

# **EVALUACIÓN DE VARIOS PRODUCTOS MADURADORES EN LA PRODUCCIÓN DE CAÑA Y SACAROSA, DURANTE DOS CICLOS DE CULTIVO, AZUCARERA EL VIEJO, CARRILLO, GUANACASTE**

J.F. Subirós<sup>1</sup>

## **Introducción**

Los maduradores son reguladores de crecimiento que poseen la capacidad de producir cambios morfológicos y fisiológicos en el cultivo. Estos actúan reduciendo el crecimiento de la planta y actuando sobre las invertasas, lo que propician el paso de los azúcares reductores (glucosa y fructosa) a sacarosa en la caña de azúcar (Silva y Caputo, 2012).

El empleo de los maduradores químicos es una práctica incorporada en muchos sistemas de producción de caña de azúcar en diferentes regiones del mundo, en países como Brasil, Colombia, China, Guatemala, Estados Unidos, Sudáfrica, entre otros (Leonardo Hernandez, 1995; Donaldson, 1999; Solomon y Li, 2004; Dalley y Richard Jr., 2010, Silva y Caputo, 2012). En Costa Rica, el uso comercial empezó a finales de la década de los 80s en Guanacaste, incluyendo Azucarera El Viejo y desde entonces ha sido una práctica rutinaria en esa zona y otras que lo han incorporado a sus sistemas de producción. Desde ese entonces, se han evaluado diferentes productos, entre ellos el fluazifop-butil, cletodin, haloxifop metil, el ethephon, y el glifosato, entre otros. El glifosato es el que ha mostrado, a través de los años, mayor estabilidad en la respuesta, incluso haciendo uso de marcas genéricas.

Las experiencias que se han tenido, indican que en promedio se obtiene un incremento en el contenido de la sacarosa de la caña de 7 kg/t de caña, valores

---

<sup>1</sup> Departamento de Investigación, Azucarera El Viejo. Carrillo, Guanacaste, [fsubiros@elviejo.cr](mailto:fsubiros@elviejo.cr), [jfsubiros@gmail.com](mailto:jfsubiros@gmail.com).

que pueden ser mayores o menores, dependiendo de varios factores, tales como condiciones ambientales, la variedad, tipo de suelo, manejo del cultivo y de los cuidados en la dosificación, preparación y aplicación de los productos, entre otros.

Muchos de los productos que se han empleado como maduradores son herbicidas y se ha sugerido que afectan al cultivo, ya que en algunas ocasiones se manifiestan en el campo síntomas de toxicidad, retardo en el crecimiento de la soca siguiente, pérdida de cepas, lo que provoca una disminución del rendimiento de caña (Clowes, 1980; Villegas y Torres, 1993; Millhollon, R. W.; Legendre, 1996; Cuellar Cano *et al.*, 1997), que se traduce en menor productividad e incluso la necesidad de tener que renovar las plantaciones con mayor frecuencia, incrementando los costos de producción. En otros estudios, por el contrario, no se ha encontrado que afecte el rendimiento de caña y la disminución en el rendimiento se asocia a otros factores, como manejo inadecuado del cultivo, tratamiento de plantaciones estresadas, siembras en suelos arenosos, variedades susceptibles, sobredosificación, traslapes inadecuados durante la aplicación aérea, mala calibración, etc. (Donaldson e Inman-Bamber, 1982; Viator *et al.*, 2008).

No obstante lo anterior, para atenuar estos inconvenientes se ha planteado el uso de fertilizantes a base de fosfitos, con y sin reguladores de crecimiento, la combinación de estos fertilizantes con menores cantidades de glifosato (Cuellar Cano *et al.*, 1997) y la valoración de nuevos productos que actúan como reguladores de crecimiento (Leite *et al.*, 2008), los cuales se han estado evaluando en los últimos años.

Los fosfitos de potasio con o sin reguladores de crecimiento han sido poco consistentes en madurar la caña, pero se han observado respuestas positivas al combinarse con la mitad de la dosis comercial de glifosato. De igual manera, se han realizado evaluaciones con el trinexapac-etil, utilizado comercialmente en algunos en países como Brasil, Guatemala y El Salvador, con resultados

satisfactorios. También las casas comerciales ofrecen otras alternativas con potencial para emplearse como maduradores, que requieren de su evaluación.

Dada la necesidad de continuar con la búsqueda de nuevas alternativas, se consideró importante valorar algunos de los productos anotados, no solo determinando su efecto en la maduración, sino también en la producción de caña, para conocer el efecto acumulativo en el contenido de sacarosa y en la producción de caña, por un ciclo completo de producción.

El objetivo de este estudio es determinar a largo plazo, el efecto de varios productos utilizados como maduradores, herbicidas y no herbicidas, en el contenido de sacarosa y en la producción de caña durante un periodo completo de producción (5 años). Para este trabajo solo se incluye los dos primeros años, ya que aún está en el proceso de estudio.

### **Materiales y Método**

La evaluación se estableció en la Estación 7036, en lotes del 2 al 5 y del 7 al 11. De estos lotes, cinco se sembraron con la variedad CP 72-2086 y cuatro con la variedad MEX 79-431. Este estudio comenzó a partir de la caña planta.

