

Cambios Físico-Químicos provocados por la Vinaza en un Suelo Vertisol en Costa Rica

*Roberto Alfaro Portugal¹
Randall Ocampo Chinchilla²*

Introducción

La vinaza es un efluente de la producción de etanol y se produce en una proporción de 13:1, o sea por cada litro de etanol producido se obtienen 13 litros de vinaza, ya sea por la destilación de melaza fermentada o por fermentación de los jugos de caña. (FERREIRA et al 1987)

En Costa Rica y específicamente en Guanacaste operan dos destilerías de alcohol, TABOGA con una producción de 13,168.489 litros y CATSA con una capacidad productiva de 12,812.244 litros para un total de 25,980.733 de litros de alcohol por año trabajando a plena capacidad, por lo que se producen un estimado de 337,749.529 litros de vinaza y que deben ser aplicados al campo.(CHAVEZ 2006)

La vinaza presenta una alta demanda biológica de oxígeno (DBO), para oxidar la materia orgánica presente en ella, por este motivo se convierte como un contaminante potencial de las fuentes de agua. Ante la necesidad de darle algún uso y debido a su riqueza nutricional se ha aplicado en los campos cultivados como un fertilizante orgánico, obligando con ello a realizar múltiples investigaciones. (KORNDORFER 2004) y (GARCIA 2007).

Los suelos mayoritariamente aplicados de vinaza en Costa Rica son precisamente los suelos Vertisoles los cuales son suelos arcillosos agrietables y muy duros en la época seca pero en la época lluviosa son pegajosos, con una alta plasticidad y baja infiltración lo que dificulta enormemente su manejo. Presentan estos suelos, además un Ph ligeramente ácido en la superficie con moderados contenidos de materia orgánica, ricos en calcio y magnesio, moderados en potasio y bajos en fosforo.(CHAVEZ 1985).

1/Ingeniero Agrónomo. Funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA)* Costa Rica. E-mail: ralfaro@laica.co.cr. Teléfono (506) 24-94-1129/ (506) 24-94-7555 / Fax (506) 24-94-44-51.

2/Ingeniero Agrónomo. Funcionario del *Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA)* Costa Rica. E-mail: rocampo@laica.co.cr. Teléfono (506) 24-94-1129/ (506) 24-94-7555 / Fax (506) 24-94-44-51.

Por los problemas físicos que presentan los suelos Vertisoles, la vinaza se presenta como una forma de mitigar dichos problemas al presentar esta una elevada concentración de electrolitos con un reconocido efecto floculante lo que promueve una mayor agregación disminuyendo con esto los problemas de permeabilidad existente. (QUIROZ et al 2009).

Sin embargo con el aporte de cationes por parte de la vinaza como: Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ y NH_4^+ , se incrementan los problemas de salinidad, de hecho ya existente en estos suelos. La salinidad de los suelos se mide por la conductividad del extracto acuoso saturado lo que se expresa en (mS/cm), el cual permite categorizar si un suelo es salino. Por ejemplo el parámetro para determinar si un suelo se considera salino, es aquel cuyos valores de conductividad eléctrica son superiores a 0.4 mS/cm y cuyo contenido de sodio sea inferior a un 15% respecto al total de iones intercambiables en el mismo. Un valor de 0.4 mS/cm se reporta como un nivel crítico de salinidad suficiente para provocar una reducción del 50% en el desarrollo de plantas de caña (GARCIA 2007).

En las fincas de Central Azucarera Tempisque CATSA los suelos Vertisoles representan el 70 % del área cultivada con caña de azúcar, por lo que la vinaza se aplica por gravedad como fertirriego, distribuyéndose en el campo por medio de canales y donde se ha encontrado una respuesta de incremento en la producción agrícola (Tm caña /ha) de un 10 a un 15 % comparado con lotes donde no se ha adicionado vinaza (CATSA 2011).

Objetivos

Los objetivos de la presente investigación fueron:

- Evaluar bajo condiciones controladas los cambios físicos y químicos en un suelo Vertisol provocados por las aplicaciones continuas de vinaza.
- Evaluar el efecto de los cambios físico-químicos sobre el desarrollo inicial de la Caña de Azúcar.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en las instalaciones de la Estación Experimental de DIECA (Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar) ubicadas en la localidad de Santa Gertrudis Sur, distrito de San Jose, Cantón Grecia, provincia de Alajuela. Su altitud es 1000 msnm y se encuentra a $10^{\circ},05'$ y $18''$ latitud norte y $84^{\circ},17'$ y $09''$ longitud oeste, además presenta una precipitación anual de 2900 mm y una temperatura media de 23°C .

