

EFFECTO DE LOS RESIDUOS DE LA INDUSTRIA AZUCAR-ALCOHOLERA, BAGAZO, CACHAZA Y VINAZA, EN LA PRODUCCION DE CAÑA Y AZUCAR EN UN VERTISOL DE GUANACASTE¹

Mario Berrocal *

ABSTRACT

Effect of sugar mill and alcohol distillery residues (bagasse, filter press mud and vinasse) on sugarcane and industrial yield in a Guanacaste vertisol. The effects of sugar mill and alcohol distillery residues on sugarcane and sugar yields were studied on a vertisol located at Guanacaste province, Costa Rica. Treatments evaluated included: 0, 60, 120 and 180 t/ha of bagasse; 0, 12, 24 and 36 t/ha of filter press mud; and 0, 120, 240 and 360 m³/ha of vinasse. All three materials increased cane yields and its maturity, and, as a result, the amount of sugar/ha. Lower rates of application were more adequate. The industrial yield (kg sugar/t cane) was reduced by the application of the highest rates of all residues. Sugarcane yield (t/ha) on the contrary, was increased with an increase on the application rate, except for bagasse. Best sugar yields were obtained by treatments including 60 t bagasse/ha, 24 t filter press mud/ha, and 120 m³ vinasse/ha. These treatments caused increases of 1.83, 1.61 and 2.07 t/ha of sugar, respectively. The economic analysis for these treatments indicated net benefits of ¢5800, ¢7650 and ¢14345/ha, respectively.

INTRODUCCION

Los residuos de la agroindustria azucarera y alcoholera (bagazo, cachaza y vinaza) incorporados al suelo aportan cantidades apreciables de materia orgánica y nutrimentos como potasio, calcio, fósforo, nitrógeno, hierro, etc.

El aprovechamiento de una tonelada de caña produce aproximadamente 330 kg de bagazo, 30 kg de cachaza y 800 L de vinaza.

En Guanacaste operan tres ingenios y dos destilerías con una capacidad instalada de molienda y destilación de 1,200.000 t de caña y 60,000.000 L

de alcohol por año. Trabajando a plena capacidad y con un 50% de la molienda dedicada a la producción de alcohol se generarían aproximadamente las siguientes cantidades de residuos aprovechables por año: 28.000 t de bagazo (considerando 7% como sobrante), 36.000 t de cachaza, y 480.000 m³ de vinaza.

Planalsucar (1983) resume los siguientes como los beneficios que la materia orgánica le confiere al suelo en sus propiedades químicas, físicas y biológicas:

- a) aumento de la disponibilidad de intercambio de cationes;
- b) disminución de la fijación del fósforo por óxidos amorfos, pues los radicales orgánicos bloquean los sitios de fijación;

^{1/} Recibido para publicación el 11 de diciembre de 1987.
* División Agrícola, Ingenio Taboga S.A. Cañas, Guanacaste.

- c) mejoramiento de la estructura del suelo, reduciendo la susceptibilidad a la erosión;
- d) aumento de la capacidad de retención de humedad;
- e) reducción de la plasticidad y cohesión del suelo, favoreciendo las operaciones de preparación;
- f) favorecimiento de la actividad de microorganismos del suelo al producir energía y nutrientes para los mismos y mejorar las propiedades químicas y físicas que influyen en la vida microbiana; y
- g) de un modo general, mejoramiento de la eficacia de la fertilización mineral.

Humbert (1974) informa que los experimentos en suelos hidromórficos grises mostraron que se obtienen características físicas óptimas a los dos a dos y medio años después de la aplicación de 37,5 t/ha de bagazo.

Pruebas comerciales realizadas en el Ingenio Taboga, en suelos arcillosos, con dosis de 130 t/ha de bagazo sin humificar, aumentaron los rendimientos en 12,55 t caña/ha para la primera cosecha, en comparación con el testigo.

