

Influencia de la interacción genotipo por ambiente sobre algunas variables de la floración de la caña de azúcar en la región Central de Cuba

Influence of the environment-genotype interaction on some sugar cane flowering variables, in the central region of Cuba

Víctor Caraballoso, Héctor García, Héctor Jorge y Norge Bernal.

Instituto Nacional de Investigaciones de la caña de azúcar (INICA).

E-mail: cagricola@uclv.edu.cu

RESUMEN. La floración es una cadena de procesos fisiológicos complejos en la cual intervienen diversos factores. El objetivo del trabajo fue definir la influencia que produce la interacción de los genotipos con el ambiente sobre la floración de la caña de azúcar con el fin de su uso en el mejoramiento genético del cultivo. Para ello se emplearon 80 variedades, las que se plantaron en tres áreas representativas de la región Central de Cuba (Guayos, Buenos Aires y Mayarí), y se le estudiaron algunas variables de la floración de interés para el mejoramiento del cultivo (intensidad, fecha y fertilidad masculina) durante 12 años (1996 a 2007). Los años se agruparon por su similitud de variedades florecidas al igual que los genotipos, en todos los casos se empleó el análisis de CLUSTER. Con los genotipos que florecieron al menos un año en las tres localidades se realizó un ANOVA factorial (genotipo, localidad y año) para definir la interacción genotipo ambiente de las variables de floración, donde hubo interacción esta se representó empleando el método de efectos principales aditivos e interacciones multiplicativas (AMMI). Como resultado se encontró que la localidad fue la fuente de variación que más influencia tuvo en la mayoría de las variables de floración en la zona de estudio. En el trabajo se discuten las interacciones generadas las que sirven para su manejo en el Mejoramiento Genético del cultivo.

Palabras clave: Caña de azúcar, CLUSTER, AMMI, floración, interacción genotipo ambiente, región central.

ABSTRACT. Flowering is a concatenation of physiological complex processes in which various factors take place. The objective of the present work was to define the influence of the environment-genotypes interaction on the flowering of sugar cane, for its use in the genetic improvement of crops. 80 varieties were used for this purpose, which were planted in three representative areas of the Central region of Cuba (Guayos, Buenos Aires and Mayarí), and some flowering variables, interesting for the improvement of the crop, were studied (intensity, date and masculine fertility) during 12 years (from 1996 to 2007). Years were grouped for its similitude of bloomed varieties just like genotypes, the CLUSTER analysis was used in all cases. An ANOVA factorial (genotype, locality and year) was applied to all genotypes that bloomed at last one year in the three localities, in order to define the environment-genotype interaction of the flowering variables. In cases in which interaction occurred it was represented using the method of main additive effects and multiplicative interactions (AMMI). As a result, we found that locality was the main source of variation, the one that had the highest influence in the majority of flowering variable in the studied area. In this work we discuss interactions that are useful for its handling in the Genetic Improvement of crops.

Key words: AMMI, sugarcane, CLUSTER, flowering, environment-genotype interaction, central region.

INTRODUCCIÓN

En los momentos actuales la industria azucarera cubana continúa teniendo un peso importante en la economía. La cual a partir del año 2002 inició una reestructuración cuyo objetivo es la eficiencia económica, pero para alcanzar tales propósitos el Ministerio del Azúcar (MINAZ) se planteó incrementar los rendimientos agrícolas, no inferiores a 54 t caña/ha, alcanzar rendimientos industriales del 12 % o superiores, así

como la diversificación agropecuaria dentro del sector con el propósito de disminuir los costos, teniendo como base la aptitud física de las tierras (Jorge y otros., 2004).

No cabe duda de que la tecnología de mayor incidencia en el incremento de la rentabilidad, productividad y sustentabilidad de la producción azucarera es el

desarrollo de un programa de mejoramiento genético que permita la obtención de variedades comerciales superiores (Irvine y Richard, 1983; Matsuoka et al., 1995).

