

EFFECTO DEL ETHREL- 480 SOBRE LA COMPOSICIÓN DE LOS JUGOS DE CUATRO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* sp.) EN CUBA

Janet Quiñonez; Yanet Tambara; Janetsy Borroto; Yanelis Capdesuñer;
Maribel Rivas; Liudmila Chávez; Josefa V. Hormaza;
Ana León; Hipólito Peralta; María A. Blanco

RESUMEN

El presente trabajo expone los resultados de un experimento de campo realizado durante dos años (campañas de zafra), donde se evaluó el efecto del Ethrel-480 sobre la composición de los jugos y el contenido de carbohidratos en el proceso de maduración de cuatro variedades de caña de azúcar (C1051-73, CP52-43, C323-68 y My55-14). En general, la variedad que presentó los mejores resultados en los indicadores azucareros y carbohidratos en ambas campañas fue la C1051-73. La aplicación de Ethrel-480 no elevó el contenido de sacarosa en las variedades estudiadas, mientras que las variedades CP52-43 y My5514 dieron diferencias significativas para el caso de los azúcares reductores y poli+oligo respectivamente, la falta de respuesta al madurador durante este período pudiera estar asociada con una maduración avanzada de las plantas de caña de azúcar en el momento de la explicación, por lo que no recomendamos la aplicación de dicho madurador en estos casos.

Palabras claves: caña de azúcar, maduración, etileno, carbohidratos, *Saccharum* sp.

Recibido: 14/12/05. Aceptado: 15/09/06

¹Laboratorio de Ingeniería Metabólica, Centro de Bioplantas.
Carr. a Morón km 9 CP 69450. Universidad de Ciego de Ávila (UNICA), Ciego de Ávila, Cuba.e-mail: jquinones@bioplantas.cu

INFLUENCE OF THE ETHREL-480 APPLICATION ON THE JUICE COMPOSITION OF FOUR SUGARCANE VARIETIES AT CUBA

ABSTRACT

The influence of the Ethrel-480 application on the juice composition and carbohydrate content related to the ripening process of four sugarcane varieties (C1051-73, C323-68, CP52-43 and My5514) was evaluated for two years in field conditions. The variety that presented the best results in the sugar indicators and carbohydrates in both campaigns was the C1051-73. The application of Ethrel-480 did not produce positive effect on the sucrose content in this varieties, only the CP52-43 and the My5514 showed significant differences in reduction sugars and poli+oligo respectively, this lack of answer to the ripener during this period could be associated with advanced ripening in sugarcane plants in the moment of application. The application of ripener in these cases is not recommendable.

Key words: sugarcane, maturation, ethylene, carbohydrate, *Saccharum* sp.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum* sp.) es una gramínea tropical en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, es un miembro de la familia *Poaceae*, cuyas variedades modernas son el producto de repetidos ciclos de hibridaciones interespecíficas entre diferentes especies de *Saccharum*, lo que hace que sea de alta complejidad citogenética (Moore y Fitch, 1990). 70% de la caña de azúcar se cultiva en países en vías de desarrollo (Grof y Campbell, 2001), entre los cuales se encuentra Cuba. Alrededor de dos billones de toneladas de azúcar se producen anualmente, en un área de 18 millones de hectáreas más de 80 países productores (Arruda, 1999). Los resultados de la zafra azucarera 2003-2004 en Cuba alcanzaron 2,5 millones de toneladas; no obstante el avance obtenido en relación con la pasada zafra, al producirse

324.000 toneladas más y mejorar la eficiencia, todavía no es la respuesta que se necesita en el país (Lage, 2004; Silberman *et al.*, 2004), la eficiencia es aún un factor limitante para la industria azucarera.

Por otra parte, se conoce que el Ethrel-480 es un agente químico liberador de etileno y éste influye en diversos procesos relacionados con el crecimiento y el desarrollo de las plantas, que incluyen la germinación, senescencia, el alargamiento celular, maduración, etc. (Kieber, 1997). Se señala que el efecto del Ethrel-480 es determinante en la floración y altura de las plantas.

En las condiciones de la provincia de Ciego de Ávila, para el cultivo de la caña de azúcar, desarrollada en condiciones de secano, no existen antecedentes de estudios realizados sobre el efecto de las aplicaciones del madurador Ethrel-480 sobre la composición de los jugos y en especial con los carbohidratos en las variedades seleccionadas (C1051-73, C323-68, CP52-43 y My5514) que permitan el manejo de estas variedades, para lograr altos rendimientos de azúcar durante todo el período de zafra. Por tanto, en el trabajo se persigue evaluar la influencia de la aplicación de Ethrel-480 sobre los cambios químicos asociados al proceso de maduración en las variedades de caña de azúcar antes mencionadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

Para el estudio del efecto de la aplicación del ácido 2-cloroetilfosfónico (Ethrel-480) sobre el proceso de maduración de la caña de azúcar, se desarrolló un experimento de campo en áreas de la Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (EPICA) de Ciego de Ávila, la cual se encuentra situada en las coordenadas geográficas: 21° 46' de latitud norte y 78° 47' de longitud oeste. El experimento se desarrolló durante dos años consecutivos (primera y segunda campaña) sobre un suelo Ferralítico rojo compactado. El diseño experimental tilizado

fue el de bloques al azar, con cuatro tratamientos (variedades de caña de azúcar: madurez temprana C1051-73, CP52-43 y madurez tardía C323-68 y My5514) y cuatro repeticiones. Cada parcela contó con 11 surcos de 7,5 m de largo (área total por parcela: 123,75 m²).

