

EFECTO DE LA VINAZA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR BAJO TRES REGÍMENES DE FERTILIZACIÓN MINERAL

José Miguel Gómez Toro *

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la aplicación de diferentes dosis de vinaza, complementada con fertilización mineral, en la producción de caña de azúcar en el valle del río Turbio durante tres años consecutivos (plantilla, soca I y soca II). Se utilizó un diseño en parcelas divididas, con cuatro repeticiones, tres tratamientos de fertilizante químico en las parcelas principales (F0= sin fertilizante, F1 = 180 kg/ha de nitrógeno, 160 kg/ha de P_2O_5 y 220 kg/ha de K_2O y F2 = 80 kg/ha de nitrógeno y 45 kg/ha de P_2O_5), y cinco dosis de vinaza en las subparcelas (V0= sin vinaza, V1 = 25 m³/ha, V2 = 50 m³/ha, V3 = 75 m³/ha y V4 = 100 m³/ha de vinaza). Los resultados obtenidos revelan que la vinaza incrementó la producción de la caña de azúcar y evidencian que podría sustituir hasta el 55 % del nitrógeno, 72 % del fósforo y 100 % del potasio provenientes de la fertilización mineral. Los mejores rendimientos se obtuvieron cuando se incorporaron 50 m³/ha de vinaza en plantilla y 100 m³/ha en soca I y soca II.

Palabras claves: Caña de azúcar, vinaza, fertilizante

ABSTRACT

The effects of several rates of vinasse plus mineral fertilization, on the production of sugar cane were evaluated in the Turbio river valley, during three consecutive harvesting seasons (plant, first ratoon and second ratoon). The experiment was established using a split plot design with four replications. Treatments consisted in three chemical fertilizers rates in the main plots (F0= no fertilizer, F1 = 180 kg/ha of nitrogen, 160 kg/ha of P_2O_5 and 220 kg/ha of K_2O and F2=80 kg/ha of nitrogen and 45 kg/ha of P_2O_5) and five vinasse rates in the subplots (V0 = no vinasse, V1 = 25 m³/ha of vinasse V2 = 50 m³/ha of vinasse, V3 = 75 m³/ha of vinasse and V4 = 100 m³/ha of vinasse). Results indicated that vinasse increased the sugar cane production and also supplied the necessary nitrogen, phosphorus and potassium in a proportion of 55 %, 72 % and 100 %, respectively, when compared to mineral fertilizer. Best results were obtained when using 50 m³/ha of vinasse in the first harvesting season, and 100 m³/ha in the second and third harvesting seasons.

Key words: Sugar cane, vinasse, fertilizer

INTRODUCCIÓN

Entre los factores que afectan la productividad de la caña de azúcar está la fertilización. Sin embargo, en los últimos años los fertilizantes minerales han sufrido significativos incrementos en sus costos; a tal efecto, surge la necesidad de buscar vías alternas que permitan el suministro al suelo de los elementos nutritivos en una forma más económica. La vinaza, residuo industrial altamente corrosivo y contaminante de las

fuentes de agua, que presenta en su composición química altos contenidos de materia orgánica, potasio y calcio, así como cantidades moderadas de nitrógeno y fósforo (Orlando y Leme, 1984), pudiese representar una alternativa.

La vinaza es generada en las destilerías durante el proceso de producción. En términos del volumen producido, se estima que por cada litro de alcohol obtenido a partir de mosto de melaza, se generan alrededor de trece litros de vinaza (Gloria, 1985).

* Profesor. Departamento de suelos. Decanato de Agronomía, UCLA. Apartado 400. Barquisimeto

Diversos trabajos de investigación realizados en Brasil, revelan que la vinaza incrementa la productividad de la caña de azúcar (Gloria, 1985; COPERSUCAR, 1986; Penatti, 1988; Sobral et al., 1988), evidenciándose que bajo condiciones racionales de manejo, puede sustituir parcial o totalmente la fertilización mineral.