El experimento consta de seis tratamientos (Cuadro 1), el primero consiste en aplicaciones de año trinexapac-etil (Moddus 250 EC) durante el primer y en los ciclos posteriores aplicaciones de glifosato (Round-up 35.6 SL). El segundo tratamiento consiste en utilizar desde el inicio y por el resto de los ciclos de cultivo el Moddus. El tercer y cuarto tratamiento consiste en combinar la mitad de la cantidad empleada comercialmente de glifosato (Round-up 0,5 L/ha de producto comercial) con dos productos fertilizantes a base de fósforo y potasio (Cosmomadurador y DP98). En el sexto tratamiento se incluyeron dos productos, en el primero uno a base de ácido giberélico, el cual se mezcló con algunos

**Cuadro 1. Tratamientos y dosis de los productos evaluados.**

Periodo	Nombre técnico	Productos comerciales	Dosis (mL-g/ha)			Fecha de aplicación	Cosecha (dda)
2010-11	Trinexapac-etil	Moddus 250 EC	800	---	---	27-dic-10	50 ± 7
	Trinexapac-etil	Moddus 250 EC	800	---	---	27-dic-10	50 ± 7
	Glifosato + fertilizante foliar	Roundup 35.6 SL + Cosmomadurador	500	1000	---	21-dic-10	56 ± 7
	Glifosato + fertilizante foliar	Roundup 35.6 SL + DP98	500	1500	---	21-dic-10	56 ± 7
	GA <sub>3</sub> + urea + B + Zn	RyZup 4 SL + urea + B + Zn	60	500	500	21-dic-10	56 ± 7
	Testigo	---	---	---	---	---	---
2011-12	Glifosato	Round-up	1000	---	---	20-dic-11	60 ± 5
	Trinexapac-etil	Moddus 250 EC	800	---	---	24-nov-11	86 ± 5
	Glifosato + fertilizante foliar	Round-up + Cosmomadurador	500	1000	---	20-dic-11	60 ± 5
	Glifosato + fertilizante foliar	Roundup 35.6 SL + DP98	500	1500	---	20-dic-11	60 ± 5
	Fertilizante foliar	Sugar Express	2000	---	---	24-dic-11	86 ± 5
	Testigo	---	---	---	---	---	---

Coadyuvantes: Cosmoflux (5,28 mL/L), pHfix (2,11 mL/L), excepto con el Sugar Express se usó Mist-Control (3 cc/L) y Spray Aide (0,4 cc/L)

Volumen de aplicación 38 L/ha

dda: días después de aplicado.

fertilizantes (RyZup 4 SL) y en el segundo un producto a base de nutrimentos (Sugar Spress). El experimento incluye un testigo, en el que no se realizó ningún tipo de aplicación.

El Round-up, en la mayoría de las plantas actúa sobre la enzima 5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintetasa, la cual detiene la conversión de la chiquimato-3-fosfato en ácido antranílico (corismato), el cual es precursor de la producción de los aminoácidos aromáticos tirosina, fenilalanina y triptófano (Silva y Caputo, 2012). La dosis que se utiliza comercialmente en el lugar del estudio en promedio es de 0,356 g/ha de i.a., valor que puede variar entre 0,25 y 0,43 g/ha de i.a., dependiendo de la producción de caña, del textura del suelo, de la variedad cultivada y las condiciones de manejo, entre otras.

El trinexapac-etil es un inhibidor de crecimiento, el cual impide biosíntesis del ácido giberélico por bloqueo de la enzima 3β-hidroxilasa, responsable de la elongación de las células y no afecta el proceso de la fotosíntesis (Nakayama *et al.* 1990; Rademacher 2000 Silva y Caputo, 2012).

El Cosmosmadurador es un fertilizante, soluble en agua, compuesto por 25 % de  $P_2O_5$ , 34 % de  $K_2O$ , 0,89 % de Zn, 4,2 % de B y 0,06 % de ácido giberélico. Mientras que el DP98 es un fosfito de potasio y otros nutrimentos (% p/v N: 4%,  $P_2O_5$  37,8%, y  $K_2O$ : 17,5%). El Sugar Spress es un fertilizante foliar a base de N, P, K y otros nutrimentos (N 4%- $P_2O_5$  10%- $K_2O$  40%). Finalmente el RyZup 4 SL es un regulador de crecimiento a base de ácido giberélico ( $GA_3$  3,2%).

Cada uno de los 9 lotes se dividieron en 6 secciones, de un área aproximada de  $2,12 \pm 0,4$  ha, que constituyó la unidad experimental. La aplicación de los tratamientos se hizo en forma aérea, en franjas, en un volumen aproximado de 38 L/ha. A la mezcla de los tratamientos, excepto al testigo, se adicionó Cosmoflux (5,28 mL/L) y pHfix (2,11 mL/L). En el segundo ciclo, el quinto tratamiento con Sugar Express se trató con Mist-Control (3 cc/L) y Spray Aide (0,4 cc/L), coadyuvantes sugeridos por la casa distribuidora.

### **Mediciones realizadas.**

En el primer año, previo a la cosecha, se determinó la población de tallos, el peso y la longitud de los tallos. Para medir la población de tallos se establecieron 4 puntos en cada unidad experimental y se marcaron secciones de 2 m de longitud. Se contó la población de tallos molederos y la cantidad de mamones (36 puntos por tratamiento). Además, de cada sección se tomaron 10 tallos y se les determinó de manera individual la longitud y el peso. Estas mediciones se realizaron solo en el primer año.

Al final del ciclo las parcelas se cosecharon en forma mecanizada y el peso de la caña se determinó en la romana del ingenio. A las entregas de caña de cada parcela se les hizo 5 determinaciones de calidad, de manera similar como se realiza comercialmente el pago de la caña.

El tiempo transcurrido entre la aplicación y la cosecha varió según el tratamiento (Cuadro 1). Se produjo retraso en la programación de la fecha de cosecha de algunos tratamientos, como el caso del glifosato, por aspectos de logística.

Los datos se analizaron en un diseño de bloques al azar, cuando se evaluó ciclos individuales. En los casos que se analizaron de manera conjunta los dos ciclos, se analizó en un diseño de mediciones repetidas.

## **Resultados**

### **Altura, peso y población de tallos.**

En los resultados solo se anotan la medición de cinco tratamientos, ya que como se indicó antes, durante primer ciclo, el primer y segundo tratamiento (Moddus) las parcelas se trataron con el mismo producto (Cuadro 1).

Se observó que la población de tallos disminuyó (1,8 tallos/m lineal menos que el testigo) en los dos tratamientos que se empleó la mitad de la dosis comercial de Round-up. Situación similar se observó con el Moddus (1,1 tallos/m menos) (Cuadro 2). Los datos sugieren que este efecto podría estar asociado con los productos ( $P < 0,02$ ), sin embargo, habrá que hacer muestreos en las siguientes cosechas, para corroborar este efecto.

