

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

## Evaluación de maduradores en caña de azúcar de la compañía CALESA, República de Panamá

### Evaluation of ripeners in sugar cane of the company CALESA, Panama Republic

Héctor Jorge Suárez<sup>1</sup>, Antonio Menéndez Sierra<sup>1</sup>, Reinaldo Meneses Sáenz<sup>1</sup> e Irenaldo Delgado Mora<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Compañía Azucarera La Estrella S.A. Aguadulce, Rep. Panamá, APDO 0201-00049, **E-mail:** [hjorgesuarez@gmail.com](mailto:hjorgesuarez@gmail.com); [hector.jorge@inica.azcuba.cu](mailto:hector.jorge@inica.azcuba.cu)

<sup>2</sup> *ETICA Centro Villa Clara. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Autopista Nacional km 246, Ranchuelo, Villa Clara, Cuba,*

**E-mail:** [ireinaldo.delgado@inica.azcuba.cu](mailto:ireinaldo.delgado@inica.azcuba.cu)

#### RESUMEN

Se presentan los resultados de tres nuevos maduradores (DP 98, Moddus (Trinexapac-ethyl CE 250) y Biqticon SC) en tres campos, la evaluación se realizó entre la tercera y quinta semana antes de la cosecha. Se calcularon las toneladas de pol por hectárea ( $t\ pol\ ha^{-1}$ ) considerando el porcentaje de pol en caña de la última semana evaluada durante cada prueba y el rendimiento del campo. Basándose en la producción de azúcar por hectárea, a todos los tratamientos les fue realizado el análisis costo - beneficio. Los resultados del estudio sobre el rebrote (a los 50 días después del corte) se sometieron al análisis de varianza de efectos fijos, asimismo, se determinó el porcentaje de incremento respecto al control. Igualmente, como resultado, los tratamientos con DP-98 ( $PO_3$ ) y la mezcla de Glifosato + DP-98 (Round-up CS48 +  $PO_3$ ) alcanzaron valores superiores al control en el contenido azucarero a partir de la primera semana de evaluación, mientras que el Glifosato lo superó desde la tercera semana, la relación costo - beneficio estuvo a favor del Glifosato. El Moddus 250 EC (trinexapac- ethil CE 250) tuvo un comportamiento inferior al control durante las cinco semanas que se evaluó el experimento, lo que pudo estar dado a que es recomendado este producto a partir de la sexta semana. Hubo un incremento en la variable analizada desde la primera semana a favor del Biqticon, la relación costo - beneficio para este producto fue 1,09 superior al Glifosato y al control. El tratamiento de Glifosato acrecentó en un 9 % el número de cepas muertas respecto al control en el rebrote.

**Palabras claves:** incremento de sacarosa, madurantes, rebrote

#### ASBTRACT

The results were presented with three new ripeners (DP 98 ( $PO_3$ ), Moddus (Trinexapac-ethyl CE 250 y Biqticon SC) in three fields, the evaluation was carried out between 3 and 5 weeks before harvest,  $t\ pol\ ha^{-1}$  was calculated considering the percentage of pol in cane of The last week evaluated in each test and field performance, to all treatments based in sugar production  $ha^{-1}$ , cost-benefit analysis was performed. Regrowth analysis was performed 50 days after the cut, these results were

subjected to fixed effects variance analysis, the percentage of increase with respect to the control was also determined. As a result, the DP-98 (PO<sub>3</sub>) products and the glyphosate + DP-98 (Round-up CS48 + PO<sub>3</sub>) mixture reached values higher than the control in the sugar content from the first week of evaluation, whereas Glyphosate exceeded it from the third week, the Cost - benefit ratio was in favor of Glyphosate. The Moddus CE 250 had a lower behavior than the control in the percentage of pol in cane during the five weeks that was evaluated, what could be given that its recommendation is from the sixth week. There was an increase in the variable analyzed from the first week in favor of Biqticon, the cost - benefit ratio for this product was 1.09, higher than glyphosate and the control. Glyphosate treatment increased the number of dead strains in the regrowth by 9 %.

