

Zonificación agroclimática de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en la provincia de Sancti Spíritus

Agroclimate zone of sugar cane (*Saccharum spp.*) in Sancti Spiritus Province

Víctor Caraballoso¹, Miguel García² y Enrique Llerena³.

1. Instituto Nacional de Investigaciones de la caña de azúcar (INICA), Sancti Spíritus.
2. Instituto Nacional de Meteorología, Sancti Spíritus.
3. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), Sancti Spíritus.

E-mail: hibridacion@inica.minaz.cu

RESUMEN. El objetivo principal de la investigación fue estimar desde el punto de vista agroclimático las zonas aptas potenciales para el cultivo de caña de azúcar en la provincia de Sancti Spíritus. La delimitación de estas zonas se generó a partir de la información del clima (temperatura y lluvia) para ello se emplearon 180 puntos, lo que coinciden con los pluviómetros que trabaja el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) ubicados en toda la provincia, de los cuales se tienen datos promedios de lluvia de 40 años (1961-2000) y a los que se les estimaron los valores promedios de temperatura, empleando datos históricos de 33 años (1977-2009) de registros en las estaciones meteorológicas del territorio, con esta información se estimaron los índices de satisfacción de las necesidades hídricas y de los grados días de desarrollo del cultivo mediante las necesidades biofísicas del cultivo. Para la salida de los mapas se empleó el programa Surfe v 8.0, con el método de rejilla Kriging. Como resultado se logró un mapa de aptitud agroclimática de la caña de azúcar para la provincia de Sancti Spíritus, con algunas recomendaciones para su uso, tanto para cultivos comerciales como para otros usos que incluye ganadería, mejoramiento genético del cultivo y otros.

Palabras clave: Caña de azúcar, lluvia, temperatura, zonificación agroclimática .

ABSTRACT. The main objective of the investigation was to estimate from the point of view agroclimático the areas capable potentials for the cultivation of sugarcane in the Sancti Spíritus province. The delimitation of these areas was generated starting from the information of the climate (temperature and rainfall) for they were used it 180 points, they coincide with the pluviometers that the National Institute of Hydraulic Resources (NIHR) works located in the whole county, of which data averages of 40 year-old rainfall (1961-2000) and to those that were estimated the values averages of temperature, using historical data 33 years old (1977-2009) of registrations in the meteorological stations of the territory, with this information they were considered the indexes of satisfaction of the necessities hídricas and of the grades days of development of the cultivation by means of the biophysical necessities of the cultivation. For the exit of the maps the program Surfe v 8.0 was used, with the grill method Kriging. As a result a map of aptitude agroclimática of the cane of sugar was achieved for the county of Sancti Spíritus, with some recommendations for its use, so much stops commercial cultivations as for other uses that it includes cattle raising, genetic improvement of the cultivation and others.

Key words: Sugarcane, rainfall, temperature, agroclimatic zones.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar pertenece a la familia *Poaceae* y al género *Saccharum*. Dentro de este género se considera que existen seis especies, dos silvestres y cuatro domesticadas; las silvestres corresponden a *S. spontaneum* y *S. robustum* y las domesticadas *S. edule*, *S. barberi*, *S. sinensis*

y *S. officinarum* L., de las cuales se derivan las variedades de caña de azúcar cultivadas actualmente (Polo, 2005).

El cultivo de la caña de azúcar continúa siendo el que mantiene el mayor uso de la tierra en Cuba,

la industria más antigua se encuentra afectada por carencias de la materia prima, ineficiencia productiva, por los altos precios del petróleo y sobre todo por afectaciones climatológicas como la sequía que ha provocado los bajos rendimientos obtenidos actualmente (Carrobello, 2005).

Urge por tanto la búsqueda de la sostenibilidad en la producción cañera. Rodríguez *et al.*, (2006) sugieren que para potenciar la agricultura cañera sobre bases sostenibles es necesario materializar e investigar sobre todo el trabajo que se ha llevado a cabo durante muchos años.

El cultivo de la caña de azúcar en el territorio agrícola nacional continúa siendo una de las principales fuentes de ingreso de la economía, abarca varios tipos de suelos, condiciones topográficas y regiones climáticas, por lo que es afectado por diversos factores tanto naturales como antropogénicos. (Cobo *et al.*, 2008).