La población de mamonos ( $0,14 \pm 0,09$ ) y la longitud ( $208 \pm 5$  cm) y peso de los tallos ( $1291 \pm 34$  g) observado en los tratamientos con los maduradores, fueron similares al testigo (Cuadro 2).

### **Calidad del jugo.**

Durante el primer ciclo de cultivo, el Moddus, el Cosmomadurador+Round-up y el DP-90+Round-up, mejoraron significativamente el brix, el pol y la pureza del jugo,

Cuadro 2. Altura, peso y población de tallos, en secciones tratadas con varios maduradores, Azucarera El Viejo, 2009-2010

Periodo	Tratamientos	Población (m lineal de surco)			Tallos	
		Tallos	Mamones	Mamones ( $\sqrt{x+1}$ )	Longitud (cm)	Peso (g)
2010- 11	Moddus	11,7 ± 1,4	0,2 ± 0,3	1,1 ± 0,1	210 ± 37	1332 ± 323
	Round-up + Cosm.	11,0 ± 2,2	0,0 ± 0,0	1,0 ± 0,0	204 ± 39	1258 ± 241
	Round-up + DP98	11,0 ± 1,9	0,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1	202 ± 43	1258 ± 375
	RyZup 4 SL + urea + B + Zn	12,3 ± 1,1	0,2 ± 0,2	1,1 ± 0,1	211 ± 42	1320 ± 329
	Testigo	12,8 ± 1,0	0,2 ± 0,1	1,1 ± 0,0	212 ± 24	1289 ± 214
ANDEVA						
	Tratamientos	p < 0,02	---	p < 0,24	p < 0,74	p < 0,92
	C.V. (%)	5	---	5	11	19
	CME	0,32	---	0,003	555	59918
	gl	8	---	8	53	53
	dms	1,07	---	---	---	---

C.V.(%): Coeficiente de variación

CME: cuadrado medio del error

dms: Diferencia mínima significativa

gl: Grados de libertad

Cosm.: Cosmomadurador

con incrementos de  $1,2 \pm 0,1$ ,  $1,2 \pm 0,1$  y  $1,6 \pm 0,4$  unidades respectivamente, comparado con testigo. Por el contrario, en estos mismos tratamientos, se produjo una disminución en la humedad de la caña, de  $1,3 \pm 0,3$  unidades, lo cual contribuyó a mejorar la concentración del jugo. El tratamiento con RyZup+fertilizantes no mejoró la calidad del jugo, ya que su comportamiento fue similar al testigo. Los valores de fibra y miel fueron similares en todos los tratamientos, con valores promedio respectivamente de  $15,9 \pm 0,3\%$  y  $29,6 \pm 1,2$  kg/t. (Cuadro 3 y 4).

En el segundo ciclo, los tratamientos Moddus, Round-up y Round-up+ Cosmomadurador y Round-up+DP98, aumentaron en  $1,0 \pm 0,1$  y  $1,1 \pm 0,1$  unidades el brix y el pol del jugo ( $P < 0,001$ ). El contenido de humedad en la caña, en los mismos tratamientos, fue  $1,1 \pm 0,3$  unidades más bajo ( $P < 0,02$ ), comparado con el testigo. Contrario a los observado en el primer ciclo, la pureza del jugo fue similar en todos los tratamientos, con valores promedio de  $86,9 \pm 0,6\%$ . Los valores de fibra y miel también fueron similares entre tratamientos ( $P < 0,61$ ), en promedio  $16,4 \pm 0,2\%$  y  $28,1 \pm 0,8$  kg/t respectivamente (Cuadro 3 y 4).

**Cuadro 3. Efecto de varios productos en las variables de calidad de la caña, Azucarera El Viejo, Carrillo, Guanacaste, 2010-12**

Periodo	Tratamientos	%				
		Brix	Pol del jugo	Pureza del jugo	Fibra en caña	Humedad de la caña
2010-11 n=9	Moddus	18,4 ± 1,0	15,8 ± 1,0	85,9 ± 1,3	15,6 ± 0,7	65,9 ± 1,4
	Moddus	18,3 ± 1,4	15,9 ± 1,3	86,6 ± 1,2	16,3 ± 0,8	65,4 ± 1,8
	R-up+Cosm.	18,7 ± 1,1	16,1 ± 1,3	86,3 ± 2,0	15,7 ± 0,9	65,6 ± 1,7
	R-up+DP98	18,6 ± 1,2	16,0 ± 1,2	85,8 ± 1,5	16,2 ± 0,8	65,2 ± 1,8
	Ryz+U+B+Zn	17,6 ± 1,4	14,9 ± 1,6	84,6 ± 2,3	15,6 ± 1,1	66,8 ± 2,1
	Testigo	17,4 ± 1,6	14,7 ± 2,0	84,6 ± 3,8	15,8 ± 1,5	66,9 ± 3,0
ANDEVA						
Tratamientos		p < 0,006	p < 0,003	p < 0,04	p < 0,23	p < 0,01
C.V. (%)		5	6	2	5	2
CME		0,68	0,74	2,60	0,51	1,27
gl		40	40	40	40	40
dms		0,79	0,82	1,54	0,68	1,07
2011-12 n=9	Round-up	19,3 ± 0,7	16,9 ± 0,7	87,5 ± 2,2	16,1 ± 0,5	64,6 ± 0,8
	Moddus	19,2 ± 0,8	16,8 ± 0,8	87,5 ± 2,0	16,5 ± 0,8	64,3 ± 1,2
	R-up+Cosm.	19,4 ± 1,0	16,9 ± 1,0	87,0 ± 1,9	16,6 ± 1,1	64,0 ± 1,8
	R-up+DP98	19,5 ± 0,9	16,9 ± 1,0	87,0 ± 1,3	16,6 ± 1,1	64,0 ± 1,5
	Sugar Express	18,8 ± 0,5	16,2 ± 0,6	86,2 ± 1,5	16,3 ± 0,8	64,9 ± 1,1
	Testigo	18,3 ± 0,8	15,8 ± 0,9	86,1 ± 3,0	16,4 ± 0,9	65,3 ± 1,2
ANDEVA						
Tratamientos		p < 0,001	p < 0,001	p < 0,12	p < 0,61	p < 0,02
C.V. (%)		3	4	2	4	1
CME		0,33	0,34	1,73	0,38	0,78
gl		40	40	40	40	40
dms		0,55	0,57	1,25	0,59	0,84
Prom. dos ciclos n=18	Round-up	18,9 ± 0,9	16,4 ± 1,0	86,7 ± 1,9	15,9 ± 0,6	65,3 ± 1,3
	Moddus	18,8 ± 1,2	16,3 ± 1,1	87,0 ± 1,6	16,4 ± 0,8	64,9 ± 1,6
	R-up+Cosm.	19,0 ± 1,1	16,5 ± 1,2	86,7 ± 1,9	16,2 ± 1,0	64,8 ± 1,9
	R-up+DP98	19,0 ± 1,1	16,5 ± 1,2	86,4 ± 1,5	16,4 ± 0,9	64,6 ± 1,7
	RyZup +fert./S. Spress	18,2 ± 1,2	15,6 ± 1,3	85,4 ± 2,0	15,9 ± 1,0	65,9 ± 1,9
	Testigo	17,9 ± 1,3	15,3 ± 1,6	85,3 ± 3,4	16,1 ± 1,3	66,1 ± 2,4
ANDEVA						
Tratamientos		p<0,001	p<0,001	p<0,01	p<0,25	p<0,001
C.V. (%)		3	4	1	3	1
CME		0,65	0,67	2,66	0,54	1,31
gl		40	40	40	40	40
dms		0,54	0,55	1,10	0,50	0,77