**Keywords:** sucrose increase, rippers, regrowth

## INTRODUCCIÓN

El principal objetivo cuando se siembra caña de azúcar es obtener de ella la mayor cantidad de azúcar por tonelada de caña procesada. Los máximos rendimientos solamente pueden ser conseguidos, si la planta ha alcanzado su máximo potencial azucarero y la cosecha se realiza en su punto de óptima maduración (Subirós, 2010).

La etapa de maduración de la caña se inicia cuando disminuye su velocidad de crecimiento. Para controlar ese factor existen varios métodos cuyo objetivo es cosechar la planta en su óptimo estado de madurez logrando máximos rendimientos en azúcar por tonelada de caña. El más sencillo de todos, aunque no el más apropiado, se basa en la edad calendario óptima de corte, suspensión de la humedad del suelo y la aplicación de madurantes químicos (Villegas y Arcila 2003).

Los madurantes son productos (químicos o naturales) que inducen una acumulación de sacarosa en la caña de azúcar por encima de la provocada por la edad, período de cosecha y otros factores ambientales y genéticos (Díaz, 2011, Zuaznabar *et al.*, 2013 y Delgado *et al* 2016). Su utilización comercial a nivel internacional comenzó durante la década de los 60 (Durán y Cadenas, 2006 y Leggio *et al.*, 2009), y después tuvo una rápida expansión a partir de los 80 (Romero *et al.*, 1997 y Solozano, 2003).

Silva y Caputo (2012) señalaron que los maduradores son reguladores de crecimiento que poseen la capacidad de producir cambios morfológicos y fisiológicos en el cultivo. Estos actúan sobre las invertasas, lo que propician el paso de los azúcares reductores (glucosa y fructosa) a sacarosa en la caña de azúcar, y reduciendo el crecimiento de la planta. En CALESA, el uso de estos productos comenzó alrededor de 1985 a 1989, realizándose ensayos

y aplicaciones comerciales muy limitadas, principalmente con el producto Round-Up CS 48 (Glifosato) y Fusilade CE 12,5 (Fluazifop-p-butilo). Posteriormente a ese periodo, cada año se ha aplicado como promedio al 80 % del área cultivada en la empresa.

Ensayos experimentales y de producción se han realizado para evaluar productos como el K-Fol, Sulfato de Potasio, Select (Cletodim CE 24), con excelentes resultados, dando una mayor amplitud de selección de madurantes según el área a aplicar y los cultivos colindantes. El madurador DP-98 (PO<sub>3</sub>), es un fosfito de potasio, que contiene fósforo 100 % soluble en agua y es conocido como un producto promotor de la salud de las plantas, pues los fosfitos tienen un efecto fungistático reconocido. A la vez, Moddus CE 250 (trinexapac-ethyl), es un producto sistémico que actúa como regulador del crecimiento. Sin embargo, el madurante BIQTICON SC es un fertilizante orgánico mineral formulado con minerales quelatados en aminoácidos actúa sobre el balance nutricional y recuperador del cultivo de la caña de azúcar.

Por lo antes expuesto, los objetivos del presente trabajo son: evaluar la aplicación de madurantes de la caña de azúcar y el rebrote después del corte, y determinar la relación costo - beneficio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características de los productos evaluados

- **Glifosato** (Round-up CS48) (N-fosfonometilglicina): es un herbicida de amplio espectro, desarrollado para la eliminación de arvenses, en especial los perennes. Es absorbido por las hojas y no por las raíces. Se puede aplicar a hojas, inyectarse a troncos y tallos, o

pulverizarse a tocones como herbicida forestal. En el cultivo de caña de azúcar, su uso como producto desecante permite el incremento de la concentración de la sacarosa antes de la cosecha.