Los trabajos de investigación antes referidos provienen de regiones que presentan condiciones topográficas, climáticas y edáficas diferentes a las áreas donde se cultiva la caña de azúcar en Venezuela, especialmente en los estados Lara y Yaracuy. Por tal razón, tales experiencias no pueden extrapolarse directamente a nuestras condiciones, por lo que se hace necesario adaptar esa tecnología por medio del establecimiento de ensayos que permitan, por una parte, eliminar el efecto contaminante de la vinaza, a través de su utilización como fertilizante y por la otra, aumentar la productividad de la caña de azúcar, sin afectar su calidad y sin ocasionar deterioro al suelo.

Lo anteriormente expuesto constituyó el marco general del presente trabajo, en el cual se analiza el efecto de la aplicación de diferentes

dosis de vinaza, combinada con la aplicación de fertilizante mineral, sobre la producción y calidad de la caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar este trabajo, se estableció un ensayo de campo, con una duración de tres años (plantilla, soca I y soca II), en un suelo representativo de la zona cañera del valle del río Turbio. La variedad de caña de azúcar utilizada fue la PR 980, la cual fue sembrada en abril de 1.991.

El experimento fue desarrollado en un sector del tablón 55 de la hacienda "La Unión", ubicada en la planicie aluvial del valle del río Turbio, el cual fue seleccionado en función del grado de homogeneidad topográfica y edáfica. El Cuadro 1 muestra el análisis físico y químico del suelo.

Para la instalación del experimento se utilizó un diseño en parcelas divididas con cuatro repeticiones, tres tratamientos de fertilizante químico (F) en las parcelas principales y cinco dosis de vinaza (V) en las subparcelas.

Cuadro 1. Análisis físico y químico del suelo al inicio del ensayo.

Características del suelo	Unidad de medida	Profundidad de muestro (cm)	
		0-20	20-60
Arena	(%)	20	25
Limo	(%)	65	60
Arcilla	(%)	15	15
Clase textural	--	FL	FL
pH	--	7,4	7,5
Materia orgánica (M.O.)	(%)	3,4	1,1
Fósforo disponible	(mg/kg)	6,0	3,0
Potasio intercambiable	(mg/kg)	46,0	16,0
Calcio intercambiable	(mg/kg)	22,2	22,4
Magnesio Intercambiable	(mg/kg)	343,0	228,0
C.I.C.	(cmol/kg)	23,0	17,0
Conductividad eléctrica (extracto)	(dS/m)	6,2	6,0
Conductividad eléctrica (suspensión)	(dS/m)	1,2	1,7

Las dosis del fertilizante químico fueron las siguientes:

F0= Sin fertilizante químico.

F1= Fertilización complementaria, utilizando sólo 80 y 45 kg/ha de N y P₂O₅, respectivamente.

F2= Fertilización mineral similar a la que usualmente se aplica en la zona en suelos con bajos niveles de fósforo y potasio. Se aplicaron 180, 160 y 220 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente.

En las parcelas principales la fertilización mineral se fraccionó. Al momento de la siembra o del tratamiento de la soca se aplicó la mitad del nitrógeno, todo el fósforo y la mitad del potasio, y a los 45 días se aplicó el resto del nitrógeno y del potasio. Las fuentes utilizadas fueron sulfato de amonio, super fosfato triple y sulfato de potasio.

En las subparcelas, la dosis de vinaza establecida se aplicó en dos porciones: la primera a los 10 días después de la siembra o del tratamiento de la soca y la segunda porción a los 45 días después de la primera aplicación. La vinaza fue transportada desde la destilería "El Ayamán" hasta el sitio del ensayo en camiones cisternas y se aplicó manualmente, utilizando para ello envases plásticos de 20 litros de capacidad. Al día siguiente de la aplicación de la vinaza, se suministró el riego correspondiente.