El experimento se llevó a cabo en condiciones de invernadero donde se valoraron 3 dosis de vinaza: 0, 150 y 350 m³ / ha con aplicaciones anuales durante 4 años. Se evaluó la

densidad aparente, el Ph, el porcentaje de materia orgánica, los macro y micronutrientes, la CICE, la conductividad eléctrica y la germinación y desarrollo inicial de la caña de Azúcar.

Los tratamientos se dispusieron en un diseño irrestricto al azar con cuatro repeticiones, establecidos en recipientes plásticos de 0.7 m de largo, 0.36 m de ancho y 0.25 m de alto para un área total de 0.25 m², a los cuales se les depositó el suelo Vertisol de la región de Guanacaste en igual cantidad a cada recipiente. La vinaza utilizada en el ensayo provino del Ingenio CATSA, la cual como es característico presentó una reacción extremadamente ácida y altos contenidos de Potasio, Calcio y Magnesio, en el cuadro 1 se presenta el contenido nutricional de la misma.



Figura 1. Microparcels tratadas con vinaza



Figura 2 Aplicación de Vinaza pura a los campos de caña

Cuadro 1
Análisis de la Composición química de la vinaza 2007- 2008 CATSA

Determinación	Vinaza Pura
Ph	4,7
Conductividad Electrica	18.5 mS / cm
Nitrogeno	555 mg / L
Calcio	1400 mg / L
Magnesio	500 mg / L
Potasio	8200 mg / L
Azufre	1500 mg / L
Hierro	60 mg / L
Calcio	3 mg / L
Zinc	ND
Manganeso	7 mg / L
Boro	ND
Fosforo	100 mg / L

Análisis Laboratorio Suelos y Foliareos CIA, UCR. Costa Rica.

Las aplicaciones de la vinaza se realizaron a partir del año 2008 y en el cuadro 2 se presentan la distribución de las mismas en el tiempo; después de cada aplicación se sembró la maleza *Rottboellia cochinchinensis* con el objetivo de mantener el suelo con plantas y expuesto a la extracción natural de nutrientes. Posterior a la ultima aplicación y después de un periodo de reposo los recipientes se sembraron con dos esquejes de caña para evaluar el efecto del acumulo de la vinaza sobre el crecimiento de los hijos. Con el fin de no crear distorsiones nutricionales, los tratamientos no fueron fertilizados.

Cuadro 2
Aplicaciones y dosis de vinaza aplicados en el tiempo a un suelo Vertisol

Fecha Aplicación	(m ³ /ha)	
	Trat. 1	Trat 2.
Agosto 2009	150	350
Enero 2010	150	350
Agosto 2010	150	350
Setiembre 2011	150	350
Julio 2012	150	350
Noviembre 2012	150	350
TOTAL (m³/ha)	900	2100

Antes de la aplicación de la vinaza se dejaba secar el suelo para facilitar la absorción de la vinaza, posteriormente se mantuvo la humedad a capacidad de campo permanente.

Después de la última aplicación de vinaza, se realizaron muestreos de suelo en los diferentes tratamientos y repeticiones, y dichas muestras se llevaron al Laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA, donde se analizaron las variables antes descritas.

Resultados y discusión

En el cuadro 3 se presenta el resultado del análisis de varianza realizado al contenido nutricional de las muestras de suelo obtenidas de las micro parcelas tratadas con las diferentes dosis de vinaza. Como se observa en dicho cuadro se presentaron diferencias significativas y altamente significativas en algunos nutrimentos como son : Calcio(Ca), Magnesio (Mg), Potasio(K) y fosforo (P) ,entre los macro elementos y entre los micro elementos Zinc(Zn) y Manganeso(Mn) .Por su parte el hierro (Fe) significativamente quedo fuera por una unidad .El grado de salinidad del suelo tratado por medio de la conductividad eléctrica (CE) también presento significancia estadística en el Andeva.

Cuadro 3
Análisis de varianza de los tratamientos y variables evaluadas

ANDeVA	G.L.	PH		AL		Ca		Mg		K		MO	
		CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)
F. DEV.	2	0,07	0,38	0	1	115,48	0	14,09	0,01	855,92	0	0,01	1
ERROR	9	0,06		0		6,69		1,86		2,04		0,11	
TOTAL [SC]	11	0,7		0,01		291,18		44,95		1.730,18		0,98	
C.V. (%)		3,6		21,4		14,85		17,98		12,28		62,93	
DMS		0		0		5,11		2,7		2,82		2,82	

