útil cuando se trata de establecer resultados concluyentes de un programa de uso de herbicidas (Frans *et al.*, 1986; Alemán, 2004b).

CUADRO 4. Control de malezas de hoja ancha (%) a diferentes días después de la aplicación (DDA), en el experimento para evaluar herbicidas residuales y no residuales en guanábana, en Los Ídolos, municipio de Actopan, Ver.

Tratamiento (kg·ha ⁻¹)	Control (%)			
	15 DDA	30 DDA	60 DDA	90 DDA
Diurón + hexazinona (1.09 + 0.14)	93 bc ^z	87 bcd	84 bcd	79 abc
Diurón + hexazinona (1.63 + 0.20)	96 ab	95 ab	91 abc	88 ab
Diurón + hexazinona (0.87 + 0.33)	98 a	97 ab	93 ab	88 ab
Diurón + hexazinona (1.31 + 0.49)	99 a	99 a	96 a	91 a
Diurón + paraquat (0.20 + 0.40)	88 cd	74 ef	63 fg	55 de
Diurón + paraquat (0.30 + 0.60)	89 cd	81 cde	75 def	70 bcd
Oxifluorfen + glifosato (0.48 + 0.71)	86 d	60 fg	55 g	43 e
Oxifluorfen + paraquat (0.48 + 0.40)	90 cd	84 cde	80 cde	78 abc
Paraquat (0.40)	74 e	50 g	35 h	25 f
Glifosato (0.71)	85 d	76 de	65 efg	63 cde
Glufosinato (0.30)	99 a	91 bc	81 bcd	73 bcd
Testigo sin aplicar	0 f	0 h	0 i	0 g
DMS	5.8315	9.3976	10.4096	13.0838
CV	6.00	10.70	12.85	17.49

^aValores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de DMS a una $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

CUADRO 5. Efecto de los tratamientos en el peso seco de malezas a los 90 días después de la aplicación, en el experimento para evaluar herbicidas residuales y no residuales en guanábana, en Los Ídolos, municipio de Actopan, Ver.

Tratamiento(kg·ha ⁻¹)	Peso seco(kg·ha ⁻¹)
Testigo sin aplicar	2508.0 a ^z
Paraquat (0.40)	1210.9 b
Glifosato (0.71)	1078.5 bc
Oxifluorfen + glifosato (0.48 + 0.71)	1073.1 bc
Diurón + paraquat (0.20 + 0.40)	929.1 bcd
Glufosinato (0.30)	919.8 bcde
Diurón + hexazinona (1.09 + 0.14)	909.7 bcde
Diurón + paraquat (0.30 + 0.60)	572.4 cde
Oxifluorfen + paraquat (0.48 + 0.40)	548.4 cde
Diurón + hexazinona (1.63 + 0.20)	504.5 de
Diurón + hexazinona (0.87 + 0.33)	443.1 de
Diurón + hexazinona (1.31 + 0.49)	392.3 e
DMS	533.2416
CV (%)	40.10

^aValores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de DMS a una $P \leq 0.05$.

DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.

Los resultados de esta investigación concuerdan con los de Hernández *et al.* (1990), quienes encontraron mejor efecto con herbicidas residuales que con no residuales.

Es importante indicar, que los herbicidas residuales evaluados sólo tienen efecto sobre malezas anuales, por lo que si hay presencia de especies perennes, debe utilizarse

un herbicida sistémico como el glifosato, de uso común en plantaciones de frutales (Cruz *et al.*, 1989; Acosta y Agüero, 2002). Aunque los herbicidas residuales permanecen por más tiempo en el suelo que los herbicidas de contacto (oxifluorfen 36 a 46 días, hexazinona 62 días y diurón 90 días), eventualmente son degradados por la flora microbiana, por evaporación o por fotólisis (Rhodes *et al.*, 1980; Pereira, 1987; Bonnemoy *et al.*, 2001), por lo que si se aplican las dosis recomendadas y no se abusa de los mismos, se minimiza el riesgo de dañar al medio ambiente, especialmente en condiciones de clima cálido húmedo, en donde las altas temperaturas y humedad, aceleran los procesos de descomposición de los mismos.