C.V.(%): Coeficiente de variación

CME: cuadrado medio del error

dms: Diferencia mínima significativa

gl: grados de libertad

**Cuadro 4. Efecto de varios productos maduradores, en las variables de producción de la caña, Azucarera El Viejo, Carrillo, Guanacaste, 2010-12**

Periodo	Tratamientos	kg/t		t/ha		
		Rendimiento industrial	Rend. Miel	Producción caña	Producción sacarosa	Producción miel
2010-11 n=9	Moddus	103,5 ± 7,0	29,8 ± 2,6	81,0 ± 10,8	8,38 ± 1,14	2,41 ± 0,36
	Moddus	102,4 ± 8,2	27,7 ± 2,6	82,4 ± 7,8	8,43 ± 0,98	2,28 ± 0,28
	Round-up + Cosm.	105,1 ± 8,9	29,2 ± 3,4	80,9 ± 9,5	8,50 ± 1,21	2,37 ± 0,46
	Round-up + DP98	102,7 ± 7,8	29,7 ± 2,7	80,5 ± 9,7	8,27 ± 1,13	2,39 ± 0,35
	RyZup 4 SL + urea + B + Zn	96,7 ± 10,0	31,2 ± 3,7	81,0 ± 10,7	7,87 ± 1,51	2,52 ± 0,41
	Testigo	94,6 ± 11,3	30,3 ± 6,0	81,6 ± 8,5	7,51 ± 1,16	2,50 ± 0,47
ANDEVA						
Tratamientos		p < 0,004	p < 0,29	p < 0,99	p < 0,05	p < 0,71
C.V. (%)		6	10	9	9	14
CME		38,27	9,48	48,24	0,55	0,12
dms		5,9	2,9	6,6	0,71	0,33
gl		40	40	36	36	36
2011-12 n=9	Round-up	109,6 ± 5,3	27,4 ± 4,9	93,1 ± 9,1	10,20 ± 0,98	2,56 ± 0,55
	Moddus	108,0 ± 5,3	27,1 ± 4,4	99,6 ± 16,2	10,70 ± 1,51	2,70 ± 0,63
	Round-up + Cosm.	107,9 ± 6,2	28,1 ± 4,1	97,8 ± 17,5	10,53 ± 1,87	2,72 ± 0,46
	Round-up + DP98	108,5 ± 6,6	28,3 ± 2,8	95,0 ± 10,8	10,27 ± 1,05	2,68 ± 0,37
	Sugar Spress	103,9 ± 4,1	29,1 ± 3,2	98,1 ± 12,2	10,18 ± 1,19	2,85 ± 0,44
	Testigo	101,2 ± 6,6	28,8 ± 6,6	92,4 ± 19,6	9,28 ± 1,49	2,62 ± 1,00
ANDEVA						
Tratamientos		p < 0,003	p < 0,61	p < 0,66	p < 0,13	p < 0,85
C.V. (%)		4	10	12	11	18
CME		21,64	7,45	120,90	1,19	0,22
dms		4,4	2,6	10,5	1,04	0,45
gl		40	40	37	37	37
Prom. dos ciclos (n=18)	Round-up	106,6 ± 6,8	28,6 ± 4,0	87,1 ± 11,5	9,29 ± 1,39	2,49 ± 0,45
	Moddus	105,2 ± 7,3	27,4 ± 3,5	91,0 ± 15,2	9,57 ± 1,70	2,49 ± 0,52
	Round-up + Cosm.	106,5 ± 7,5	28,6 ± 3,7	89,4 ± 16,2	9,52 ± 1,85	2,55 ± 0,48
	Round-up + DP98	105,6 ± 7,6	29,0 ± 2,8	87,8 ± 12,5	9,27 ± 1,48	2,54 ± 0,38
	RyZup+fert./S.S.	100,3 ± 8,3	30,2 ± 3,5	89,6 ± 14,2	9,02 ± 1,77	2,69 ± 0,44
	Testigo	97,9 ± 9,6	29,5 ± 6,2	86,2 ± 16,8	8,37 ± 1,72	2,52 ± 0,79
ANDEVA						
Tratamientos		p<0,001	p<0,23	p<0,75	p<0,005	p<0,82
C.V. (%)		4	8	8	7	13
CME		35,32	10,90	106,70	0,87	0,21
dms		4,0	2,2	7,0	0,63	0,32
gl		40	40	37	37	37