ANDeVA	G.L.	P		Zn		Mn		Cu		Fe		C.E	
		CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)
F. DEV.	2	278,58	0,01	18,98	0,03	8.821,75	0	1,58	1	397,58	0,06	262,35	0
ERROR	9	32,83		3,64		451,06		2,39		99,53		1,19	
TOTAL [SC]	11	852,67		70,69		21.703,00		24,67		1.690,92		535,38	
C.V. (%)		39,98		57,94		38,27		27,28		48,86		12,82	
DMS		11,32		3,77		41,95		41,95		41,95		2,15	

En el cuadro 4 se presenta el comportamiento del pH y el aluminio intercambiable en las muestras de suelo aplicadas con las diferentes dosis de vinaza, ambos como se observa prácticamente no sufrió ningún cambio relevante entre los suelos tratados y a pesar de ser la vinaza muy ácida esta no influyó acidificando el suelo como era de esperar. Al respecto Gloria et al 1983, Berrocal 1988 y Alfaro 1996, concuerdan con estos resultados y explican que al ser la materia orgánica proveniente de la vinaza en gran parte coloidal esta forma complejos con el aluminio intercambiable provocando un aumento del pH.

Los cationes intercambiables Ca y Mg se encuentran en cantidades apropiadas, así lo demuestran los niveles críticos para estos cationes. Cantidades adecuadas de estos cationes, es sinónimo de una alta fertilidad natural típico en suelos ricos en arcillas 2:1 como los Vertisoles.

BERTSCH 1986 sin embargo menciona que a pesar de aportar la vinaza cantidades importantes de estos elementos, estos no variaron en forma significativa al aplicar 150 m³ de vinaza por hectárea, pero ambos elementos disminuyeron en forma significativa al aumentar la dosis a 350 m³/ha. Esta disminución en la disponibilidad de estos elementos posiblemente se debió al desbalance catiónico provocado por el incremento del potasio en el suelo gracias a las altas dosis de vinaza aplicadas y a su riqueza en este importante elemento.

El potasio es uno de los nutrimentos más importantes para la caña de azúcar y por este motivo es absorbido en grandes cantidades (1.7 kg/tm caña), por lo tanto es de esperar bajos contenidos en suelos explotados por muchos años por este cultivo. Como se observa en el cuadro 4 el potasio paso de una notable deficiencia en el suelo (0.18 mg /l) a una alta concentración (28.1 mg /l) como ocurrió con la dosis de 350 m³ de vinaza / ha.

Cuadro 4
Valores de acidez y contenido de bases cambiables

Dosis Vinaza	pH	cmol(+)/l			
		AL	Ca	Mg	K
0 m ³ / ha	7,05	0,13	20,33 a	8,95 a	0,18 c
150 m ³ / ha	7,05	0,14	20,73 a	8,38 a	6,59 b
350 m ³ / ha	6,83	0,13	11,23 b	5,45 b	28,1 a
Nivel Critico		0,3	4 - 20	1 - 10	0,2 - 1,5

En el cuadro 5 se presentan las relaciones catiónicas de los tratamientos evaluados y en él se observa que en la relación Ca/Mg los valores se mantuvieron en el rango permitido (2 - 5). Sin embargo en las relaciones Ca/K y Mg/K, pasaron de presentar una insuficiencia de potasio respecto a las cantidades de Calcio y Magnesio, a cantidades insuficientes de Calcio y Magnesio respecto a las cantidades excesivas de potasio aportadas por las altas dosis de vinaza.

La magnitud de este desbalance catiónico se observa más claramente cuando en la relación Ca+ Mg/ K se aprecia la desproporción existente antes de la aplicación de la vinaza y manteniéndose esta después de la aplicación de la vinaza con cualquiera de las dosis evaluadas.

El resultado de esta situación es una posible indisponibilidad de los cationes a causa del equilibrio catiónico que debe existir para evitar las deficiencias provocada por la escasa absorción de estos cationes tan importantes para el cultivo (BERTSCH 1986).

Cuadro 5
Cambio en las Relaciones catiónicas en las diferentes dosis de vinaza

Dosis Vinaza	Ca / Mg	Ca / K	Mg / K	Ca + Mg / K
0 m ³ / ha	2.27	126.75	55.56	162.66
150 m ³ / ha	2.50	3.17	1.28	4.41
350 m ³ / ha	2.09	0.40	0.19	0.59
Nivel Critico	2 -5	5 - 25	2,5 - 15	10 - 40

El fósforo es uno de los nutrimentos deficitarios en los suelos Vertisoles, así se deja ver en el tratamiento sin vinaza al presentar valores de 4.7 mg/l, valores que fueron en incremento significativo al aumentar las cantidades de vinaza, como se observa en el cuadro 6.

