

EFFECTO DE LA APLICACION DE VINAZAS EN LA PRODUCCION DE CAÑA DE AZUCAR Y EN LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS DE UN INCEPTISOL DE GUANACASTE, COSTA RICA¹

José Fermín Subirós *
Eloy Molina **

ABSTRACT

Effect of distillery's waste application on sugar cane production and on the chemical properties of a Inceptisol at Guanacaste, Costa Rica. The effect of four doses of distillery's waste on the chemical properties of a Mollisol located in Carrillo, Guanacaste, were studied for two crop cycles. The production of sugar cane, cultivar NCo 310, and its industrial properties were also examined. During the first cycle the distillery's waste was obtained from cane juice and during the second cycle from molasses. Chemical analysis confirmed the considerable acidity and the significant contents of organic matter and potassium in the distillery's waste. The elements content in the waste material obtained from molasses were similar to that obtained from cane juice. N and P levels were low. During the first cycle no significant changes in soil elements were observed. In the second year there were differences in K content, two and four months after distillery's waste application. No changes were noted for the other elements. Soil pH of treated plots showed no differences when compared with the control. In regard to sugar cane yield, its industrial properties and cations equilibria, no differences were noted between treatments and control. It is suggested to continue this type of studies in order to document the effect of longer periods of application in these soils.

INTRODUCCION

La crisis que ha experimentado la agroindustria de la caña de azúcar en los últimos años ha obligado a pensar en el desarrollo de otras alternativas. Una de éstas, es la producción de alcohol etílico para emplearlo como sustituto o mezcla de la gasolina y en la elaboración de licores o transformación de otros productos a través de la industria alcohólica (Cárdenas *et al.*, 1984). Dentro del proceso, se deben considerar los residuos de la destilación, que son las vinazas, de las que se obtiene cerca de 12,5 L por cada L de alcohol

producido. Por su alta composición en materia orgánica, las vinazas presentan una elevada demanda de oxígeno, lo que las convierte en un agente de alto poder contaminante (Orlando *et al.*, 1983; Stupiello *et al.*, 1977). Además contienen K y otros elementos (Gloria *et al.*; 1972, 1973; Rodella y Ferrari, 1977).

Existen varias alternativas para la utilización de vinazas: en la alimentación animal, en la producción de gas metano y como complemento de la fertilización de los suelos. Esta última es una opción viable a corto plazo, sin embargo, su manejo debe hacerse en forma racional, para no provocar deterioros irreversibles o de muy costosa corrección en el suelo (Cárdenas *et al.*, 1984; Stupiello *et al.*, 1977) y a su vez se suministre nutrimentos que la planta pueda emplear para su desarrollo.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la aplicación de vinazas provenientes de

1/ Recibido para publicación el 7 de julio de 1991.

* Departamento de Investigación, Azucarera El Viejo. San José, Apartado 2571-1000.

** Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

jugo y de melaza, sobre las propiedades químicas de un Inceptisol y sobre las variables agronómicas e industriales de la caña de azúcar durante 2 zafas.

MATERIALES Y METODOS

Este ensayo se realizó en un suelo Fluventic Ustropept, en terrenos de la Azucarera El Viejo, Carrillo, Guanacaste.

Se seleccionó un lote comercial de caña de azúcar del cultivar NCo 310 en su tercer corte y se dividió en parcelas de 75 m². Los tratamientos consistieron en la aplicación de 50, 100 y 150 m³/ha de vinazas producidos a partir de jugo el primer año y de melaza el segundo año, comparándolos con un testigo. La primera aplicación se realizó 46 días después de la cosecha y la segunda a los 33 días después de la cosecha. El líquido enfriado y sin diluir, fue distribuido sobre el surco de la caña. Como complemento se adicionó 60 kg/ha de N como nitrato de amonio. Durante el primer año se realizaron 5 muestreos de suelo en cada parcela, efectuándose el primero previo a la aplicación y en el segundo año se hicieron 4. En ambos casos los muestreos se realizaron cada 2 meses. Se analizó el N total, la materia orgánica, pH, Ca, Mg, K, P, Fe, Cu, Zn y Mn. También se tomaron muestras de vinazas para su análisis químico.

