

Influencia de algunos factores edafoclimáticos sobre los rendimientos de la caña de azúcar en la localidad de Paredes

Influence of weather and soil several factor on yield of sugar cane in Paredes locality

Víctor Caraballos¹ y Emilio Marín²

¹. Instituto Nacional de Investigaciones de la caña de azúcar (INICA), Sancti Spíritus.

². Complejo Agroindustrial (CAI) Melanio Hernández, Sancti Spíritus.

E-mail: cagricola@uclv.edu.cu

RESUMEN. El presente trabajo se realizó con el objetivo de definir los factores edafoclimáticos que están incidiendo sobre los rendimientos agrícolas en la zona de Paredes, la cual pertenece a la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) del mismo nombre, perteneciente al Complejo Agroindustrial (CAI) Melanio Hernández de la provincia de Sancti Spíritus. Para ello se analizaron los rendimientos agrícolas durante 6 zafas (2003-2004 a 2008-2009), los que se compararon con los valores de algunas variables climáticas (temperatura, humedad relativa del aire, lluvia), medidas en el mismo tiempo, también se compararon los rendimientos medios de cada bloque cañero con algunas características del suelo (tipo de suelo, rendimiento potencial, pendiente, pedregosidad, rocosidad, salinidad, pH, drenaje, compactación, profundidad efectiva, materia orgánica y aptitud agroproductiva). Como resultado se encontró alta inestabilidad de la producción en los años, la que se asociaba con la lluvia del período mayo-septiembre y era superior en los suelos de menor pendiente y mejor drenaje. Se resalta la falta de relación del rendimiento de los bloques cañeros con su clasificación por el tipo de suelo y su aptitud agroproductiva.

Palabras clave: caña de azúcar, factores edafoclimáticos, rendimientos, lluvia, pendiente.

ABSTRACT. The present work carried on with the objective to define factors edafoclimáticos itself that they are affecting on the agricultural performances at Paredes's zone, which belongs to the Basic Unit of Cooperative Production (UBPC, spanish word) of the same name, perteneciente to the Agroindustrial Complex (CAI, spanish word) Melanio Hernández of the Sancti Spíritus province. In the examined the agricultural performances themselves for it 6 sugar cane harvests (2003-2004 to 2008-2009), the ones that compared with the moral values of some climatic variables (temperature, relative humidity of air, rain), measures in the same time, also compared the average returns out of every cane block with some characteristics of the ground themselves (type of ground, potential performance, slope, pedregosidad, stone, salinity, pH, drainage, compression, working depth, organic matter and aptitude agroproductive). As a result you found high instability of the production in the years, the one that was associating with the rainfall of the period May to September and was superior at the grounds of minor slope and better drainage. Shows the lack of relation of the performance of the cane blocks with his classification for the kind of ground and his aptitude agroproductive.

Key words: Sugarcane, factors edafoclimatics, yields, rainfall, slope.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es una de las plantas de más alto rendimiento en biomasa por área y unidad de tiempo, alta adaptabilidad a condiciones adversa del medio ambiente, resistencia a plagas y enfermedades la fijación de CO₂ comparable a los de bosques tropicales, característica que la convierte en el cultivo por excelencia, paradigma de una agricultura sostenible (Cuellar *et al.*, 2003).

En junio del 2002 se planteó la reestructuración de la industria azucarera, cuyo objetivo es la eficiencia económica, la cual se alcanzará con incrementos eficientes de la producción de caña, azúcar, derivados y otras producciones, así como lograr producciones de azúcar competitivas que en las condiciones actuales y futuras, proporcionen ingresos al país (Rosales, 2002).

Según la clasificación agroproductiva de los suelos, esta Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) presenta un potencial de 55.25 t.ha⁻¹ de caña de azúcar y en los últimos 10 años solo ha promediado 33.5 t.ha⁻¹, a pesar de utilizar los suelos A1 y A2 (MINAZ, 2009).