C.V.(%): Coeficiente de variación

CME: cuadrado medio del error

dms: Diferencia mínima significativa

gl: grados de libertad

SS: Sugar Spress

En el análisis combinado de los ciclos, los tratamientos Moddus, aplicado al año siguiente con Round-up; el Round-up solo y la combinación con el Cosmomadurador y el DP98, produjeron una mejora sustancial en la calidad del jugo, debido al aumento de  $1,07 \pm 0,13$  unidades del brix ( $P < 0,001$ ),  $1,15 \pm 0,08$  unidades de pol ( $P < 0,001$ ),  $1,37 \pm 0,25$  unidades de la pureza ( $P < 0,01$ ) y una disminución de  $1,19 \pm 0,27$  unidades en la humedad de la caña ( $P < 0,001$ ). El contenido de fibra ( $16,1 \pm 0,2\%$ ,  $P < 0,25$ ) y el de miel ( $28,9 \pm 0,9$  kg/t,  $P < 0,23$ ) fue similar para todos los tratamientos. En este análisis conjunto, el RyZup+fertilizantes y el Sugar Spress no produjeron ninguna mejora de la calidad del jugo de la caña en este estudio (Cuadro 3 y 4).

## **Variables de producción.**

### **Rendimiento industrial.**

En el primer ciclo, el Moddus y la combinación de Round-up con el Cosmomadurador y el DP98 aumentaron ( $P < 0,004$ ) el rendimiento industrial en  $9,0 \pm 1,3$  kg/t, comparado con el testigo; mientras que el periodo 2011-12, estos mismos tratamientos, incluyendo el Round-up solo, incrementaron el contenido de sacarosa de la caña ( $P < 0,003$ ) en  $7,3 \pm 0,8$  kg/t. El aumento de sacarosa, considerando los dos ciclos, fue de  $8,1 \pm 0,7$  kg/t (Cuadro 4).

En el segundo ciclo, los tratamientos produjeron en promedio  $5,7$  kg/t más de sacarosa, comparado con el primer ciclo. La razón de esto pudo deberse a que en el periodo 2011-12 se presentaron condiciones climáticas que favorecieron la maduración de la caña de manera excepcional, comparado con la zafra anterior e incluso con otras zafras, aspecto que se reflejó a escala comercial. También pudo haber tenido alguna influencia el hecho que el segundo ciclo correspondía a una soca, la cual, por lo general, muestra un rendimiento más alto de sacarosa comparado con una “caña planta”, influido por una menor edad y tallos más succulentos.

La magnitud de la respuesta de los maduradores en el segundo ciclo fue cerca de 1,7 kg/t menos, comparado con el primero (Cuadro 4). En esto pudo influir, como se indicó antes, a las condiciones que favorecieron la maduración de la caña en el periodo 2011-12. En general, la magnitud de la respuesta a los maduradores tiende a ser menor en los años “azucareros”, cuando se presentan condiciones ambientales favorables para la acumulación de sacarosa (años azucareros).

El RyZup+fertilizantes en el primer periodo, como el Sugar Express en el segundo periodo, no produjeron ninguna mejora sustancial en el rendimiento industrial, como lo hicieron los otros productos maduradores (Cuadro 4).

### **Producción de caña.**

El rendimiento observado en la producción de caña en los dos ciclos, fue similar entre los tratamientos (Cuadro 4). En el periodo 2010-11 la producción de caña fue de  $81,2 \pm 0,7$  t/ha ( $P < 0,99$ ), mientras que en el segundo fue de  $96,0 \pm 3,0$  t/ha ( $P < 0,66$ ).

Se observó un aumento en la producción de caña, entre el primer y el segundo año, la cual tuvo una variación entre los tratamientos en el orden del 13% y 21% (promedio  $18 \pm 3\%$ ). Este incremento en el segundo ciclo pudo deberse a varias razones: 1- que correspondía a una soca, la cual, por lo general, muestra un crecimiento más rápido comparado con una “caña planta” que es más lento, sobre todo en las fases iniciales de desarrollo, 2- en el segundo ciclo se presentaron mejores condiciones ambientales para el desarrollo de la caña y 3- el ciclo de crecimiento fue más largo ( $12,1 \pm 0,2$  meses), comparado con el segundo ciclo ( $11,9 \pm 0,7$  meses).

### **Producción de sacarosa.**

Durante el primer ciclo, los tratamientos con Moddus y Round-up combinado con el Cosmomadurador y DP98 incrementaron de manera significativa ( $P < 0,05$ ) la producción de sacarosa en promedio  $0,88 \pm 0,12$  t/ha, comparado con el testigo. El RyZup+fertilizantes se comportó de manera similar que el testigo (Cuadro 4).

En el segundo ciclo todos los maduradores mostraron una producción de sacarosa similar, que en promedio fue de  $10,2 \pm 0,5$  t/ha. En el tratamiento con RyZup+fertilizantes el año anterior, que corresponde al tratamiento Sugar Spress en el segundo año, registró un aumento en la producción de caña que equiparó la producción de sacarosa en ese período.

Hasta el momento, con los resultados de este estudio, no puede afirmarse que el Round-up haya afectado negativamente la producción de caña, ya que tanto en el primer ciclo, como en el segundo, mostró valores semejantes al testigo. No obstante, llama la atención en el segundo ciclo, que en los tratamientos que se empleó Moddus los dos años, el Round-up en combinación con el Cosmomadurador y DP98 y la combinación RyZup+fertilizantes/Sugar Spress, produjeron creca de 5t/ha más que el testigo y el Round-up solo.

En el análisis conjunto de los dos ciclos, todos los tratamientos con los productos maduradores influyeron positivamente en la producción de sacarosa ( $P < 0,005$ ). Los tratamientos, desde el punto de vista estadístico, fueron similares entre ellos, produciendo un aumento de  $1,0 \pm 0,2$  t/ha de sacarosa, comparado con el testigo. En promedio, el tratamiento en el que se aplicó Moddus en los dos ciclos produjo un incremento de 1,20 t/ha de sacarosa, seguido por el Round-up+Cosmomadurador con 1,15 t/ha; el Round-up solo, con 0,92 t/ha; el Round-up+DP98, con 0,90 t/ha y el RyZup+fertilizantes/Sugar Spress, con 0,66 t/ha (Cuadro 4).