- **DP-98 (PO<sub>3</sub>):** es un bioestimulante “biológicamente activo”, basado en fosfitos (PO<sub>3</sub>), formulado con nitrógeno y potasio. Se utiliza para estimular el crecimiento de las raíces, mejorar el establecimiento, captación y el movimiento sistémico de los nutrientes. Contiene 4 % de nitrógeno, 38 % de fosfato, 38 % de fosfito, 17.5 % de potasio, pH (10 % de solución) y densidad 1350 g L<sup>-1</sup>.
- **Moddus CE 250:** producto sistémico que actúa como regulador del crecimiento. Su composición es 250 g L<sup>-1</sup> de TRINEXAPAC ETILO (trinexapac-ethyl). Este producto es absorbido principalmente por hojas y brotes, siendo luego trasladado a zonas en crecimiento, donde inhibe la elongación de los entrenudos. Aplicado durante la elongación del tallo, inhibe en forma consistente el crecimiento de los mismos, por lo que reduce el riesgo de vuelco (acame). Moddus CE 250 ha demostrado su actividad como regulador de crecimiento en cereales (trigo, cebada, arroz) y colza, su uso en otros cultivos aún se sigue investigando.

- **Biqticon SC:** fertilizante orgánico mineral formulado con nutrientes quelatados en aminoácidos de rápida asimilación (Tabla 1). Se utiliza en caña de azúcar para activar la maduración, mejorar la concentración de azúcares, la ganancia final de biomasa y la recuperación del rebrote de la cepa pos recolección. Del mismo modo, se aplica en la etapa vegetativa para recuperar cultivos que se encuentran en difíciles condiciones por intoxicaciones, daños por insectos plagas, heladas, sequías y estimular el buen desarrollo de tallos molibles.

**Procedimientos de trabajo**

Los estudios se realizaron en la Finca 3 (los campos 339, 891 y 895) con los genotipos Ragnar (tercer retoño - 03R) y B80689 (en cuarto (04R) y tercer retoño (03R) respectivamente). Las aplicaciones fueron realizadas en helicóptero con GPS, el volumen de mezcla fue de 18,9 L ha<sup>-1</sup>, en horas de la mañana, sin vientos. Los tratamientos analizados (Tabla 2) ocuparon un área aproximada de 2,5 ± 0,25 ha.

La evaluación de los tratamientos se realizó entre la tercera y quinta semana, antes de la cosecha (fueron cosechados los tres campos en la última semana de febrero). Para analizar las variables porcentaje de pol en caña (PPC) se tomaron cinco muestras de forma aleatoria, en la parte interior del campo (cada una de 1 m de

**Tabla 1.** Datos del Biqticon SC

Ingrediente Activo Nombre Químico	Nutrientes Quelatados en Aminoácidos		
	Minerales Quelatados en Aminoácidos		
Potasio Soluble en agua	36,0 g L <sup>-1</sup>	3,60 %	
Magnesio (MgO)	2,0 g L <sup>-1</sup>	0,20 %	
Cobre (Cu)	5,0 g L <sup>-1</sup>	0,50 %	
Manganeso (Mn)	10,0 g L <sup>-1</sup>	1,00 %	
Zinc (Zn)	10,0 g L <sup>-1</sup>	1,00 %	
Composición	Carbono Orgánico Oxidable	29,0 g L <sup>-1</sup>	2,9 %
	Aminoácidos Libres (7)*	40,0 g L <sup>-1</sup>	4,00 %
Ingredientes activos c.s.p			
pH en solución al 10 %	3,7		
Densidad a 20 °C	1,17 g ml <sup>-1</sup>		
<i>Salmonella sp.</i>	Ausente		
Enterobacterias	00 + 00		
Conductividad eléctrica	15,52mmhos cm <sup>-1</sup>		

**Tabla 2.** Tratamientos y dosis de los productos evaluados

Nombre Técnico	Producto Comercial	Dosis L ha <sup>-1</sup>
Glifosato	Round-up SC 48	1
Trinexapac-ethyl	Moddus CE 250	0,8
Bioestimulante(PO <sub>3</sub> ) + Glifosato	DP 98 + Round-up SC 48	2 + 0.5
Bioestimulante(PO <sub>3</sub> )	DP 98	4
Fertilizante Organico	Biqticon SC	1,5
Control	-	-

surco, durante cada evaluación semanal). Las toneladas de caña fueron determinadas por los reportes obtenidos de la báscula del Ingenios y el porcentaje de pol por hectárea se calculó con los valores de la producción de caña y el porcentaje de pol en caña (t caña/ha<sup>-1</sup> y t pol ha<sup>-1</sup>).