Los sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una herramienta de gran utilidad para la diversificación agropecuaria y el ordenamiento territorial ya permiten la entrada de datos, su almacenamiento, tratamiento y la elaboración de información y a partir de dichos datos espaciales integrados con datos cualitativos se genera información que permite optimizar la toma de decisiones en el área donde se emplee (Becerra *et al.*, 2008).

La agroindustria azucarera cubana a partir del año 2002, redujo sustancialmente el número de fábricas y el área dedicada al cultivo de la caña de azúcar, no obstante este continúa siendo un rublo importante en la economía del país, y actualmente el área dedicada a la agricultura cañera es de alrededor de 750 000 ha, que representan el 20 % del área total del país, y donde se explotan los suelos más productivos, facilitando que los cultivos expresen su mayor potencial genético productivo (Jorge *et al.* 2008).

La variabilidad natural de las lluvias, de la temperatura y de otras condiciones del clima es el principal factor que explica la variabilidad de la producción agrícola (Pérez *et al.* 2004).

Los Sistemas de Información Geográficos (SIG) han sido empleados en caña de azúcar en Australia, (McKenzie, 1990), Sudáfrica, (Platford, 1990), Colombia, (Guzmán, 1995), Brasil, (Rocha, 1995), Costa Rica, (Agüero y Corella, 2003), Tailandia, (Saravanan *et al.*, 2005), Guatemala (Suárez *et al.*, 2008), así como en Cuba, (Balmaseda *et al.*, 1999; Segreña *et al.*, 2003; China *et al.*, 2007; Becerra *et al.*, 2008)

La zonificación agroecológica (ZAE) se refiere a la división de la superficie de la tierra en Unidades más pequeñas, que tienen características similares relacionadas con su aptitud, con la producción potencial y con el impacto ambiental (FAO, 1997).

Algunos autores han empleado la ZAE en el cultivo de la caña de azúcar, destacando los trabajos realizados en Sudáfrica (Bezuidenhout *et al.*, 2007); Colombia (Carbonell *et al.*, 2001; Carbonell *et al.*, 2009); México (Parra, 1989; Díaz *et al.*, 2000; Jiménez *et al.*, 2004).

El objetivo principal de la investigación fue estimar desde el punto de vista agroclimático las zonas aptas potenciales para el cultivo de caña de azúcar en la provincia de Sancti Spíritus.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características de la zona de estudio

Sancti Spíritus, una de las 14 provincias cubanas, está ubicada entre los 21° 32' 23" y 22° 27' 28" de latitud norte y los 78° 55' 38" y 80° 06' 55" de longitud oeste. Limita al norte con el Océano Atlántico, al sur con el Mar Caribe, al este con la provincia de Ciego de Ávila y al oeste con las provincias de Villa Clara y Cienfuegos. Tiene una extensión territorial de 6 731,90 Km² de tierra firme y 12,30 Km² de cayería. Se caracteriza por un relieve variado, con aproximadamente el 80% de llanuras y el resto de montañas; tiene unos 237,00 Km. de costa, de ellas 60,00 Km. en la norte y 171,00 Km. en la sur.

Base de datos:

Los datos de clima fueron suministrados por el Instituto de Meteorología, a través de la red de estaciones de la provincia y de apoyo de las vecinas. Las variables empleadas fueron datos promedios mensuales históricos de 33 años (1977-2009) a base de:

- Temperatura máxima (Tx)
- Temperatura mínima (Tn)
- Humedad Relativa mínima (HRn)
- Velocidad del viento (VV)

Los datos de lluvia (Ll) se obtuvieron de la base de datos del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH, 2006) procedentes de 180 pluviómetros ubicados en toda la provincia con valores mensuales de 40 años (1961-2000).

Cálculos:

Para generar la zonificación agroclimática (ZAC) se emplearon los Grados Día de Desarrollo (GDD) y el índice de necesidades hídricas (INH) del cultivo.

Para la estimación de los Grados Día de Desarrollo (GDD) se utilizó el método residual,

$$GDD = \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_x + T_n}{2} \right) - T_{base}$$

Tbase = temperatura base de la caña de azúcar (12° Celsius) (Jiménez *et al.*, 2004).

Para el cálculo del INH para la caña de azúcar, se realizó a través de la ecuación siguiente:

$$INH = (E_{To} \times K_c) - (Ll \times 0.75)$$

Donde:

E_{To} = Evapotranspiración (mm), calculada a través del método de Blaney-Criddle (FAO, 1990).