La producción de miel fue similar en todos los tratamientos,  $2,4 \pm 0,1$  t/ha en el primer ciclo y  $2,7 \pm 0,1$  t/ha en el segundo ciclo, con un valor promedio en ambos ciclos de  $2,5 \pm 0,1$  t/ha, (Cuadro 4).

### **Efecto de los maduradores en las variedades CP 72-2086 y MEX 79-431.**

En este estudio, 5 de lotes (repeticiones) se sembraron con la variedad CP 72-2086 y 4 con la variedad MEX 79-431. La respuesta de las dos variedades a los maduradores fue positiva, mostrando un comportamiento similar a lo previamente expuesto.

En la CP 72-2086, todos los maduradores mejoraron la calidad del jugo, con excepción del tratamiento RyZup y Sugar Express. Estos incrementaron el brix en  $1,1\pm 0,1$  unidades, el pol en  $1,4\pm 0,1$  unidades, la pureza del jugo en  $2,6\pm 0,3$  unidades y el rendimiento industrial en  $8,7\pm 1,3$  kg/t de caña. Por el contrario, ocasionaron una disminución de la humedad en  $1,8\pm 0,2$  unidades y en la miel en  $3,8\pm 0,9$  kg/t. La producción de caña y producción de miel fue similar en todos los tratamientos, en promedio  $87\pm 2$  t/ha y  $2,6\pm 0,1$  t/ha, respectivamente (Cuadro 5). La producción de sacarosa fue similar entre tratamientos ( $P < 0,14$ ), no obstante el Moddus/Round-up y Moddus mostraron una diferencia de  $1,12\pm 0,01$  t/ha más de sacarosa al compararlo con el testigo; de igual manera, los tratamientos Round-up combinado con el Cosmomadurador y el DP-98 produjeron  $0,57\pm 0,09$  t/ha más de sacarosa con el testigo. El tratamiento RyZup+fert/Sugar Spress produjo apenas  $0,38$  t/ha más de sacarosa que el testigo (Cuadro 5).

En la variedad MEX 79-431, los tratamientos Moddus en los dos ciclos, y la combinación de Round-up con Cosmomadurador y DP98 mejoraron el brix ( $P < 0,05$ ) y el ( $P < 0,03$ ) pol del jugo en  $1,2\pm 0,3$  unidades y  $1,0\pm 0,2$  unidades, respectivamente. Los demás tratamientos alcanzaron valores similares al testigo.

La pureza del jugo, el contenido de fibra y la producción de caña, fue similar en los tratamientos, en promedio  $87,3\pm 0,5\%$ ,  $16,7\pm 0,4\%$  y  $90,7\pm 4,0$  t/ha, respectivamente (Cuadro 5). El rendimiento industrial alcanzado por los productos maduradores, con excepción de la combinación RyZup+fert. y Sugar Spress, fueron más altos que el testigo ( $P < 0,02$ ), en promedio  $7,4\pm 0,9$  kg/t.

**Cuadro 5. Efecto de varios productos maduradores, en las variables de calidad y de producción, en dos variedades de caña, durante dos ciclos de cultivo, Azucarera El Viejo, Carrillo, Guanacaste, 2010-12**

Variedad	N	Tratamientos	%				kg/t		t/ha			
			Brix	Pol del jugo	Pureza del jugo	Fibra en caña	Hum de la caña	Rend. Ind.	Rend. Miel	Prod. caña (t/ha)	Prod. Sacarosa (t/ha)	Prod. miel (t/ha)
CP 72-2086	5	Moddus/R-up	18,75	16,19	86,30	15,71	65,54	105,73	29,47	87,60	9,28	2,58
		Moddus	18,50	16,00	86,44	16,22	65,28	103,00	28,38	90,08	9,30	2,57
		Rup+Cosm	18,61	15,95	85,69	15,63	65,76	104,00	30,52	84,83	8,80	2,59
		Rup+DP98	18,49	15,92	86,01	15,96	65,55	103,09	29,40	84,41	8,68	2,47
		RZ+fert./S.S.	17,90	15,15	84,53	15,42	66,68	98,60	31,90	86,33	8,55	2,75
		Testigo	17,49	14,64	83,49	15,17	67,33	95,29	33,28	89,20	8,17	2,82
ANDEVA												
Tratamientos		Probabilidad	0,03	0,01	0,002	0,01	0,002	0,03	0,005	0,87	0,14	0,39
C.V. (%)		(gl: 20)	3	4	1	3	1	5	6	10	8	14
CME			0,76	0,85	2,27	0,34	1,13	47,02	6,92	145,10	0,99	0,28
dms			0,81	0,86	1,41	0,54	0,99	6,40	2,46	11,32	0,94	0,50
gl			20	20	20	20	20	20	20	18	18	18
MEX 79-431	4	Moddus/R-up	18,99	16,57	87,21	16,09	64,92	107,61	27,57	86,41	9,30	2,37
		Moddus	19,10	16,77	87,78	16,54	64,35	107,87	26,18	92,21	9,91	2,39
		Rup+Cosm.	19,54	17,18	87,87	16,83	63,63	109,61	26,31	95,03	10,42	2,49
		Rup+DP98	19,71	17,15	86,94	16,86	63,43	108,80	28,52	91,95	10,01	2,62
		RZ+fert./S.S.	18,57	16,07	86,50	16,59	64,84	102,46	27,97	93,65	9,61	2,61
		Testigo	18,30	16,05	87,65	17,19	64,51	101,07	24,83	85,20	8,94	2,21
ANDEVA												
Tratamientos		Probabilidad	0,01	0,01	0,34	0,07	0,04	0,02	0,21	0,06	0,005	0,04
C.V. (%)		(gl: 15)	2,80	2,80	1,10	2,70	1,10	3,50	7,90	5,30	4,60	8,60
CME			0,55	0,44	1,87	0,41	0,97	28,02	9,09	46,01	0,39	0,09
dms			0,79	0,71	1,46	0,69	1,05	5,64	3,21	11,46	0,67	0,32
			18	18	18	18	18	18	16	16	16	16
<b>CP 72-2086</b>		<b>Promedio</b>	<b>18,29</b>	<b>15,64</b>	<b>85,41</b>	<b>15,69</b>	<b>66,02</b>	<b>101,62</b>	<b>30,49</b>	<b>86,91</b>	<b>8,85</b>	<b>2,63</b>
<b>MEX 79-431</b>		<b>Promedio</b>	<b>19,03</b>	<b>16,63</b>	<b>87,33</b>	<b>16,68</b>	<b>64,28</b>	<b>106,24</b>	<b>26,90</b>	<b>90,92</b>	<b>9,72</b>	<b>2,45</b>
Diferencia		Diferencia	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>	<b>1,9</b>	<b>1,0</b>	<b>-1,7</b>	<b>4,6</b>	<b>-3,6</b>	<b>4,0</b>	<b>0,9</b>	<b>-0,2</b>
		Probabilidad	P<0,05	P<0,03	P<0,04	P<0,01	P<0,01	P<0,12	P<0,05	P<0,48	P<0,09	P<0,44

