

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17

CARACTERIZACIÓN DE LA FLORACIÓN DE 13 VARIETADES DE CAÑA DE AZÚCAR
(*Saccharum* spp.) UTILIZADAS COMO PROGENITORES EN EL PROGRAMA DE
MEJORAMIENTO GENÉTICO DE MÉXICO

CHARACTERIZATION OF FLOWERING 13 VARIETIES OF SUGARCANE (*Saccharum* spp.)
USED AS PARENTS IN THE BREEDING PROGRAM IN MEXICO

Loyo-Joachin, R¹, Senties-Herrera, H. E¹,

¹Centro de Investigación, Innovación y Transferencia Agrícola Tangamanga, A.C. (CIITATAC)
roberto.ciitatac@gmail.com; hector.ciitatac@gmail.com

Resumen

En un programa de mejoramiento genético de caña de azúcar, el proceso de floración es un aspecto de gran importancia, ya que es fundamental para el éxito de los cruzamientos, y el conocimiento de dicho proceso fisiológico, permitirá establecer la mejor estrategia para el uso progenitores y por ende, obtener, evaluar y seleccionar individuos con características agroindustriales sobresalientes. Por lo anterior, el presente estudio, tuvo como objetivo caracterizar 13 progenitores de acuerdo al desarrollo de su floración al momento de realizar el cruzamiento. Se estableció un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones. El desarrollo y manejo del experimento, fue de acuerdo al programa establecido por el CIDCA. Las variables evaluadas durante un periodo de diez días fueron: reducción del diámetro del tallo (RDT), consumo diario de solución aséptica (CDSA), consumo acumulado de solución aséptica (CASA), lecturas SPAD, apertura de flores (AF), días para apertura total de las flores (DATF), porcentaje de polen viable (PPV) y determinación del sexo (DS). Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas, respecto al RDT, seis variedades mostraron una reducción significativa en comparación con el resto, las cuales tuvieron una reducción mínima y similar más no significativa. El CDSA, fue diferente para cada una de las variedades, con variaciones en consumo desde 43 hasta 118 mL día⁻¹. El CASA por variedad fluctuó entre 0.4 a 1.18 L en un periodo de diez días. Por otra parte, las lecturas SPAD dan evidencia que algunas variedades son más sensibles que otras a perder pigmentos fotosintéticos después de haber sido cortadas. Tanto la AF y la DATF son distintas, mostrando diferente promedio de flores abiertas por días y tiempos para la apertura total de las mismas. Por último, también existieron variaciones en el PPV a través de los días, mostrando cambios de sexo por día, más no en la definición del sexo. En conclusión, la caracterización del desarrollo de la floración por genotipo, permitirá la generación de estrategias de manejo más adecuadas para la realización de los cruzamientos.

39 **Palabras clave:** floración, mejoramiento genético, cruzamiento.

40

41

42 Abstrac

43

44 In a breeding program of sugar cane, the flowering process is a very important aspect, since it is critical
45 to the success of crosses, and the knowledge of the physiological process, it will establish the best
46 strategy for parents use and thus obtain, evaluate and select individuals with outstanding features
47 agribusiness. Therefore, the present study aimed to characterize 13 parents according to the development
48 of flowering at the time of crossing. a completely randomized experimental design with three replications
49 was established. Development and management of the experiment, according to the program was
50 established by the CIDCA. The variables assessed over a period of ten days were: Reduction of stem
51 diameter (RDT), daily consumption aseptic solution (CDSA), cumulative consumption aseptic Solution
52 (CASA), readings SPAD, opening flowers (AF) Opening day for all of flowers (DATF), percentage of
53 viable pollen (PPV) and sex determination (DS). The results showed statistically significant differences
54 with respect to the RDT, six varieties showed a significant reduction compared to the rest, which had a
55 nonsignificant minimal and similar reduction. The CDSA was different for each of the varieties, with
56 variations in consumption from 43 to 118 mL day⁻¹. The CASA variety ranged from 0.4 to 1.18 L in a
57 period of ten days. Moreover, the SPAD readings give evidence that some varieties are more sensitive
58 than others to lose photosynthetic pigments after being cut. Both the AF and DATF are different, shown
59 average open for different days and times for the complete opening of the same flowers. Finally, there
60 were also variations in the PPV through the day, showing sex changes per day, but not in the definition
61 of sex. In conclusion, the characterization of bloom development genotype, allow the generation of more
62 appropriate for performing crosses management strategies.