La caña se cosechó en ambos casos a los 12 meses de edad y los muestreos de madurez se realizaron en el mes de febrero de cada año, 1987 y 1988. Se empleó un diseño estadístico de cuadrado latino.

Los análisis de suelos se hicieron de acuerdo a las metodologías convencionales. Para el análisis de las vinazas se procedió de la siguiente manera: a una alícuota de 10 ml, se le agregó 15 ml de mezcla nitroperclórica, se calentó por una hora a ebullición, se dejó enfriar y posteriormente se filtró. Al extracto se le determinó K por fotometría de llama, P por colorimetría; Ca, Mg, Cu,

Fe, Zn y Mn por absorción atómica. El pH fue medido directamente de la muestra por medio de un potenciómetro. La materia orgánica se analizó por digestión húmeda empleando 2 ml de vinaza. El N total se determinó por Micro-kjeldahl, utilizando 5 ml de vinaza (Orlando *et al.*, 1983).

RESULTADOS Y DISCUSION

Composición química de la vinaza

El Cuadro 1 muestra los resultados del análisis químico de la vinaza. El pH obtenido a partir de jugo de caña y de melaza es de naturaleza ácida, lo que confirma lo observado por otros autores (Gloria *et al.*, 1972; 1973; Gloria y Orlando, 1983).

La composición química de la vinaza es variada pues depende de la naturaleza y composición de la materia prima, del sistema usado en la preparación del mosto, del método de fermentación adoptado, del tipo de levadura y otros (Almeida, 1952). Sin embargo, como se puede observar (Cuadro 1), sus principales componentes son la materia orgánica y el K, al punto que este residuo se ha usado como fuente de fertilizante potásico (Rao, 1983). Los contenidos de N y P son muy bajos, y en este caso, fueron incluso menores a los informados por otros autores (Rodella y Ferrari, 1977; Rao, 1983). Para los demás elementos se observaron niveles similares a los señalados en la literatura.

Dado que la vinaza producida a partir de miel final es más rica en nutrientes, su aporte al suelo fue mucho mayor (Cuadro 2), especialmente de K. En promedio, las dosis de vinaza provenientes de miel aportaron cerca del doble de K que las dosis de vinaza originadas de jugo de caña. Es importante señalar que al aplicar 150 m³/ha de vinazas obtenidas a partir de miel, se adicionó poco más de 1 t/ha de K. El aporte de materia orgánica fue también apreciable.

Cuadro 1. Composición química de la vinaza obtenida a partir de jugo y miel de caña de azúcar.

Fuente	pH	%						mg/L			
		M.O.	N	Ca	K	Mg	P	Fe	Cu	Zn	Mn
Jugo de caña	4,8	0,94	0,018	0,022	0,32	0,014	0,008	248	0,3	3,5	2,5
Melaza	4,6	3,75	0,046	0,114	0,70	0,052	0,013	255	3,2	2,0	8,7

Análisis de suelos

Los Cuadros 3 y 4 muestran el análisis de suelo en diferentes épocas de muestreo durante los 2 años del experimento. Como se puede observar, durante el primer año, 1986 (Cuadro 3), los cambios en el suelo por la aplicación de vinazas no fueron muy importantes. Ningún elemento mostró diferencias significativas entre las cantidades presentes en el testigo y en alguna de las parcelas con vinaza.

Para el segundo año, 1987 (Cuadro 4), con 2 aplicaciones de vinaza, se manifestaron diferencias significativas en los niveles de K en el suelo, 2 meses después de aplicado el producto, la parcela con 150 m³/ha de vinaza alcanzó un contenido de 1,1 cmol (+)/L de K más que el testigo. Con el tiempo esta diferencia se hizo menor como puede observarse en los siguientes muestreos.

Se puede notar que el pH se mantuvo relativamente estable entre muestreos, pues las variaciones máximas fueron de 0,5 unidades y éstas se dieron también en los testigos.

Debido al poco aporte de N que proporciona la vinaza, se realizó una fertilización complementaria con 60 kg/ha de N, tratando de no afectar la calidad del jugo, ya que la materia orgánica es capaz de retener humedad y esto unido a un exceso de N podría haber causado efectos negativos en su calidad. Parece conveniente emplear mayor cantidad de este elemento, ya que como se verá adelante, no afectó la calidad de los jugos y podría actuar sinérgicamente en la absorción de K (Fassbender, 1984).