En Cuba los trabajos de mejoramiento se fusionaron a partir de 1964 en el Instituto Nacional de Investigación de la Caña de Azúcar (INICA) (Pérez y otros., 1997), los cuales hasta el año 1997 se llevaron a cabo en 5 provincias del país, utilizando 10 localidades con características favorables para la floración de la caña de azúcar y se efectuaron entre 1 500 y 1 800 cruces anualmente (Caraballoso y otros., 1999/2000). Como resultado de estudios en las diferentes localidades del país y la necesidad de reducir los costos en el programa, a partir de 1999 se declaró la localidad de Sancti Spíritus como Centro Nacional de Hibridación (Caraballoso y otros, 2003), el cual a partir del 2005 quedó como la única estación de cruzamientos en Cuba.

La misión fundamental del programa de fitomejoramiento del Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar es la obtención de variedades de alto potencial agro azucarero, adaptada a las principales condiciones edafoclimáticas del país, con resistencia a las principales plagas y enfermedades y aptas para la diversificación, por lo que estas constituyen el eslabón primario y base del mantenimiento de la industria azucarera cubana (Jorge y Jorge, 2002).

El mejoramiento genético de la caña de azúcar se desarrolla a través de la hibridación, por lo que es de mucha importancia conocer la aparición de la floración de cada uno de los individuos representados, lo cual varía de año en año (Caraballoso y otros., 1997).

La floración es una cadena de procesos fisiológicos complejos en la cual intervienen diversos factores internos (genotipo, período juvenil, etc.) y externos (fotoperíodo, temperatura, etc.), pero puede considerarse como una respuesta de la planta a un determinado fotoperíodo (Morales, 1988).

El objetivo del trabajo fue definir la influencia que produce la interacción de los genotipos con el ambiente sobre la floración de la caña de azúcar con el fin de su uso en el mejoramiento genético del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se establecieron en tres localidades contrastantes por estar ubicadas a diferentes altitudes representativas del Centro de Cuba, las cuales son empleadas para la floración por el Centro Nacional de Hibridación de la Caña de Azúcar (CNHCA), cuyas ubicaciones aparecen en la tabla 1.

Tabla 1. Posición geográfica de las localidades del estudio

Localidad	Altitud (m SNM)	Latitud (° norte)	Longitud (° oeste)
Guayos	100	22,03	79,45
Buenos Aires	400	21,90	79,58
Mayarí	800	21,97	80,13

Material Vegetal

El primer paso fue hacer una selección al azar dentro de los progenitores más solicitados por los diferentes programas de mejora, en este caso se tomaron 80, que se plantaron en las tres localidades señaladas anteriormente, las que fueron estudiadas durante 12 años (1996 a 2007).

Evaluaciones realizadas

El experimento se trabajó con la cepa de retoño y las variables de la floración evaluadas fueron:

-Fecha de inicio de la floración (FI): Tiempo que transcurre desde la fecha de inducción de la floración, que para Cuba es a partir del 4 de septiembre según Sam e Iglesias (1988), hasta el momento de la salida del 25 % de las inflorescencias, la cual se dividió en las tres categorías siguientes:

Temprana: FI < del día 82 (24 de noviembre).

Tardía: FI > del día 93 (5 de diciembre).

Media: FI entre los días 82 y 93.

-Intensidad de floración (IF): Corresponde al porcentaje de tallos florecidos para cada uno de los progenitores, el cual se dividió en las tres categorías siguientes:

Baja: IF < 30 %.

Alta: IF > 60 %.

Media: IF entre 30 % y 60 %.

-Fertilidad del polen (FP): Corresponde al porcentaje de granos de polen fértiles respecto del total, lo cual determina su uso como progenitor, el cual se dividió en tres categorías:

Femenino: Cuando la FP < 10 %.

Masculino: Cuando la FP > 20 %.

Bisexual: Cuando la FP se encuentra entre 10 % y 20 %.

Análisis realizados

Los años se agruparon por su similitud para cada variable del estudio, en todos los casos se utilizó el análisis de CLUSTER, empleando el método de Ward y la distancia Euclidiana. El cálculo se realizó a través del

programa STATISTICA v. 6.1 (Stat Soft, 2003).

Con los genotipos que florecieron al menos un año en las tres localidades se realizó un análisis de varianza factorial (genotipo, localidad y año), empleando el diseño GLM (*general linear model*) del programa SAS (Cody y Smith, 1991).