Aplicación de Ethrel-480

Como madurador se utilizó el Ethrel-480, el cual se aplicó en dosis de 2 l/ha (960 g de ingrediente activo), utilizando una mochila de fumigación para asperjar el producto uniformemente sobre todas las plantas de la parcela. Al momento de la aplicación del madurador, las parcelas se dividieron en dos subparcelas de cinco surcos, dejando un surco intermedio de borde. A una de las dos subparcelas de cada parcela seleccionada al azar, se le aplicó el producto. El momento de aplicación de este madurador en ambas campañas se realizó de acuerdo con el instructivo técnico de manejo del cultivo de la caña de azúcar en Cuba. Las condiciones climatológicas en las cuales se desarrolló el experimento se muestran en el gráfico 1 (primera campaña 2000-2001) y gráfico 2 (segunda campaña 2001-2002).

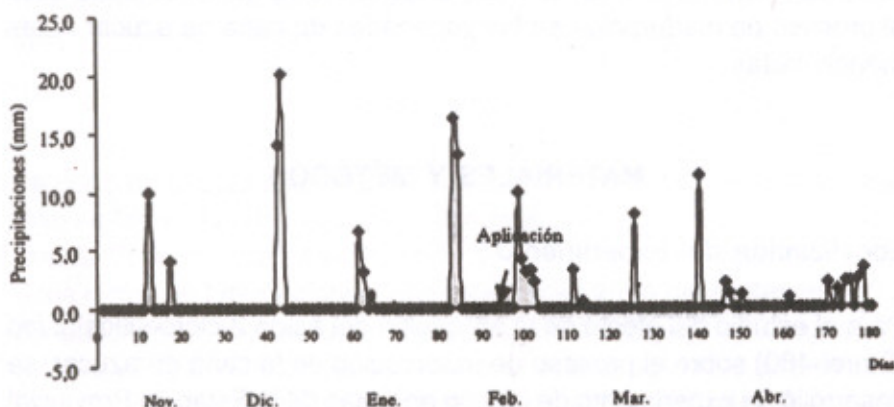


Gráfico 1. Comportamiento de las precipitaciones monitoreadas en la Estación del Municipio Venezuela de Ciego de Ávila, a partir del mes de noviembre del 2000, hasta el mes de abril del 2001, para la primera campaña. Con flecha se indica el momento de aplicación.

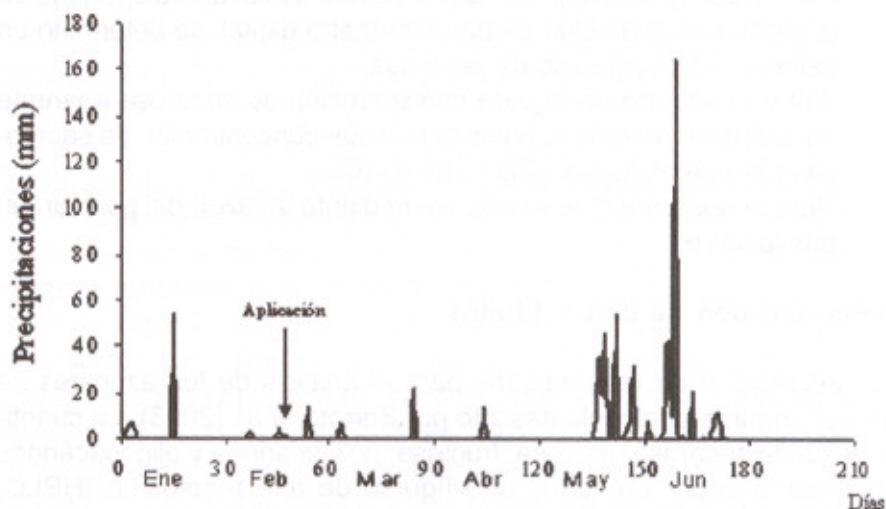


Gráfico 2. Comportamiento de las precipitaciones monitoreadas en la Estación del Municipio Venezuela de Ciego de Ávila, a partir del mes de enero del 2002, hasta el mes de junio del 2002, para la segunda campaña. Con flecha se indica el momento de aplicación.

Muestreos

Los análisis químicos se realizaron a partir de cinco muestras de tallo, de cuatro réplicas obtenidas aleatoriamente (20 tallos en total). Para analizar la influencia de la aplicación de Ethrel-480 las evaluaciones se realizaron a los 0, 21 y 50 días después de la aplicación.