En cuanto al P, no se aplicó debido a que no se ha encontrado respuesta a este elemento en suelos similares al estudiado.

Rendimiento

Referente al efecto de las vinazas en la producción de caña, se notó un incremento con la dosis de 50 m³/ha en el primer año y con la dosis de 100 m³/ha en el segundo; sin embargo, las diferencias no fueron significativas. En el brix, pol % en caña, pureza % del jugo, fibra % en caña, humedad % en caña, rendimiento industrial (kg de azúcar/t de caña) y producción de sacarosa (t/ha) no se observó diferencias entre tratamientos (Cuadro 5).

La falta de respuesta a la vinaza en el Inceptisol bajo estudio probablemente se debió a su alto grado de fertilidad y excelente equilibrio de bases. Sin embargo, a pesar de que el uso de vinaza no fue ventajoso en este tipo de suelos, tampoco resultó dañino, por lo que constituye una opción real para su aprovechamiento como desecho.

La aplicación de vinaza en Vertisoles bajos en K disponible y con desequilibrio en la relación Ca+Mg/K resulta más eficiente en caña de azúcar, tal como lo indica Berrocal (1988), quien encontró respuesta a 120 m³/ha de vinaza, lo cual sugiere su utilidad potencial como fuente de K, principalmente.

RESUMEN

Se estudió el efecto de 4 dosis de vinaza en las propiedades químicas de un Inceptisol y en la producción y variables industriales de la caña de azúcar cv. NCo 310, durante 2 zafra. En el primer año se empleó vinaza obtenida a partir de jugo de caña y en el segundo a partir de melaza. Los análisis de la vinaza confirmaron su naturaleza ácida, así como considerables niveles de materia

Cuadro 2. Dosis de elementos aplicados de acuerdo a la cantidad de vinaza adicionada.

Fuente	Dosis de vinaza (m ³ /ha)	kg/ha									
		M.O.	N	Ca	K	Mg	P	Fe	Cu	Zn	Mn
Jugo de caña	50	470	9	11	160	7	4	12	0,02	0,18	0,13
	100	940	18	22	320	14	8	25	0,03	0,35	0,25
	150	1410	27	33	480	21	12	37	0,05	0,53	0,38
Miel	50	1875	23	57	350	26	7	13	0,16	0,10	0,44
	100	3750	46	114	700	52	13	26	0,32	0,20	0,87
	150	5625	69	171	1050	78	20	38	0,47	0,29	1,31

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de vinazas obtenidas a partir de jugo de caña en las características químicas del suelo a diferentes intervalos de tiempo en el primer ciclo de siembra.