CME: Cuadro medio del error

C.V.: Coeficiente de variación

gl: Grados de libertad

RZ+fert.: RyZup+fertilizantes

S.S.: Sugar Spress

En la variedad MEX 79-43 los tratamientos que produjeron mayor cantidad de sacarosa, comparado con el testigo, fueron el Round-up + Cosmomadurador (1,48 t/ha), Round-up + DP-98 Moddus (0,97 t/ha) y el RyZup+fert. y Sugar Spres (0,67 t/ha).

El tratamiento Moddus/Round-up, fue el que produjo menor cantidad de sacarosa, apenas una diferencia respecto al testigo de 0,36 t/ha (Cuadro 5). En este resultado influyó una menor producción de caña, si se compara con los otros productos maduradores. El incremento en producción de caña entre el primer y segundo ciclo del testigo y el tratamiento Moddus/Round-up fue menor (10%), si se compara con los otros tratamientos ( $17\pm 5\%$ ). Es dudoso que el Round-up aplicado en el segundo periodo haya tenido esta influencia en este resultado en tan poco tiempo (60 días). Al ser una investigación en curso, los datos que se obtengan podrán aclarar las causas de este comportamiento.

Independientemente de los tratamientos evaluados, la variedad MEX 79-431 mostró, en general, una mejor calidad del jugo, sobre todo en el brix, el pol y la pureza del jugo. No obstante, la producción de caña ( $P < 0,48$ ) y la producción de sacarosa ( $P < 0,09$ ) y miel (0,44) fue similar (Cuadro 5).

### **Análisis económico.**

En el Cuadro 6 se anota el costo unitario de los productos, así como el costo por hectárea en que se incurrió durante cada ciclo con los diferentes tratamientos. Con base en los datos de producción de caña, de sacarosa y de miel se estimó un índice económico, para determinar cuáles tratamientos resultaron más rentables por año y de forma global hasta el segundo ciclo. Para el cálculo de los ingresos se consideró un valor del precio de la sacarosa de  $\text{¢}180/\text{kg}$  y de la miel en  $\text{¢}45/\text{kg}$ . Dentro de los egresos, la corta, el alza y el acarreo se estimó en  $\text{¢}7000/\text{t}$ , considerando una distancia 10 km.

Cuadro 6. Costos de los tratamientos en cada uno de los periodos y cálculo del índice económico.

Periodo	Tratamientos	Dosis/h a		Costo unitario (\$/L-kg)	Costo unitario (¢/L-	Costo /ha	Prod. Caña (t/ha)	Prod. Sac. (t/ha)	Prod. Miel. (t/ha)	Índice Económic	Orden	
2010-11	Moddus	0,8	---	41,5	---	16700	16700	81,0	8,38	2,41	1,16	2
	Moddus	0,8	---	41,5	---	16700	16700	82,4	8,43	2,28	1,15	3
	R-up+Cosm.	0,5	1	3,1	9,5	5546	5546	80,9	8,50	2,37	1,19	1
	R-up+DP98	0,5	1,5	3,1	4,5	4162	4162	80,5	8,27	2,39	1,15	3
	Testigo	---	---	---	---	---	---	81,6	7,51	2,50	1,00	4
2011-12	R-up	1	---	3,1	---	1534	1534	93,1	10,20	2,56	1,14	3
	Moddus	0,8	---	41,5	---	16700	16700	99,6	10,70	2,70	1,17	1
	R-up+Cosm.	0,5	1	3,1	9,5	5546	5546	97,8	10,53	2,72	1,16	2
	R-up+DP98	0,5	1,5	3,1	4,5	4162	4162	95,0	10,27	2,68	1,14	3
	Testigo	---	---	---	---	---	---	92,4	9,28	2,62	1,00	4
Promedio (dos ciclos)	Moddus/R-up	---	---	---	---	---	9117	87,1	9,29	2,5	1,15	3
	Moddus	---	---	---	---	---	16700	91,0	9,57	2,5	1,16	2
	R-up+Cosm.	---	---	---	---	---	5546	89,4	9,52	2,5	1,18	1
	R-up+DP98	---	---	---	---	---	4162	87,8	9,27	2,5	1,15	3
	Testigo	---	---	---	---	---	---	86,2	8,37	2,5	1,00	4

Cambio ¢/\$ 503

R-up: Round-up

Cosm.: Cosmomadurador

La aplicación aérea, incluyendo la preparación y los coadyuvantes se estimó en ¢8000/ha. También se incluyó una constante que contemplara el costo de establecimiento diferido en 5 años y un costo de mantenimiento por año. La diferencia entre los ingresos y egresos se dividió entre el ingreso del testigo. En el análisis no se incluyó el tratamiento RyZup+fert/Sugar Spress, ya que se comportó parecido al testigo.