K_c = Coeficientes del cultivo por etapa fenológica (Tabla 1).

0.75 = Coeficiente de aprovechamiento de la lluvia.

Tabla 1. Coeficientes de cultivo (Kc) por etapa fenológica para un ciclo de un año en la caña de azúcar

Meses	Kc	Meses	Kc
Enero	0,16	Julio	0,72
Febrero	0,36	Agosto	0,78
Marzo	0,50	Septiembre	0,75
Abril	0,56	Octubre	0,70
Mayo	1,19	Noviembre	0,67
Junio	1,07	Diciembre	0,86

Fuente: Martín *et al.* (1987).

Zonificación agroclimática

Con los cálculos de los GDD y el INH para los 180 puntos de la provincia de Sancti Spíritus, los cuales estaban convenientemente georeferenciados, representativos de la región de estudio, cuya relación aparece en INRH (2006), se procedió a representarlos en el mapa de la provincia empleando el programa Surfe v 8.0, con el método de rejilla Kriging, el cual permite unir zonas de similar manifestación de la variable.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para que exista un buen desarrollo del cultivo es necesario que existan valores altos de temperatura, lo cual se satisface ampliamente en la provincia (figura 1),

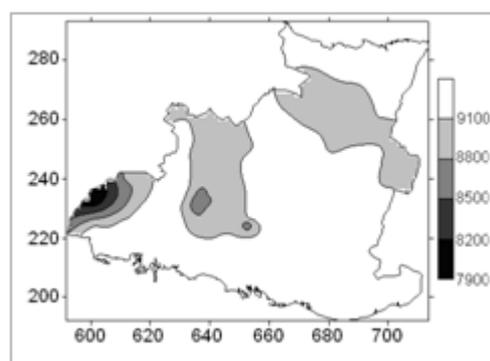


Figura 1. Grados días de desarrollo (GDD, ° Celsius) para la provincia de Sancti Spíritus.

Pero para que se complete el crecimiento se necesita que no exista déficit de humedad en el suelo, el cual se manifiesta en gran parte de la provincia (colores más oscuros), pues la mayor parte del territorio no tiene garantías de agua (figura 2).

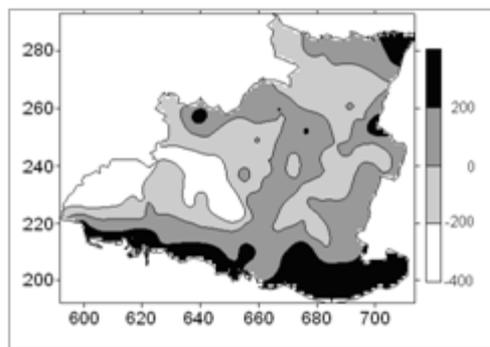


Figura 2. Déficit hídrico (mm.) en el suelo para la provincia de Sancti Spíritus

La zona donde el balance de agua es mejor se ubica hacia las montañas (figura 3), representado por tres zonas bien diferenciadas, dos de estos puntos se ubican en la parte sur de la región y corresponden al Macizo de Guamuhaya, representado por las montañas de Trinidad y Sancti Spíritus y el tercero corresponde a las alturas del Nordeste

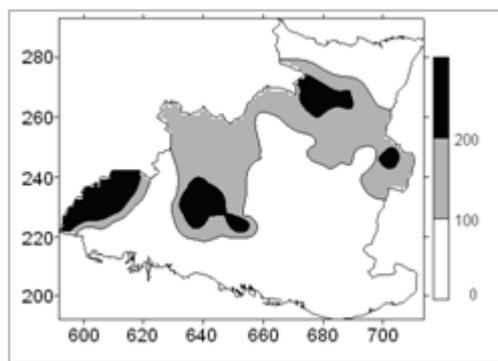


Figura 3. Relieve de la provincia de Sancti Spíritus (m snm)

Precisamente las plantaciones actuales se suponen que están ubicadas en suelos con buenas características (A1 y A2), pero no siempre estas áreas son suficientemente buenas para el cultivo como los muestran los trabajos de Marín (2009), motivados por la erosión, pérdida de la fertilidad y otras limitantes que no fueron detectadas en el análisis agroproductivo.