Muestras	Dosis (m ³ /ha)	pH	%		cmol(+)/L				mg/L				
			M.O.	N	Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe
AA	0	6,5 a	3,09 a	0,15 a	0,15 a	9,3 a	2,9 ab	1,08 a	12 a	2,0 a	13 a	8 a	55 a
	50	6,6 a	2,80 a	0,14 ab	0,15 a	8,8 a	2,6 b	1,09 a	15 a	2,4 a	16 a	8 a	56 a
	100	6,5 a	2,65 a	0,13 b	0,15 a	9,8 a	2,8 ab	0,99 a	12 a	1,8 a	16 a	9 a	49 a
	150	6,5 a	2,69 a	0,14 b	0,15 a	10,8 a	3,1 a	0,90 a	12 a	1,9 a	12 a	7 a	43 a
	Sig. C.V.(%)	N.S. 2	N.S. 12	N.S. 4	N.S. 7	N.S. 14	N.S. 9	N.S. 31	N.S. 16	N.S. 25	N.S. 30	N.S. 20	N.S. 29
2MDA	0	3,6 a	2,71 a	0,14 a	0,15 a	11,9 a	3,6 a	1,24 a	10 a	1,6 a	10 a	10 a	55 a
	50	6,5 a	3,02 a	0,14 a	0,15 a	13,3 a	3,5 a	1,07 a	10 a	2,5 a	14 a	10 a	76 a
	100	6,5 a	2,82 a	0,15 a	0,15 a	12,8 a	3,4 a	1,15 a	12 a	2,0 a	11 a	9 a	63 a
	150	6,4 a	2,98 a	0,16 a	0,16 a	12,1 a	3,4 a	1,22 a	9 a	2,5 a	14 a	11 a	73 a
	Sig. C.V.(%)	N.S. 1,92	N.S. 2,85	N.S. 12,09	N.S. 8,16	N.S. 20,91	N.S. 9,05	N.S. 20,85	N.S. 22,45	N.S. 34,43	N.S. 33,23	N.S. 16,96	N.S. 42,95
4MDA	0	6,1 a	2,43 a	0,14 a	0,18 a	11,8 a	3,7 a	1,34 a	6 a	2,8 a	6 a	11 a	69 a
	50	6,2 a	2,26 a	0,13 ab	0,16 a	11,0 a	3,4 a	1,28 a	6 a	2,2 a	4 a	11 a	57 a
	100	6,2 a	2,13 a	0,13 ab	0,18 a	10,8 a	3,3 a	1,15 a	5 a	2,5 a	4 a	11 a	56 a
	150	6,2 a	2,29 a	0,11 b	0,19 a	10,8 a	3,4 a	1,20 a	6 a	2,6 a	6 a	11 a	58 a
	Sig. C.V.(%)	N.S. 1,02	N.S. 10,43	N.S. 9,48	N.S. 14,28	N.S. 10,02	N.S. 12,58	N.S. 11,25	N.S. 27,86	N.S. 14,78	N.S. 16,74	N.S. 8,59	N.S. 11,40
6MDA	0	6,2 a	2,41 a	0,13 a	0,21 a	9,9 b	2,7 a	1,36 a	5 b	3,0 a	9 a	12 a	67 a
	50	6,2 a	2,33 a	0,13 a	0,19 a	11,0 a	2,6 a	1,00 b	4 b	3,3 a	1 a	13 a	60 a
	100	6,0 a	2,47 a	0,14 a	0,21 a	10,3 ab	2,6 a	1,21 a	5 b	3,4 a	10 a	12 a	76 a
	150	6,1 a	2,48 a	0,13 a	0,19 a	10,0 b	2,6 a	1,00 ab	13 a	3,3 a	13 a	12 a	82 a
	Sig. C.V.(%)	N.S. 1,74	N.S. 18,45	N.S. 12,23	N.S. 16,13	N.S. 5,01	N.S. 20,40	N.S. 16,89	N.S. 56,08	N.S. 18,25	N.S. 118,46	N.S. 8,90	N.S. 28,64
8MDA	0	6,4 a	2,66 a	0,14 a	0,10 a	10,9 a	3,6 a	1,20 a	20 a	3,0 a	14 a	13 a	68 a
	50	6,4 a	2,53 a	0,14 a	0,10 a	11,1 a	3,7 a	1,46 a	18 a	3,1 a	17 a	14 a	87 a
	100	6,4 a	2,68 a	0,14 a	0,10 a	11,1 a	3,6 a	1,32 a	20 a	2,6 a	16 a	12 a	81 a
	150	6,3 a	2,63 a	0,14 a	0,10 a	11,4 a	3,7 a	1,19 a	18 a	2,8 a	15 a	12 a	82 a
	Sig. C.V.(%)	N.S. 1,11	N.S. 3,35	N.S. 11,42	N.S. 0	N.S. 7,56	N.S. 7,22	N.S. 17,99	N.S. 17,42	N.S. 20,42	N.S. 14,32	N.S. 6,04	N.S. 19,87

AA = antes de la aplicación; MDA = meses después de la aplicación;
N.S. = Diferencias no significativas.

Valores con letras iguales dentro de una misma columna no difieren significativamente entre sí de acuerdo a la prueba de Duncan.

Cuadro 4. Efecto de la aplicación de vinazas obtenidas a partir de miel en las características químicas del suelo a diferentes intervalos de tiempo en el segundo ciclo de siembra.