La cachaza es un residuo rico en materia orgánica, calcio, fósforo y nitrógeno, pero carente de potasio y magnesio.

Según datos de Planalsucar (1983) cuando la cachaza es aplicada al suelo en dosis elevadas (hasta 268 t/ha) presenta propiedades correctivas de la acidez del suelo, debido a los efectos quelatantes de la materia orgánica sobre el aluminio, con la ventaja sobre el calcio de provocar menor alteración en el balance catiónico del suelo.

Trabajos efectuados en Colombia para evaluar el efecto de la cachaza en la nutrición y producción de caña de azúcar en suelos de textura fina, señalaron aumentos en la producción de caña que variaron de 4 a 35 t/ha para un promedio de 26 t/ha, con la dosis de 100 t cachaza/ha. El número de tallos molibles y su longitud generalmente se incrementó con las aplicaciones. Asimismo, los contenidos de fósforo aprovechable no sólo aumentaron, sino que también mantuvieron esos aumentos con respecto al testigo después de más de un año de su aplicación (Cenicaña, 1985).

La materia orgánica es el principal constituyente de la vinaza y dentro de los elementos minerales destacan el potasio y el calcio.

A pesar de que la vinaza presenta características ácidas (pH en torno de 4,0), su adición al suelo en dosis altas provoca elevación del pH del mismo. Gloria *et al.* citados por Planalsucar (1983) explican esta reacción como una intensificación de la actividad microbiana del suelo, donde la materia orgánica proveniente de la vinaza, siendo en gran parte coloidal, al adicionarse al suelo, forma complejos con el aluminio provocando un aumento del pH.

Los contenidos de materia orgánica de la mayoría de los suelos superficiales de Guanacaste son de medios a bajos con el agravante de las quemadas y requemadas en los cañales que tienden a bajar su porcentaje.

Por otra parte, los residuos de la industria azúcar-alcoholera, si no se utilizan industrial o agrícolamente, se convierten en materiales de contaminación ambiental.

Tomando en consideración estas observaciones, así como la cantidad disponible de los mismos, se realizó el presente ensayo con el objeto de evaluar su efecto en la producción de caña y de azúcar en un vertisol.

MATERIALES Y METODOS

El presente ensayo se llevó a cabo en terrenos de la compañía Ingenio Taboga S.A., en Cañas, Guanacaste, que geográficamente se ubica a 85°09'44" longitud oeste y 10°22'14" latitud norte, a una altura de 15 msnm y en un suelo clasificado como Typic Pellustert (Vásquez y Cháves, 1976). Las características del mismo se resumen en el Cuadro 1.

La precipitación pluvial y temperatura promedio del sitio para el período en estudio fue de 1164 mm y 27,89°C.

Como material experimental se usó caña de azúcar de aproximadamente 365 días de edad, de la variedad 'SP701284'.

El ensayo fue sembrado el 4 de marzo de 1986 y cosechado el 18 de marzo de 1987.

Diseño experimental y tratamientos

El experimento requirió de tres ensayos en una sola parcela grande con diseño de bloques al

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo donde se ubicó el ensayo lote B-13 Hortigal, Ingenio Taboga S.A., Cañas.

Características	Valor Profundidad (cm)	
	0-9	9-46
pH H ₂ O	6,3	7,6
pH KCl	5,3	5,8
M. O. %	2,85	1,05
Ca cmol (+)/L	26,0	31,50
Mg cmol (+)/L	19,0	22,00
K cmol (+)/L	0,21	0,09
Al cmol (+)/L	0,10	0,10
P mg/L	T	T
Textura	Arcillosa	

Laboratorio de Suelos del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

azar, cada uno con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones para un total de 48 parcelas. La unidad experimental se compuso de cinco surcos de 10 m de largo separados 1,50 m entre sí, lo que da un área experimental de 75 m²/parcela.