63 **Key words:** flowering, breeding, crossbreeding.

64

65 Introducción

66

67 La panícula (inflorescencia) es considerada como deseable para los fitomejoradores de caña de azúcar
68 (*Saccharum* spp.) (Salgado-García et al., 2013). Éstas al ser cortadas, se interrumpe el flujo de agua y
69 nutrimentos para continuar con su metabolismo normal, y en consecuencia se presenta un deterioro
70 acelerado de la misma en comparación con las panículas que aún siguen en la planta (Rogers, 1973). Por
71 lo tanto, la vida postcosecha de las inflorescencias es limitada por factores diversos, como es la
72 acumulación de bacterias en la solución preservante, disponibilidad de nutrimentos, el balance hídrico
73 que se tenga (Havelly y Mayak, 1976; Havelly y Mayak, 1981) y la biosíntesis de la hormona etileno, el
74 cual da inicio al proceso de senescencia (Van Alvorst y Bovy, 1995) y uno de los síntomas de
75 envejecimiento es la pérdida de peso fresco, que esta correlacionado con el aumento de la concentración
76 de dicha hormona (Van Doorn et al., 1988). La longevidad de la inflorescencia climatérica cortada, puede
77 ser mejorada con la inhibición de la biosíntesis de etileno, con un flujo constante de agua y nutrimentos,
78 y con el control del crecimiento microbiano (Serrano et al., 1987). Por lo tanto, el uso de soluciones

79 preservantes es una alternativa que reduce la biosíntesis del etileno, ayuda al control de patógenos, y
80 mejora el balance hídrico y la conducción hidráulica a través de los vasos conductores, lo que se traduce
81 en mantener la inflorescencia metabólicamente activa por más tiempo, y por ende incurrir de manera
82 positiva en la apertura floral, en el peso fresco de tallo, consumo de agua, abscisión de hojas, entre otros
83 aspectos fisiológicos (Júarez-Hernández et al., 2008). Entre los compuestos para la elaboración de
84 soluciones preservadoras destacan la sacarosa, las sales de plata, el sulfato de aluminio, y el sulfato de
85 8-hidroxiquinoleína (HQS), los últimos tres se caracterizan por tener un efecto bactericida (Liao et al.,
86 2000; Liao et al., 2001; Huang et al., 2002), mientras que la sacarosa es fuente de carbono e inhibe de la
87 síntesis de etileno (Ichimura, 1998). Sin embargo, en caña de azúcar, para mantener la longevidad de las
88 inflorescencias hasta por 25 días, se utiliza una solución preservante ácida, la cual está compuesta por
89 ácidos no volátiles y volátiles. Dentro de los no volátiles se encuentran los ácidos fosfórico (50 mg L^{-1}),
90 sulfúrico (25 mg L^{-1}) y nítrico (25 mg L^{-1}), mientras que el dióxido de azufre (100 mg L^{-1}) representa a
91 los volátiles (Liu, 1965; Landell y Bressiani, 2010). En el programa de mejoramiento de México, para
92 realizar los cruzamientos, se utilizan las concentraciones siguientes: 150, 50, 25 y 25 mg L^{-1} , para dióxido
93 de azufre, ácido fosfórico, sulfúrico y nítrico respectivamente.

94 En el presente trabajo se realizó una caracterización de la floración de un grupo de variedades de caña
95 de azúcar utilizadas como progenitores, en función a la solución preservante comúnmente utilizada y
96 denominada como solución aséptica, durante el periodo que dura el cruzamiento.

