

## POSIBLES IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA FLORACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN LA REGIÓN CENTRAL DE CUBA.

### POSSIBLE IMPACTS OF CLIMATIC CHANGE ON BLOOM SUGAR GANE IN THE CENTRAL REGION OF CUBA.

Víctor Caraballos (1), Héctor García (1), Héctor Jorge (1), 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), la que se plantó en 26 puntos ubicadas 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 media del mes de septiembre (variable que limita la floración en la región) empleando dos escenarios (normal y aumento 2° Celsius). Los valores de floración y temperatura media 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 cantidad de variedades florecidas se produce en las montañas y áreas aledañas, bajo la oscilación normal de la temperatura, pero cuando esta aumenta 2° Celsius, el óptimo se limita hacia las áreas más altas, las que son más escasas en la zona de estudio, por tanto aumentan las zonas donde no se produce ninguna floración, lo cual limita el uso de esta región para el mejoramiento del cultivo en Cuba si se producen aumentos de 2° Celsius en la temperatura media del mes de septiembre.

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

#### Abstract:

Increasing proofs that the global climate is changing exist, principally for the variations of temperature and no knowing to those changes that are produced the answers of the plants. The objective of the present work was to estimate the influence that would cause to itself on the flowering of sugar cane to increase the temperature at the heartland of Cuba. The variety used C86-12 itself for it (the half a flowering's indicator), the one that drank in 26 points located in different representative areas of the region of study, to the one that determined to him his intensity of flowering and associated with data of the half a temperature of the month of September (variable that the flowering at the region limits) using two scenes (normal and I

enlarge 2 Celsius ). The values of flowering and half a temperature of the region of study were represented in maps, constructed using the program Surfe v 8, 0 with the method of little grate Kriging. As a result it was found that the bigger quantity of bloomed varieties is produced at the mountains and bordering areas, under the normal oscillation of temperature, but when this increases 2 Celsius, the optimal limits itself toward the higher areas, the ones that more are scarce at the survey area, therefore the zones where a flowering is not produced, increase which limits the use of this region for the improvement of the cultivation in Cuba if they produce 2 Celsius's increases in the half a temperature of the month of September.

Key word: Sugarcane, flowering, climatic change, temperature, central region.

## **1 Introducción:**

En su cuarto informe de evaluación el grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, IPCC (por sus siglas en inglés), 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 (0.74° 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 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, pero en muchas especies esto no se conoce (Inouye y col., 2002).

Hedhly y col. (2009) consideran que la fase reproductiva es buena candidata para ser afectada por el cambio del clima debido a: (1) los eventos de cambios son irregulares y reducidos; (2) los cambios previsto en la temperatura principalmente ocurren en la primavera, durante la estación de floración de muchas especies de la plantas, y (3) la información disponible sobre 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; Tubiello y col., 2007), particularmente si las altas temperaturas coinciden con las etapas sensibles del desarrollo reproductivo (Prasad y col., 2002; Porter, 2005). El tiempo y frecuencia de las temperaturas extremas podría ser más importante que el incremento de las temperaturas medias (White y col., 2006). 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 0.9° Celsius (García, 2010).

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.

## **2 Materiales y métodos**

### **Ubicación del estudio**

El presente trabajo se desarrolló en la Región Central de Cuba, para ello se seleccionaron 26 puntos ubicadas en diferentes altitudes y áreas representativas de la región de estudio, los cuales se encontraban situados en la provincia de Sancti Spiritus, pues es donde confluyen los principales accidentes físicos y geográficos, en especial el Macizo de Guamuhaya (Ibarra *et al.*, 1978), se encuentra ubicado el Centro Nacional de Hibridación de la Caña de Azúcar de Cuba, lo cual permitió emplear su red de puntos de floración y como apoyo las áreas comerciales de los dos Complejos Agroindustriales (CAIs) de la provincia.

### **Material vegetal**

En el análisis se empleó la variedad de caña de azúcar C86-12, indicadora de la floración media (Carabaloso, 2009) y la más extendida en la región Central y en Cuba (Jorge *et al.*, 2008), la cual fue estudiada en los puntos señalados anteriormente, en la cepa de retoño a la que se le determinó su intensidad de floración en enero de 2009 y 2010, teniendo en cuenta la relación de los tallos florecidos entre el total de tallos (en %).