El análisis del rebrote se efectuó a los 50 días después del corte. Las cepas muertas de cada repetición fueron contadas y los datos originales de esta variable (rebrote) fueron transformados (logaritmo de cada dato) con el propósito de que los mismos tuvieran una distribución normal. Todos los resultados del ensayo se sometieron al análisis de varianza de efectos fijos, y se determinó el porcentaje de incremento respecto al control, aunque no todos factores son controlables por lo que se puede incurrir en ineficiencias si solo son considerados los análisis estadísticos.

Un día antes de la aplicación del producto fue realizado un muestreo precosecha para tener la información del día cero, realizándose posteriormente todas las semanas. Con los resultados obtenidos se realizó una regresión

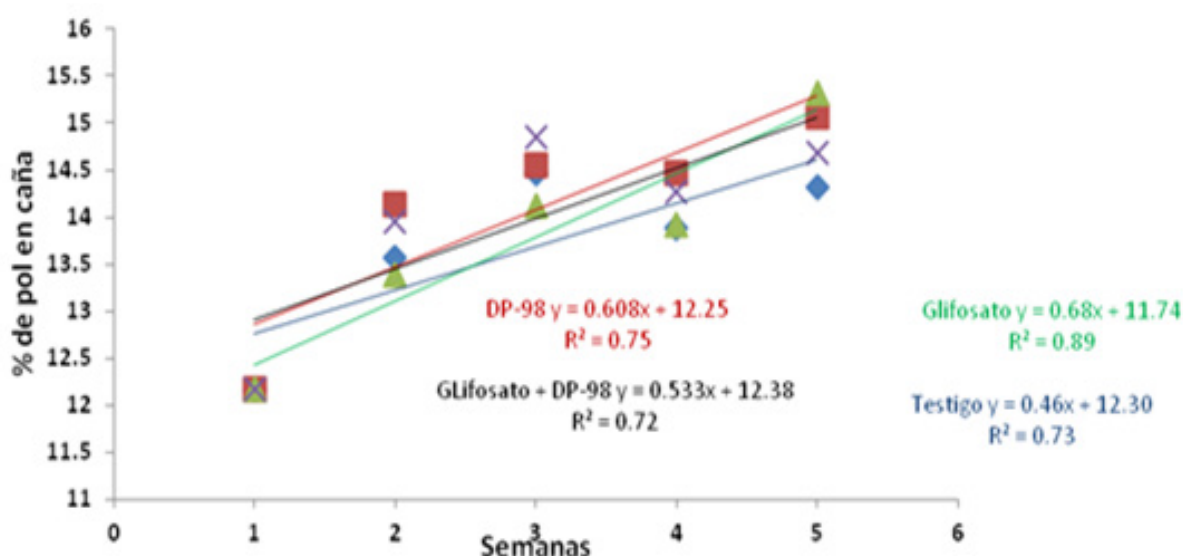
lineal. Adicionalmente, todos los tratamientos fueron valorados económicamente sobre la base de la producción de azúcar por hectarea.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al evaluar los resultados del cultivar B80689 (04R) se evidencia que a partir de la primera semana evaluada, los maduradores de mejor comportamiento fueron el DP-98 y la mezcla de Glifosato + DP-98, con valores superiores en el porcentaje de pol en caña (figura 1). El Glifosato superó al control desde la tercera semana e igualó a la combinación de Glifosato + DP-98; sin embargo, la relación costo - beneficio estuvo a favor del Glifosato (Tabla 3).

Chávez (2015) refleja que en Costa Rica el producto DP-98 no muestra diferencias con el control en las variables porcentaje de brix, porcentaje de sacarosa, porcentaje de Pureza y rendimiento industrial.