97

98

99 Materiales y Métodos

100

101 La investigación se realizó en la Estación de Hibridación del Centro de Investigación y Desarrollo de la
102 Caña de Azúcar, A. C. (CIDCA) ubicado geográficamente a $14^{\circ} 56'$ latitud norte y $92^{\circ} 51'$ longitud oeste,
103 a una altitud de 320 m (INAFED, 2016). El clima es cálido húmedo con temperatura media anual de 26.4
104 $^{\circ}\text{C}$ y precipitación media anual de más de 4,259 mm (Serrano-Altamirano et al., 2006; CONAGUA,
105 2016).

106 Se cortaron tallos con panículas disponibles de 13 variedades de caña de azúcar: B 7740, CP 78-1610,
107 CP 86-1432, CP 88-1138, CP 88-1834, CP 92-1666, L 75-02, L 80-14, L 80-39, LCP 81-30, Mex 80-
108 1501, Q 96 y SP 80-185. El proceso de corte y traslado fue de acuerdo a las condiciones de trabajo del
109 CIDCA. El tamaño del tallo contemplando la panícula fue de 3.2 m (de la parte superior de la panícula
110 hasta la base del tallo).

111 Los tallos fueron colocados en probetas conteniendo 1 L de solución aséptica ($150, 50, 25$ y 25 mg L^{-1} ,
112 de dióxido de azufre, ácido fosfórico, sulfúrico y nítrico respectivamente). Las variables evaluadas
113 durante un periodo de diez días fueron: reducción del diámetro del tallo (RDT), consumo de solución
114 aséptica (CDSA), consumo acumulado de solución aséptica (CASA), lecturas SPAD, apertura de flores
115 (AF), días para apertura total de las flores (DATF), porcentaje de polen viable (PPV) y determinación
116 del sexo (DS) siguiendo la escala siguiente (Tabla I):

117

Tabla I. Escala para la determinación del sexo

Porcentaje de polen fértil	Clasificación
50.1-100	Macho fuerte
30.1-50	Macho bueno
20.1-30	Macho débil
15.1-20	Hembra débil
10.1-15	Hembra buena
0.0-10	Hembra Fuerte

118

119 Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones. La unidad experimental
 120 fue una panícula. Se realizó el análisis de la varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias de
 121 LSD de Fisher ($P < 0.05$) con el programa estadístico SAS v. 9.4.

122

123

124 Resultados y Discusiones

125 La reducción del diámetro de tallo (RDT) (Figura 1), mostró diferencias estadísticas significativas. La
 126 variedad CP 88-1138, fue la que mostró la mayor RDT con más de 1 cm. El restos de las variedades
 127 aunque mostraron diferencias estadísticas la reducción no superó los 0.5 cm.

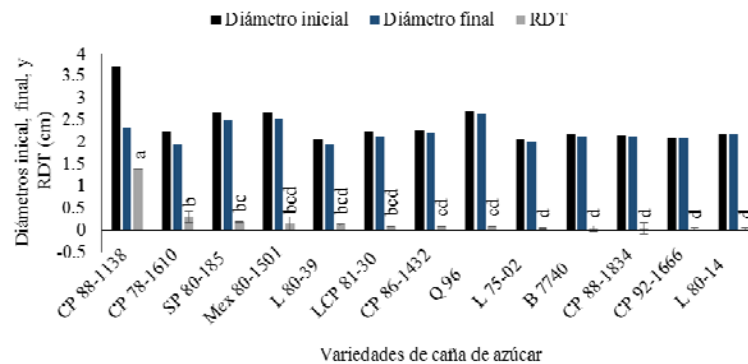


Figura 1. Reducción del diámetro del tallo (RDT) de 13 variedades de caña de azúcar. Medias \pm DE con letras distintas indican diferencias estadísticas entre variedades (LSD-Fisher, $P \leq 0.05$).

El consumo de diario de solución aséptica (CDSA) (Figura 2), disminuyó en función del tiempo, con diferencias entre variedades. Las variedades CP 78-1610 y SP 80-185, mostraron el mayor consumo acumulado de solución aséptica (CASA) (Figura 3), mientras que la variedad CP 88-1138 fue la que

presento el menor consumo acumulado.

