

II CONGRESO NACIONAL DE LA CANA DE AZÚCAR Y SUS DERIVADOS  
**25 - 27 Mayo 2011, Guayaquil, Ecuador**

RESPUESTA DE CUATRO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR HASTA EL SEXTO  
CORTE BAJO RIEGO POR GOTEO, EDO LARA – VENEZUELA

**V. Lossio, M. Canamero, D. Flores, R. Crespo**

victorlossio@yahoo.com, miguel\_kerla@lamolina.edu.pe, dirksteve\_f1@hotmail.com, adm-finca@azucar-carora.com  
CA AZUCA, UNA LA MOLINA, AIPSA, CA AZUCA

RESUMEN

En la Finca Fundadores del Central Azucarero Carora – Edo Lara, se instaló un ensayo con variedades de caña de azúcar de periodo vegetativo corto y de maduración precoz, el distanciamiento entre surcos fue de 1.65 metros y el lateral de riego o cinta, se ubicó en el fondo y en cada uno de los surcos, el sistema era monitoreado a través de un mini programador, con riegos diarios de tres horas por turno. Los suelos son de textura arenosa a arena franca y la variable clima presenta una evaporación anual promedio de 2,757 mm, 710 mm de precipitación media anual y temperatura promedio de 29 C.

El diseño experimental planteado fue el de bloques completamente randomizados, los tratamientos estuvieron conformados por las variedades C32368 (Cubana), RB 765418 (Brasileña), PR 692176 (Puerto Rico) y la Caña Blanca. Se evaluó la productividad de caña y azúcar, el coeficiente de uniformidad de campo, así como la relación lamina de riego/evaporación. El marco de riego estuvo conformado por goteros distanciados cada 0.50 metros y descargas de 1.68 litros/hora a una presión promedio de 10 mca y laterales de riego separados 1.65 metros, coincidentes con el marco de plantación.

En el primer corte se cosechó a los 13.1 meses y se obtuvo un rendimiento promedio de 173.8 Ton.Caña/Ha-año, y 11.12 Ton Azúcar/Ha-año, no observándose diferencias significativas entre variedades, sin embargo la variedad RB-765418 mostró una ligera tendencia a sobresalir. El sistema de riego mostró fallas que oportunamente se corrigieron. El factor de riego (lamina/evaporación) aplicado fue del orden de 0.7 y el coeficiente de uniformidad evaluado por el método de Keller fue de 84%.

En la cosecha del sexto corte los rendimientos ya bajaron tanto en Caña como en Azúcar, obteniéndose un promedio de 99.1 Ton.Caña/Ha-año y 8.7 Ton. Azúcar/Ha-año. Asimismo se mantiene la tendencia de los resultados de la evaluación del primer corte, es decir no se observa diferencia significativa de los rendimientos de azúcar entre las variedades analizadas. El factor de riego en este sexto corte fue de 0.65, y el coeficiente de uniformidad obtenido fue de 79% . El efecto de la corriente de El Niño, que afectó a varios países de América del Sur, se tradujo en un menor nivel de humedad para el cultivo, pero al momento de la cosecha se presentó lluvias que afectaron el rendimiento de caña y azúcar. Asimismo no se pudo realizar la aplicación de maduradores a estos ensayos.

## I.- INTRODUCCIÓN

El central Carora esta compuesto por el conjunto de 9 haciendas que ocupan un área bruta de aproximadamente 5,880 Ha y de las cuales se tiene bajo riego unas 2,100 Ha y unas 1,600 Ha presentan problemas de acides, salinidad y/o drenaje vertical deficiente (CIDITA) regadas con agua subterránea a un costo elevado para el sector agrícola.

Estas haciendas no tienen continuidad espacial, constituyendo por lo tanto un conjunto discontinuos de tierras localizadas en un área ovalada a su alrededor y cuyo radio es de 2 km al Este del Ingenio, pertenece al Municipio autónomo Torres del Estado Lara.