En el caso del Zinc también se presentaron incrementos significativos con este nutrimento entre el tratamiento sin vinaza y la aplicación de 350 m³/ha.(ALFARO 1996)

El manganeso a pesar de no encontrarse en grandes cantidades en la vinaza como sucede con otros nutrimentos, este elemento presentó un incremento significativo al aumentar las dosis de vinaza, pasando de 2.25 mg/l a un alto valor de 91 mg /l. El cobre no sufrió por su parte cambios importantes en el suelo, situación esperada en virtud de que este elemento afirma GIRON 2008 que la materia orgánica puede adsorber a algunos metales pesados y acomplejarlos como el cobre ,dejándolo no disponible.

El Hierro fue otro nutrimento que no se encontró en cantidades importantes en la vinaza pero sin embargo como se observa en el cuadro 6, este elemento se incremento aunque no significativamente en más de un 100 % con la dosis de 150 m³/ha, disminuyendo de nuevo con la dosis máxima de vinaza de 350 m³.

En el cuadro 7 se presentan los cambios provocados en el suelo respecto a la conductividad eléctrica (CE), % de materia orgánica y Densidad aparente (DA) por las diferentes dosis de vinaza.

Cuadro 6
Contenido de fosforo y micro elementos en los diferentes tratamientos

Dosis Vinaza	mg/l				
	P	Zn	Mn	Cu	Fe
0 m3 / ha	4,75 b	1,05 b	2,25 b	5,75	13,00
150 m3 / ha	20,00 a	3,43 ab	73,25 a	5,00	31,75
350 m3 / ha	18,25 a	5,40 a	91,00 a	6,25	16,50
Nivel Critico	10 - 40	3 - 15	5 -50	1 - 20	10 - 50

Como se menciona con el aporte de sales solubles por parte de la vinaza los suelos tienden a presentar una alta salinidad ,la cual afecta al cultivo y su productividad .La conductividad eléctrica es un parámetro para medir el grado de salinidad de los suelos .El resultado de dicha medición presento valores de conductividad eléctrica muy superiores al nivel crítico de 0.4 mS/cm , en esta variable demostrando con ello el poder de salinización que presenta la vinaza y que obliga a tomar medidas al respecto cuando se aplican altas y continuas cantidades de vinaza en el campo de cultivo.

Cuadro 7
Otras variables evaluadas a los suelos tratados con Vinaza

Dosis Vinaza	CE(mS /cm)	% MO	D.A (gr/cm3)	CICE
0 m3 / ha	0,29 c	0,47	1,31	29,59
150 m3 / ha	8,72 b	0,52	1,21	35,84
350 m3 / ha	16,49 a	0,57	1,21	44,91
Nivel Critico	0,4			5 - 25

Respecto al contenido de la Materia Orgánica, esta no sufrió cambios importantes como se observa en el cuadro 7, aumentando con la dosis máxima de vinaza en un 0.1 %.

La densidad aparente también sufrió un cambio, importante en un suelo Vertisol porque la disminución en 0.10 gr / cm³ representa una mayor aireación, infiltración y percolación en suelos como los Vertisoles con serios problemas físicos. Un dato Importante y de difícil

apreciación en el campo es que los suelos tratados con la vinaza y en proporción al incremento en la dosis crecieron en volumen (12 %) respecto al testigo sin vinaza, una posible causa de este comportamiento es que se debe a la alta cantidad de potasio el cual pasa a incorporarse (fijarse) entre las capas de arcillas expandibles 2:1 típicas en estos suelos.

Efecto sobre el Cultivo

Con el objetivo de evaluar el efecto del acumulo de vinaza sobre el crecimiento inicial de la caña de azúcar se sembraron dos esquejes de 3 yemas en cada micro parcela tratada con vinaza y los resultados se presentan en el cuadro 8, donde en el análisis de varianza expresa diferencias altamente significativas en cada uno de los brotes germinados en cada tratamiento.

Como se observa es evidente un retraso en la germinación de los brotes de la caña de azúcar al incrementarse las dosis de vinaza, posiblemente por efecto de la alta salinidad presente en las micro parcelas aplicadas. En la figura 3 se observa el pobre desarrollo y el síntoma visible de la afección mencionada.