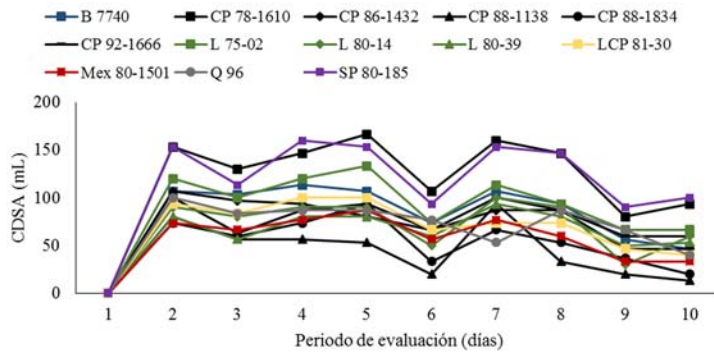


Figura 2. Variación en el consumo diario de solución aséptica (CDSA) entre variedades de caña de azúcar en función del tiempo.

128

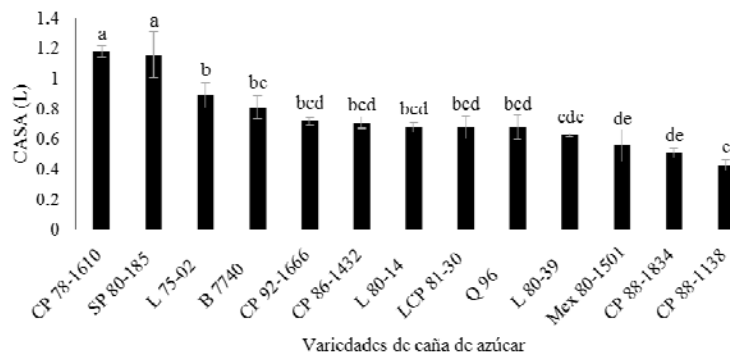


Figura 3. Consumo acumulado de solución aséptica (CASA) en un periodo de diez días por variedad. Medias \pm DE con letras distintas indican diferencias estadísticas entre variedades (LSD-Fhiser, $P \leq 0.05$).

129

130 Las lecturas SPAD fue muy similar en todas las variedades, a medida que transcurrieron los días éstas
 131 decrecieron (Figura 4). Las variedades que presentaron mayor degradación y pérdida de color verde
 132 fueron Mex 80-1501 y LCP 81-30. El caso contrario son las variedades CP 78-1610, CP 88-1834, CP
 133 92-1666, L 80-14, Q 96 y SP 80-185, que mantuvieron los valores más altos.

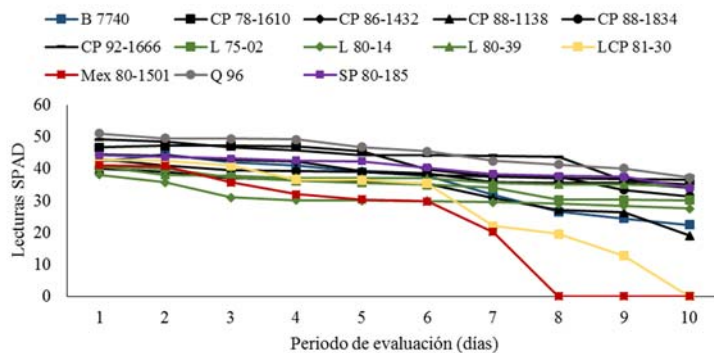


Figura 4. Cambios en lecturas SPAD de 13 variedades de caña de azúcar en función del tiempo.

134

135 La apertura de flores (AF) fue directamente proporcional a trascurso de días (Figura 5). Se observaron
 136 aperturas aceleradas en las variedades CP 86-1432, L 80-39 y Q 96, con una apertura total de cinco días,
 137 en contraste las aperturas de mayor duración de observaron en las variedades LCP 81-30 y Mex 80-1501,
 138 con ocho y nueve días para una apertura total, respectivamente. El resto de las variedades se oscilaron
 139 entre cinco y siete días, para alcanzar su apertura total de flores (Figura 6). Con base en lo anterior se da
 140 evidencia que la AF y los días para apertura total de las flores (DATF) son diferentes entre variedades.

