POSIBLES IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA FLORACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR (SACCHARUM SPP.) EN LA REGIÓN CENTRAL DE CUBA

Víctor Caraballoso[1], Héctor García[1], Héctor Jorge[1] y Miguel García[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones de la caña de azúcar (INICA)

[2] Instituto Nacional de Meteorología, Sancti Spíritus

RESUMEN

Existen evidencias crecientes que el clima global está cambiando, principalmente por las variaciones de la temperatura y no se conocen las respuestas de las plantas a esos cambios que se producen. El objetivo del presente trabajo fue estimar la influencia que se produciría sobre la floración de la caña de azúcar al aumentar la temperatura en la zona Central de Cuba. Para ello se empleó la variedad ´C86-12´ (indicadora de la floración media), y 26 puntos ubicados en diferentes áreas representativas de la región de estudio, a la que se le determinó su intensidad de floración y se asoció con datos de la temperatura máxima del mes de septiembre (variable que limita la floración en la región) empleando dos escenarios (normal y aumento 2º Celsius). Los valores de intensidad de floración de la región de estudio fueron representados en mapas, construidos empleando el programa Surfe v. 8.0, con el método de rejilla Kriging. Como resultado se encontró que la mayor intensidad de floración se produce en las montañas y áreas aledañas, bajo la oscilación normal de la temperatura, pero cuando ésta aumenta 2º Celsius, el óptimo se desplaza hacia las áreas más altas, que son más escasas en la región central, lo cual la limita para el mejoramiento genético del cultivo en Cuba si se producen aumentos de 2º Celsius en la temperatura máxima de septiembre.

Palabras clave: caña de azúcar, *Saccharum*, floración, cambio climático, temperatura, región central.

IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON FLOWERING OF SUGARCANE (SACCHARUM SPP.) IN CENTRAL PART OF CUBA

ABSTRACT

Increasing proofs that the global climate is changing exist, mainly for the variations of temperature and the response of plants to those changes are not known. The objective of the present work was to estimate the influence that would be induced on the flowering of

sugar cane to the increase of the temperature at the central part of Cuba. The variety used was ´C86-12´ (as an indicator of middle flowering), that was planted in 26 points located in different representative areas of the studied region, determining its flowering intensity and it was associated with data of maximum temperature in September (which is limiting of flowering in the region) using two scenaria (normal and with an increase of 2^{o} Celsius). The values of flowering intensity of the studied region were represented on maps, built on using Surfe program, v 8,0 with the Kriging grid method.The obtained results showed that the higher flowering intensity is produced at the mountains and neighbor areas, under the normal oscillation of temperature, but when it increases 2^{o} Celsius, the optimal moves itself toward the higher areas, that more are more scarce at the central part of Cuba, so this limits the use of this region for the genetic improvement of this cultivation if there is a 2^{o} Celsius's increase in the maximum temperature in September.
Key words: Sugarcane, *Saccharum*, flowering, climate change, temperature, central region.

INTRODUCCIÓN

E el grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, IPCC (por sus siglas en inglés), en su cuarto informe de evaluación, concluyó que "*el calentamiento del sistema climático es inequívoco*", lo que es evidente a partir del incremento promedio observado en las temperaturas mundiales del aire (0.74º Celsius), de los océanos, el generalizado derretimiento de los hielos y el aumento del nivel medio del mar (0.17m en el siglo XX) (García, 2010).

Hay evidencia creciente de que el clima global está cambiando y aumenta la preocupación por las consecuencias esto tendrá para los ecosistemas naturales. Aunque las evidencias que dan respuesta biológicas al clima cambiante han ido aumentando, en muchas especies esto aún no se conoce (Inouye *et al*., 2002).

Hedhly *et al*. (2009) consideran que la fase reproductiva es idónea para ser afectada por el cambio del clima debido a: (1) los eventos de cambio son irregulares y reducidos; (2) los cambios previstos en la temperatura principalmente ocurren en la primavera, durante la estación de floración de muchas especies de la plantas, y (3) el efecto directo que provoca el *stress* por la temperatura en la fase reproductiva.

Una característica del cambio climático global es el incremento en la frecuencia de las temperaturas extremas, la cual reduce la fertilidad de las cosechas y los rendimientos

(Porter, 2005; Porter y Semenov, 2005) particularmente si las altas temperaturas coinciden con las etapas sensibles del desarrollo reproductivo (Porter, 2005).

Las evidencias observables indican claramente que el clima de Cuba se ha hecho más cálido. Desde mediados del pasado siglo, la temperatura media anual ha aumentado cerca de 0.9º Celsius (García, 2010).

Se conoce que la floración de la caña de azúcar es un proceso complejo, que se inicia con un estímulo fotoperiódico, pero para que se complete necesita determinadas condiciones de la planta y del ambiente (Moore y Nuss, 1987).