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes: 0, 60, 120 y 180 t/ha de bagazo; 0, 12, 24 y 36 t/ha de cachaza; y 0, 120, 240 y 360 m³/ha de vinaza.

Las composiciones químicas promedio de la vinaza y la cachaza se presentan en el Cuadro 2.

Manejo del ensayo

El bagazo fue humificado un año antes de la siembra y la cachaza se dejó secar por varios días. Ambos materiales se ensacaron y pesaron en cantidades iguales y submúltiplo de una tonelada con el objeto de colocar en cada parcela las dosis exactas.

La vinaza fresca fue aplicada en post-emergencia de la caña, 36 días después de la siembra utilizando una tanqueta con motor que facilitó una aplicación homogénea, previa calibración del equipo.

Se le suministraron cuatro riegos post-siembra en el verano 86 y tres riegos de pre-cosecha en el verano 87, con intervalos de 20 días. Se fertilizó con 135 kg/ha de N, usando Urea.

Variables evaluadas

Para cada abono orgánico se analizaron las siguientes variables de producción e industriales:

- t de caña/ha;
- kg de azúcar/t de caña;
- t de azúcar/ha;
- % de pol; y
- % de pureza.

Para la determinación de los datos industriales se realizó un muestreo al azar por parcela, de 10 tallos tomados directamente de la "ruma" al momento de la cosecha.

El pesaje de cada parcela se hizo individualmente transportando su cosecha hasta la báscula de recibo de caña del ingenio.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 3, que resume los datos de cosecha, se observa que aunque no para todas las variables los resultados fueron estadísticamente significativos, existe una clara tendencia que a dosis bajas, los tres materiales (bagazo, cachaza y vinaza) incrementaron el tonelaje y la madurez de la caña, y consecuentemente, las t de azúcar/ha. A dosis altas, con excepción del bagazo, se mantuvo el incremento en el tonelaje, aunque la madurez se redujo y como consecuencia, las t de azúcar/ha también.

En las Figuras 1 a 7 se ilustran las tendencias para las variables que fueron significativas o altamente significativas para los tres materiales en estudio.

Bagazo

El bagazo dio una respuesta significativa con efecto cuadrático para los kg de azúcar/t de caña, t de azúcar/ha, y pureza.

El mejor tratamiento fue 60 t/ha, que dio los mejores promedios para todas las variables evaluadas. Después de 60 t/ha hubo un efecto lineal negativo sobre la producción de caña (t/ha). Esto se debe a que dosis altas de bagazo generan relaciones C/N muy altas con la consecuente inmovilización biológica del nitrógeno.

Cuadro 2. Composición química del bagazo y la vinaza, según varios autores.

	Bagazo*				Vinaza**					
	Autores			Media	Autores					Media
	1	2	3		3	4	5	6	7	
N	1,41	0,87	1,26	1,18	0,70	0,48	0,43	0,33	0,36	0,46
P ₂ O ₅	1,94	1,35	2,61	1,97	0,11	0,09	0,14	0,24	0,61	0,24
K ₂ O	0,39	0,28	0,27	0,31	4,59	3,34	2,61	2,18	2,59	3,06
CaO	2,10	2,18	5,04	3,11	1,72	1,33	1,46	0,84	0,57	1,18
MgO	0,89	0,24	0,54	0,56	0,66	0,58	0,52	0,33	0,54	0,53
SO ₄			3,54	3,54	3,74				1,60	2,67
Fe (ppm)		35	25	30			130	57	47	78
Cu (ppm)		51	65	58			57	4	2	21
Mn (ppm)		590	624	607			5	6	6	6
Zu (ppm)		83	89	86			50	4	3	19
Mo (ppm)			0,6	0,6						
Co (ppm)			1,4	1,4						
Si O ₂ (%)		14,06		14,06						
C (%)	39,60	31,20	36,20	35,67						
M. O. (%)					38,30	28,97	45,10	19,10	31,67	32,63
Humedad (%)	79,41	74,77	77,77	77,32						
pH					4,6	4,4	3,8	3,6	4,0	4,1