141

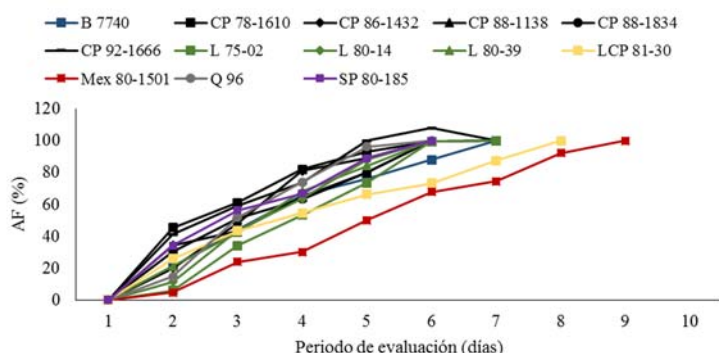


Figura 5. Comportamiento de la apertura de flores (AF) de 13 variedades de caña de azúcar en función del tiempo.

142

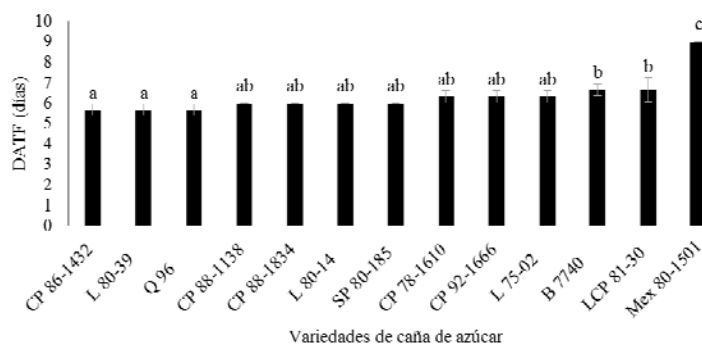


Figura 6. Comparativo en días para apertura total de las flores (DATF) de 13 variedades de caña de azúcar en función del tiempo. Medias \pm DE con letras distintas indican diferencias estadísticas entre variedades (LSD-Fhiser, $P \leq 0.05$).

143

144 Se observaron cambios contrastantes en el porcentaje de polen viable (PPV) en días y entre variedades
 145 (Figura 7). Para cada variedad se tuvieron los intervalos de porcentaje siguientes: B 7740 (70 a 30 %),
 146 CP 78-1610 (50 a 20 %), CP 86-1432 (21 a 0 %), CP 88-1138 (50 a 7 %), CP 88-1834 (65 a 16 %), CP
 147 92-1666 (50 a 0 %), L 75-02 (68 a 24 %), L 80-39 (71 a 60 %), LCP 81-30 (79 a 17 %), Mex 80-1501
 148 (64 a 11 %), Q 96 (35 a 14 %) y SP 80-185 (54 a 32%).