También se empleó como apoyo los datos recolectados de intensidad de floración realizado en tres localidades durante 15 años (1995 a 2009) a 80 variedades, en la cual se encontraba la variedad del estudio, lo cual se utilizó para estimar la relación entre su intensidad de floración con el número de variedades florecidas.

## Evaluación del clima

De forma paralela se estudió la temperatura media del mes de septiembre, variable que limita la floración en la región (Caraballoso *et al.* 2008) empleando dos escenarios, normal y aumento 2° Celsius, valor probable con el cambio climático (Solomon y col., 2007).

### Análisis realizados

Análisis de regresión empleando el programa Statistica v6.1 con datos de tres localidades durante 15 años para:

- Intensidad de floración de la C86-12 con el número de variedades florecidas.
- Temperatura media promedio del mes de septiembre y el número de variedades florecidas.

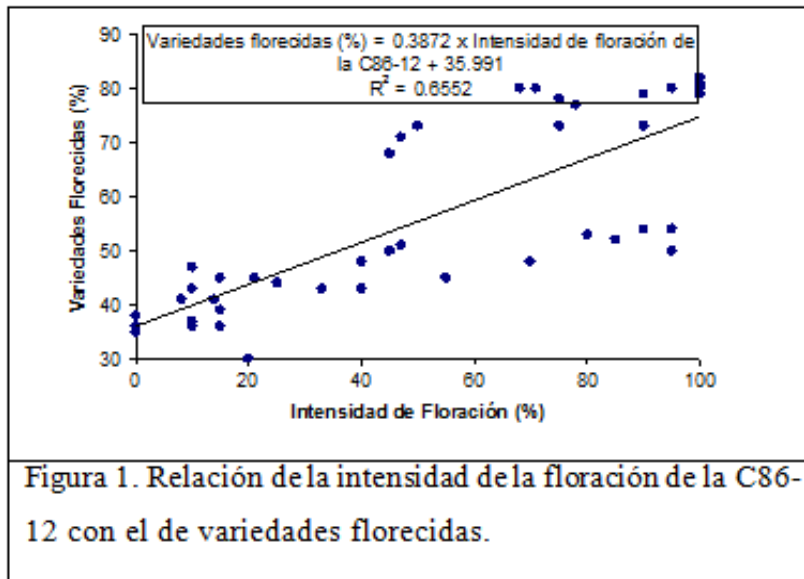
Representación con mapas de la zona de estudio, los cuales fueron construidos empleando el programa Surfe v 8.0 con el método de rejilla Kriging para:

- Temperatura media promedio del mes de septiembre, para condiciones normales y estimadas con el aumento de 2° Celsius.
- Variedades florecidas, para condiciones normales y estimadas con el aumento de 2° Celsius.

## 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de las condiciones de estudio (normales).

En la figura 1 aparece la relación de la intensidad de la floración de la C86-12 con el de las variedades florecidas, según datos de 15 años en tres altitudes (100, 400 y 800m), la ecuación de regresión mostró un  $R^2$  de 0.6552, lo cual indica que puede ser utilizada, para este trabajo.



Según la ecuación por cada 10 % de intensidad de floración de la C86-12, aumenta 3.872 % de variedades florecidas, partiendo de un valor mínimo de 35.991 % de variedades florecidas, que se producen cuando la C86-12 no florece.

Es precisamente en las áreas de montaña donde se ubican los valores más altos de variedades florecidas (figura 2), las que según Ibarra *et al.* (1978) corresponden a las alturas de Trinidad y de Sancti Spíritus, pertenecientes al Macizo de Guamuhaya y las alturas del Nordeste.