Muestreos	Dosis (m ³ /ha)	pH	%		cmol(+)/L				mg/L				
			M.O.	N	Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe
AA	0	6,5 b	2,96 a	0,15 a	0,15 a	11,1 a	3,9 a	2,8 b	29 a	4,0 a	16 a	17 a	97
	50	6,5 b	2,97 a	0,15 a	0,14 a	11,2 a	4,1 a	2,7 b	27 a	3,8 a	18 a	17 a	93
	100	6,6 a	3,03 a	0,16 a	0,15 a	10,2 a	3,8 a	2,9 b	31 a	4,0 a	12 b	16 a	101
	150	6,7 a	3,18 a	0,16 a	0,16 a	10,4 a	4,2 a	3,9 a	34 a	3,5 a	18 a	15 a	87
	Sig. C.V.(%)	N.S. 1,07	N.S. 11,52	N.S. 7,85	N.S. 12,94	N.S. 10,85	N.S. 8,76	* 16,8	N.S. 25,61	N.S. 18,15	* 14,31	N.S. 8,87	N.S. 12,9
2MDA	0	6,6 a	2,89 a	0,14 a	0,16 a	10,2 a	4,2 a	1,3 c	17 a	2,0 a	12 a	14 a	134
	50	6,5 a	2,85 a	0,15 a	0,08 a	9,6 a	4,0 a	1,6 b	20 a	2,0 a	10 a	13 a	116
	100	6,7 a	2,97 a	0,15 a	0,09 a	9,8 a	4,1 a	2,0 a	25 a	2,0 a	15 a	14 a	165
	150	6,6 a	3,08 a	0,15 a	0,14 a	9,9 a	4,0 a	1,8 ab	21 a	2,0 a	16 a	13 a	130
	Sig. C.V.(%)	N.S. 2,73	N.S. 12,11	N.S. 7,07	N.S. 75,11	N.S. 5,04	N.S. 5,18	N.S. 9,88	** 39,80	N.S. 0	N.S. 44,26	N.S. 13,93	N.S. 8,74
4MDA	0	6,5 a	2,75 a	0,13 a	0,09 a	9,8 a	3,9 a	1,1 b	12 a	2,5 a	10 a	9 a	113
	50	6,5 a	2,82 a	0,14 a	0,07 a	9,6 a	3,8 a	1,4 ab	14 a	2,8 a	9 a	11 a	96
	100	6,6 a	2,84 a	0,14 a	0,07 a	9,7 a	3,8 a	1,7 a	16 a	2,5 a	12 a	12 a	106
	150	6,5 a	2,88 a	0,16 a	0,08 a	9,6 a	3,7 a	1,5 a	14 a	2,8 a	11 a	12 a	116
	Sig. C.V.(%)	N.S. 0,76	N.S. 10,86	N.S. 8,12	N.S. 22,44	N.S. 3,84	N.S. 6,04	* 12,47	N.S. 33,53	N.S. 24,59	N.S. 39,93	N.S. 26,34	N.S. 11,42
6MDA	0	6,4 a	2,48 a	0,12 a	0,08 a	9,7 a	3,3 a	1,4 ab	9 a	3,0 a	9 a	10 a	99
	50	6,4 a	2,68 a	0,13 a	0,09 a	9,4 a	3,4 a	1,4 ab	13 a	3,3 a	10 a	9 a	97
	100	6,4 a	2,62 a	0,13 a	0,09 a	9,7 a	3,7 a	1,5 a	13 a	2,8 a	11 a	13 a	100
	150	6,4 a	2,59 a	0,12 a	0,09 a	9,7 a	3,5 a	1,3 b	12 a	18,8 a	10 a	12 a	102
	Sig. C.V.(%)	N.S. 1,61	N.S. 9,93	N.S. 7,80	N.S. 21,21	N.S. 2,22	N.S. 8,93	N.S. 8,08	N.S. 30,04	N.S. 25,53	N.S. 26,15	N.S. 27,37	N.S. 13,33

AA = antes de la aplicación; MDA = meses después de la aplicación;

N.S. = Diferencias no significativas; * = Diferencias significativas al 5% de probabilidad; ** = Diferencias significativas al 1% de probabilidad

Valores con letras iguales dentro de una misma columna no difieren significativamente entre sí de acuerdo a la prueba de Duncan.

orgánica y K. La vinaza obtenida a partir de miel final aportó casi el doble de nutrientes que la proveniente de jugo de caña; los contenidos de P y N fueron bajos. Durante el primer año no se encontró ninguna variación significativa en el contenido de elementos en el suelo; en el segundo año, hubo aumentos en el contenido de K a los 2 y 4 meses después de aplicado el producto; los

demás elementos no variaron. El pH del suelo se mantuvo estable durante los muestreos y fue similar al del testigo. En cuanto a la producción de caña y variables industriales, no hubo ningún efecto; tampoco ejercieron desequilibrio en las bases ni demás elementos. Se sugiere continuar los estudios y determinar el efecto a largo plazo en este tipo de suelo.