Análisis químico

Composición del jugo (brix, pol): de acuerdo con Spencer y Meade (21), se determinó:

- Brix total (porcentaje de sólidos solubles): se determinó con un refractómetro digital, en muestras de jugo de los tallos molidos y prensados, las lecturas se corrigieron con respecto a la temperatura. Los resultados se expresaron en porcentaje de brix.

- Pol en jugo (porcentaje de concentración de sacarosa aparente en el jugo): con el empleo de un polarímetro digital, se determinó un estimado del contenido de sacarosa.
- Pol en caña (porcentaje de concentración de sacarosa aparente en caña): se determinó como la relación concentración de sacarosa aparente en jugo x (100-% fibra)/100.
- Pureza aparente (%): se obtuvo mediante la razón del pol entre el brix (pol/brix).

Determinación de carbohidratos

La preparación de las muestras para el análisis de los azúcares se realizó según el protocolo descrito por Borroto *et al.* (2003). La cuantificación de sacarosa, glucosa, fructosa, polisacáridos y oligosacáridos se determinó por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC, Pharmacia LKB). En la cuantificación se utilizó una columna HPX-87H Bio Rad (300-7,8 mm) y el solvente de la corrida fue ácido sulfúrico 0,005 mol l⁻¹ a una dosis de flujo de 0,3 ml. min⁻¹. Detector de índice de refracción (Knauer, Alemania). Los patrones utilizados (sacarosa, glucosa, fructosa, dextrana T40 (polisacárido) y rafinosa (oligosacáridos) (mg. ml⁻¹). Los valores de concentración de carbohidratos se expresan en mg. g⁻¹ de masa fresca (MF).

Análisis estadístico

Se utilizó el utilitario Statistical Package for Social Sciences (SPSS) para windows versión 8, Copyright SPSS Inc., 1989-1997. Los datos se procesaron por análisis de varianza y las diferencias significativas fueron determinadas por la prueba de Tukey, teniendo en cuenta el diseño experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios químicos en la composición del jugo

Para garantizar una alta producción de azúcar, es necesario que la caña de azúcar tenga un alto contenido de jugo, poca fibra y alta con-

centración de sacarosa en el jugo. En el Cuadro 1 se muestran los resultados de las determinaciones de brix, pol en jugo, pureza y pol en caña, en tres momentos después de la aplicación del madurador, en las diferentes variedades y en los dos años evaluados.

El pol es uno de los indicadores más importantes que se relacionan con el proceso de maduración de la caña de azúcar, por cuanto refleja la concentración aparente de sacarosa en el jugo. Los resultados en la primera campaña, al analizar los indicadores pol/jugo, pureza y pol/caña, mostraron diferencias significativas a los 21 días de aplicado el madurador. La 'C1051-73' (tratamiento de madurez temprana) fue la mejor variedad con estos indicadores, con resultados superiores con respecto al resto de las variedades. La 'CP52-43', a pesar de ser una variedad de madurez temprana tuvo valores por debajo de la 'C1051-73' que no se diferenciaron del resto de las variedades. A los 50 días no se observaron diferencias significativas e incluso los valores fueron similares o estuvieron por debajo, al compararlos con los valores de 21 días (Cuadro 1).

En la segunda campaña sólo se encontraron diferencias significativas entre las variedades a los 21 días para el indicador del brix. La 'C1051-73' sigue siendo la mejor variedad; no obstante, en el resto de los indicadores aunque alcanzó valores superiores (excepto en la pureza) éstos no fueron significativamente diferentes. A los 50 días el comportamiento fue muy similar a la primera campaña (Cuadro 1).

El efecto del Ethrel-480 sobre la composición del jugo se muestra en el Cuadro 2. Como se puede observar, en el momento de la aplicación existieron diferencias significativas entre las variedades de madurez temprana (C1052-73 y CP52-43) comparadas con las de madurez tardía (My5514 y C323-68) (para el caso del brix), no siendo así para el resto de los indicadores. La aplicación del madurador en la primera campaña no provocó cambios en los indicadores azucareros, mientras que en la segunda, el indicador brix presentó diferencias significativas en la variedad C1051-73 con el Ethrel-480, con respecto a la 'C323-68' y a 'My5514', pero no hubo diferencias de cada variedad, con y sin la aplicación del madurador.

Cuadro 1. Indicadores azucareros (brix, pol y pureza), según la variedad evaluada en los años evaluados.