Además del déficit de los elementos nutritivos y las propiedades no favorables alcalinas o ácidas, pueden encontrarse otros factores como poca profundidad del perfil del suelo, contenido de piedras, textura arenosa, régimen de lluvia no favorable, deficitario y muy variable. (Pineda, 2002).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Paredes, del área agrícola de la Empresa Azucarera Melanio Hernández, ubicada en la región centro sur de la provincia Sancti Spíritus.

Reynoso (1878), definió en su ensayo a la caña de azúcar como una planta de regadío, resaltando sus exigencias en ese sentido. Al respecto Fonseca y García (1987), confirmaron el efecto determinante de las épocas de plantación, la evapotranspiración real y la lluvia aprovechable en la definición de las necesidades de agua para la caña de azúcar en el occidente de Cuba.

Es objetivo del presente trabajo fue definir los factores edafoclimáticos que están limitando los rendimientos agrícolas del cultivo de la caña de azúcar en la UBPC Paredes, bajo las condiciones actuales de manejo.

La UBPC Paredes en la actualidad dedica a caña de azúcar 1550 ha, con un rendimiento estimado, según el tipo de suelo de 55.25 t. ha⁻¹ (tabla 1).

Tabla 1. Tipos de suelos predominantes en la UBPC Paredes.

Grupo de suelos	Área (ha)	Rend. Est. (t. ha ⁻¹)	Área que representa (%)
Sialitizado Cálcico	1198.64	56.38	77.3
Fersialitizado Cálcico	236.92	49.24	15.3
Sialitizado no Cálcico	82.89	59.33	5.4
Ferralitizado cuarcítico	21.62	31.4	1.4
Aluviales	9.94	79.97	0.6
Total	1550.01	55.25	100

El análisis de la información abarcó seis zafras (valor medio de reposición de la unidad) de 2003-2004 a 2008-2009.

Los datos del rendimiento por bloques fueron suministrados por el Departamento de Estadísticas de la empresa.

Los datos del suelo fueron tomados del estudio agroproductivo de que dispone la empresa (INICA, 2009) y consistió en las siguientes variables por bloque:

1. Tipo de suelo
2. Rendimiento Potencial (t. ha⁻¹)
3. Pendiente (categoría)
4. Pedregosidad (categoría)
5. Roccosidad (categoría)
6. Salinidad (categoría)
7. pH.
8. Drenaje (categoría)

9. Compactación (categoría)
10. Profundidad efectiva (cm.)
11. Materia orgánica (%)
12. Aptitud (categoría)

Los datos mensuales (1-12) del clima fueron obtenidos del Instituto de meteorología, cuyas variables fueron:

- Temperatura media (T)
- Humedad relativa media (HR)

Para la lluvia (L1) se emplearon los datos del pluviómetro existente en la unidad.

También se calcularon los valores medios (M) para el año y los del gran período de crecimiento (5-9).

La comparación de los rendimientos por bloques y zafras y su estabilidad. Para ello se empleó el modelo AMMI, empleado en caña de azúcar por

otros investigadores (Quemé *et al.*, 2005), para ello se empleó una macro de Excell.

El análisis de la relación de los rendimientos con algunas variables del clima. Para ello se utilizó el análisis de Componentes Principales y de regresión para las variables de mayor relación empleando el paquete STATISTICA v6.1 (Stat soft, 2003).

Definición de la relación del rendimiento con algunas variables de suelo. Para ello se empleó un análisis de correlación lineal simple empleando el paquete STATISTICA v6.1 (Stat soft, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los rendimientos promedio para las seis zafras, (Figura 1) de los bloques de la UBPC son muy variables y van desde menos de 25 t.ha⁻¹ para el 249 y 230, hasta alrededor de 43 t.ha⁻¹ para el 214 y 255. La mayoría de los bloques mantuvieron buena estabilidad en las zafras analizadas, con excepción del 248 con altos rendimientos en el 2003-2004 y el 268 en la 2007-2008. Por su parte los años mantuvieron una mayor inestabilidad, excepto la 2005-2006 que fue establemente de valores más bajos como media de los diferentes bloques, correspondiendo a la zafra 2003-2004 los rendimientos más altos con alrededor de 43 t.ha⁻¹.