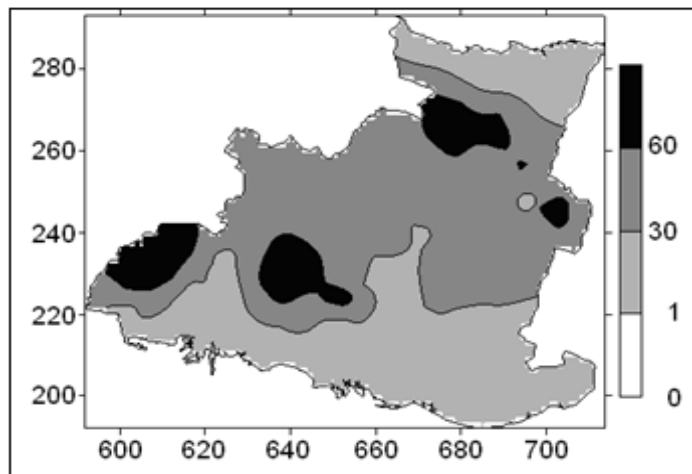


Figura 2. Variedades florecidas bajo las condiciones del estudio.

Como muestra la figura 3, la temperatura media promedio del mes de septiembre, indica que los valores más altos de la variable se producen hacia las costas, norte y sur, precisamente donde ocurren los valores más bajos de floración, mientras que los más bajos de temperatura se producen en las zonas más altas del macizo de Guamahaya, que es donde se logra mayor floración.

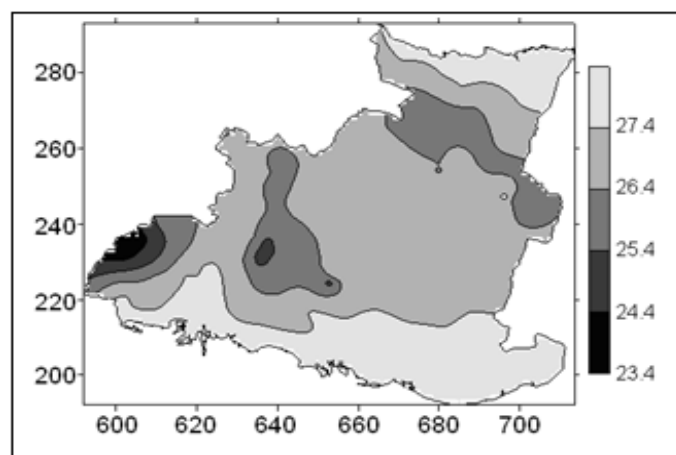


Figura 3. Temperatura media promedio del mes de septiembre en la región central.

La figura 4 relaciona la temperatura media del mes de septiembre y el número de variedades florecidas, encontrando la mayor floración con temperaturas medias de alrededor de los 25° Celsius, la que como se ha indicado se produce en las montañas.

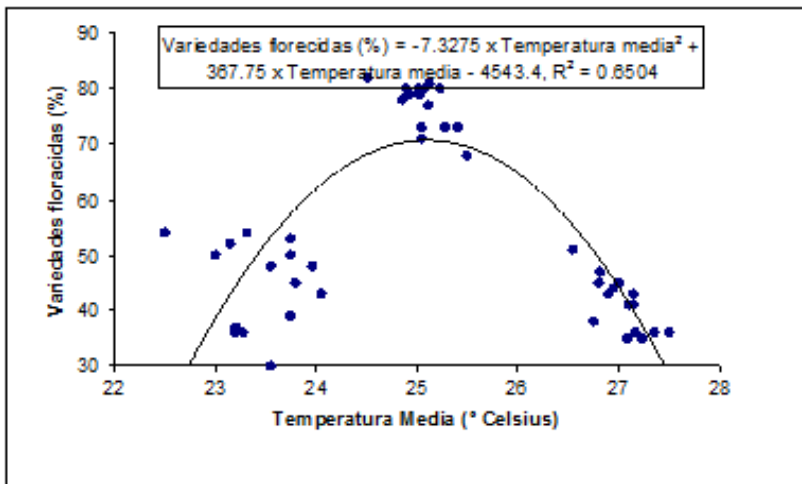


Figura 4. Relación entre la temperatura media de septiembre y las variedades florecidas.

Algunos investigadores reportan valores altos de floración con temperaturas medias entre 23 y 25° Celsius (Amin y Menshawi, 1975; Menshawi, 1976; Nuss, 1980; Caraballosa *et al.*, 2010), las cual se emplean bajo condiciones controladas (Berding *et al.*, 2007).