La vinaza proviene de un mosto compuesto principalmente de melaza, jugo de penca de cocuy y papelón. Sus contenidos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio (Cuadro 2) son mayores a los reportados para vinazas provenientes de mosto de melaza de diferentes destilerías de Brasil (Orlando y Leme, 1984), lo cual unido a las características del suelo seleccionado para este trabajo, especialmente en lo referente al ligero problema de salinidad que presenta, determinó que las dosis de vinaza establecidas en cada tratamiento fuesen

relativamente bajas, en relación a las cantidades usadas en Brasil.

Cuadro 2. Composición química de la vinaza utilizada en el ensayo (base seca).

Parámetro	Unidad de medida	Cantidad
N	(kg/m ³)	2,0
P ₂ O ₅	(kg/m ³)	2,3
K ₂ O	(kg/m ³)	7,5
CaO	(kg/m ³)	1,8
MgO	(kg/m ³)	0,9
M.O.	(kg/m ³)	90,0
pH	--	4,2
C/N	--	23/1

En tal sentido, en las subparcelas se aplicaron las siguientes dosis de vinaza:

V0 = 0 m³/ha

V1 = 25 m³/ha

V2 = 50 m³/ha

V3 = 75 m³/ha

V3 = 100 m³/ha

Al momento de la cosecha, se pesaron los tallos de las dos hileras centrales de cada subparcela y se obtuvo su rendimiento de azúcar. Los datos obtenidos fueron transformados en toneladas de caña y de azúcar por hectárea. Posteriormente, fueron analizados por ANAVAR y pruebas de rango múltiple de Duncan.

Cuadro 3. Rendimiento promedio de caña (t/ha) para los diferentes tratamientos de vinaza.

Tratamiento de vinaza (m ³ /ha)	Plantilla	Ciclos del cultivo	
		Soca I	Soca II
0	93,67 b *	84,17 b	69,33 c
25	110,92 ab	95,58 ab	83,65 b
50	129,33 a	101,42 a	82,37 b
75	112,17 ab	94,00 ab	85,92 b
100	117,33 a	104,75 a	95,69 a
C.V.	15 %	15 %	9 %

* Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Duncan al 1% (mayúsculas) ó 5% (minúsculas)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del rendimiento de caña por hectárea para los diferentes tratamientos de vinaza, aplicados en los tres ciclos del cultivo, se muestran en el Cuadro 3. Se observa que en

plantilla, al aplicar dosis de 50 m³/ha de vinaza, el rendimiento promedio de caña se incrementó en un 38 % con relación al testigo. Para soca I y soca II, al aplicar 100 m³/ha, los rendimientos promedios de caña se incrementaron en un 24 % y 38 %, respectivamente, con respecto al

testigo. Similares resultados fueron reportados por Rossetto (1977), quien obtuvo el mayor rendimiento de caña (plantilla) por hectárea cuando aplicó 60 m³/ha de vinaza y por COPERSUCAR (1980), en donde por medio de la aplicación de vinaza en caña (soca) durante tres años consecutivos, se logró un aumento en la producción con dosis de 90 m³/ha.

Los resultados de la producción promedio de azúcar por hectárea para los diferentes

tratamientos de vinaza, aplicada en los tres ciclos del cultivo, se presentan en el Cuadro 4. Se observa que la aplicación de vinaza aumentó el rendimiento de azúcar. En tal sentido, al aplicar 50 m³/ha de vinaza en plantilla, el rendimiento promedio de azúcar se incrementó en un 39 %, con relación al testigo. Para soca I y soca II, al incorporar 100 m³/ha de vinaza los rendimientos promedios de azúcar se incrementaron en un 30 % y 43 %, respectivamente, con respecto al testigo.

Cuadro 4. Rendimiento promedio de azúcar (t/ha) para los diferentes tratamientos de vinaza.