Este genotipo (B80689) en la cepa de tercer retoño (03R), ofreció que el control tuvo un

**Figura 1.** Comparación de madurantes en la variable porcentaje de pol en caña

**Tabla 3.** Valoración económica de la aplicación de los maduradores comparados con el control

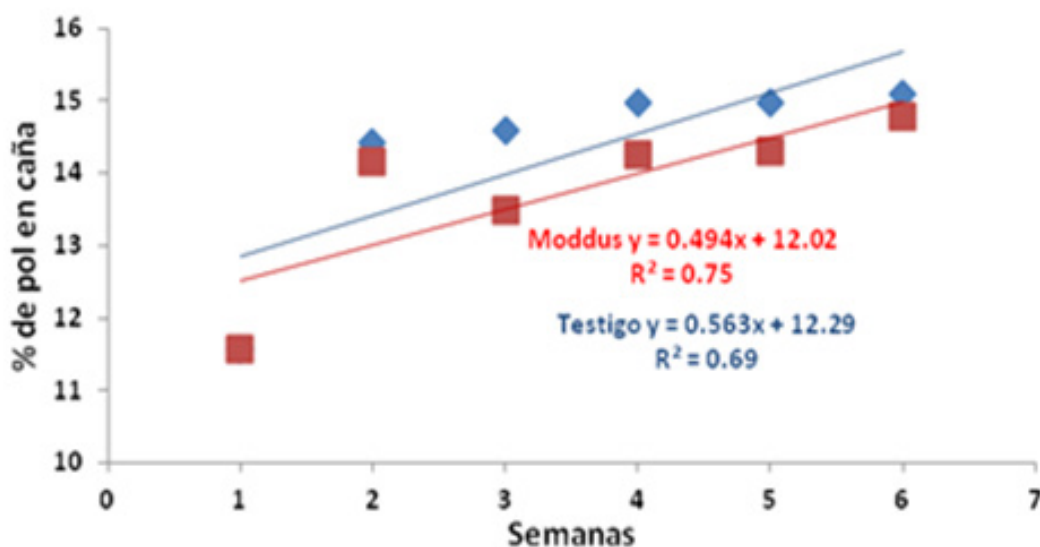
Costo DP-98	USD/ 6,00	Litros		
Costo Glifosato	USD/ 3,55	Litros		
Costo t azúcar	USD/ 800	tonelada		
Tratamientos	Control	DP-98	Glifosato	Glifosato + DP-98
t caña ha <sup>-1</sup>	87,67	87,67	87,67	87,67
% de pol en caña	14,32	15,06	15,32	14,69
t pol ha <sup>-1</sup>	12,55	13,20	13,43	12,88
Diferencia	-	0,65	0,88	0,33
Precio t azúcar	800,00	800,00	800,00	800,00
Valor de la t azúcar ha <sup>-1</sup>	10 040	10 560	10 744	10 304
Costo del producto + Aplicación	-	45,37	24,92	35,15
Total USD	10 040	10 514,63	10 719,08	10 268,85
Beneficio usd	-	474,63	679,08	228,85
Costo - beneficio	-	1,04	1,07	1,02

porcentaje de pol en caña superior durante las cinco semanas evaluadas (Figura 2), lo que puede estar dado a que el producto se recomienda a partir de la sexta semana. La relación costo - beneficio fue inferior a uno (Tabla 4). Igualmente, Mejía (2014) no encontró diferencias en la calidad de la caña entre el control y el Moddus CE 250 en las condiciones del Valle del río Cauca. No obstante, Orgeron (2012) refiere que bajo las condiciones climáticas de Luisiana existe un incremento en el contenido azucarero, el mismo osciló entre 10–28 % respecto al control, con las aplicaciones de Glifosato (1 L ha<sup>-1</sup>), mientras que Moddus CE 250 (0,8 L ha<sup>-1</sup>) solo tuvo entre 7 y 10 %.