El riego por goteo supone una mejora tecnológica sustancial que contribuye a mejorar la producción y productividad, basada en una técnica que persigue un ahorro efectivo de agua y entrega oportuna en cuanto a cantidad suficiente y necesaria para un desarrollo óptimo del cultivo.

Esto implica necesariamente una evaluación y mantenimiento continuo del sistema, orientado al cumplimiento de los criterios que definieron el diseño agronómico como hidráulico.

El Central se caracteriza por presentar una precipitación promedio de 700 mm ocurriendo las máximas en los meses de Mayo y Octubre, representando esta al 90% de la precipitación anual a excepción del año 1994 y 1997 los cuales fueron atípico de los últimos 18 años por su escasa pluviosidad. La evaporación es de 2,157 mm de promedio anual, ocurriendo en su máxima en el mes de julio y su mínima en noviembre.

Estas características asociadas a lo limitante del recurso agua están orientando la política de la empresa a buscar una alternativa mas rentable en el riego altamente tecnificado.

Los primeros pasos se dieron 1994 en 24 Ha de suelos arenosos de la Hacienda Puricaure en el sector denominado Fundadores, el cual se ubica al norte de la carretera Lara-Zulia con 10' 11' de latitud norte y 70' 24' de longitud oeste, en donde se instalo un riego por goteo y en el cual se montaron una serie de experimentos. Se decidió evaluar en el corto y largo plazo, la respuesta de variedades de caña de azúcar: C32368 (Cubana), RB 765418 (Brasileña), PR 692176 (Puerto Rico) y la Caña Blanca, al riego por goteo.

La metodología desarrollada consistió en evaluar las características biométricas del cultivar en el tiempo, así como el rendimiento en caña y azúcar a través del diseño estadístico Bloques Completamente Randomizados: cuatro tratamientos con tres repeticiones.

La metodología seguida, así como la formula empleada para calcular la azúcar recuperable, es la utilizada por el Central. Igualmente se evaluó el coeficiente de uniformidad de riego para compararlo con el asumido en el diseño.

## II. Materiales y métodos:

Los ensayos sobre variedades se instalaron en en campo Fundadores ubicados en los tablones del 17 al 20. Previo al inicio del experimento se sacaron muestras de suelo a las profundidades de 30 y 60 centímetros las que fueron mezcladas pro profundidad obteniéndose las mezclas compuestas (cuadro N° 1).

En todos los ensayos los análisis demuestran el suelo es ácido sin problemas de sales ni sodio intercambiable, los contenidos en materia orgánica, fósforo disponible (Bray I) y potasio disponible se encuentran entre los rangos de bajo a moderado.

La densidad de siembra fue de 900 paquetes / ha y la fecha de siembra comprendida entre 20 y 26 de febrero de 1994, inmediatamente después se aplicó el primer riego por aspersión y a los 10 días siguientes el segundo, con la finalidad de asegurar uniformidad en la germinación para todos los ensayos. El primer corte del ensayo se efectuó el 19 de marzo y se alzó al día siguiente después de una lluvia de 22 mm a la edad de 13.1 meses.

La fuente de nitrógeno fue urea (46%) y se aplicó una dosis de 184 kg/ha fraccionada en 3 dosis entre los dos y tres meses de edad de cultivar. Los ensayos se agostaron la primera semana de febrero. Todas las labores culturales desde la preparación hasta la cosecha, con excepción del riego (lamina) fueron exactamente iguales a la del cultivo industrial. Se realizaron análisis de calidad de acepas por tratamiento a partir del 07/12/94 hasta la cosecha empleando la fórmula de laboratorio de análisis de calidad del Central.

Figura N°1.- Cabezal del sistema de riego Fundadores



**Clima:** la zona de vida es definida como bosque seco tropical y presenta una precipitación promedio anual de 700 mm, a excepción del año 94 el cual se presentó como atípico, una evaporación promedio anual de 2150 mm, temperaturas que oscilan entre los 21 °C y 34 °C. En el cuadro N° 2 se puede ver las variables climáticas.