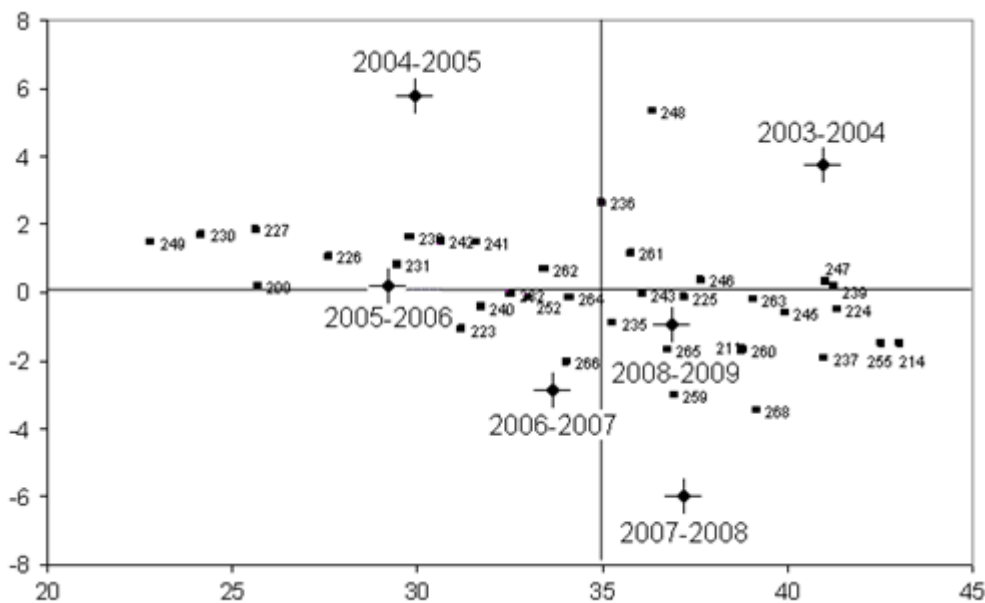


Figura 1. Bloques y años en el rendimiento (eje x) y la estabilidad (eje y) a través de un modelo AMMI

La UBPC Paredes se dedica a producir caña de azúcar desde antes de 1959, lo cual ha propiciado una sobre explotación de sus suelos.

Memon *et al.* (2004) señalan que los bajos rendimientos normalmente están asociados a prácticas inadecuadas de manejo del cultivo, falta de nutrientes a la planta, sobre explotación de los suelos y condiciones climáticas inadecuadas, principalmente ausencia de agua en los momentos críticos del cultivo.

Relación entre los rendimientos y las variables del clima.

Como muestra la tabla 2 en las tres primeras componentes se alcanza más del 80 % de la variación, por lo que se considera adecuado para realizar el análisis.

La lluvia muestra una alta relación con el rendimiento en el período de crecimiento (figura 2), pues como se conoce esta variable tiene una importancia cardinal en que se alcancen volúmenes altos de caña.

La influencia de la lluvia sobre las producciones de caña por hectáreas ha sido citada como uno de los elementos más importantes en las fluctuaciones de producción anuales (Bernal, 1986; Castro, 1992; González, 1994; Castro y Torres, 2007).

En este trabajo destaca la alta influencia del período de mayo a septiembre sobre los rendimientos, de la cual se determinó su relación cuadrática (figura 3). La ecuación de la regresión anterior es la siguiente:

$$y = 51.16 - 0.0697x + 0.0000458x^2, R^2 = 0.80.$$

Donde:

y = Rendimiento (t.ha⁻¹),

x = Lluvia (mayo-sept.)

Tabla 2. Caracterización de los ambientes de floración. Análisis de componentes principales. Valores y vectores propios.