En una región geográfica cualquiera, el fotoperíodo natural es aproximadamente constante año tras año, mientras que la floración varía, lo cual está asociado a los cambios que se producen, principalmente en la temperatura y la humedad, cuyas variables están estrechamente relacionadas (Moore y Nuss, 1987).

El presente trabajo tuvo pues como objetivo estimar la influencia que se produciría sobre la floración de la caña de azúcar al aumentar la temperatura en la zona central de Cuba, a partir de una simulación de los escenarios previstos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

El presente trabajo se desarrolló en la región central de Cuba, para lo que se seleccionaron 26 puntos ubicados en diferentes áreas representativas de ésta, en la provincia de Sancti Spíritus, donde confluyen llanos y montañas, en especial por la presencia del Macizo de Guamuhaya (Ibarra *et al*., 1978). Estos puntos, ubicados a diferentes altitudes provocan diferencias climáticas, las que se conocen que están relacionadas con la floración (Aguilar y Devernardi, 2004). Además en esta provincia se encuentran ubicados, el Centro Nacional de Hibridación de la Caña de Azúcar de Cuba (CNHCA), y dos Complejos Agroindustriales (CAIs), los que sirvieron como apoyo al trabajo investigativo.

Material vegetal

En el análisis se empleó la variedad de caña de azúcar ´C86-12´, indicadora de la floración media (Bernal *et al*. 1997) y la más extendida en la región central y de Cuba (Jorge *et al*., 2010); esta variedad fue estudiada en los 26 puntos señalados anteriormente, en la cepa de retoño, a la que se le determinó su intensidad de floración en

diciembre de los años 2008, 2009 y 2010, teniendo en cuenta la relación de los tallos florecidos entre el total de tallos (en %).

Evaluación del clima

De forma paralela, en los 26 puntos se determinó la temperatura máxima del mes de septiembre, variable que limita la floración en la región (Caraballoso *et al*. 2008) para el mes de septiembre, período inductivo en Cuba (Sam, 1989).

Análisis de los datos

Con las matrices de intensidad de floración y temperatura máxima se realizó un análisis de regresión, con el objetivo de que la ecuación generada permitiera simular el aumento de 2º Celsius en la región de estudio y para estimar los valores de temperatura más adecuados para la floración.

Con la información generada ya se contaba con dos escenarios, un escenario normal y otro con un aumento de 2º Celsius de la temperatura máxima, lo cual permitió la representación sobre mapas de la zona de estudio, para ambos escenarios, los cuales fueron construidos empleando el programa Surfe v 8.0 con el método de rejilla Kriging.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la intensidad de la floración bajo las condiciones de estudio (normales).

La intensidad de la floración de la ´C86-12´, variedad de comportamiento medio, permitió dividir la provincia en tres zonas (Figura 1), con dominio de la floración baja (0 a 20), la que se extiende del centro-este y hacia ambas costas y corresponde a las áreas de menos altitud de la provincia (menos de 100 msnm).

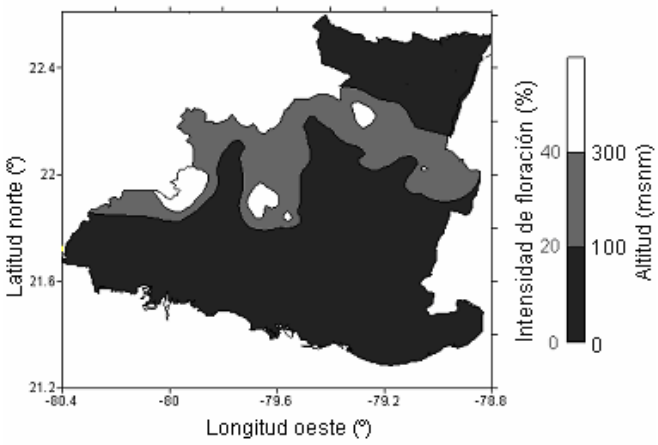

Figura 1. Intensidad de la floración (%) de la ´C86-12´ y altitudes de la provincia de Sancti Spíritus

Los valores más altos de intensidad de floración se asociaron con las áreas de mayor altitud, estas zonas corresponden a altitudes por encima de 300 msnm, ubicadas en las alturas de Trinidad y de Sancti Spíritus, pertenecientes al Macizo de Guamuhaya y a las alturas del Nordeste (Ibarra *et al*., 1978). En México, Aguilar y Devernardi (2004) emplearon el cultivar CP72-2086 para estudiar la floración en altitudes de 200 a 1400 msnm de la zona cañera de Veracruz, concluyendo que los valores altos de la floración se localizan de 292 a 477 msnm.