* (%de materia seca); ** (km/m³)

1. COPERSUCAR; 2. IAA/PLANASUCAR; 3. Gloria *et al.*

4. Rodella *et al.*; 5. Bolsanello y Vierra; Madeira Vasconcellos y Oliverira. (PLANALSUCAR, 1983)

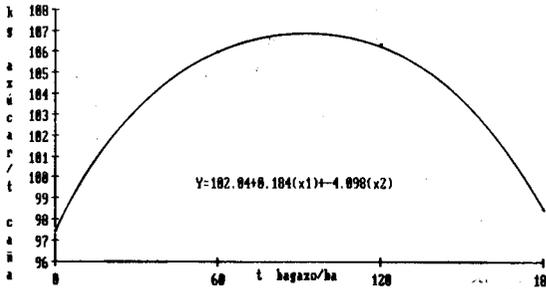


Fig. 1. Efecto cuadrático del bagazo sobre los kg de azúcar/t de caña.

Es probable que a mediano plazo (2 ó 3 años) el bagazo se haya humificado lo suficiente para que las dosis más altas generen las mejores producciones de caña.

Cachaza

La cachaza fue significativa con un efecto

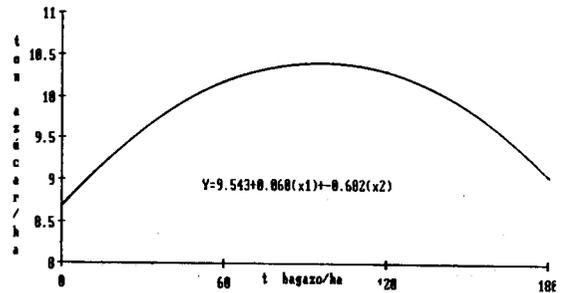


Fig. 2. Efecto cuadrático del bagazo sobre las t azúcar/ha.

lineal para las t de caña/ha y con efecto cuadrático para los kg de azúcar/t de caña y % de pol.

Para la pureza este efecto cuadrático fue altamente significativo.

El mejor tratamiento fue 24 t/ha, que reflejó los mejores índices de pol, pureza y azúcar por t de caña y por ha.

Cuadro 3. Aplicación de bagazo, cachaza y vinaza en tres dosis diferentes a la variedad de caña 'SP-701284' en un suelo vertisol de Cañas, Guanacaste.

Tratamientos	Variables de producción				
	t caña/ha	kg azúcar/t	t azúcar/ha	% Pol	% Pureza
Bagazo (t/ha)					
0	88,33	97,35 *	8,60 *	15,78	83,14
60	98,33	106,07	10,43	16,56	85,29
120	94,66	106,20	10,05	16,53	84,72
180	91,83	98,54	9,15	15,84	82,30
Cachaza (t/ha)					
0	89,66 *	93,21 *	8,36 NS	15,08 *	78,26 **
12	98,66	98,12	9,68	15,40	83,44
24	98,00	101,71	9,97	15,85	84,87
36	105,66	91,22	9,64	14,39	80,09
Vinaza (m³/ha)					
0	92,00 NS	96,28 NS	8,86 NS	15,54 NS	82,00 NS
120	103,33	105,76	10,93	16,47	85,47
240	103,33	104,53	10,80	16,16	84,58
360	105,33	101,35	10,67	16,08	83,08

NS = No significativa la diferencia entre los tratamientos.

* = Diferencias significativas.