Valores propios	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3
Valor	17.71	9.58	7.54
%	41.18	22.28	17.53
Valor Acumulado	17.71	27.29	34.83
% Acumulado	41.18	63.46	80.99

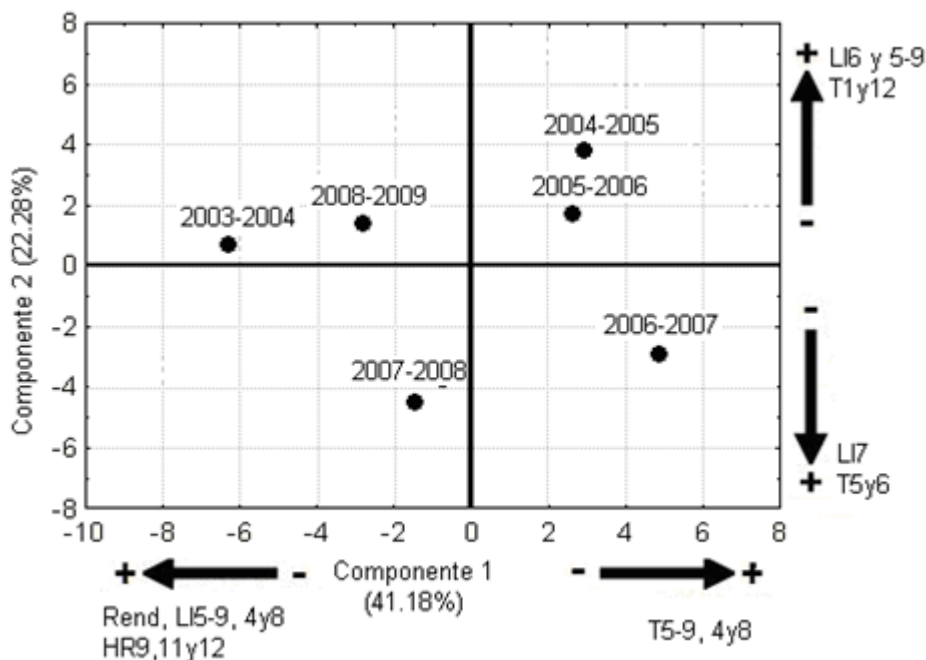


Figura 2. Relación entre el rendimiento y las variables del clima

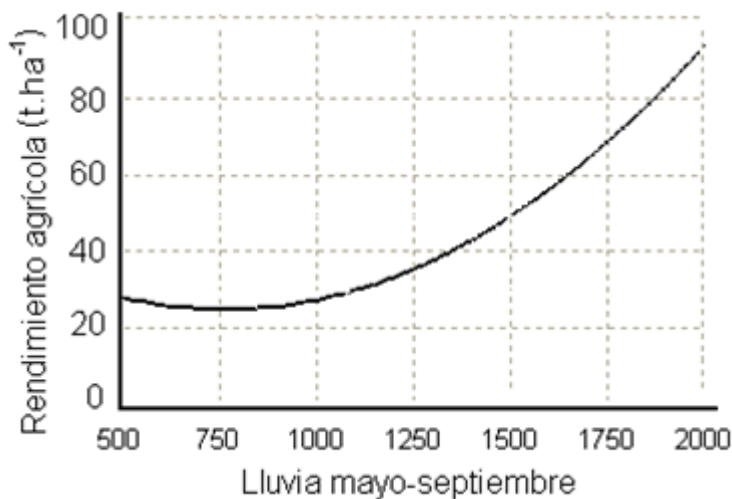


Figura 3. Relación entre el rendimiento y la lluvia en el período de mayo a septiembre para la UBPC Paredes.

Como se puede apreciar en la figura, o por el cálculo en la ecuación anterior, se necesitan más de 1500mm de lluvia en el período mayo-septiembre para poder lograr rendimientos por encima de 50 t.ha⁻¹, que se solicitan por el MINAZ (Santana y col., 2007) con las condiciones de manejo que existen actualmente, o suplir este déficit con la aplicación de riego.