**Hidrografía y Drenaje:** el área del experimento y toda la hacienda Puricaure tiene como principal colector de agua a riego Camoruro y la quebrada el Troncón, afluente del río Diquiva. En esta área tanto el drenaje interno como externo es bueno. La topografía es plana con pendientes de 3 a 6 por mil.

Cuadro N° 1, Análisis Mecánico y Químico

Prof (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura
00-30	62	24	14	Fa
30-60	54	26	20	Fa

Prof (cm)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Al (me/100g)	pH	Cex10 (mmho/cm)	MO (%)
00-30	7.75	153	418	142	0.69	5.4	0.29	3.17
30-60	6.25	119	397	156	0.75	5.2	0.29	3.33

Características físicas del diseño estadístico:

El experimento tuvo un diseño estadístico de bloques completamente randomizados con 4 tratamientos y 3 repeticiones.

Tratamiento 1: Constituido por la variedad cubana C-32368.

Tratamiento 2. Constituido por la variedad brasilera RB-765418.

Tratamiento 3: Constituido por la variedad Caña blanca.

Tratamiento 4: Constituido por la variedad PR-692176.

Ubicación física de los tratamientos:

Exp - Variedades

T3	T4
T1	T2

T2	T3
T4	T1

T2	T4
T3	T1

Área de los tratamientos

TRATAMIENTO	AREA (ha)
T1	0.09
T2	0.07
T3	0.08
T4	0.08

El tiempo de riego de cada tratamiento se ajusto a la necesidad de agua del cultivar, buscando igualdad en la lamina de riego.

TRATAMIENTOS	HORAS DE RIEGO	LAMINA (mm/día)
T1,T2,T3,T4	3	6

Funciones de producción:

La información básica a recopilar para la determinación de una función de producción de azúcar respecto a la variable independiente de agua corresponderá a producción de azúcar y dotaciones correspondientes de los ensayos realizados bajo riego por goteo del campo Fundadores. En estas cosechas no se aplicaron maduradores.

Los modelos estadísticos matemáticos a calibrar serán las siguientes:

$$Y = A X^b$$

$$Y = A e^{bx}$$

$$Y = A + bX$$

$$Y = A + B X + C X^2$$

Donde:

Y = es el rendimiento en toneladas de azúcar por hectárea

X = es el volumen de agua aplicada en miles de metros cúbicos por hectárea

La selección del modelo se hará teniendo como base el mayor coeficiente determinación (R<sup>2</sup>) y el sentido económico de la función de producción.

### III. RESULTADOS:

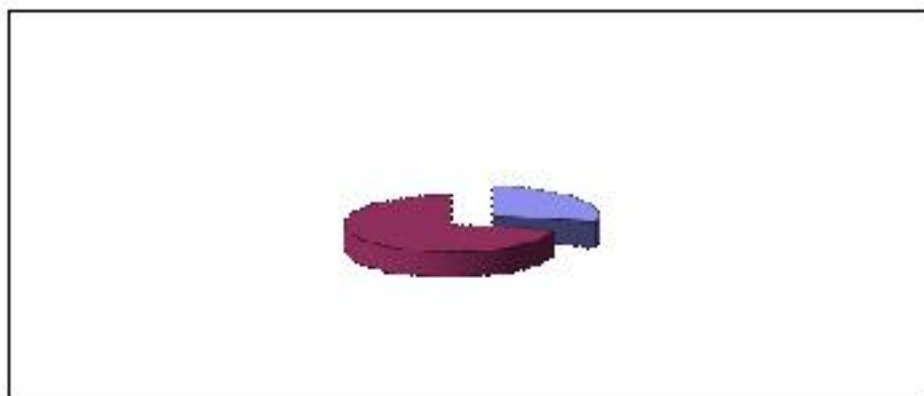
El valor del coeficiente de uniformidad evaluado por el método de Keller se mantuvo en promedio durante la primera zafra o corte en 84%. El evaluado en el 6to corte disminuyo a valor de 79%.