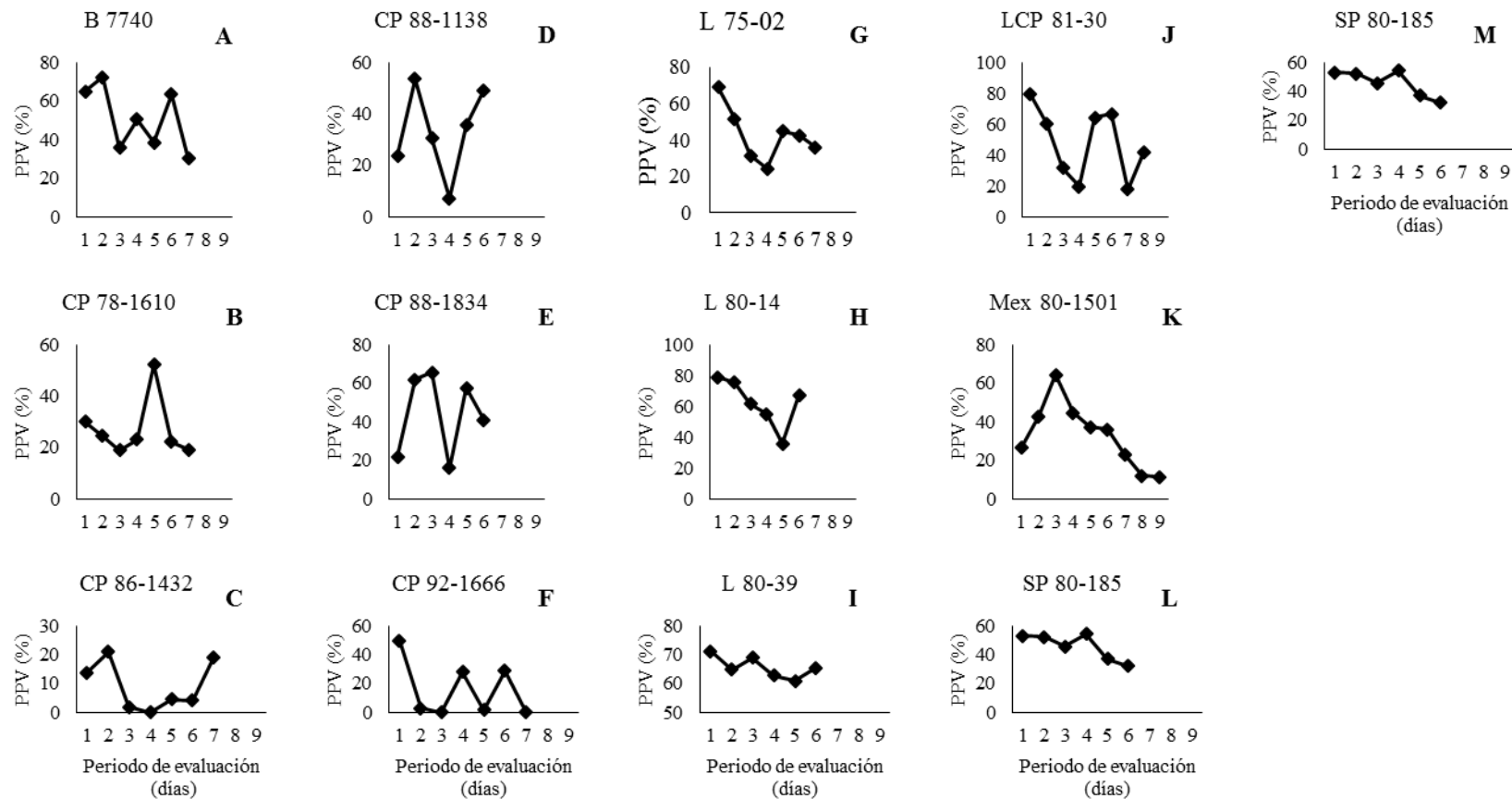


Figura 7. Variación del porcentaje de polen viable (PPV) en 13 variedades de caña de azúcar en función de tiempo.

149

150 Con base en el PPV se determinó el sexo (DS) para cada variedad por día (Tabla II). El comportamiento del sexo por día de cada variedad,
 151 presento variaciones, con cambio de sexo dentro de variedad en función de día. De acuerdo con el PPV y en la predominancia de un sexo dentro
 152 de cada variedad, de las 13 variedades evaluadas diez se pueden considerar como machos (B 7740, CP 78-1610, CP 88-1138, CP 88-1834, L 75-
 153 02, L 80-39, LCP 81-30, Mex 80-1501, Q 96 y SP 80-185) y dos como hembras (CP 86-1432 y CP 92-1666).

154

Tabla II. Determinación del sexo (DS) y cambio del mismo en 13 variedades de caña de azúcar en función del tiempo.