La variedad Ragnar durante el tercer retoño (03R) mostró un incremento en el porcentaje de

pol en caña desde la primera semana de aplicación a favor del Biqticon (Figura 3). Durán y Cadena (2006) reportaron que el Glifosato (Round-Up CS 48) fue el madurador con mejor efecto en la acumulación de azúcar al ser comparado con Sxs y Biqticon cuando se aplicaron estos productos a los 10,2 meses de edad; no obstante, las plantas que recibieron el tratamiento con BIQTICON SC manifestaron un mejor desarrollo del crecimiento. La relación costo - beneficio para este producto fue de 1,09, superior al Glifosato (Tabla 5).

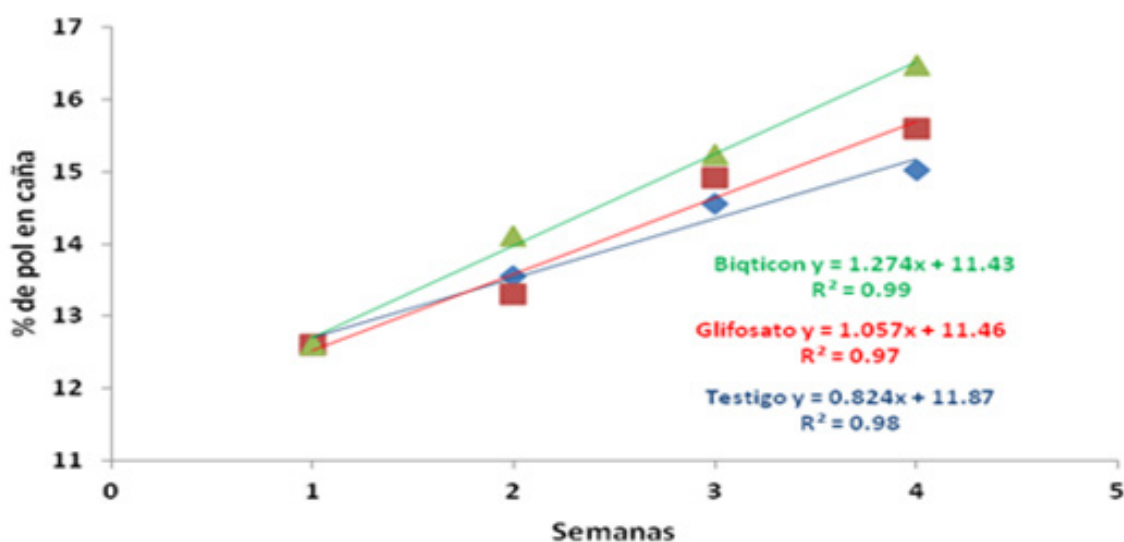
El análisis de varianza para la evaluación del rebrote no muestra diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, el Glifosato (Round-Up CS 48) tuvo un 9 % más de cepas muertas (Figura 4). En este aspecto también



**Figura 2.** Comparación entre el Moddus 250 EC y el control (testigo)

**Tabla 4.** Valoración de la aplicación del madurador Moddus 250 EC

Costo Moddus CE 250	34,02 USD L <sup>-1</sup>	
Costo t azúcar	800 USD t <sup>-1</sup>	
<b>Tratamientos</b>	<b>Control</b>	<b>Moddus 250 EC</b>
t caña ha <sup>-1</sup>	77,65	77,65
% de pol en caña	15,09	14,78
t pol ha <sup>-1</sup>	11,72	11,48
Diferencia	-	-0,24
Precio t azúcar	800,00	800,00
Valor de la t azúcar ha <sup>-1</sup>	9 372,62	9 180,07
Costo del producto + Aplicación	-	48,60
Total USD	9 372,62	9 131,47
Beneficio usd	-	-192,55
Costo - beneficio	-	0,97

**Figura 3.** Comparación entre los productos Glifosato y Biquicon**Tabla 5.** Valoración de la aplicación de Glifosato y Biquicon