Indicador	Variedades	Campaña 1 (2000-2001)			Campaña 2 (2001-2002)		
		0 días	21 días	50 días	0 días	21 días	50 días
Brix (% °Brix)	C1051-73	20,47 a	22,78	22,60	22,06	23,85 a	23,51
	C323-68	18,85 b	23,03	21,90	21,90	22,91 b	22,55
	CP52-43	19,68 ab	22,99	22,01	21,69	23,67 b	22,71
	My5514	18,80 b	22,48	22,37	21,21	22,97 b	21,81
	ES	0,22	0,16 ns	1,49 ns	0,26 ns	0,13	0,26 ns
Pol/jugo (%)	C1051-73	18,29	21,66 a	20,50	19,56	20,87	20,95
	C323-68	16,70	19,94 b	19,76	19,36	20,58	20,00
	CP52-43	16,75	20,14 b	19,51	19,09	20,76	20,79
	My5514	16,58	20,13 b	20,10	18,33	20,33	19,97
	ES	0,27 ns	0,38	0,16 ns	0,25 ns	0,12 ns	0,27 ns
Pureza(%)	C1051-73	89,34	98,48 a	90,75	88,59	87,53	89,11
	C323-68	88,56	86,66 b	90,24	86,05	89,47	90,41
	CP52-43	85,04	87,75 b	88,64	88,04	87,71	91,70
	My5514	88,18	89,75 b	89,91	86,46	88,69	91,60
	ES	0,79 ns	1,08	0,53 ns	0,69 ns	0,39 ns	0,60 ns
Pol/caña (%)	C1051-73	16,01	18,98 a	17,93	17,12	18,26	18,33
	C323-68	14,61	17,46 b	17,29	16,77	18,01	18,83
	CP52-43	14,65	17,62 b	17,63	16,71	18,17	18,20
	My5514	14,50	17,61 b	17,55	16,89	17,83	17,47
	ES	0,24 ns	0,19	0,12 ns	0,22 ns	0,10 ns	0,19 ns

En cada momento de evaluación, los valores con la misma letra no difieren significativamente (ANOVA, Tukey, $P < 0,05$). ES (error standard)

Cuadro 2. Indicadores azucareros en la interacción (variedad-Ethrel) en los dos años evaluados.

	Variedad	Campaña 1 (2000-2001)			Campaña 2 (2001-2002)		
		0 días	21días	50días	0 días	21 días	50 días
Brix (% °Brix)	C1051-73 SE	20,47 a	22,76	22,95	22,06	23,63 abc	23,83
	C1051-73 CE	20,47 a	22,81	22,26	22,06	24,08 a	23,0
	C323-68 SE	18,85 b	23,28	22,27	21,90	23,11 abc	23,00
	C323-68 CE	18,85 b	22,77	21,54	21,90	22,71 bc	22,10
	CP52-43 SE	19,68 ab	23,16	22,30	21,69	23,92 ab	23,57
	CP52-43 CE	19,68 ab	22,83	21,72	21,69	23,41 abc	23,42
	My5514 SE	18,80 b	22,34	22,73	21,21	23,46 abc	23,46
	My5514 CE	18,80 b	22,63	22,01	21,21	22,48 c	22,48
	ES	0,22	0,16ns	0,14ns	0,20ns	0,13	0,18
Pol/jugo (%)	C1051-73 SE	18,29	21,25	20,39	19,56	20,76	21,27
	C1051-73 CE	18,29	21,79	20,60	19,56	20,99	20,64
	C323-68 SE	16,70	12,82	19,83	19,36	20,87	20,94
	C323-68 CE	16,70	20,05	19,69	19,36	20,30	19,07
	CP52-43 SE	16,75	19,91	20,23	19,09	21,12	21,04
	CP52-43 CE	16,75	20,37	18,80	19,09	20,40	20,40
	My5514 SE	16,58	20,26	20,21	18,33	20,63	20,63
	My5514 CE	16,58	20,00	19,99	18,33	20,03	20,03
	ES	0,27 ns	0,21ns	0,16ns	0,25ns	0,12 ns	0,24 ns

J... continúa

J... continuación Cuadro 2

	Variedad	Campaña 1 (2000-2001)			Campaña 2 (2001-2002)		
		0 días	21días	50días	0 días	21 días	50 días
Pureza (%)	C1051-73 SE	89,34	93,43	88,84	88,59	87,84	89,34
	C1051-73 CE	89,34	95,53	92,66	88,59	87,23	88,88
	C323-68 SE	88,56	85,15	89,06	86,05	89,52	91,08
	C323-68 CE	88,56	88,16	91,41	86,05	89,42	89,74
	CP52-43 SE	85,04	86,14	90,70	88,04	88,29	89,25
	CP52-43 CE	85,04	89,37	86,59	88,04	87,14	87,14
	My5514 SE	88,18	90,77	88,92	86,46	88,29	88,29
	My5514 CE	88,18	88,74	90,90	86,46	89,09	89,09
	ES	0,79 ns	1,08ns	0,53ns	0,69ns	0,39 ns	0,44 ns
Pol/caña (%)	C1051-73 SE	16,01	18,87	17,83	17,12	18,16	18,61
	C1051-73 CE	16,01	19,09	18,03	17,12	18,37	18,06
	C323-68 SE	14,61	17,35	17,34	16,77	18,27	18,32
	C323-68 CE	14,61	17,58	17,24	16,77	17,76	17,34
	CP52-43 SE	14,65	17,42	17,57	16,71	18,48	18,41
	CP52-43 CE	14,65	17,83	17,69	16,71	17,86	17,86
	My5514 SE	14,50	17,73	17,58	16,89	18,12	18,12
	My5514 CE	14,50	17,50	17,52	16,89	17,53	17,53
	ES	0,24 ns	0,19ns	0,12ns	0,22ns	0,10 ns	0,15 ns

En cada momento de evaluación, los valores con la misma letra no difieren significativamente (ANOVA, Tukey, $P < 0,05$). ES (error standard), SE (sin Ethrel), CE (con Ethrel).