Para definir la interacción genotipo ambiente de las variables de floración, donde hubo interacción esta se representó empleando el método de efectos principales aditivos e interacciones multiplicativas (AMMI, siglas en inglés), propuesto por Gauch y Zobel (1988) y que ha sido utilizado con éxito en el análisis de la interacción genotipo ambiente en la caña de azúcar (Manigbas, 2002; Quemé y otros, 2007; Handi, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSION

Descomposición de la varianza de los efectos fenotípicos de la floración

En el análisis de varianza (no mostrado) todas las fuentes de variación tuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$), excepto en la fertilidad del polen para la interacción variedad-año y la de tercer orden (variedad-localidad-año). Los estimados de los componentes de varianza se

muestran en la tabla 2, de la que se puede generalizar que en las tres variables de floración estudiadas, la varianza ambiental fue la que mostró los valores más altos (62,8 % a 78,5 %) con un mayor peso para la varianza de localidades (s^2), que representó entre 33,8 % y 59,4 % de la variación fenotípica total (VFT). En todos los casos a la fecha o días a inicio de floración corresponden los valores más altos.

Tabla 2. Componentes de varianza para las diferentes variables de floración. Análisis completo

Componentes de varianza	Fecha o días a inicio de floración				Intensidad de floración				Fertilidad del polen			
	σ^2	\pm	E.S	VFT	σ^2	\pm	E.S	VF T	σ^2	\pm	E.S	VF T
σ^2_g	44,20	\pm	19,66*	6,9	575,70	\pm	175,06*	19,7	82,14	\pm	29,20*	16,3
σ^2_l	381,86	\pm	275,57	59,4	989,12	\pm	725,27	33,8	219,80	\pm	159,65	43,5
σ^2_a	69,70	\pm	53,02	10,8	641,92	\pm	471,96	21,9	15,67	\pm	13,52	3,1
σ^2_{gxl}	86,98	\pm	16,88*	13,5	328,21	\pm	73,81*	11,2	87,20	\pm	18,00*	17,3
σ^2_{gxa}	1,59	\pm	2,09	0,2	0,00	\pm	14,63	0,0	0,38	\pm	3,13	0,1
σ^2_{lxa}	14,57	\pm	8,86	2,3	70,28	\pm	45,19	2,4	8,42	\pm	5,63	1,7
σ^2_{gxlxa}	5,63	\pm	3,57	0,9	185,61	\pm	32,27*	6,3	0,00	\pm	5,93	0,0
σ^2_e	38,52	\pm	1,95*	6,0	138,32	\pm	22,09*	4,7	91,69	\pm	1125*	18,1
VG	44,20			6,9	575,70			19,7	82,14			16,3
VA	504,65			78,5	1839,65			62,8	335,58			66,4
VGA	94,19			14,6	513,81			17,5	87,58			17,3
H²	0,58	\pm	0,14*		0,81	\pm	0,39*		0,71	\pm	0,33*	
CVG	0,08				0,47				0,78			
Media	86,86	\pm	6,21		50,9	\pm	11,76		11,61	\pm	9,58	

s^2 = componente de varianza (g: genética, l: localidad, a: año, gxl: genotipo x localidad, gxa: genotipo x año, lxa: localidad x año, gxlxa: genotipo x localidad x año, e: error); Varianza (VG: Genética, VA: ambiental y VGA: genética x ambiente); H: heredabilidad, CVG: Coeficiente de variación genética; E.S: Error estándar, VFT: Variación fenotípica total, *: estimados precisos $s^2 e^{-2} E.S.$

Las diferencias que se presentan entre localidades están asociadas a factores del clima (por estar ubicadas a diferentes altitudes). Varios investigadores han logrado incrementos en el rango de floración empleando zonas ubicadas a diferentes altitudes, los primeros corresponden a Java, Cuba y República Dominicana (Arceneaux, 1967). Otros le siguieron, incluso en zonas florecedoras como Barbados (Stevenson, 1965); Australia (Pollock, 1981); Colombia e India (Berding, 2005) y Guatemala (Castro, 2000; Polo, 2005). En Cuba se ha reportado buena floración en las zonas montañosas de las tres regiones del país, occidente (Morales y García, 1987), centro (Carabaloso y otros, 1999; Morales y otros., 1999) y oriente (Cruz y otros, 2007).