La cantidad y distribución de la lluvia y la forma en que el agua se retenga en el suelo, resulta muchas veces vital para la obtención de altos o al menos rendimiento rentable en la caña de azúcar cuando no se aplica riego (Ruiz *et al.*, 2001). Estas relaciones han sido modeladas tanto para definir los rendimientos (Kunhel, 1996; Gálvez *et al.*, 2004;

Yasen *et al.*, 2005; Bezuidenhout *et al.*, 2007) como para definir el uso del agua (Moult, 2005).

Carbonell *et al.* (2001) indicaron que la precipitación y evaporación son las condiciones meteorológicas que mayor variabilidad espacial y temporal ocasionan en el rendimiento de la caña en el Valle del Cauca en Colombia.

Relación entre el rendimiento y algunas variables del suelo

Al analizar algunas variables del suelo que pudieran limitar los rendimientos, se encontraron valores significativos para la pendiente y el drenaje (tabla 3), lo cual indica que estas variables hay que tenerlas en cuenta, principalmente la pendiente, pues como señala Chinae *et al.* (2008), esta puede acelerar el deterioro de los suelos desde el punto de vista de los procesos de erosión, por lo que se hace necesario tomar medidas para su conservación, pues su pérdida está atentando contra los rendimientos del cultivo en esta zona en particular.

Tabla 3. Valores de correlación entre el rendimiento y algunas variables del suelo.

Variables	Correlación
Aptitud	-0.20
Compactación	-0.01
Tipo de suelo	-0.01
Prof. Efectiva	-0.11
Mat. Org. (%)	-0.11
Pendiente	-0.42*
pH	-0.03
Drenaje	0.45*

* Diferencia para el 0.05 de probabilidad

Pineda *et al.* (2000) reportaron que para las condiciones de los suelos de Villa Clara, los factores profundidad efectiva, textura y drenaje influyen en la eficiencia de la fertilización y por tanto en los rendimientos.

Para otras variables de interés no se encontró relación, como es el caso de la materia orgánica, sobre la cual Pablos, (2010) indica que cuando los valores de materia orgánica están por debajo de 2.5%, el incremento en el rendimiento es bajo, lo que se puede atribuir, en primer lugar y de forma directa a que la cantidad de nitrógeno

disponible que pasa a forma asimilable (mineralizable) por la descomposición de la materia orgánica es baja y no satisface la demanda del cultivo.

También se pone de manifiesto la mala clasificación agroproductiva de los suelos de esta UBPC cañera al no existir relación del rendimiento con el tipo de suelo y la aptitud agroproductiva.

Roldós (1986) ha señalado que la existencia de factores edáficos limitativos es uno de los aspectos que tiene mayor incidencia negativa en la producción de caña de azúcar.

CONCLUSIONES

1. Los rendimientos de la UBPC Paredes son inestables en los años, motivado principalmente por la escasez de la lluvia en el período mayo-septiembre.
2. Los suelos de la UBPC no responden según su clasificación agroproductiva, pues sus bloques no alcanzan los rendimientos señalados por el MINAZ, los que están afectados por la pendiente y el drenaje del terreno, unido a los años de explotación.

BIBLIOGRAFÍA

1. MINAZ. Liquidación de zafras Empresa azucarera Melanio Hernández (archivos empresa), 2009.
2. INICA. Base de datos del Servicio de Fertilizantes y enmiendas (SERFE), Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (programa en la Empresa Azucarera Melanio Hernández), 2009.
3. Bernal, N. A. Clasificación de ambientes en las provincias de Holguín, Las Tunas y Granma en los estudios de regionalización de variedades de caña de azúcar. (Tesis en opción al grado de Dr. en Ciencias Agrícolas). Cuba. p 104. INICA, 1986.
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.; 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.