Variedad	Periodo de evaluación (días)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
B 7740	Macho fuerte	Macho fuerte	Macho bueno	Macho fuerte	Macho bueno	Macho fuerte	Macho débil		
CP 78-1610	Macho débil	Macho débil	Hembra débil	Macho débil	Macho fuerte	Macho débil	Hembra débil		
CP 86-1432	Hembra buena	Macho débil	Hembra fuerte	Hembra fuerte	Hembra fuerte	Hembra fuerte			
CP 88-1138	Macho débil	Macho fuerte	Macho bueno	Hembra fuerte	Macho bueno	Macho bueno			
CP 88-1834	Macho débil	Macho fuerte	Macho fuerte	Hembra débil	Macho fuerte	Macho bueno			
CP 92-1666	Macho bueno	Hembra fuerte	Hembra fuerte	Macho débil	Hembra fuerte	Macho débil	Hembra fuerte		
L 75-02	Macho fuerte	Macho fuerte	Macho bueno	Macho débil	Macho bueno	Macho bueno	Macho bueno		
L 80-14	Macho fuerte	Macho fuerte	Macho fuerte	Macho fuerte	Macho bueno	Macho fuerte			
L 80-39	Macho fuerte	Macho fuerte	Macho fuerte	Macho fuerte	Macho fuerte	Macho fuerte			
LCP 81-30	Macho fuerte	Macho fuerte	Macho bueno	Hembra débil	Macho fuerte	Macho fuerte	Hembra débil	Macho bueno	
Mex 80-1501	Macho débil	Macho bueno	Macho fuerte	Macho bueno	Macho bueno	Macho bueno	Macho débil	Hembra buena	Hembra buena
Q 96	Macho bueno	Hembra débil	Macho bueno	Hembra buena	Macho bueno	Hembra débil			
SP 80-185	Macho fuerte	Macho fuerte	Macho bueno	Macho fuerte	Macho bueno	Macho bueno			

155

156 La solución preservante, al intervenir en procesos como la reducción en la producción de etileno, la proliferación de patógenos, mejorar el
 157 equilibrio hídrico y respiratorio, repercuten de manera benéfica en el desarrollo y crecimiento de la inflorescencia después del corte. En esta
 158 investigación se observó que el desarrollo de las inflorescencias continúa en un periodo suficiente de tiempo para llevar a cabo los trabajos de
 159 hibridación y por tanto, establecer los cruzamientos. Sin embargo, el comportamiento en la apertura de flores y en el porcentaje de polen viable,
 160 estas son propias de la variedad con patrones de comportamiento distintos. En estudios en flores de corte (rosa y lisianthus) se han mejorado
 161 características de calidad, tales como apertura floral y vida de florero (Liao et al. 2000; Arevalo et al. 2006). Sin embargo, la floración es un
 162 proceso fisiológico complejo afectado por factores tanto de naturaleza externa, entre los que se pueden citar fotoperiodo, temperatura, humedad,
 163 radiación solar, fertilidad del suelo, como de naturaleza interna, entre los que se incluyen fitocromos, hormonas, florígenos, ácidos nucleicos,
 164 entre otros, y el conocimiento de estos factores ha permitido manipular el proceso de floración a través del mejoramiento genético o la aplicación
 165 de reguladores vegetales (Araldi et al., 2010).

166

167

168

169 Conclusiones

170 La reducción del diámetro de tallo es una característica que es afectada en mayor medida por el genotipo,
171 más no por la solución preservante (solución aséptica).

172 El consumo diario de solución también puede variar por genotipo y en consecuencia el consumo
173 acumulado de ésta, es diferente. Con lo anterior, se puede generar una estrategia para la optimización de
174 la solución, durante el periodo del cruzamiento.

175 Las lecturas SPAD, son un índice que puede ser utilizado en la determinación del envejecimiento de las
176 hojas, el cual podría estar relacionado en la calidad de las inflorescencias.

177 La apertura de flores fue directamente proporcional a los días transcurridos, pero el número total de éstos
178 por cada variedad es diferente, lo que es de importancia para el fitomejorador, ya que el cruzamiento
179 debe de contar con variedades que presente cantidad iguales en días para la apertura total de flores, para
180 lograr una sincronización y polinización.

181 La variación en el porcentaje de polen viable, es un indicador para la determinación del sexo, que puede
182 presentar variaciones en función del tiempo para cada variedad. El conocimiento de éstos, permitirá
183 establecer la participación de la variedad en el cruzamiento, ya sea como progenitor femenino o
184 masculino.