Según Osgood *et al.* (1983), Pérez (1996) y Cutiño *et al.*, (1991), el contenido de sacarosa aparente en jugo (pol en jugo) (cuadros 1 y 2), es uno de los indicadores que se incrementa cuando se realizan aplicaciones de Ethrel, lo cual se debe a que al liberar etileno en el interior de la planta, favorece la conversión de los azúcares reductores en sacarosa.

Cuando se aplicó el ácido 2-cloroetilfosfónico, todas las variedades contaban con valores de pureza por encima de 84%; es decir, tenían un avanzado grado de madurez, lo cual explica que el madurador no haya incrementado los valores de los indicadores evaluados con diferencias significativas en las variedades evaluadas y en las dos campañas.

Bocanegra (1990) ha señalado que el efecto del ácido 2-cloroetilfosfónico es menor a medida que aumenta el grado de madurez de la caña, lo cual coincide con los resultados obtenidos en el experimento.

El pol en jugo tampoco mostró cambios significativos por la aplicación del Ethrel en ambas campañas. Osgood *et al.* (1983); Pérez (1996) y Cutiño *et al.* (1991) evaluaron la aplicación de maduradores en otras variedades de caña de azúcar y consideran al pol en jugo como un indicador que varía con la aplicación de este madurador, aunque los incrementos obtenidos fueron pequeños. En nuestro caso se aceleró el estado de madurez por las condiciones climatológicas que existieron (gráficos 1 y 2), lo que provocó que a pesar de aplicar el madurador en el momento indicado no variará significativamente este indicador.

La pureza de los jugos es, sin embargo, uno de los indicadores que se puede mejorar con las aplicaciones de Ethrel (Rostron, 1999). En este caso, algunos autores (Rostron, 1999; Kingston *et al.* 1991) han señalado que la influencia de este madurador sobre la producción de sacarosa en la caña no radica precisamente en los cambios en la composición de los jugos y en la disminución de la floración, sino en un mayor número de tallos móviles que incrementa la masa fresca y el rendimiento total.

El Cuadro 3 muestra los resultados de las determinaciones de carbohidratos en tres momentos después de la aplicación del madurador, en las diferentes variedades para los dos años evaluados.

Como se puede observar, para el caso de la sacarosa y los azúcares reductores existieron diferencias significativas a los 21 días para las dos campañas y a los 50 días en la primera campaña, para el contenido de sacarosa. Las variedades de mejor comportamiento en la primera campaña fueron: la 'C1051-73' y la 'C323-68', mientras que en la segunda campaña, la 'C323-68' manifestó los mejores resultados.

Para los azúcares reductores, los mayores niveles a los 21 días estuvieron dados por la variedad CP52-43 para las dos campañas, mientras que a los 50 días los mayores niveles fueron los de la 'C1051-73' y la 'CP52-43'.

En los poli+oligo sólo existieron diferencias significativas a los 21 días en la segunda campaña, siendo los mayores valores en las variedades C1051-73 y My5514.

En la primera campaña fluctuaron los niveles de sacarosa y poli+oligo al disminuir y luego aumentar, mientras que los azúcares reductores aumentaron y luego disminuyeron en correspondencia al comportamiento de los niveles de sacarosa. En la segunda campaña se observó una disminución gradual de la sacarosa y un aumento de los azúcares reductores y poli+oligo.

Los resultados obtenidos en la disminución de la sacarosa y aumento de los azúcares reductores son indicativos que el máximo de maduración coincidió con el momento de la aplicación. Sin embargo, los poli+oligo no tuvieron igual comportamiento.

Los azúcares evaluados con y sin la aplicación del madurador (Cuadro 4) no mostraron diferencias significativas en las diferentes variedades analizadas con la aplicación del madurador para la sacarosa.

Cuadro 3. Concentración de carbohidratos (mg.g-1 MF) en las diferentes variedades en los dos años evaluados.