Análisis para el aumento de 2° Celsius (Cambio climático).

Teniendo en cuenta que la temperatura aumente en 2° Celsius de forma uniforme para toda la región del estudio, la que aparece en la figura 5, destacando que los valores enunciados como óptimos para la floración se reducen a pequeñas áreas del Macizo de Guamuhaya, fundamentalmente en las Alturas de Trinidad.

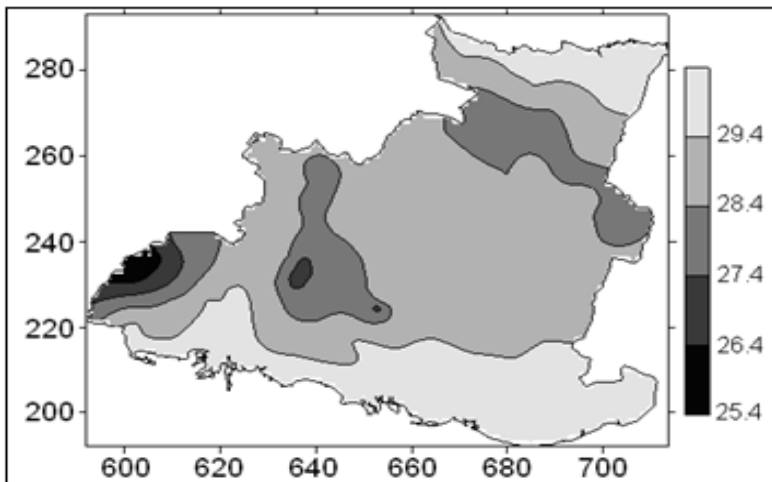
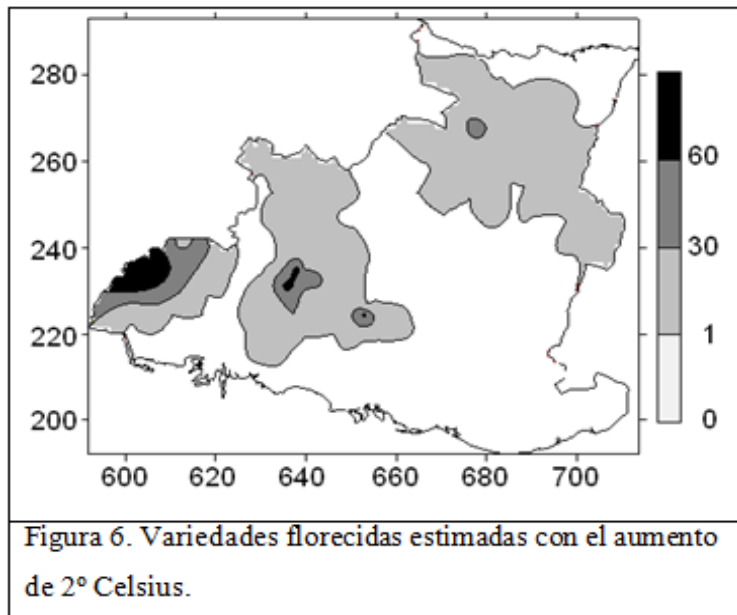


Figura 5. Temperatura media promedio del mes de septiembre con el aumento de 2° Celsius.

Con estos cambios prácticamente la floración se ve reducida a las zonas montañosas y áreas aledañas (figura 6), pues en el centro y hacia ambas costas la cantidad de variedades florecidas sería muy escasa (menos de 30 %).



Varios trabajos realizados en otros cultivos señalan los cambios que se producen sobre los órganos de la flor con las variaciones en la temperatura (Brubaker, 1986; Caulfield, 2000; Teranishi et al., 2000; Inouye et al., 2002; Wayne et al., 2002; Fuhrer, 2003; Pittock, 2003; Ludwig y Asseng, 2006).