La figura 4 muestra el área actual que ocupa el cultivo en la provincia, formado por dos Complejos Agroindustriales (CAIs), los que ocupan fundamentalmente la parte central y sur, bordeando a las montañas antes mencionadas, incluso algunas están en zonas un poco más elevadas que los 100m de altitud, estos pertenecen a la CPA Camilo Cienfuegos, en Yaguajay; otra en el Crucero de Quemadito, en Fomento, ambas pertenecientes al

CAI Melanio Hernández y la última en Fico Hernández, Jatibonico, del CAI Uruguay.

Las zonas montañosas pudieran ser empleadas para plantaciones de caña de azúcar destinadas a la alimentación de la ganadería y para la obtención de flores para el mejoramiento genético del cultivo, las que pueden emplear pequeñas parcelas.

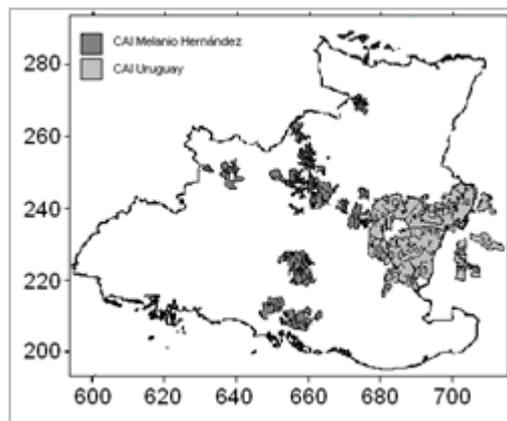


Figura 4. Área destinada a caña de azúcar en la provincia de Sancti Spíritus (actual)

CONCLUSIONES

1. La provincia de Sancti Spíritus tiene buenas condiciones de temperatura para el cultivo de caña de azúcar, pero las mejores zonas tienen déficit de humedad.
2. En las áreas donde se combina mejor la temperatura y la humedad, normalmente son montañosas, con escasez de áreas cultivables y dificultades con el acceso.

RECOMENDACIONES

1. Hacer un mayor uso del riego, pues la falta de humedad puede afectar la obtención de altas producciones.
2. Complementar este trabajo con un correcto estudio agroproductivo en el momento de seleccionar las áreas a plantar.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agüero, J. M. y F. Corella. El GPS en la agricultura de la caña de azúcar, sus aplicaciones actuales y beneficios prácticos: Un sistema integrado de apoyo para la toma de decisiones.