Costo Biquicon SC	23,00 USD L <sup>-1</sup>		
Costo Glifosato	3,55 USD L <sup>-1</sup>		
Costo t azúcar	800 USD t <sup>-1</sup>		
<b>Tratamientos</b>	<b>Control</b>	<b>Glifosato</b>	<b>Biquicon</b>
t caña ha <sup>-1</sup>	52,07	52,07	52,07
% de pol en caña	15,02	15,60	16,48
t pol ha <sup>-1</sup>	7,82	8,12	8,58
Diferencia	-	0,30	0,76
Precio t azúcar	800,00	800,00	800,00
Valor de la t azúcar ha <sup>-1</sup>	6256,73	6499,73	6866,55
Costo del producto + Aplicación	-	23,50	55,87
Total USD	6256,73	6476,23	6810,68
Beneficio USD	-	243,00	609,82
Costo - Beneficio	-	1,04	1,09

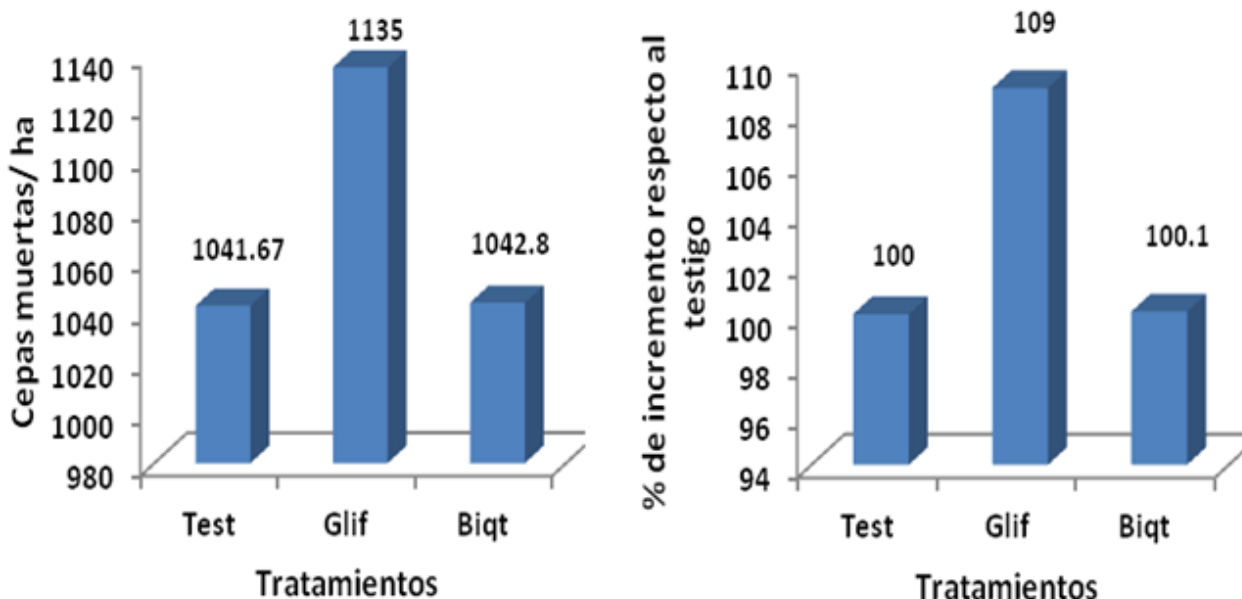


Figura 4. Resultados del rebrote en los tratamientos evaluados

Durán y Cadenas (2006) señalaron que la brotación después de la cosecha, en cepas que recibieron tratamientos con Biqticon mostraron el menor porcentaje de clorosis.

**CONCLUSIONES**

Los tratamientos con DP-98 y la mezcla de Glifosato + DP-98 alcanzaron valores superiores al control del porcentaje de pol en caña desde la primera semana de evaluación; el Glifosato lo superó a partir de la tercera semana, pero la relación costo - beneficio estuvo a favor del Glifosato.

Moddus CE 250 tuvo un comportamiento inferior al control respecto al porcentaje de pol en caña durante las cinco semanas evaluadas.

El número de cepas muertas respecto al control en el rebrote fue superior al utilizar el Glifosato.