#### 4 Conclusiones:

- La mayor cantidad de variedades florecidas en la región central, se localiza en las zonas de montaña, donde se producen temperaturas medias de 25° Celsius.
- Si la temperatura aumenta 2° Celsius en la región Central, se producirá una reducción considerable del número de variedades florecidas.

#### 5 Recomendaciones:

- Emplear los resultados obtenidos en este trabajo para el manejo de la floración en la región central de Cuba, con fines de mejoramiento o para el cultivo comercial de variedades con valores altos de floración.

#### 6 Bibliografía:

1. Amin, M.H. and Z.A. Menshawi. 1975. The photo-humy-thermo phase of sugarcane breeding program at Hawamdieh. Research Bulletin 53.
2. Berding, N.; R.S. Pendrigh and 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.
3. Brubaker, 1986. Responses of tree populations to climatic change. Vegetatio 67: 119-130.
4. Carballoso, V. 2009. Estudio y manejo de la floración de la caña de azúcar en el Centro Nacional de Hibridación de Cuba. Tesis en opción al grado científico de doctor en ciencias agrícolas (defensa en departamento de Fitomejoramiento), INICA. 101 p.
5. Caulfield, Z. 2000. The potential influence of rising atmospheric carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) on public health: pollen production of the common ragweed as a test case. World Res Rev. 12:449-457.
6. Carballoso, V.; A. González; F. González and H. García. 2010. Effect of elevation on synchronization of flowering of sugarcane in Cuba. Proc. ISSCT (CD-memorias Congreso).
7. Fuhrer, J. 2003. Agroecosystem responses to combinations of elevated CO<sub>2</sub>, ozone, and global climate change. Agriculture, Ecosystems & Environment. 97: 1-20.
8. 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.
9. Hedhly, A.; J. I. Hormaza and María Herrero. 2009. Global warming and sexual plant reproduction. Trends in Plant Science. 14 (1): 30-36 pp.
10. Ibarra, C.; R. Vega; R. Espinosa; R. Domínguez; J. Carasa; J. Puga y otros. 1978. Atlas de Cuba. Instituto de Geodesia y Cartografía. 143 pp.
11. Inouye, D. W.; M. A. Morales and 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.

12. Jorge, H., I. Jorge, H. García, N. Bernal, G. Pérez, L. Cabrera, R. Díaz, A. Vera, V. Caraballoso, O. Suárez y S. Castro. 2008. Variedades de caña de azúcar en Cuba. Nuevo enfoque para su concepción y manejo. *Memorias Diversificación 2008, Congreso Internacional de Azúcar y Derivados*. ISBN 978-959-7165-16-3. pp. 763-776.

13. Ludwig, F and S. Asseng. 2006. Climate change impacts on wheat production in a Mediterranean environment in Western Australia. *Agricultural Systems*. 90: 159-179.

14. Menshawi, Z. A. 1976. The Hawamdieh sugarcane breeding program, and applicable study. *Research Bulletin*. 57.

15. Nuss, K.J. 1980. Effect of photoperiod and temperature on initiation and development of flowering in sugarcane. *Proc. ISSCT* 16: 486-493.

16. Pittock, B. 2003. *Climate Change: An Australian Guide to the Science and Potential Impacts*, Australian Greenhouse Office, Canberra.

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

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

19. Prasad, P.V.V. y col. 2002. Effects of elevated temperature and carbon dioxide on seed-set and yield of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Glob. Change Biol.* 8, 710-721.

20. Teranishi, H.; Y. Kenda, T. Katoh, M. Kasuya, E. Oura and H. Taira. 2000. Possible role of climate change in the pollen scatter of Japanese cedar *Cryptomeria japonica* in Japan. *Clim. Res.* 14: 65-70.

21. Tubiello, F.N. y col. 2007. Crop and pasture response to climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 104, 19686-19690.

22. Wayne, P.; S. Foster; J. Connolly; F. Bazzaz and P. Epstein. 2002. Production of allergenic pollen by ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) is increased in CO<sub>2</sub>-enriched atmospheres. *Annals of Allergy, Asthma and Immunology*. 8:279-282.

23. White, M.A. y col. 2006. Extreme heat reduces and shifts United States premium wine production in the 21st century. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 103, 11217-11222.