Cuadro 5. Efecto de la aplicación de vinaza en las variables agrícolas e industriales de la caña de azúcar.

Zafra	Dosis	Producción caña (t/ha)	%					R.I. (g/t)	Producción sacarosa (t/ha)
			Brix	Pol	Pureza	Fibra	Humedad		
1986	0	100,83	21,61 a	18,97 a	87,73 a	15,34 a	63,05 a	126,11 a	12,87 a
	50	109,44	21,73 a	19,15 a	88,11 a	15,09 a	63,18 a	128,22 a	14,48 a
	100	107,50	21,96 a	19,20 a	87,36 a	15,75 a	62,28 a	125,97 a	13,76 a
	150	103,61	23,34 a	20,84 a	89,30 a	15,61 a	61,86 a	138,64 a	13,55 a
	Signif.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
	C.V.(%)	9	4	5	1	5	2	5	13
1987	0	140,00	20,78 a	18,46 a	88,81 a	14,94 a	64,28 a	124,30 a	17,45 a
	50	143,61	20,62 a	18,54 a	89,87 a	15,03 a	64,35 a	125,42 a	17,97 a
	100	151,67	19,86 a	17,86 a	89,76 a	14,41 a	65,73 a	122,45 a	18,62 a
	150	134,67	20,30 a	18,05 a	88,97 a	14,74 a	74,97 a	122,21 a	16,33 a
	Signif.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
	C.V.(%)	12	5	7	3	6	2	8	16

Valores con letras iguales dentro de una misma columna, no difieren significativamente, de acuerdo a la prueba de Duncan.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer a la M.Sc. Floria Bertsch la revisión y sugerencias al presente manuscrito.

LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, J.R. DE. 1952. O Problema da vinhaça em Sao Paulo. Boletim do Instituto Zimotecnico. Piracicaba 3:1-24.
- BERROCAL, M. 1988. Efecto de los residuos de la industria azúcar-alcoholera, bagazo, cachaza y vinaza, en la producción de caña y azúcar en un Vertisol de Guanacaste. *Agronomía Costarricense* 12(2):147-153.
- CARDENAS, G.J.; RUIZ, R.M.; DELFINI, A.A. 1984. Estudio de algunos cationes en vinazas producidas por fermentación alcohólica de productos intermedios y subproductos de la fabricación de caña de azúcar. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán* 61(2):1-25.
- FASSBENDER, H.W. 1984. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. 4 ed. San José, IICA. 398 p.
- GLORIA, N.A.; SANTA ANA, A.G.; MONTEIRO, H. 1972. Composição dos resíduos de usina de açúcar e destilarias durante a safra canvieira. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro 80(5):542-548.
- GLORIA, N.A.; SANTA ANA, A.G.; BIAGI, E. 1973. Composição dos resíduos de usinas de açúcar e destilarias. *Brasil Açucareiro* 81(6):78-87.
- GLORIA, N.A.; ORLANDO, J. 1983. Aplicação da vinhaça como fertilizante. *Boletim Técnico Planalsucar*, Piracicaba 5(1):5-38.
- ORLANDO, J.; ZAMBELLO Jr., E.; AGUJARO, R.; ROSSETTO, A.J. 1983. Efeito de aplicação prolongada da vinhaça nas propriedades químicas dos solos com cana-de-açúcar. Estudo exploratorio. *Stab julio-agosto* p. 28-33.
- RAO, S. 1983. El valor nutritivo de la vinaza y su efecto en el pH del suelo. *In Seminarios Interamericanos de la Caña de Azúcar. Fertilidad y manejo de suelos*. Miami. p. 540-549.
- RODELLA, A.A.; FERRARI, S.E. 1977. A composição da vinhaça e efeito de sua aplicação como fertilizante na cana-de-açúcar. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro 90(1):380-387.
- STUPIELLO, P.; PEXE, C.A.; SILVA, L.H. 1977. Efeitos da aplicação da vinhaça como fertilizante na qualidade da cana-de-açúcar. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro 99:185-194.