Relación de la intensidad de floración y la temperatura máxima

La intensidades de floración estuvo fuertemente influenciada por la temperatura máxima de septiembre (Figura 2), logrando un ajuste alto de la recta que describe el modelo cuadrático (R^2 = 0.9593). Mostrando que para alcanzar intensidades de floración por encima de 30 %, la temperatura máxima debe manifestarse, como promedio inferior a 31º Celsius en septiembre.

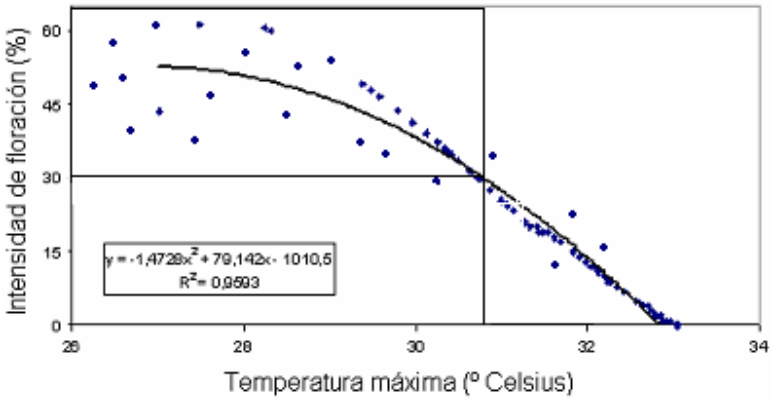

Figura 2. Relación de la intensidad de la floración y la temperatura máxima del mes de septiembre

En las zonas tropicales, las temperaturas pueden afectar a la floración por exceso cuando alcanza valores superiores a 31 ó 32º Celsius, durante el día, según ha sido señalado por Carlucci *et al*. (1988); Nuss y Berding (1999); Berding y Moore, (2001); Berding (2005); Berding *et al*. (2007); Caraballoso *et al*. (2010), estudios que incluyeron localidades y condiciones artificiales.

Análisis de la intensidad de floración con el aumento de 2º Celsius de la temperatura máxima (Cambio climático).

Teniendo en cuenta que la temperatura máxima aumente 2º Celsius, de forma uniforme para toda la región del estudio, los valores por encima de 20 % de intensidad de floración se reducen a pequeñas áreas con altitudes por encima de 350 msnm, ubicadas en el Macizo de Guamuhaya, fundamentalmente en las Alturas de Trinidad.

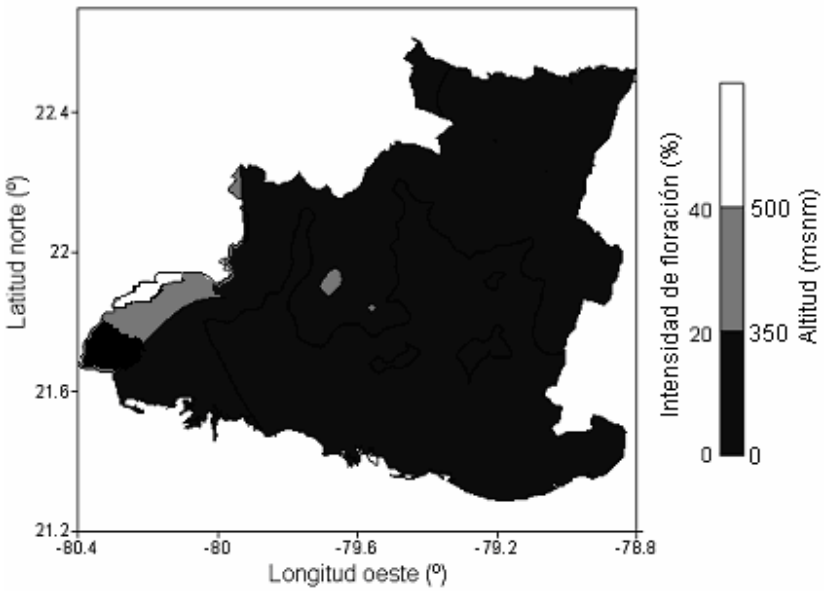

Figura 3. Intensidad de la floración (%) de la ´C86-12´ en la provincia de Sancti Spíritus con el aumento de 2º Celsius de la temperatura máxima.

Reportes realizados en otras plantas, señalan reducciones de la floración por el fenómeno de la “Niña” (Inouye *et al*., 2002); diferencias en la fecha de aparición de la floración provocado por el cambio climático (Brubaker, 1986; Craufurd y Wheeler, 2009); reducción de la floración con el aumento de la temperatura (Fitter y Fitter, 2002). Para la caña de azúcar se reportan aumentos de la floración por el fenómeno de la “Niña” (Castro y Meneses, 2008).