Se presenta en los cuadros siguientes información hidrológica del ensayo así como los resultados finales de la evaluación y funciones de producción calculadas.

Cuadro N° 2, Clima y laminas aplicadas

MES	EVAPO mm/mes	GOTEO mm/dia	DIAS GOTEO	GOTEO mm/mes	LLUV- TOT mm/mes	LLUV- EFE mm/mes	L-NETA mm/mes	Factor
FEB	72.00	6	9	54	24	18.05	72.05	1.0
MAR	238.70	6	23	138	91	72.75	210.75	0.9
ABR	217.18	6	26	156	30	23.75	179.75	0.8
MAY	214.21	6	26	156	38	30.95	186.95	0.9
JUN	270.54	6	18	108	14	8.55	116.55	0.4
JUL	256.86	6	31	186	0	0.00	186.00	0.7
AGO	247.38	6	23	138	43	34.45	173.45	0.7
SET	212.70	6	20	120	179	104.30	224.30	1.1
OCT	204.60	6	0	0	285	107.00	107.00	0.5
NOV	174.90	6	8	48	114	87.05	135.05	0.8
DIC	175.15	6	21	126	27	20.90	146.90	0.8
ENE	224.13	6	23	138	0	0.00	138.00	0.6
FEB	225.40	6	16	96	0	0.00	96.00	0.4
MAR	193.75	6	0	0	121	90.20	90.20	0.5
<b>Total</b>	<b>2927.50</b>	<b>6</b>	<b>244</b>	<b>1464</b>	<b>966</b>	<b>598.95</b>	<b>2062.92</b>	<b>0.7</b>

De los 2063 mm aplicados durante el cultivo, solamente el 71 % fue a través del sistema de riego por goteo, es decir, solo se aplico 14,640 metros cúbicos por hectárea. La diferencia fue debido a la lluvia efectiva.



El valor del coeficiente de uniformidad evaluado por el método de Keller se mantuvo en promedio durante la primera zafra o corte en 84%. El evaluado en el 6to corte disminuyo a valor de 79%.

En el primer corte se cosecho la caña a la edad de 13.1 meses, la dosis de nitrógeno aplicado fue de 184 unidades y los rendimientos cosecha de las variedades fueron: C32368 con 198 Ton Caña/Ha, RB 765418 con 107 Ton Caña/Ha, CB con 184 Ton Caña/Ha y PR 692176 con 173 Ton Caña/Ha. Ver Cuadro N°3

Cuadro N° 3, Resultados del primer ensayo

<b>EXP: VARIEDADES (1er Corte)</b>						
<b>PARAMETROS</b>	<b>C32368</b>	<b>RB765418</b>	<b>CB</b>	<b>PR692176</b>	<b>MEDIA</b>	<b>SIGN.</b>
<i>Nro de Riegos</i>	244	244	244	244		
<i>Lluvia Total(mm)</i>	966	966	966	966		
<i>Lluvia Efectiva(mm)</i>	599	599	599	599		
<i>Goteo Neto(mm)</i>	1464	1464	1464	1464		
<i>Lamina Neta(mm)</i>	2063	2063	2063	2063		
<i>Evaporacion Tanque</i>	2928	2928	2928	2928		
<i>Factor</i>	0.7	0.7	0.7	0.7		
<i>Nro. Apli. Urea</i>	3	3	3	3		
<i>Urea Apl. (Kg/Ha)</i>	400	400	400	400		
<i>Nitrogeno Apl. (Kg/Ha)</i>	184	184	184	184		
<i>Caña (Ton / Ha)</i>	198	197	191	173	190	NS
<i>Azúcar (Ton / Ha)</i>	13.46	13.13	10.97	11.07	12.16	NS
<i>Edad de cosecha</i>	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	

Para obtener la ecuación de mejor ajuste, para estimar la producción de caña de azúcar en función de la dosis de agua suministrada al cultivar, asumiendo las demás variables constantes, se evaluaron cuatro funciones: geométrica, exponencial, lineal y segundo grado, obteniendo esta última función el más alto coeficiente de correlación. Ver Cuadro N° 4.