La VG fue más alta para la intensidad de floración y más baja para la fecha o días a inicio de floración, mientras que la VGA alcanzó valores semejantes para las tres variables de floración (14,6 a 17,5), debido principalmente a las s^2_{gxl} (11,2% a 17,3%). El coeficiente de heredabilidad fue más alto para la intensidad de la floración (0,81) lo que está asociado a $VGA < VG$, mientras que para la fecha o días a inicio de floración presentó valores más bajos (0,58) producto de que la $VGA > VG$.

Los estimados de heredabilidad sobre la floración de la caña de azúcar, empleando diferentes métodos, no son totalmente coincidentes pues algunos señalan valores medios (Lyrene, 1977) y otros altos (Cassalet y Rangel, 1995; Mohammad, 2008), algo similar ocurre al considerar el número de genes involucrados donde Cassalet y Rangel (1995) indicaron la existencia de dominancia completa para el carácter y que era gobernada por pocos genes, lo cual contradice lo

señalados por Stevenson (1965), Moore y Nuss (1987) y Mohammad (2008) quienes consideran la existencia de un sistema poligenético complejo, lo cual ha sido detectado en estudios a nivel del ADN por Figueredo y otros (2001). También se señala la existencia de mayor influencia de la habilidad combinatoria general (Lyrene, 1977) mientras que Mohammad (2008), empleando un diseño dialélico, encontró un alto efecto materno en líneas de floración temprana. Al analizar los CVG, estos son más altos para la fertilidad del polen, indicando mayor variación entre los progenitores para esta variable y corresponde más estabilidad para la fecha o días a inicio de floración; la intensidad de floración fue intermedia, al respecto Moore y Nuss (1987) indicaron que las fechas de salida de las flores fueron más constantes que la intensidad, lo cual favorece al momento de planificar los cruzamientos.

Representación de la interacción genotipo por ambiente

El método AMMI no sólo permite estimar estabilidad sino también evaluar localidades y como consecuencia clasificar ambientes (Crossa y otros, 1990); además de permitir una representación bidimensional (Biplot) de filas (genotipos) y columnas (ambientes), según Queme y otros (2005 y 2007).

Fecha o días a inicio de floración

La localidad de Buenos Aires es la más temprana, independientemente de los años (figura 1), mientras que la más tardía corresponde a Mayarí, la que además presenta diferencias de 22 días entre la media del año temprano y del tardío. Guayos tiene valores medios y con poca diferencia entre años.

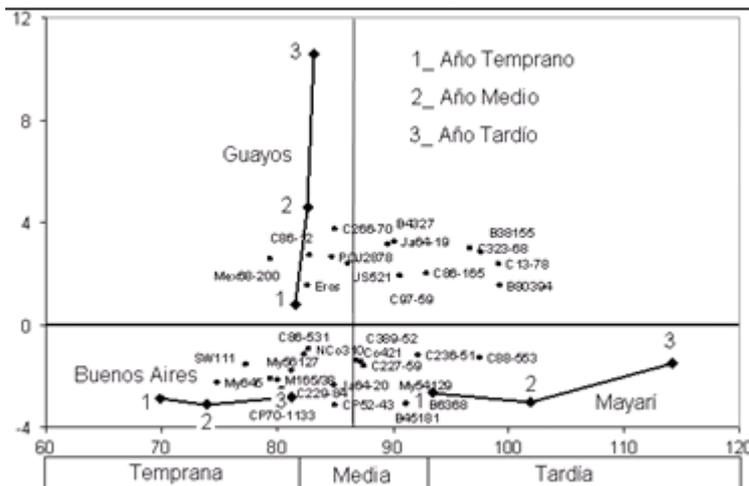


Figura 1. Interacción de los progenitores y los ambientes (localidades y años) para la fecha o días de inicio de floración (eje x) y su estabilidad (eje y) a través de un modelo AMMI. (Día 1 = 4/9)

Para las variedades se muestran diferencias medias de 24 días entre la variedad más temprana (My645) y la más tardía (B80394), siendo la más estable la C86-531 y menos la C266-70. El conocimiento de estos valores es de gran importancia para manejar la sincronización de la floración, teniendo en cuenta fundamentalmente la localidad y la variedad.