185 Se recomienda seguir con este estudio en un mayor número de variedades de caña de azúcar.

186

187 Referencias

188 -Araldi, R., Lima-Silva, F. M., Orika-Ono, E. e Domingues-Rodrigues, J. (2010). Florescimento em
189 cana-de-açúcar. *Ciência Rural*, Santa Maria. 40(3): 694-702. ISSN 0103-8478.

190 -Arévalo, G. L.; Cruz, C. E.; Cano, M. R. y Gaytán A. A. (2006). Soluciones pulso en la calidad
191 postcosecha de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* Raf.) cv. 'echo blue'. *Agric. Téc. Méx.* 32(2):91-200

192 -Halevy, A. H. and Mayak, S. (1979). Senescence and postharvest physiology of cut flowers. Part 1.
193 *Hort. Rev.* 1: 204-236.

194 -Halevy, A. H.; Mayak, S. (1981). Senescence and postharvest physiology of cut flowers. Part 2. *Hort.*
195 *Rev.* 3: 59-143.

196 -Huang, L. L., Liao, L. J., Shen, R. S., Chen, W. S. and Lin, Y. H. (2002). The synergistic effect of
197 maleic acid hydrazide (1,2-dihydro-3,6-pyridazinedione) and sucrose on vase life of cut roses.
198 *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 42, 637-641.

199 -Ichimura, K. (1998). Improvement of Postharvest Life in Several Cut Flowers by the Addition of
200 Sucrose. Department of Floriculture, National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and
201 Tea. *Japan agricultural research quarterly (JARQ).* 32(4): 1-36.

202 -Juárez Hernández, Pablo; Colinas León, Ma. Teresa; Valdez Aguilar, Luis A.; Espinosa Flores,
203 Amando; Castro Brindis, Rogelio; Cano García, Gloria V. (2008). Soluciones y refrigeración para
204 alargar la vida postcosecha de rosa CV. "black magic". *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(3): 73-77.

205 -Landell, M. G. A.; Bressiani, J. A. (2010). Melhoramento genético, caracterização e manejo varietal.
206 In: Dinardo-Miranda, L.; Vasconcelos, A. C. M. de; Landell, M. G. A. (Eds). Canade-açúcar.
207 Campinas: Instituto Agrônômico. pp. 101-156.

208 -Liao, J. L.; Lin, L. Y.; Huang, K. L.; Chen, W. S. ; Cheng, Y. M. (2000). Post harvest life of cut rose
209 flowers as affected by silver thiosulfate and sucrose. Botanical Bulletin of Academia Sinica, 41: 299-
210 303.

211 -Liao, J. L.; Lin, L. Y.; Huang, K. L.; Chen, W.S. (2001). Vase life of *Eustoma grandiflorum* as
212 affected by aluminum sulfate. Botanical Bulletin of Academia Sinica 42: 35-38.

213 -Liu, L. (1965). Sugarcane crossing technique. Proceeding of international Society of Sugar Cane
214 Technologists. 12: 819:822.

215 -Rogers, M. N. (1973). An historical and critical review of postharvest physiology research on cut
216 flowers. HortScience. 8: 189-194.

217 -Salgado-García, S., Lagunes-Espinoza, L. C., Núñez-Escobar, R., Ortiz-García, C. F., Bucio-Alanis,
218 L., y Aranda-Ibañez, E. (2013). Caña de azúcar. Producción sustentable, Mundi Prensa, Colegio de
219 Postgraduados, México, 528 p.

220 -Serrano, M.; Rosauero, J.; Del Rio, J. A.; Acosta, M. (1987). Conservación de la flor cortada de clavel
221 (*Dianthus caryophyllus*, L. Cv. Arthur). 1. Uso de disoluciones conservadoras. Anales de Biología 14
222 (Biología General, 3): 39-44.

223 -Van Alvorst, A. C.; Bovy, A. G. (1995). The role of ethylene in the senescence of Carnation flowers, a
224 review. Plant Growth Regulation 16: 43-53.

225 -Van Doorn, W.G.; de Witte Y.; Perik, R.R.J. Woodson, W. R.; Lawton, K. A. (1988). Ethylene-
226 induced gene expression in carnation petals. Relationship to autocatalytic ethylene production and
227 senescence. Plant Physiol. 87: 498-503.

228