Indicador	Variedades	Campaña 1 (2000-2001)			Campaña 2 (2001-2002)		
		0 días	21 días	50 días	0 días	21 días	50 días
Sacarosa (mg.g-1 MF)	C1051-73	70,71	51,43 a	66,21 a	78,37	49,94 b	38,43
	C323-68	75,24	51,35 a	38,72 b	78,53	51,54 a	41,17
	CP52-43	79,18	41,18 b	61,19 a	67,68	48,14 b	38,17
	My5514	74,20	44,91 b	52,49 ab	67,09	48,76 b	40,21
	ES	2,45 ns	1,55	3,11	1,87 ns	0,42 ns	1,21 ns
Azúcares reductores (mg.g-1 MF)	C1051-73	6,08	6,40 b	4,79 a	2,52	3,53 ab	3,38
	C323-68	7,33	8,08 b	3,62 b	1,34	3,36 ab	3,92
	CP52-43	8,65	18,85 a	4,99 a	4,73	4,28 a	3,67
	My5514	6,99	4,68 b	3,91 b	3,75	2,96 b	3,14
	ES	0,45 ns	1,11	0,17	0,28 ns	0,16	0,21 ns
Poli+ Oligo (mg.g-1 MF)	C1051-73	42,06	18,57	33,01	35,13	46,83 a	36,60
	C323-68	34,49	24,31	31,63	33,38	39,68 b	32,48
	CP52-43	36,02	20,83	34,08	33,97	36,31 b	32,11
	My5514	41,17	20,16	31,67	41,83	48,80 a	39,08
	ES	2,01 ns	0,85 ns	1,29 ns	1,34 ns	1,46 ns	1,32 ns

En cada momento de evaluación, los valores con la misma letra no difieren significativamente (ANOVA, Tukey, $P < 0,05$). ES (error standar).

Cuadro 4. Concentración de carbohidratos ($\text{mg.g}^{-1}\text{MF}$) en la interacción (variedad-Ethrel) en los dos años evaluados.

Indicador	Variedades	Campaña 1 (2000-2001)			Campaña 2 (2001-2002)		
		0 días	21 días	50 días	0 días	21 días	50 días
Sacarosa ($\text{mg.g}^{-1}\text{MF}$)	C1051-73 SE	70,71	56,66	20,59	78,13	50,33	38,34
	C1051-73 CE	70,71	46,20	36,51	78,13	49,54	38,52
	C323-68 SE	75,24	55,78	31,05	78,53	47,64	38,27
	C323-68 CE	75,24	46,92	32,21	78,53	48,64	38,07
	CP52-43 SE	79,18	41,53	31,24	67,68	48,80	41,42
	CP52-43 CE	79,18	40,84	36,92	67,68	48,73	39,21
	My5514 SE	74,20	43,86	31,01	62,09	50,69	41,58
	My5514 CE	74,20	45,96	32,34	62,09	52,38	40,78
	ES	2,45 ns	1,55ns	1,29ns	1,87ns	0,42ns	1,21ns
	Azúcares reductores ($\text{mg.g}^{-1}\text{MF}$)	C1051-73 SE	6,08	7,12 c	67,44	2,52	3,61
C1051-73 CE		6,08	5,68 c	64,98	2,52	3,44	3,52
C323-68 SE		7,33	8,09 c	41,09	1,34	3,84	3,53
C323-68 CE		7,33	8,07 c	36,35	1,34	4,72	3,81
CP52-43 SE		8,65	22,69a	62,49	4,73	3,06	3,10
CP52-43 CE		8,65	15,02b	59,90	4,73	2,85	3,18
My5514 SE		6,99	5,51 c	52,67	3,75	3,58	4,63
My5514 CE		6,99	3,85 c	52,31	3,75	3,14	3,21
ES		0,45 ns	1,11	3,11ns	0,28ns	0,16ns	0,21ns
Poli+oligo ($\text{mg.g}^{-1}\text{MF}$)		C1051-73 SE	42,06	20,34	4,19abc	35,13	48,27
	C1051-73 CE	42,06	16,81	5,40 a	35,13	45,45	37,17
	C323-68 SE	34,49	23,58	3,66 bc	33,38	35,57	33,77
	C323-68 CE	34,49	25,06	3,58 bc	33,38	37,06	30,45
	CP52-43 SE	36,02	18,36	5,01 ab	33,97	51,38	36,84
	CP52-43 CE	36,02	23,30	4,97 ab	33,97	46,22	41,31
	My5514 SE	41,17	18,92	4,79 ab	41,83	39,92	32,61
	My5514 CE	41,17	21,40	3,04 c	41,83	39,44	32,35
	ES	2,01 ns	0,85ns	0,17	1,34ns	1,46ns	1,34ns

En cada momento de evaluación, los valores con la misma letra no difieren significativamente (ANOVA, Tukey, $P < 0,05$), ES (error standar), SE (sin Ethrel), CE (con Ethrel).

Los poli+oligo mostraron diferencias significativas a los 50 días para la primera campaña, siendo los mayores valores para la 'C1051-73' con Ethrel con respecto a la 'C323-68' sin y con Ethrel, y la 'My5514' con Ethrel. Sólo existieron diferencias significativas con la aplicación del Ethrel para la variedad My5514, en este indicador, donde disminuyeron los poli+oligo con el tratamiento. Para los azúcares reductores se encontraron diferencias significativas a los 21 días en la primera campaña realizada, donde la 'CP52-43' manifestó diferencias con la aplicación del madurador por la disminución de los azúcares reductores, al aplicar el Ethrel y también se mostraron diferencias de esta variedad con respecto al resto.