González (1960) observó que la floración en Puerto Rico es más temprana por encima de 150 m de altitud, con diferencias que pueden llegar a ser de 1-2 semanas más tarde en altitudes inferiores.

Intensidad de la floración

La localidad de Buenos Aires es de alta intensidad de floración (IF), aunque el año puede provocar diferencias de más de 30 % de tallos florecidos, aunque la más afectada por esas diferencias se manifiestan en la localidad de Mayarí, mientras que Guayos, en ninguno de los casos sobrepasa los valores medios de la variable (figura 2).

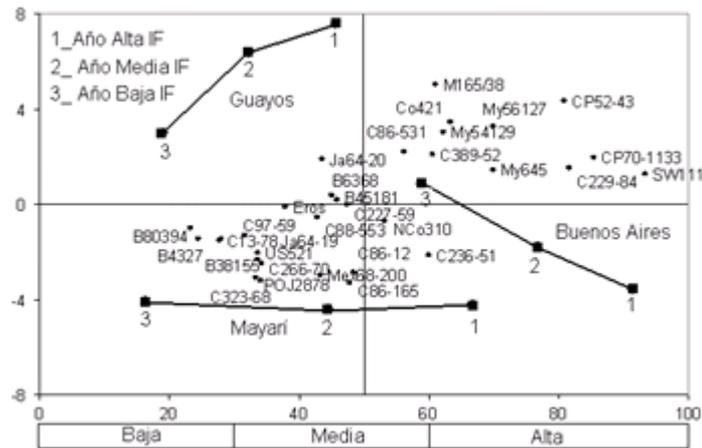


Figura 2. Interacción de los progenitores y los ambientes (localidades y años) para la intensidad de la floración (eje x) y su estabilidad (eje y) a través de un modelo AMMI. (Día 1 = 4/9)

Las variedades mostraron diferencias de más de 70 % entre la de mayor valor (SW111) y la menor (B80394), siendo la más estable la Eros y menos la M165/38.

Arceneaux (1967) encontró interacción variedad x altitud para la intensidad de la floración en un estudio desarrollado en República Dominicana, empleando 60 y 450 m de altitud. El conocimiento de todos estos resultados facilita una correcta manipulación de las variedades en las localidades, fundamentalmente el área a plantar y la localidad donde se debe manejar.

Fertilidad del polen

La figura 3 muestra una clara separación entre las localidades para la fertilidad del polen, cuyo valor decrece con el aumento de la altitud, correspondiendo a Guayos valores altos, a Buenos Aires de medios a bajos y a Mayarí muy bajos, lo cual hace que esta última no pueda emplearse como suministrador de progenitores masculinos.

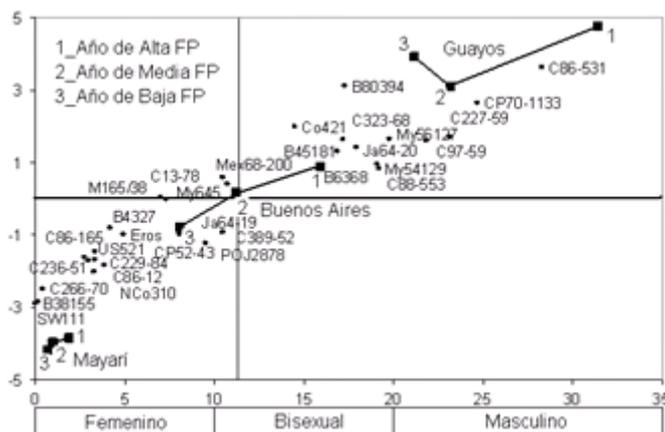


Figura 3. Interacción de los progenitores y los ambientes (localidades y años) para la fertilidad del polen (eje x) y su estabilidad (eje y) a través de un modelo AMMI. (Día 1 = 4/9)

En sentido general existen más variedades claramente femeninas que masculinas, correspondiendo el valor medio más alto a la C86-531 y los más bajos a la SW111, B38155 y C266-70. El conocimiento de estos resultados facilita un mejor manejo de las variedades para su mayor explotación.