- XV Congreso ATACORI, Guanacaste, C. R., pp. 295-297, 2003.
2. Balmaseda, C; D. Ponce de León y S. Segrera. Modelo de datos del Sistema de Información Geográfica para la agricultura cañera. Estudio de caso del CAI Patria o Muerte, 1999.
3. Becerra, E., Más, R.; Emma Pineda y M. Luciano. Sistemas de información geográfica y diversificación de la producción agropecuaria del MINAZ en Villa Clara. Memorias Diversificación 2008, Congreso Internacional de Azúcar y Derivados. ISBN 978-959-7165-16-3, 2008.
4. Bezuidenhout, C. N., P. J. Hull, R. E. Schulze, M. Maharaj and P. W. L. Lyne. Agroclimatic and hydrological response surfaces for sugarcane production in South Africa. Proc. ISSCT 26: 526-530, 2007.
5. Carbonell, J., C. A. Osorio, R. Quintero, J. S. Torres, C. Isaacs and J. . Victoria. Zonificación agroecológica del valle del río Cauca. Cuarta versión. Serie Técnica. CENICAÑA. In press, 2009.
6. Carbonell, J.; Amaya, A.; Ortiz, B.V.; Torres, J.S.; Quintero, R.; Isaacs, C.H. Zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar en el valle del río Cauca. Tercera aproximación. Cali, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, 2001.
7. Carrobello, Caridad. Tierras ex cañeras. Diversificación. Bohemia. Año 97. No 19 septiembre. p. 28-35, 2005.
8. China, A., P. L. Cortegaza, A. China, J. P. O'Reilly, M. Pérez, J. Álvarez, G. Barroso, A. Fernández, H. Rodríguez, F. Naranjo, A. Fernández y P. P. Leal. Organización técnica - gerencial de la agricultura cañera de Matanzas, mediante sistemas de información geográfica (SIG) durante los últimos 10 años. Evento Jov., 2007.
9. Cobo, Yaquelín; G. Martín; Y. Rodríguez; J. Villazón; S. Anache y R. Tello. Comportamiento de las propiedades químicas de un Vertisuelo cultivado con caña de azúcar. Diver., 2008.
10. Díaz, H. B. M; V. H. Plascencia; R. R. Arteaga y P. M. Vázquez. Estudio y zonificación agroclimáticos en la región Los Altos de Chiapas, México. Investigaciones Geográficas, Boletín 42, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 7-27, 2000.
11. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Las necesidades de agua de los cultivos. 24: 194 pp. 1990.
12. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). "Zonificación agroecológica. Guía general", Boletín de suelos, núm. 73, Servicio de Recursos, Manejo y Conservación de Suelos, Dirección de Fomento de Tierras y Aguas, Roma, Italia. 1997.
13. Guzmán, A. Cañicultura y mapas digitales inteligentes. Procaña, No. 31, p 12-14. 1995.
14. INRH. Resolución 4/2006, del presidente del INRH que dispone poner en vigor el Mapa isoyético versión 1961 - 2000, Ciudad de La Habana, 2006.
15. Jiménez, Anabel; Virginia Vargas, W. E. Salinas, M. Aguirre y D. Rodríguez. Aptitud agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el sur de Tamaulipas. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, ISSN 0188-4611, Núm. 53, pp. 58-74, 2004.
16. Jorge, H., I. Jorge, H. García, N. Bernal, G. Pérez, L. Cabrera, R. Díaz, A. Vera, V. Carabaloso, O. Suárez y S. Castro. 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, 2008.
17. Marín, E. Nuevos enfoques para el manejo de las variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la UBPC Paredes. Tesis presentada en opción al título académico de master en agricultura sostenible. Universidad de Cienfuegos. 71 pp. 2009.
18. Martín, J. R.; G. Gálvez; R. Armas y R. Espinosa. La caña de azúcar en Cuba. Ed. Científico Técnica, La Habana. 612 pp. 1987.
19. McKenzie, S. A. Geographical Information Systems for the Sugar Industry. Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol. Conf. p. 9-12. 1990.
20. Parra, V. J. G. Zonificación agroclimática para la producción de la caña de azúcar en algunos estados de México, tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Centro de Edafología, Montecillo, Estado de México, 1989.
21. Pérez, J. R.; I. A. Cuellar; M. E. de León; M. Santana; J. R. Fonseca y M. Pérez. Caña de Azúcar:

Captación, conservación y manejo sostenible del agua y la humedad del suelo. Serie caña de Azúcar Siglo XXI. Suplemento especial de la Revista Cuba & Caña. Noviembre, 2004, 43 pp., 2004.

22. Platford, G. G. A Geographical Information Systems for use in the Sugar Cane Industry. Proc. S. Afr. Sug. Technol. Ass. 83-87, 1990.

23. 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.

24. Rocha, V. Uma nova tecnologia para gerenciamento agrícola das usinas e destilarias. *ÁLCOOL & AÇÚCAR*, No. 79, p 30-35, 1995.

25. Rodríguez, I.; Pineda, Emma; Más, E. Becerra, E.; Acosta, F.; Quintana, J. M. y Morder, R. Variación

de la fertilidad fosfórica con el tiempo en agroecosistemas cañeros. Taller de fertilidad de suelo y nutrición de las plantas. Congreso Científico del INCA (14: 2006 nov 9-12, La Habana). Memorias. CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. ISBN 959-7023-27-X, 2006.

26. Saravanan, R.; K. Benjamín, M. Prabpan and P. Weerathaworn. Building farm Information Systems for the Thai Sugar Industry - The role of IRS-ID Satellite and GIS. Proc. ISSCT XXV Congress, Atagua, Guatemala, pp. 265-271, 2005.

27. Segrera, Saddys, Ledy Benítez, R. Villegas e I. Machado. El proceso de ordenamiento territorial de la caña de azúcar en Cuba. *Cuba y Caña* 1: 4-10, 2003.

28. Suárez, A.; B. Villatoro y J. Del Cid. Experiencias en el uso de Sistemas de Información Geográficos en el cultivo de la caña de azúcar de Guatemala, 2008.

Recibido: 22/05/2010

Aceptado: 07/10/2011