6. Castro, S. y Y. Torres. Variedades de caña de azúcar de la serie de 1995 en Las Tunas. En evento Jov. 2007.
7. Castro, P.S. Evaluación de ambientes y genotipos de caña de azúcar en la provincia Holguín. (Tesis para optar por el grado de Dr. Ciencias Agrícolas). Universidad de la Habana 114 p. 1992.
8. China, A., P. Cortegaza, A. China, Annerys Reyes, Yudith Viñas, R. González y J. Ruiz. Factores limitantes para la agricultura cañera y cultivos de diversificación en Matanzas: Importancia para la toma de decisiones. *Cuba y Caña* 1: 65-69, 2008.
9. Cuellar, I.; M. de León, A. Gómez, Dolores Piñón, R. Villegas e Ignacio Santana.. Caña de azúcar paradigma de sostenibilidad. Ed. PUBLINICA. 175 pp. 2003
10. Fonseca, J. y S. García. Necesidades de agua de la caña de azúcar para diferentes épocas de plantación y corte en el occidente de Cuba. Resúmenes I Encuentro Investigación - Producción en la agricultura cañera. INICA p. 221, 1987.
11. Gálvez, G.; O. Soto y A. Sigarroa. La Modelación del rendimiento agrícola en la caña de azúcar. Caso de estudio. Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados de la Caña (Diver 2004). Memorias CD-ISBN: 959-7165-17-1, 2004.
12. González M.A. Caracterización del efecto ambiental en estudios de regionalización de variedades de caña de azúcar en la provincia Las Tunas. (Tesis para optar por el grado de Dr. Ciencias Agrícolas). Cuba. p. 105, 1994.
13. Kuhnel. I. Relationships of Australian sugarcane yield to various climatic variables. *Theor. Appl. Climatol.* 54: 217-228, 1996.
14. Memon, Y. M.; H. K. Keerio and R. N. Panhwar. Yield response of different sugarcane genotypes under agro-climatic conditions of Thatta. *Journal of applied sciences* 4(1): 90-92, 2004.
15. Moul, N.G. The development of a catchment scale irrigation systems model for sugarcane. MSc Eng Dissertation, School of Bioresources Engineering and Environmental Hydrology, University of KwaZulu-Natal, Pietermaritzburg, 129p. 2005.
16. Pablos, P. Actualización de criterios para la fertilización nitrogenada en caña de azúcar en Cuba. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. MINAZ-INICA. 100 pp. 2010.
17. Pineda Emma; I. Rodríguez; R. Más; H. Pérez; I. García; C. Aguilar; R. Díaz; F. Barroso y A. Valencia. Estudio de suelos para el manejo integral de plantaciones cañeras en el CAI "Ifraín Alfonso" en Villa Clara. *Revista Centro Azúcar.* No. 2. pp 83 – 91, 2000.
18. Pineda, Enma. Los factores edáficos y la respuesta de la caña de azúcar a los fertilizantes. La Habana. 123h. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Ministerio de Educación Superior. UAH, INICA, 2002.
19. Quemé, J. L.; L. Molina and M. Melgar. Analysis of genetic similarity among 48 sugarcane varieties using microsatellite DNA sequences. *Proc ISSCT Silver jubilee Congres Guatemala*, 2005.
20. Roldós, J.E. Evaluación de algunos factores edáficos limitantes de la producción de la caña de azúcar. La Habana. 123h. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Ministerio del Azúcar. INICA.
21. Rosales U. 2002. Carta comunicación objetivo central del proceso de reestructuración del MINAZ, La Habana, 15 pp. 1986.
22. Ruiz, María, A. Uset, J. Ruiz, Alicia del Valle, H. Medina y Maira Ferrer. Sistema para estimar la afectación en los rendimientos de la caña de azúcar por clima y suelos. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. *Boletín Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo.* No. 4 Nov. 01. ISSN 1609-1876, 2001.
23. Santana, I.; J.C. Santos y S. Guillen (eds). Instructivo técnico para la producción y cultivo de la caña de azúcar. Primera edición, PUBLINICA. ISSN 1028-6527. 148 pp. 2007.
24. Stat Soft. *Statistica for Windows*, Release 6.1, 2003.
25. Yaseen, M.; M. Zakria, I. U. D. Shahzad; M. Imran and M. Aslam. Modeling and forecasting the sugarcane yield of Pakistan. *Intern. Journal of Agric. & Biol.* 180-183, 2005.

Recibido: 12/06/2010

Aceptado: 07/11/2010