Los resultados para la fertilidad del polen son muy variados, destacando una alta interacción variedad-localidad (Ara, 2005). En Cuba, Cruz y otros. (2007), reportan una asociación negativa con la altitud, con existencia de interacción variedad x localidad. Berding (1981) reporta la existencia de una alta relación entre el incremento de la temperatura y la fertilidad del polen, similar a lo señalado por Carballoso y otros. (2008).

CONCLUSIONES

1. La varianza ambiental fue la que mostró los valores más altos para las diferentes variables de floración, con un mayor peso para la localidad y valores más altos en la fecha o días a inicio de floración.
2. En la localidad de Buenos Aires las flores salen más tempranos, con mayor intensidad, y fertilidad del polen es media.
3. Mayarí es una localidad donde sus flores salen tardíamente, con baja fertilidad del polen y la intensidad depende mucho del año.
4. Guayos se destaca por su alta fertilidad del polen, intensidad de la floración de media a baja y fecha de floración media pero con mucha inestabilidad los años que no son favorables para esta variable.

RECOMENDACIONES

1. Emplear los resultados obtenidos en este trabajo en el manejo de las flores para el mejoramiento genético de la caña de azúcar.
2. Definir las causas que provocan la existencia de interacción genotipo por ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arceneaux, G.: Flowering of sugarcane. Proc. ISSCT. 12: 781-784.
2. Berding, N.: Poor and variable flowering in tropical sugarcane improvement program: Diagnosis and resolution of major breeding impediment. Proc. ISSCT. 25: 493-503, 2005.
3. Carballoso, V.; A. Vera y R. Rábago: Uso de variedades para pronosticar la fecha de comienzo de la floración en caña de azúcar. Libro resúmenes Fitogen 97, pp. 29-30, 1997.
4. Carballoso, V.; F. González; E. Concepción y A. Vera: Comparación de la floración en dos localidades del Escambray. Libro de resúmenes 35 Aniv. INICA, p. 44, 1999.
5. Carballoso, V.; F. González; R. Cruz; F. Morales y J. Vallina: Capítulo 4 "Hibridación", en Jorge, H.; Ibis Jorge; Saddys Segrera (eds): Programa de Fitomejoramiento, impacto en la producción azucarera cubana, Publicinca, Ciudad de La Habana. Capítulo 4, pp. 28-37. ISSN: 959-7140-03-9, 2003.
6. Carballoso, V.; F. González; R. Rábago; N. Bernal y Angela Tomeu: "Fundamentación de la creación del Centro Nacional de Hibridación de la caña de azúcar en la provincia Sancti Spíritus". *Cuba & Caña*: 7-14, 1999-2000.
7. Carballoso, V.; A. González; N. Bernal; H. Jorge; O. Cruz; R. Rábago y A. Vera: Estudio del efecto de la temperatura sobre la floración de la caña de azúcar en el Centro Nacional de Hibridación. Memorias Diversificación 2008, Congreso Internacional de Azúcar y Derivados. ISBN 978-959-7165-16-3.
8. Cassalet, C. and H. Rangel: Mejoramiento genético. Libro pp 63-81, 1995.
9. Castro, O.: La relación entre horas luz y floración en la zona cañera Guatemalteca, en Presentación de resultados de investigación zafra 1999-2000. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, pp. 97-100, 2000.
10. Cody, R.P and J.K.Smith: Applied Statistics and the SAS Programming Language. Prentice Hall, New Jersey. 403 pp., 1991.
11. Crossa, J.; H.G. Jr. Gauch and R.W. Zobel