CONCLUSIONES

1. En las plantaciones de guanábana, los herbicidas residuales son una mejor alternativa para el control de las malezas tanto en gramíneas anuales, como de hoja ancha, que los herbicidas no residuales que utilizan los productores.

2. Las mejores opciones para controlar gramíneas anuales, son las mezclas de diurón + hexazinona a 1.31 + 0.49 kg·ha⁻¹ y de diurón + paraquat a 0.3 + 0.6 kg·ha⁻¹.

3. Si se tienen solamente malezas de hoja ancha, su control más eficiente se logra al aplicar la mezcla de diurón + hexazinona en cualquiera de las dosis probadas.

4. Si se tienen tanto gramíneas anuales como malezas de hoja ancha, el mejor control se obtiene con la aplicación de diurón + hexazinona a 1.31 + 0.49 kg·ha⁻¹.

LITERATURA CITADA

- ACOSTA, L.; AGÜERO, R. 2002. Combate de *Panicum zizanioides* H.B.K. y *Paspalum conjugatum* Beg. en banano (*Musa* AAA) en el trópico húmedo de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 13(2): 117-121.
- AGÜERO-ALVARADO, R.; BRENES-PRENDAS, S.; RODRÍGUEZ-RUIZ, A. M. 2008. Alternativas para el control químico de conde (*Synгонium podophyllum* Schott) en banano (*Musa* AAA). *Agronomía Mesoamericana* 19(2): 285-289.
- ALEMÁN, F. 2004a. Manejo de Arvenses en el Trópico. 2ª. ed. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 179 p.
- ALEMÁN, F. 2004b. Manual de Investigación Agronómica: con Énfasis en Ciencia de las Malezas. Imprimatur Artes Gráficas. Managua, Nicaragua. 248 p.
- BOGANTES, A.; AGÜERO, R. 1998. Manejo de malezas en pejíbaye. *Agronomía Mesoamericana* 9(2): 139-146.
- BONNEMOY, F.; CUER, A.; SANCELME, M.; TIXIER, C.; VESCHAMBRE, H. 2001. Degradation products of a phenylurea herbicide, diuron: synthesis ecotoxicity and biotransformation. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 20(7): 1381-1389.
- BUKER, R. S.; STEED, S. T.; STALL, W. M. 2002. Confirmation and control of a paraquat-tolerant goosegrass (*Eleusine indica*) biotype. *Weed Technology* 16(2): 309-313.
- BURRILL, L. C.; CÁRDENAS, J.; LOCATELLI, E. 1976. Field Manual for Weed Control Research. International Plant Protection Center. Oregon State University. Corvallis, Oregon, USA. 59 p.
- CAYÓN, G.; LOZADA Z., J. E. 1992. Efecto de la competencia de las malezas sobre el crecimiento, desarrollo y producción de dos clones de plátano (*Musa* AAB Simmonds). *Manejo Integrado de Plagas* 24-25: 18-21.
- CORBETT, J. L.; ASKEW, S. D.; THOMAS, W. E.; WILCUT, J. W. 2004. Weed efficacy evaluations for bromoxynil, glufosinate, glyphosate, pyriithobac, and sulfosate. *Weed Technology* 18(2): 443-453.
- CRUZ C., J. G.; TORRES L., P. A.; DELGADO M., J. C.; DOMÍNGUEZ M., V.; MARTÍNEZ P., D.; FRANCO M., O. 2002. El Guanábano. *Agronomía y Uso de Frutales Tropicales*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México, México. 177 p.
- CRUZ T., F.; ALMAGUER V., G.; ESPINOZA E., J. R.; URZÚA S., F. 1989. Evaluación de herbicidas en naranja *Citrus sinensis* L., Osbeck, cultivar Valencia en la región de Gutiérrez Zamora, Veracruz, México. *Revista Chapingo* 13-14(62-63): 129-132.
- CULPEPPER, A. S.; CARLSON, D. S.; YORK, A. C. 2005. Pre-plant control of cutleaf eveningprimrose (*Oenothera lacinata* Hill) and wild radish (*Raphanus raphanistrum* L.) in conservation tillage cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *The Journal of Cotton Science* 9(4): 223-228.
- CURTI D., S. A.; LOREDO S., X.; DÍAZ Z., U.; SANDOVAL R., J. A.; HERNÁNDEZ H., J. 2000. Tecnología para Producir Limón Persa. Libro Técnico Núm. 8. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Ixtacuaco. Veracruz, México. 144 p.