Morgan *et al.* (2001) lograron un incremento en el contenido de sacarosa en caña de azúcar, cuatro semanas después de la aplicación, y mejores resultados con la combinación de este con Fusilade. Gosnell (1976) logró que el Ethrel-480 entre 1 y 2 litros/ha⁻¹, mejorara significativamente la concentración de sacarosa en los seis últimos entrenudos de la caña, no siendo así para los resultados obtenidos en este trabajo, donde los niveles de sacarosa no aumentaron con la aplicación del madurador. Existen muchas experiencias de respuestas negativas al madurador. Una observación común a la falta de respuesta ha sido que las plantaciones no crecen vigorosamente antes y después de la aplicación del madurador (McDonald, 2000).

La falta de respuesta al madurador durante este período pudiera estar asociada a que al momento de aplicar el madurador, las plantas presentaban "buenas condiciones de maduración", por lo que no se logró un incremento de los niveles de sacarosa. Estas condiciones no fueron cuantificadas, pero se han asociado a menudo con reducida disponibilidad en la humedad del suelo y temperaturas bajas que hacen que se acelere el proceso de maduración (Kingston *et al.*, 1978). Por otra parte, la variabilidad en la respuesta al Ethrel puede estar relacionada con la razón de crecimiento antes e inmediatamente después de la aplicación del madurador (indicado por la baja pureza del jugo) (McDonald, 2000). La aplicación en las dos campañas se realizó con altos niveles de pureza, lo que sin duda contribuyó a la no respuesta con el

madurador. En este sentido se ha demostrado que la probabilidad de respuesta positiva al Ethrel está inversamente relacionada con la pureza del jugo (Kingston *et al.*, 1991).

Se conoce la influencia del clima durante el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar. Es indispensable proporcionar una adecuada cantidad de agua a la caña durante su desarrollo vegetativo, para que permita la absorción, transporte y asimilación de los nutrientes. La humedad es uno de los principales factores del clima que controlan el desarrollo de la caña. El comportamiento de la precipitación en las dos campañas durante el experimento se muestra en los gráficos 1 y 2. Como se puede observar, antes de la aplicación del madurador existieron condiciones de escasas precipitaciones y algunas lluvias en el momento de la cosecha, esta aparente sequía en el momento de la aplicación, indica que las condiciones no fueron favorables para la aplicación del madurador, lo cual se refleja en los indicadores evaluados, dada la escasa humedad del suelo por la falta de precipitación, lo que pudo haber incidido para que se haya adelantado el proceso de maduración en las variedades de caña de azúcar.

Osgood *et al.* (1983) precisó que con las aplicaciones de Ethrel-480, si existen condiciones favorables para el desarrollo de la caña, después de un detenimiento inicial del crecimiento, éste se estimula y se logra la producción de cañas de mayor peso.

Subirós (1998) citado por Borroto *et al.* (2003), al estudiar el comportamiento de tres variedades de caña de azúcar, respecto a la calidad de los jugos y contenido de fibra en un ciclo de crecimiento, destacan que cuando las variedades alcanzan un máximo en la sacarosa se deben cosechar a inicio de zafra (10 meses), ya que la cosecha tardía podría provocar pérdidas debido a la floración o comienzo de un nuevo ciclo vegetativo. Las tres implicaciones más importantes son: a) ocasiona la inversión de sacarosa almacenada en el tallo, que es utilizada como fuente de energía para el proceso; b) produce el acorchamiento de los tallos; y c) estimula la activación de yemas laterales que implica un gasto de energía adicional.

Rostron (1977) informó que las aplicaciones de Ethrel reducen el tamaño de las hojas superiores, incrementan la senescencia de las hojas más viejas y reducen la toma neta de CO_2 por tallo a altos niveles de radiación. Sin embargo, esto no afectó la biomasa y la pureza del jugo y sí mejoró la concentración de sacarosa que se incrementó solamente en la sección superior del tallo.

Hasta el momento no se han encontrado informes en la literatura consultada sobre el efecto directo de las aplicaciones del Ethrel-480 sobre los niveles de carbohidratos totales (sacarosa, glucosa, fructosa, oligosacáridos y polisacáridos). Se hace necesario, por tanto, profundizar en la respuesta varietal bajo un rango más amplio de condiciones ambientales y factores fisiológicos que afectan la respuesta del madurador, y así brindar recomendaciones para el manejo de su aplicación en Cuba.

CONCLUSIONES

1. En general, la variedad que presentó los mejores resultados en los indicadores azucareros y carbohidratos, en ambas campañas, fue la C1051-73, seguida por las variedades: C323-68, CP52-43 y My5514.
2. La aplicación de Ethrel-480 no produjo efecto positivo sobre el contenido de sacarosa en las variedades estudiadas, sólo la CP52-43 y My5514 dieron diferencias significativas para el caso de los azúcares reductores y poli+oligo, respectivamente.
3. La falta de respuesta al madurador durante este período pudiera estar asociada con una maduración avanzada de las plantas de caña de azúcar relacionada con las condiciones climáticas existentes.