CONCLUSIONES

- ✓ La mayor intensidad de floración de la variedad ´C86-12´ en la región central, se localiza en las zonas de montaña, donde se producen temperaturas máximas en septiembre por debajo de 31º Celsius.
- ✓ Si la temperatura aumenta 2º Celsius en la región Central, se producirá una reducción considerable del área donde la ´C86-12´ sobrepase el 20% de la intensidad de floración.

RECOMENDACIONES

- ✓ Emplear los resultados de zonificación de la floración obtenidos en este trabajo para su manejo en la región central de Cuba, con fines de mejoramiento genético o para la ubicación de cultivares comercial con valores altos de floración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, N. y L. Debernardi. 2004. Efecto de la floración en la calidad agroindustrial de la variedad de caña de azúcar CP72-2086 en México. Caña de azúcar 22 (2): 19-37.

Berding, N. 2005. Poor and variable flowering in tropical sugarcane improvement program: Diagnosis and resolution of major breeding impediment. Proc. ISSCT. 25: 493-503

Berding, N. y P. H. Moore. 2001. Advancing from opportunistic sexual recombination in sugarcane: Lessons from photoperiod research. Proc. ISSCT. 24: 482-487.

Berding, N; R.S. Pendrigh y V. Dunne. 2007. Can flowering in sugarcane be optimised by use of differential declinations for the initiation and development phases? Proc. ISSCT. 26: 699-711.

Bernal, N.; F. Morales; G. Gálvez e Ibis Jorge. 1997. Variedades de caña de azúcar, Uso y manejo. Ed. IMAGO. 95 pp.

Brubaker, 1986. Responses of tree populations to climatic change. Vegetation 67: 119-130.

Caraballoso, V.; A. González; N. Bernal; H. Jorge; O. Cruz; R. Rábago y A. Vera 2008. 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.

Caraballoso, V.; A. González; F. González y H. García. 2010. Effect of elevation on synchronization of flowering of sugarcane in Cuba. Proc. ISSCT 27: 1-8.

Carlucci, M. V; N. D. Cruz y R. Álvarez. 1988. Environmental effects on floral initiation of sugarcane during the 84/85 season, in the Piracicaba region, State of Sao Paulo, Brasil. Bragantia (online) vol. 47, n.2, pp 15-24.

Castro, O y A. Meneses. 2008. Análisis climático para la zona cañera Guatemalteca del año 2007, con un enfoque agroclimatológico. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA). 8 pp.

Craufurd P. Q. y T. R. Wheeler. 2009. Climate change and the flowering time of annual crops. J. Exp. Bot. 60, 2529-2539.

Fitter, A. H. y R. S. R. Fitter. 2002. Rapid Changes in Flowering Time in British Plants. *Science.* Vol. 296. no. 5573, pp. 1689 – 1691.

García, Dulce (ed.). 2010. Curso de energía y cambio climático. Parte 1. Tabloide de Universidad para todos. Suplemento especial. 16 pp. ISBN 978-959-270-177-9.

Hedhly, A.; J. I. Hormaza y M. Herrero. 2009. Global warming and sexual plant reproduction. Trends in Plant Science. 14 (1): 30-36.

Ibarra, C.; R. Vega; R. Espinosa; R. Domínguez; J. Carasa; J. Puga; Cañas P. Ramos, O. Castillo. C y Peláes. 1978. Atlas de Cuba. Instituto de Geodesia y Cartografía. 143 pp.

Inouye, D. W; M. A. Morales y G. J. Dodge. 2002. Variation in timing and abundance of flowering by *Delphinium barbeyi* Huth (*Ranunculaceae*): the roles of snowpack, frost, and La Niña, in the context of climate change. Oecologia, 130:543-550.

Jorge, H.; I. Jorge y N. Bernal (ed.). 2010. Principios y conceptos básicos para el manejo de variedades y semilla de caña de azúcar en la agroindustria azucarera cubana. Publinica. 99 pp.

Moore, P.H. y K. J. Nuss. 1987. Flowering and flower synchronization. In: Heinz, D. J. (ed.) Sugarcane Improvement through breeding, Elsevier, Amsterdam: 273-311.

Nuss, K.J. y N. Berding. 1999. Planned recombination in sugarcane breeding: artificial initiation of flowering in sugarcane in subtropical and tropical conditions: Proc. ISSCT. 23: 202-205.

Porter, J.R. 2005. Rising temperatures are likely to reduce crop yields. Nature 436, 174.

Porter, J.R. y M.A. Semenov. 2005. Crop response to climatic variation. Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci. 360: 2021-2035.

Sam, Ofelia.1989. Estudio de la floración en caña de azúcar. Tesis de Doctor, 90 h. La Habana.