- Additive main effects and multiplicative interaction análisis of two international maize cultivar trials. *Crop Sci.* 30 (3), 493-500, 1990.
12. Cruz, R.; A. Céspedes y F. González: Comportamiento de la fertilidad del polen y la producción de posturas de caña de azúcar en las localidades de Guaro y Pinares de Mayarí. Proc. 55 Aniversario Estación de Investigaciones de la caña de azúcar de Holguín, Libro de resúmenes, 2007.
13. Figueredo, R. C.; M.S. Brito; L. H. M. Figueiredo; A. C. Quiapin et al: "Dissecting the sugarcane expressed sequence tag (SUCEST) database: unravelling flower-specific genes". *Genetic and Molecular Biology*, 24 (1-4): 77-84, 2001.
14. Gauch H.G. Jr., R.W. Zobel: "Predictive and postdictive success of statistical analyses of yield trials". *Theor. Appl. Genet.* 76, 1-10, 1988.
15. Gonzalez, P.: Development of sugarcane breeding in Puerto Rico. Proc. ISSCT. 10: 732-742, 1960.
16. Handi, H: Bases para el establecimiento de un programa de mejora genética de la caña de azúcar para las condiciones de estrés ambiental de la provincia de Khuzestan, Irán. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de La Habana, 2009.
17. Irvine, J. E. and C. A. Richard: "Production statistics as evidence of technological improvement: The Louisiana sugarcane industry as a case study". *Sugar Cane* (May/June). 1: 13-18, 1983.
18. Jorge, H. e Ibis Jorge: Nuevas variedades recomendadas a extensión en el 2001, INICA, 2002.
19. Jorge, H.; Ibis Jorge y A. Arencibia: Catálogo de nuevas variedades de caña de azúcar. PUBLINICA, 101 pp., 2004.
20. Lyrene, P. M.: "Heritability of flowering in sugarcane". *Crop Sci.* 17: 462-464, 1977.
21. Manigbas, N. L.: Morpho-physiological character associated with genotype and environment interactions in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.), 2002.
22. Matsuoka, S.; H. Arizono; A. I. Bassinello; A. C. A. Gheller et al: "Variedades superprecoces de caña de azúcar" *Acool & Açúcar.* 78: 22-30, 2005.
23. Mohammad, I.: Heritability of flowering in sugarcane, 2008.
24. Moore, P.H. and K. J. Nuss: Flowering and flower synchronization. In: Heinz, D. J. (ed.) *Sugarcane Improvement through breeding*, Elsevier, Amsterdam: 273-311, 1987.
25. Morales, D. y T. García: Respuesta floral de la caña de azúcar en la localidad de Sierra del Rosario. En libro Resúmenes del XL aniversario EPICA Jovellanos. G 36, 1987.
26. Morales, F.: La floración de la caña de azúcar. Folleto edit. INICA, 1988.
27. Morales, F.; Mayra Guerra; Betty Bendig; Marilú López; L. Cabrera; A. Valdés y V. Carabaloso: Factores que afectan la floración y conservación de la semilla botánica de la Caña de Azúcar en el Programa Nacional de obtención de variedades. Informe Final del proyecto CITMA, La Habana, 54 pp., 1999.
28. Pérez, G.; N. Bernal; A. China; J. P. O'Reilly y F. de Prada: Recursos Genéticos de la caña de azúcar. Edit. IMAGO, 249 pp., 1997.
29. Pollock, J.S.: Flowering in sugarcane at different localities in North Queensland. Proc. Conf. ASSCT held at Bundaberg, Queensland, 11-15 May. 283-286, 1981.
30. Polo, P. A.: Caracterización de la floración en 306 variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con fines de mejoramiento para dos localidades de la zona cañera guatemalteca, Tesis, 2005.
31. Queme, J. L.; L. Molina and M. Melgar: Analysis of genetic similarity among 48 sugarcane varieties using microsatellite DNA sequences. Proc ISSCT Silver jubilee Congress Guatemala, 2005.
32. Queme, J.L.; J. Crossa; H. Orozco and M. Melgar: Analysis of genotype-by-environment interaction for sugarcane using the sites regression model (SREG). Proc. ISSCT, vol. 26, pp. 764-769, 2007.
33. Stat Soft. 2003. *Statistica for Windows*, Release 6.1. Stevenson, G.C. *Genetic and Breeding of sugarcane*. Longmans, London, 284 pp., 1965.

Recibido: 05/10/2012

Aceptado: 15/07/2012