- DEAMARANTE J., O. P.; RODRÍGUES S., T. C.; MESQUITA B., N.; RIBEIRO, M. L. 2002. Glifosato: Propriedades, toxicidade, usos e legislação. *Química Nova* 25(4): 589-593.
- DOTY, C. H.; MALO, S. E. 1977. Evaluation of herbicides for avocado groves. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 90: 263-266.
- ELIZONDO M., R. 1989. Consideraciones Agroeconómicas del Guanábano en Costa Rica. MAG. ASOPRAGUA. INA. UCR. San José, Costa Rica. 206 p.
- ESQUEDA E., V. A. 2004. Efecto de variables de aplicación en la efectividad del glifosato. pp. 235-245. *In: Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal y Acuicola en el Trópico Mexicano*. BARRADAS L., H. V. et al. (eds.). INIFAP. CP. ITA No. 18. ITMAR No. 1. UACH. UV. Veracruz, Ver., México.
- FERREGUETTI, G. A. 2008. Manejo de plantas daninhas na cultura do mamoeiro. *Planta Daninha* 26(4): 937-947.
- FRANS, R., R.; TALBERT, R.; MARX, D.; CROWLEY, H. 1986. Experimental design and techniques for measuring and analyzing plant responses to weed control practices. pp. 29-46. *In: Research Methods in Weed Science*. 3rd. ed. CAMPER, N. D. (ed.). Southern Weed Science Society. Champaign Illinois, USA.
- GARRO A., J. E. 2002. Plantas Competidoras. Un Componente más de los Agroecosistemas. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 258 p.
- GOMEZ, K. A.; GOMEZ, A. A. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. 2nd. ed. J. Wiley & Sons. New York, USA. 680 p.
- GREEN, J. M. 1989. Herbicide antagonism at the whole plant level. *Weed Technology* 3(2): 217-226.
- HASSAN A., A. A.; AHMED, M. A. 2007. Influence of different weed control methods on growth, yield, fruit quality and minerals content of Maghrabi banana cultivar. *Journal of Applied Science Research* 3(7): 574-580.
- HERNÁNDEZ S., S.; SANCHO M., G.; GAMBOA C., J. 1990. Combate agroquímico de malezas en un huerto de guanábana (*Annona muricata* L.) en edad productiva. *Boletín Técnico Estación Fabio Baudrit* 23(2):1-9.
- HESS, F. D. 2000. Light dependent herbicides – An overview. *Weed Science* 48(2):160-170.
- HOLM, J. R.; PANCHO, J. V.; HERBERGER, J. V.; PLUCKNETT, D. L. 1979. A. Geographical Atlas of World Weeds. J. Wiley and Sons. New York, USA. 119 p.
- JORDAN, D. L.; YORK, A. C.; GRIFFIN, J. L.; CLAY, P. A.; VIDRINE, P. R.; REYNOLDS, D. B. 1997. Influence of application variables on efficacy of glyphosate. *Weed Technology* 11(2): 354-362.
- JORDAN, D. L.; WARREN, L. S.; MILLER, D. K.; SMITH, M. C.; REYNOLDS, D. B.; CRAWFORD, S. H.; GRIFFIN, J. L. 2001. Italian ryegrass control with preplant herbicides. *The Journal of Cotton Science* 5(4): 268-274.
- LONDOÑO U., F. 1983. Comparación de algunos herbicidas y sus mezclas para el control de malezas en plátano. *Memorias del 15 Seminario Anual Sociedad Colombiana de Control de Malezas y Fisiología Vegetal*. Bogotá, Colombia. pp. 23-24.
- MAG (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA). 1991. Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. San José, Costa Rica. 560 p.
- MARTÍNEZ, G.; PARGAS, R.; MANZANILLA, E. 2004. Clon plátano MXH0058 (*Musa* AAB): Alternativa de producción en áreas ubicadas a 1500 msnm. Resultados preliminares. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 21(Supl. 1): 270-276.
- MASCHHOFF, J. R.; HART, S. E.; BALDWIN J. L. 2000. Effect of ammonium sulfate on the efficacy, absorption, and translocation of glufosinate. *Weed Science* 48(1): 2-6.
- NORRIS, J. L.; SHAW, D. R.; SNIPES, C. E. 2001. Weed control from herbicide combinations with three formulations of glyphosate. *Weed Technology* 15(3): 552-558.
- OLIVARES, S. E. 1994. Paquete estadístico de diseños experimentales (programa de cómputo) versión 2.5. Facultad de Agronomía