De los resultados obtenidos se concluye, que en el primer ciclo, el tratamiento más rentable lo constituye la mezcla Round-up + Cosmomadurador, seguida por el Moddus y la mezcla Round-up + DP98, los cuales mostraron un índice parecido. En el segundo ciclo, el tratamiento más rentable fue el Moddus, seguido por el Round-up + Cosmomadurador. La mezcla Round-up+DP98 y Round-up presentaron la misma rentabilidad (Cuadro 6).

Considerando el efecto acumulativo de los dos ciclos, el tratamiento más rentable fue Round-up + Cosmomadurador, seguido por el Moddus (aplicado durante los

dos ciclos). La mezcla Round-up+DP98 y Moddus/Round-up (primer y segundo ciclo respectivamente) presentaron la misma rentabilidad (Cuadro 6).

### **Conclusiones.**

- 1- Los tratamientos Moddus (aplicado en los dos ciclos), Moddus/Round-up y las mezclas Round-up+Cosmomadurador y Round-up+DP98 mejoraron la calidad del jugo de la caña, incrementando el contenido de la sacarosa, en  $9,0 \pm 1,3$  kg/t en el primer ciclo,  $7,3 \pm 0,8$  kg/t en el segundo, para un promedio en los dos ciclos de  $8,1 \pm 0,7$  kg/t.
- 2- Los análisis estadísticos indican que hasta el momento, la producción de caña es similar en los tratamientos evaluados, sin embargo, en promedio, en el segundo ciclo los tratamientos en los que se empleó Moddus y la combinación de los fosfitos de potasio con la mitad de la dosis de glifosato produjeron  $5,1 \pm 2,3$  t/ha más de caña que el testigo y  $4,4 \pm 2,3$  t/ha que el tratamiento con Round-up.
- 3- Hasta el momento, tomando en consideración la producción de caña y el incremento de sacarosa, el tratamiento más rentable lo constituye el Round-up+Cosmomadurador (18%), seguido del Moddus (16%), Round-up+DP98 y Moddus/Round-up (15%).
- 4- Los tratamientos RyZup+fertilizantes y Sugar Spress no mejoraron de manera importante la calidad del jugo de la caña ni la producción de sacarosa.
- 5- La rentabilidad de los tratamientos bajo evaluación está influida por la producción de caña, lo cual solo se podrá aclarar cuando se disponga de resultados de más ciclos.

- 6- No existe hasta el momento evidencia clara que el Round-up esté afectando el rendimiento de la caña, no obstante de continuar obteniéndose rendimientos satisfactorios a escala comercial, resulta prudente ampliar las áreas de aplicación con los mejores productos a base de fosfito de potasio evaluados en combinación con la mitad de la dosis convencional Round-up.
- 7- La variedad MEX 79-431 presenta una maduración natural entre el segundo y último tercio. Los datos sugieren que la cosecha podría adelantarse haciendo uso de los maduradores como los evaluados, siempre que se le dé un manejo para este fin y que esté ubicada en terrenos con condiciones para realizar la cosecha más temprano.

#### Literatura Citada

- CLOWES, M.St.J. 1980. Ripening activity of the glyphosate salts Mon 8000 and Roundup. *Proceedings of the International Sugar Cane Technologists*. 17(1):676–693.
- CUELLAR CANO, A.; CASTRO, J.C.; ARANA, C.H. 1997. Bioestimulantes de biomasa y rendimiento aplicados en la época de maduración de la caña con y sin glifosato. IV Congreso Colombiano de la Asociación de Técnicos de la Caña de Azúcar. Cali-Colombia. p. 402-409
- DALLEY, C.D.; RICHARD Jr., E.P. 2010. Herbicides as Ripeners for Sugarcane. *Weed Science* 58(3): 329-333.
- DONALDSON, R. A. 1999. Sugarcane ripening in South Africa: review of past decade. *Proceedings of the International Sugar Cane Technologists* 23:8-13.
- LEONARDO HERNANDEZ, A.R. 1995. Evaluación de cuatro productos químicos como maduradores en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el ingenio Tululá, Cuyotenango, Suchitepéquez, Guatemala. Tesis. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales. 67p.
- LEITE, G.H.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; SILVA, M.A.; VENTURINI FILHO, W.G. 2008. Reguladores vegetais e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar em meio de safra. *Ciência e Agrotecnologia* 32(6):1843-1850. Disponible en [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542008000600024](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542008000600024)

LEITE, G.H.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; LIMA, G.P.P.; SILVA, M.A. 2009. Reguladores vegetais e atividade de invertases em cana-de-açúcar em meio de safra. *Ciência Rural*, 39(3):718-725. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/cr/v39n3/a14v39n3.pdf>

MILLHOLLON, R. W.; LEGENDRE, B. L. 1996. Sugarcane yield as affected by annual glyphosate ripener treatments. *American Society of Sugar Cane Technologists Journal* 16: 7-12.

RADEMACHER, W. 2000 growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51:501-531.

SOLOMON, S.; LI, Y-R. 2004. Chemical ripening of sugarcane: global progress and recent developments in China. *Sugar Tech* 6(4):241-249

SILVA, M. A.; 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 <http://www.intechopen.com/books/crop-management-cases-and-tools-for-higher-yield-and-sustainability/ripening-and-use-of-ripeners-for-better-sugarcane-management>.

VILLEGAS, T.F.; ARCILA A, J. 1995. Uso de madurantes. In: *El Cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia*. C. Cassalet; J.Torres; C. Isaacs (eds.). CENICAÑA. Cali, Colombia. p. 315-335.

VILLEGAS T.F.; TORRES A., J.S. 1993. Efecto del Round-up usado como madurante en la producción de caña de azúcar. *International Sugar Journal*. 95: 59-64.

VIATOR, R.P.; JOHNSON, R.M.; RICHARD, E.P.; WAGUESPACK, H.L.; JACKSONB, W. 2008. Influence of non optimal ripener applications and postharvest residue retention on sugarcane second ratoon yields. *Agronomy Journal* 100(6):1796-1773. Disponible en <http://naldc.nal.usda.gov/download/23693/PDF>