** = Diferencias latamente significativas.

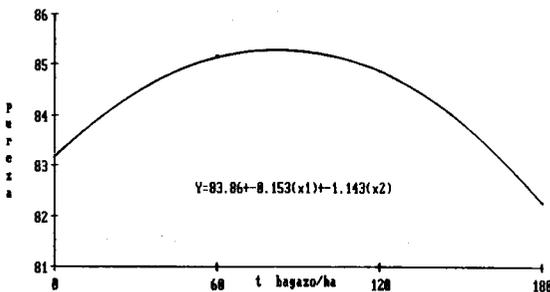


Fig. 3. Efecto cuadrático del bagazo sobre la pureza.

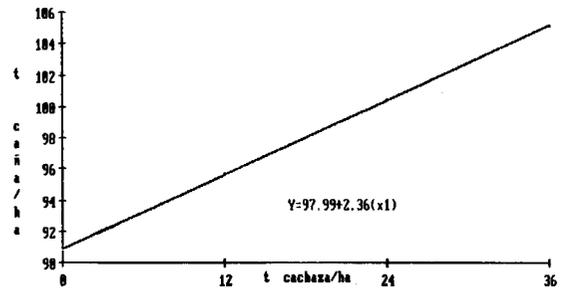


Fig. 4. Efecto lineal de la cachaza sobre las t caña/ha.

Vinaza

El análisis estadístico para el fertirrigante vinaza no dio significancia al 5%, sin embargo, con este material se obtuvieron las mayores diferencias con relación al testigo sobre t de azúcar/ha, lo que sugiere una probable significancia al 10%.

El mejor tratamiento fue 120 m³/ha que cosechó los mejores promedios para todas las variables

excepto para t de caña/ha, que correspondió a la dosis más alta (360 m³/ha).

La madurez de la caña (kg azúcar/t caña) se incrementó con las dosis bajas de los tres residuos y se cayó bruscamente con los niveles más altos de los mismos (180 t bagazo, 36 t cachaza y 360 m³ vinaza/ha). Esta situación es probable que se deba a relaciones muy altas de C/K y a la prolongación del

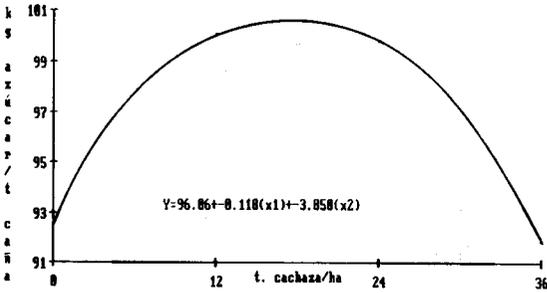


Fig. 5. Efecto cuadrático de la cachaza sobre los kg azúcar/t caña.

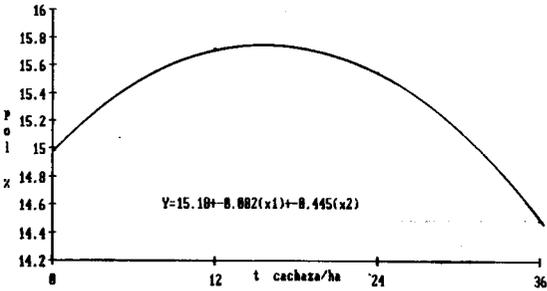


Fig. 6. Efecto cuadrático de la cachaza sobre el pol %.

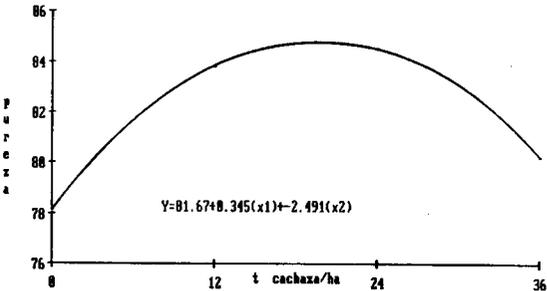


Fig. 7. Efecto cuadrático de la cachaza sobre la pureza.

período vegetativo en detrimento del período de maduración.