Tratamiento de vinaza (m ³ /ha)	Ciclos del cultivo		
	Plantilla	Soca I	Soca II
0	10,11 b *	7,73 b	7,53 c
25	12,02 ab	9,11 ab	9,37 b
50	14,01 a	9,42 a	8,91 b
75	12,15 ab	9,07 ab	9,49 ab
100	11,96 ab	10,07 a	10,77 a
C.V.	* 13 %	15 %	13 %

* Promedios con una misma letra no difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Duncan al 1%

El análisis de varianza aplicado tanto a los valores del rendimiento de caña como de azúcar por hectárea (análisis no mostrado) indicó la existencia de diferencias estadísticas para la vinaza (V) y para la interacción fertilizante químico x vinaza (F x V) en los tres ciclos evaluados. El efecto aislado del fertilizante químico mostró significancia estadística para los ciclos de soca I y soca II.

Independientemente de los niveles aplicados de vinaza, las mayores dosis de fertilizante químico incrementaron el rendimiento del cultivo (Cuadro 5). En el ciclo de plantilla, sin

embargo, las diferencias no fueron lo suficientemente altas para alcanzar significancia estadística.

En el Cuadro 6 se muestra la interacción fertilizante químico x vinaza (F x V), en donde se observa que cuando no se aplicó fertilizante químico, ocurrió un aumento en la producción de caña por hectárea con los incrementos en los niveles de vinaza, hasta alcanzar con la aplicación de 100 m³/ha, aumentos en el rendimiento del 27 % en plantilla, 23 % en soca I y 65 % en soca II, con relación al tratamiento testigo (F0V0).

Cuadro 5. Rendimiento promedio de caña y de azúcar para las diferentes combinaciones de vinaza y fertilizante químico (F x V) en los tres ciclos del cultivo.

Fert. químico	Caña (t/ha)			Azúcar (t/ha)		
	Ciclos del cultivo			Ciclos del cultivo		
	Plantilla	Soca I	Soca II	Plantilla	Soca I	Soca II
F0	110,0 ns	87,2 a*	68,2 a	11,74 ns	7,87 a	7,33 a
F1	110,0	97,3 ab	80,3 a	11,21	9,40 b	8,96 ab
F2	114,0	103,5 b	102,0 b	12,20	9,98 b	11,35 b
C.V.	15 %	15 %	9 %	13 %	15 %	13 %

F0 = Sin fertilizante; F1 = 80 + 45 kg/ha de N + P₂O₅; F2 = 180 + 160 + 220 kg/ha de N + P₂O₅ + K₂O

* Promedio con una misma letra no difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Duncan al 1 %.

Similarmente, sin la aplicación del fertilizante químico, el rendimiento en azúcar

tendió a aumentar, al incorporar mayores dosis de vinaza, especialmente en los ciclos de soca I

y soca II. Así, la aplicación de 100 m³/ha de vinaza incrementó la producción de azúcar por hectárea un 22 % en plantilla, 30 % en soca I y 63 % en soca II, con respecto al tratamiento testigo. Resultados comparables fueron reportados por Silva (1984), quien señala que con la utilización de vinaza como fertilizante, se pueden obtener rendimientos aceptables en caña de azúcar, sin necesidad de una complementación mineral.

Respecto a lo anterior, sin embargo, una buena parte de la literatura señala que la complementación mineral es indispensable para alcanzar una mayor producción (Espironello et al., 1981; Monteiro et al., 1981; Rodrigues et al., 1981; Penatti, 1988; Quintero, 1992). Esto es debido, principalmente, a que la vinaza no presenta en su composición química un balance

de N-P-K que esté de acuerdo con lo requerido por el cultivo de la caña de azúcar. En tal sentido, en el Cuadro 6 se observa que cuando se aplicaron 50 m³/ha de vinaza en plantilla y 100 m³/ha de vinaza en soca I y soca II, acompañada de la dosis máxima de fertilizante mineral (tratamientos F2V2 y F2V4), se obtuvo un rendimiento de caña de 140 t/ha en plantilla, 110 t/ha en soca I y 111 t/ha en soca II. Además, en plantilla, soca I y soca II, se obtuvieron rendimientos en azúcar de 15,61, 10,72 y de 12,71 t/ha, respectivamente. Es decir, que hubo incrementos del 18 %, 16 % y 32 %, en la producción de caña y del 20 %, 26 % y 43 %, en la producción de azúcar, en plantilla, soca I y soca II, respectivamente, en relación a los máximos rendimientos obtenidos al incorporar vinaza solamente.