**BIBLIOGRAFÍA**

CHÁVES, M. 2015. Resultado de las Investigaciones ejecutadas por el programa de Agronomía en el Cultivo de la Caña de Azúcar en Costa Rica durante el año 2014. LAICA, Grecia, Costa Rica, 90 p. Disponible en <https://www.laica.co.cr/biblioteca> Consultado el 26 de marzo de 2017.

DELGADO, I., JORGE, H., VERA, A., CORNIDE, M. T., DÍAZ, F. R., GÓMEZ (et al.). 2016.

Influencia de la edad y cultivar de caña de azúcar en el momento de la cosecha. *Centro Agrícola*, 43 (2): 59-65.

DÍAZ, J. 2004. Maduración química y control de la floración. Informe. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Ministerio del Azúcar, La Habana, Cuba, 10 p.

DURÁN, A. y S. CADENA. 2006. Evaluación de productos alternativos al glifosato como maduradores de la caña de azúcar en las condiciones del Valle del Río Cauca. Disponible en <https://www.polidist.com> Consultado el 26 de marzo de 2017.

LEGGIO, M. F., ROMERO, E., ALONSO L. G., FERNÁNDEZ, J., DIGONZELLI (et al.). 2009. Maduración química de la Caña de Azúcar. Manual del Cañero. Edition 1, Capítulo 14, Publisher: Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, pp. 145-152. Disponible en <https://www.researchgate.net> Consultado el 26 de marzo de 2017.

MEJÍAS, C. M. 2014. Efecto del trinexapac-etil sobre la maduración de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*), variedad CC85-92 en el valle del río Cauca. Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Magister en Ciencias Agrarias. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de

- Colombia, 81 p. Disponible en <https://www.bdigital.unal.edu.co> Consultado el 26 de marzo de 2017.
- ORGERON, A. J. 2012. Sugarcane growth, sucrose content, and yield response to the ripeners glyphosate and trinexapac-ethyl. The School of Plant, Environmental, and Soil Sciences, Louisiana State University, EE.UU., 38 p.
- ROMERO, E. R., SCANDALIARIS, J., OLEA, I. y SOTILLO, S. 1997. Maduración química de la Caña de Azúcar. Gacetilla Agroindustrial, N° 58, Marzo – Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombre, Tucumán, México, pp 1-3.
- SILVA, M. A. and CAPUTO, M. M. 2012. Ripening and the use of ripeners for better sugarcane management, crop management. Cases and Tools for Higher Yield and Sustainability. F.R. Marin (Ed.). Disponible en <https://www.intechopen.com/books/crop-management-cases-and-tools-for-higher-yield-and-sustainability/ripening-and-use-of-ripeners-for-better-sugarcane-management> Consultado el 20 de marzo de 2017.
- SOLOZANO, R. 2003. Evaluación de siete dosis de Regnum como madurador en Caña de Azúcar en la variedad Mex 69-290. Disponible en: [https://agro.basf.co.cr//topciencia/adjunto/c326\\_03-Rafael-SolorzanoHN.pdf](https://agro.basf.co.cr//topciencia/adjunto/c326_03-Rafael-SolorzanoHN.pdf) Consultado el 20 de marzo de 2017.
- SUBIRÓS, J. F. 2010. Evaluación de varios productos maduradores en la producción de caña y sacarosa, durante dos ciclos de cultivo, Azucarera el Viejo, Carrillo, Guanacaste. Disponible en <https://www.laica.co.cr/biblioteca> Consultado el 20 de marzo de 2017.
- VILLEGAS y ARCILA. 2003. Maduradores en Caña de Azúcar. Manual de procedimientos y normas para su aplicación. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Serie Técnica No. 32, 65 p. ISSN: 0120-5846.
- ZUAZNÁBAR, R., ÁLVAREZ, J. F., GARCÍA, A., VILLAR, J., CORTEGAZA, P. L., OFARILL, J. (*et al.*). 2013. Resultados de la aplicación de FitomásM en la unidad empresarial de base Jesús Rabí. Congreso Diversificación, Calimete, Matanzas, Cuba, 12 p.

---

Recibido el 28 de febrero de 2017 y aceptado el 26 de marzo de 2018