- de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L., México.
- PEREIRA, W.; CRABTREE, G. 1986. Absorption, translocation, and toxicity of glyphosate and oxyfluorfen in yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*). *Weed Science* 34(6): 923-929.
- PEREIRA, W. S. P. 1987. Herbicida de pré-emergência – oxifluorfen. *Série Técnica IPEF* 4(12): 45-60.
- PINILLA G., C.; GARCÍA C., J. 2002. Manejo integrado de arvenses en plantaciones de banano (*Musa AAA*). Memorias de la XV Reunión de la Asociación de Bananeros de Colombia. Cartagena, Colombia. pp. 222-235.
- RHODES, R. C.; KRAUSE, R. L.; WILLIAMS, M. H. 1980. Microbial activity in soils treated with hexazinone. *Soil Science* 129(5): 311-314.
- RONCHI, C. P.; SILVA, A. A.; SERRANO L., A. L.; CATTANEO, L. F.; SANTANA, E. N.; FERREGUETTI, G. A. 2008. Manejo de plantas daninhas na cultura do mamoeiro. *Planta Daninha* 26(4): 937-947.
- ROSAS G., X.; BECERRA L., E. N.; ESQUEDA E., V.; VÁSQUEZ H., A.; MARROQUÍN A., L. M. 2008. Diagnóstico parasitológico y edáfico de plantaciones de guanábana (*Annona muricata* L.) en el centro de Veracruz. Evaluación de herbicidas y selección de materiales rendidores, pp. 35-46. *In: Anonáceas un Recurso para el Desarrollo Sustentable*. AYALA E., I.; COLÍN B., H.; GARCÍA F., A.; OLIVER G., R.; MARTÍNEZ F., E.; SÁNCHEZ S., E.; TABOADA S., M.; VIDAL L., E. (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.
- SÃO JOSÉ, A.; REBOUCAS, T.; SILVA, A.; NIETO-ANGEL, D.; BOMFIM, M. 1999. El cultivo de la guanábana (*Annona muricata* L.) y saramuyo (*A. squamosa* L.) en Brasil. Memoria del II Congreso Internacional de Anonáceas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. p. 224-229.
- SHARMA, B. M.; CHIVINGE, A. O. 1982. Contributions to the ecology of *Dactyloctenium aegyptium* (L.) P. Beauv. *Journal of Range Management* 35(3): 326-331.
- STARKE, R.J.; OLIVER, L.R. 1998. Interactions of glyphosate with chlorimuron, fomesafen, imazethapyr, and sulfentrazone. *Weed Science* 46(6): 652-660.
- TASISTRO, A. S. 2000. Métodos para evaluar efectividad en el control de malezas. *Revista Mexicana de la Ciencia de la Maleza*. Número Especial: 25-35.
- THOMSON, W. T. 1993. *Agricultural Chemicals. Book II Herbicides*. Thomson Publications. Fresno, California, USA. 295 p.
- VIDAL H., L.; NIETO A., D. 1997. Diagnóstico técnico y comercial de la guanábana en México. Memorias del I Congreso Internacional de Anonáceas. Chapingo, Estado de México, México. pp. 1-19.
- VILLASEÑOR, J. L.; ESPINOSA, F. J. 1998. Catálogo de Malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica, México, D. F. 449 p.
- WELLER, S.C.; CARPENTER, P.L. 1980. Compatibility studies in the field with various herbicides and glyphosate. *Proceedings of the North Central Weed Control Congress* 35:66.
- WIBAWA, W.; ROSLI, M.; DZOLKHIFLI, O.; ABDUL S., J. 2007. Less hazardous alternative herbicides to control weeds in immature oil palm. *Weed Biology and Management* 7(4): 242-247.
- WSSA (WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA). 2002. *Herbicide Handbook*. 8th ed. Weed Science Society of America. Lawrence, Kansas, USA. 493 p.