Cuadro 6. Rendimiento promedio de caña y de azúcar para las diferentes combinaciones de vinaza y fertilizante químico (F x V) en los tres ciclos del cultivo.

Tratamiento vinaza y fert. químico	Caña (t/ha)			Azúcar (t/ha)		
	Ciclos del cultivo			Ciclos del cultivo		
	Plantilla	Soca I	Soca II	Plantilla	Soca I	Soca II
F0V0	94	77	51	9,56	6,56	5,45
F0V1	116	86	59	12,79	7,68	6,41
F0V2	112	96	75	11,75	8,52	8,15
F0V3	116	82	71	12,95	7,83	7,75
F0V4	119	95	84	11,65	8,52	8,91
F1V0	93	80	69	9,54	7,53	7,39
F1V1	112	100	81	12,43	9,79	9,06
F1V2	136	103	72	14,69	9,57	7,55
F1V3	97	94	87	9,87	9,36	10,11
F1V4	94	109	100	9,53	10,73	10,68
F2V0	95	96	89	11,22	9,09	9,75
F2V1	105	100	110	10,83	9,86	12,36
F2V2	140	105	100	15,61	10,17	10,03
F2V3	124	106	99	13,63	10,03	10,61
F2V4	139	110	111	14,69	10,72	12,71
S \bar{x}	16,6	10,5	18,0	2,01	1,25	2,06

F0 = Sin fertilizante; F1 = 80 + 45 kg/ha de N + P₂O₅; F2 = 180 + 160 + 220 kg/ha de N + P₂O₅ + K₂O
V0, V1, V2, V3 y V4 corresponden a 0, 25, 50, 75 y 100 m³/ha de vinaza, respectivamente

Por otra parte, cuando se aplicaron 50 m³/ha de vinaza en plantilla y 100 m³/ha de vinaza en soca I y soca II, acompañada de la dosis media de fertilizante mineral (tratamientos F1V2 y F1V4), se obtuvo una producción de caña de 136 t/ha en plantilla, 109 t/ha en soca I y 100 t/ha en soca II. Con

esas mismas dosis se obtuvieron rendimientos en azúcar de 14,69 t/ha en plantilla, 10,73 t/ha en soca I y 10,68 t/ha en soca II. Es decir, se incrementó la producción de caña por hectárea en un 14 %, 15 % y 32 %, en plantilla, soca I y soca II, respectivamente y la producción de azúcar por hectárea en 13 %, 26 % y 20 %, en

plantilla, soca I y soca II, respectivamente, en relación a la máxima producción obtenida al incorporar vinaza solamente.

Finalmente, en el Cuadro 6 se aprecia que al comparar el tratamiento de 50 m³/ha de vinaza, acompañada con la dosis máxima de fertilizante mineral con el tratamiento de 50 m³/ha de vinaza, acompañada de la dosis media de fertilizante mineral, la diferencia en el rendimiento en plantilla fue de 4,0 t/ha de caña y de 0,92 t/ha de azúcar. En soca I y soca II, la comparación del tratamiento de 100 m³/ha de vinaza, acompañada de la dosis máxima de fertilizante mineral, con el tratamiento de 100 m³/ha de vinaza, acompañada de la dosis media de fertilizante mineral, muestra una diferencia en el rendimiento de 1,0 t/ha de caña y de 0,01 t/ha de azúcar en soca I y de 11,0 t/ha de caña y de 2,03 t/ha de azúcar en soca II. De las comparaciones anteriores se destaca que, en general, no hubo diferencias muy notorias en la producción de caña y de azúcar al utilizar las dosis máximas ó medias del fertilizante mineral en los ciclos de plantilla y soca I, es decir, se obtuvieron rendimientos bastante similares, por lo que se podría economizar el 55 % del nitrógeno, 72 % del fósforo y 100 % del potasio provenientes del fertilizante mineral. La diferencia de 11,0 t/ha de caña y de 2,03 t/ha de azúcar, en soca II, es posible que haya sido debida a que en este ciclo del cultivo los requerimientos de nitrógeno sean mayores al suministrado en el tratamiento de 100 m³/ha vinaza, acompañada de la dosis media de fertilizante mineral; en tal sentido, Quintero (1992) señala que los requerimientos de nitrógeno en caña de azúcar, aumentan con el número de cortes.