BIBLIOGRAFÍA

Arruda, P. 1999. Towards discovering all the sugarcane genes. International Symposium in Plant Genetic Engineering. Abstracts 6-10: 42.

- Borroto, J.; Tambara, Y.; Peralta, H. Capdesuñer, Y.; Golle, J. L.; Ballbé, A.; Rivas, M.; Hormaza, V.; Blanco, M. 2003. Contenido de carbohidratos asociados al crecimiento y desarrollo de cuatro variedades de caña de azúcar (*Saccharum* sp.). Revista Costarricense de Agricultura. 21 (1): 91-100.
- Bocanegra, J. 1990. Ethrel. Regulador de plantas ethephon. Rhone-Poulenc. Informe. p: 47-53.
- Cutiño, A.; Creach, I.; Guevara, H.; González-Telles, F.; Piñeiro, J.; Gómez, M.; Fernández, O.; Cobas, D.; Díaz, J. C. 1991. Resultados experimentales con los madurantes: Fusilade, Ethrel, Líder y Ethrel + Fusilade en seis variedades de caña de azúcar. Informe Nacional. INICA. p. 26-32.
- Gosnell, J. M. 1976. Developments with chemical ripeners in Malawi. Sugarcane Ripener Seminar. Orlando, Florida, USA. 135-146.
- Grof, C. P. L.; Campbell, J. A. 2001. Sugarcane sucrose metabolism: scope for molecular manipulation. Aust. J. Plant Physiology. 28:1-12.
- Guiderdoni, E.; Mérot, B.; Eksomtramage, T.; Paulet, F.; Feldmann, P.; Glaszmann, J. C. 1995. Somatic embryogenesis in sugarcane (*Saccharum* sp.). Biotechnology in agriculture and forestry. Vol. 31. Somatic embryogenesis ad synthetic seed II. Ed. by Y. P. S. Bajaj. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. p. 92-113.
- Kieber, J. J. 1997. The ethylene response pathway in arabidopsis. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 48: 277-296.
- Kingston, G.; Chapman, L. S.; Hurney, A. P. 1978. Chemical ripening of sugarcane BSES experiments during 1977. p. 37-43.
- Kingston, G.; Hurney, A. P.; Kwint, P. 1991. Chemical ripening of sugarcane to improve early season CCS. Proceedings of the Australian Society of Sugarcane Technologists. p. 110-115.
- Lage, C. 2004. Terminó la zafra. El economista de Cuba. Edición online www.eleconomista.cubaweb.cu/2004/nro226/226_620.html.
- McDonald, L.; Morgan, T.; Kingston, G. 2000. Chemical ripeners: an opportunity for the Australian sugar industry. www.sugar.jcu.edu.au/research/ripeners/ASSCT_2000.pdf
- Moore, P. H.; Fitch, M. M. 1990. Sugarcane (*Saccharum* sp.): another culture studies. In biotechnology in agriculture and forestry, haploids in crop improvement I. Ed. Y.P.S. Bajaj. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. p. 3.

- Morgan, T.; McDonald, L.; Jackson, P.; Holtum, J. 2001. Changes in sugar content of Australian sugarcane cultivars after application of chemical ripeners. Proceedings of the 10th Australian Agronomy Conference, Hobart. p. 1-5.
- Osgood, R. V.; Moore, P. H.; Carr, J. B. 1983. Comparison of diquat and ethephon for prevention of flower initiation in sugarcane (*Saccharum* sp. hybrids). Proc. Plant. Growth Reg. Soc. Am. 10: 266-269.
- Pérez, C. 1996. El empleo de maduradores. Cañaveral. 2 (4): 39-41.
- Qudsieh, H. Y. M.; Yusof, S.; Osman, A.; Rahman, R. A. 2001. Physico-chemical changes in sugarcane (*Saccharum officinarum* var. yellow cane) and the extracted juice at different portions of the stem during development and maturation. Food Chemistry. 75:131-137.
- Rostron, H. 1977. A review of chemical ripening of sugarcane with Ethrel in South African International Society of Sugarcane Technologists. 16th Congress, 1976. p. 1605-1616.
- Rostron, H. 1999. The response of sugarcane varieties to chemical ripeners in the natal midlands. Proceedings of the South African Sugar Technologists Association. June 1989. 63:164-166.
- Silberman, J.; M. Koppel; M. A. Waters. 2004. Reorganización radical de la industria azucarera cubana. Revista Perspectiva Mundial 28 (2). www.eleconomista.cubaweb.cu/2004 .
- Spencer, L. S.; Meade, G. P. 1974. Manual del azúcar de caña. 2da ed. La Habana, Cuba. Instituto del Libro.
- Subirós, J. F. 1998. Calidad de los jugos y contenido de fibra de tres variedades de caña de azúcar en un ciclo de crecimiento en Guanacaste, Costa Rica. Agronomía Costarricense. Universidad de Costa Rica. 22 (2):173-184.

BIBLIOTECA CENIAP