Análisis económico

A pesar de que los materiales orgánicos mejoran el suelo y benefician indeterminado número de

cosechas, el análisis económico se realizó considerando únicamente la primera, sin embargo, con los tres residuos se obtuvo con la dosis óptima, un considerable beneficio neto/ha (Cuadro 4).

El producto que generó los mayores beneficios netos/ha (¢14345) fue la vinaza, debido a su menor costo de aplicación, así como por su mayor respuesta en t de azúcar/ha.

Es importante seleccionar suelos de condiciones texturales extremas para la aplicación de estos residuos, ya que en este tipo de suelos, los beneficios en sus propiedades físicas y su respuesta en producción son sensiblemente mayores que en otros suelos.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la incorporación de residuos de la agroindustria azucarera y alcoholera sobre la producción de t de caña y azúcar/ha en un vertisol del Ingenio Taboga, Guanacaste.

Los subproductos y dosis utilizadas fueron los siguientes: 0, 60, 120 y 180 t/ha de bagazo; 0, 12, 24 y 36 t/ha de cachaza; y 0, 120, 240 y 360 m³/ha de vinaza.

Los tres materiales estudiados incrementaron el tonelaje y la madurez, y consecuentemente las t de azúcar/ha, especialmente cuando se aplicaron en dosis bajas.

El rendimiento industrial (kg azúcar/t caña) fue afectado negativamente por las dosis altas de los tres residuos, no así el rendimiento de campo (t caña/ha), el cual se incrementó con las dosis crecientes a excepción del bagazo.

Los mejores tratamientos fueron 60 t bagazo, 24 t cachaza y 120 m³ vinaza/ha, que superaron a los testigos en 1,83; 1,61 y 2,07 t azúcar/ha, respectivamente. Para estos niveles el análisis económico reflejó beneficios netos/ha de ¢5800, ¢7650 y ¢14345.

LITERATURA CITADA

CENICAÑA. 1984. Efecto de la cachaza en la nutrición y producción de caña de azúcar. Informe anual, Cali, Colombia. 97 p.

Cuadro 4 Análisis económico de la aplicación de bagazo, cachaza y vinaza, considerando únicamente los ingresos de una zafra.

Tratamientos	Diferencias entre tratamientos		Ingresos (¢) ¹	Costos (¢) ²	Beneficio Neto (¢) ³
	t caña/ha	t azúcar/ha			
Bagazo (t/ha)					
0					
60	10,00	1,83	18300,00	12500,00	5800,00
120	6,33	1,45	14500,00	20215,00	-5715,00
180	3,50	0,45	4500,00	28225,00	-23725,00
Cachaza (t/ha)					
0					
12	9,00	1,32	13200,00	5550,00	7650,00
24	8,34	1,61	16100,00	7719,00	8381,00
36	16,00	1,28	12800,00	12800,00	
Vinaza (m³/ha)					
0					
120	11,33	2,07	20710,00	6365,00	14344,00
240	11,33	1,94	19440,00	8765,00	10675,00
360	13,33	1,82	18180,00	11865,00	6315,00

1 Valor para el agricultor de 1t azúcar = ¢ 10000,00

2 Costo de aplicación de: 1 t bagazo = ¢ 150,00
1 t cachaza = ¢ 200,00
1m³ vinaza = ¢ 20,00

3 Beneficio neto = ingresos - costos

CENICAÑA. 1985. Efecto de la cachaza en la nutrición y producción de caña de azúcar. Informe anual, Cali, Colombia. 133 p.

HUMBERT, R. 1974. El cultivo de la caña de azúcar. México, Continental. 719 p.

PLANALSUCAR. 1983. Nutrição e adubaçao da cana-de-açucar no Brasil. Colección Planalsucar no. 2. 369 p.

VASQUEZ, A.; CHAVES, C. 1976. Evaluación de los recursos de tierras y aguas con fines de riego en los terrenos del Ingenio Taboga, S.A. Cañas, Guanacaste. 151 p.