CONCLUSIONES

Los resultados evidencian que la vinaza utilizada en este ensayo puede ser empleada para elevar el rendimiento de la caña de azúcar en forma significativa. Los mejores rendimientos se obtuvieron cuando se incorporaron 50 m³/ha de vinaza en plantilla y 100 m³/ha en soca I y soca II.

Con la utilización de la vinaza como fertilizante, se obtuvieron rendimientos

aceptables en caña de azúcar, sin necesidad de una fertilización mineral. Sin embargo, se pudo detectar que la complementación mineral es necesaria para alcanzar una mayor producción.

El uso de la vinaza podría sustituir hasta el 55 % del nitrógeno, 72 % del fósforo y 100 % del potasio provenientes de la fertilización mineral.

LITERATURA CITADA

1. COPERSUCAR. 1980. Aplicacao da vinhaca a soqueira de cana de açúcar em tres anos consecutivos. Boletim Técnico Copersucar 12: 2-5.
2. COPERSUCAR. 1986. Efeitos da aplicacao da vinhaca como fertilizante em cana de açúcar. Boletim Técnico Copersucar 7: 9-14.
3. Espironello, A., A. P. Camargo y V. Nagai. 1981. Efeitos do nitrogénio e fósforo como complementacao da aplicacao de vinhaca em soca de cana de açúcar. II Congreso Nacional da STAB. Río de Janeiro.
4. Gloria, N.A. 1985. Aplicacao de vinhaca ao solo. 1er Encontro Sobre Manejo do Solos. ESALQ. Piracicaba.
5. Monteiro, H., C.A. Peixe y J.P. Stupiello. 1981. Emprego da vinhaca complementada com nitrogénio e fósforo em soqueira de cana de açúcar. Brasil Acucareiro 97(4): 7-22.
6. Orlando, F.J. y E.J. Leme. 1984. Utilizacao agrícola dos resíduos da agroindústria canvieira. Simposio sobre Fertilizantes na Agricultura Brasileira. Brasilia.
7. Penatti, C.P. 1988. Efeitos da aplicacao da vinhaca e nitrogénio na soqueira de cana de açúcar. Boletim Técnico Copersucar 48: 32-38.
8. Quintero, R. 1992. Subproductos de la industria azucarera y su uso como fertilizantes. Seminario de Manejo Integral

- de Suelos para una Agricultura Sostenida. SCCS. Comité Regional del Valle. Palmira.
9. Rodrigues, J. C., R. S. Morales y G. M. Giacomini. 1981. Necesidad de nitrógeno en complementación de la vinaha. II Congreso Nacional de STAB. Río de Janeiro.
10. Rossetto, A.J. 1977. Sistemas de distribución utilizados por la usina São João. I Seminario sobre Vinaha. Composición e Aplicación. Piracicaba.
11. Silva, L.C. 1984. Empleo de vinaha concentrada en la fertilización de soqueira de caña de azúcar. III Congreso Nacional de STAB. São Paulo.
12. Sobral, A.F., L.J. Lira y V. Guimarães. 1988. Efecto de la suplementación mineral de la vinaha en la fertilización de la caña soca. Brasil Acucareiro 106(4): 11-15.