Cuadro N°4, Funciones de producción analizadas

<b>FUNCION DE PRODUCCION</b>				
ton caña/ha = f (m3 de agua)				
REGRESION	INTER.	COEFICIENTE (X)	C.CORRE.	FUNCION PRODUCCION
Geomet.	4.4605	0.348	0.76	$Y = 4.4605 X^{0.348}$
Expon.	8.478	1.02	0.75	$Y = 8.478 \cdot 1.02^X$
Lineal	0.2199	0.692	0.98	$Y = 0.2199 + 0.692X$
2do. Grado	0.058	$1.2 - 0.028$	0.99	$Y = -0.0058 + 1.2 X - 0.028 X^2$

Como resultado de las precipitaciones presentadas al momento de la cosecha, el campo se fue deteriorando, creando zonas compactadas y alterando el relieve de las parcelas.

Figura N° 2, Daños ocasionados en cosecha por precipitación



#### IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

1. No hubo diferencia estadística significativa entre las variedades, sin embargo existe la tendencia a obtener mejores resultados con la RB-765418, del primer al sexto corte.

2. La relación Lamina aplicada/ Evaporación, al cual llamamos factor de riego, que en promedio fue de 0.7, dio los mejores resultados de producción de caña de azúcar.
3. La función de mejor ajuste para estimar la producción de azúcar es la de segundo grado :

$$4. \text{ TON AZ / HA} = -0.0058 + 1.2 (\text{M3 /HA}) - 0.028 (\text{M3 /HA})^2$$

5. En promedio se aplicó 1.3 m<sup>3</sup> de agua para producir un Kilogramos de azúcar, valor bastante elevado si lo comparamos con zonas áridas sin lluvia.
6. Se encontró alta correlación entre todas las características biométricas y las variables evaporación y lamina de riego.

$$\text{LONGITUD -TALLO} = 0.3 + 0.02 \text{ EDAD} + 0.001 \text{ LR} + 0.0004 \text{ EV}$$

7. A la edad de diez meses se lograron tallos con una longitud promedio entre 2.93 a 2.99 metros. Igualmente se contabilizaron a esta edad un promedio de 160 mil tallos por hectárea, siendo este un valor alto comparado con 100 a 120 mil tallos obtenidos generalmente a nivel de campos comerciales.

## V. BIBLIOGRAFIA

Allison W. F. (1991). "Respuesta de la caña de azúcar a diferentes niveles de riego". Paper 29, Inter American Sugar Cane Seminars-New Technologies. University of Miami Auditorium.

Cadahia, C. & Hassan, L. (1995). "Incidence of the potassium/calcium plus magnesium ratio on the conifer fertigation for peat substrates". J. Plant Nut., pp 1-23.

Cañamero M & Rodriguez L. (1998), "Proceso de formación de Sacarosa en Cultivares de Caña de Azúcar en el Valle del Río Turbio. Edo. Lara, Venezuela", Seminario Interamericano de la Caña de Azúcar, Universidad de Miami

Husz, G.S., (1977), "Cuantificación del régimen de agua en el suelo para la optimización del riego". Proc. ISSSCT 16. c

Quintero R. & Torres J. (1991), "Respuesta de la caña de azúcar a las aplicaciones de abonos orgánicos en el Valle del Cauca". Paper 12, Inter American Sugar Cane Seminars-New Technologies. University of Miami Auditorium.

Vásquez, .A. & Iglesias W.,(1978), "Pautas para una programación del riego". Boletín Técnico ICIA 7 (1-2):69-77.

Zerega L. (1993) "Influencia de la fertilización química en la salinización del suelo y en el rendimiento del cultivo de la caña de azúcar". Paper 9, Inter American Sugar Cane Seminars-Sugar Cane and Environment. University of Miami Auditorium