Cuadro 8
Análisis de varianza y medias obtenidas de la altura (cm) de los brotes emergidos de los esquejes sembrados en los suelos tratados con diferentes dosis de vinaza

ANDEVA	G.L.	Brote 1		Brote 2		Brote 3		Brote 4	
		CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)	CM	P(f)
Tratamientos	2	288,72	0	306,1	0	406,43	0	508,72	0
Error	15	15,79		16,16		17,8		8,12	
Total SC	17	814,24		854,57		1.079,90		1.139,28	
CV %		20,94		30,47		51,84		48,4	
DMS		4,86		4,92		5,16		3,49	
Dosis Vinaza		MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP	MEDIAS	SEP
0 m3 / ha		25,58	a	21,08	a	17,58	a	16,5	a
150 m3 / ha		19,58	b	11,33	b	4,33	b	1,17	b
350 m3 / ha		11,75	c	7,17	b	2,5	b	0	b

Como se observa en la figura 4 con las primeras aplicaciones de vinaza con la dosis de 350 m3 /ha y un acumulado aproximado de 1400 m3 / ha ,se logro un buen desarrollo de la Rottboellia cochinchinensis, sin embargo con el total acumulado de 2100 m3 / ha se manifestaron síntomas de poco y lento desarrollo en la maleza al igual que sucedió con la caña de Azúcar como se observa en la figura 3.



Figura 3. Plantas sanas y Plantas afectadas por la aplicación continua de Vinaza



Figura 4 Desarrollo de la Rottboellia en Setiembre 2010 (izquierda) y Enero 2013 (Derecha) con la dosis de 350 m³ / ha de vinaza.

Conclusiones

- La vinaza definitivamente es un mejorador de suelos, tanto en la parte física y química, lo que hace factible su uso como un fertilizante orgánico en suelos vertisoles.
- Entre los macro nutrientes más favorecidos y aportados por la vinaza se encuentran el Potasio, el cual por lo general provoca serios desbalances catiónicos con el Calcio y el Magnesio a pesar de encontrarse estos nutrientes en cantidades adecuadas en el suelo.
- Los micro nutrientes que incrementaron su contenido en el suelo por la vinaza sobresalieron fueron el Zinc y el Manganeso a pesar de que estos elementos no se encuentran en cantidades importantes en la vinaza.
- El Aporte de sales solubles en el tiempo por parte de la vinaza provocó una acelerada salinización del suelo y con ello posibles deficiencias en el desarrollo inicial del cultivo.
- La cantidad de materia orgánica no se ve incrementada significativamente con las altas aplicaciones de vinaza en el suelo.
- La densidad aparente disminuyó en los tratamientos con vinaza producto de una mayor porosidad del suelo, provocada por una mayor floculación de las arcillas y la presencia del potasio entre las capas de arcilla.

Revisión Literatura

ALFARO, R. ALFARO, J. A. 1996 . Evaluación de la Vinaza como Fertilizante Potásico sobre los Rendimientos Agroindustriales de la Caña de Azúcar y su efecto sobre las Características Químicas de un Suelo Inceptisol en la Región del Valle Central ,Costa Rica.

BERROCAL. M. 1988. Efecto de los residuos de la industria azucarera –alcoholera, Bagazo, Cachaza y vinaza en la producción de Caña y Azúcar en un Vertisol de Guanacaste .Agronomía costarricense 12 (2) : 147 -153 San Jose Costa Rica.

BERTSCH, H.F. 1986 Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de costa Rica 2^a ed San Jose Costa Rica. Oficina de Publicaciones de la Universidad de costa Rica 81 p.

CATSA 2011 Uso de la vinaza como fertirriego en plantaciones de Caña de Azúcar. Liberia Guanacaste Costa Rica. Boletín Día Campo 17 marzo 2011. Dto. Investigaciones 4 p.

CHAVEZ, S. M. 1985. Las vinazas en la fertilización de la caña de azúcar. El Agricultor Costarricense 43 (9-10):174 – 177.

CHAVEZ, S .M.2006 .Potencial de Producción de Etanol Carburante en Costa Rica a partir de la Caña de Azúcar. San Jose Costa Rica LAICA – DIECA, setiembre 2006.

FERREIRA, S.E; MONTENEGRO, O .A.1987. Efeitos de aplicacao de la vinhnacas propiedades químicas, físicas e biológicas do solo. Boletín Técnico Coopersucar Brasil v 36 pag 1- 7.

FILHO, J. O et al 1983 .Utilizado Agrícola dos residuos da Agroindustria cañaveira in nutricion e aduadubacao da caña de açúcar no Brasil Planalsucar. Piracicaba Brasil p 229-264.

GIRON,T.M.A.2008. Evaluación de la posible Contaminación del suelo y agua subterránea con Elementos Pesados por el uso de vinazas en el cultivo de la caña de azúcar. Universidad Politécnica de Cataluña España.74 p.

GOMEZ, T. J. M. 1985. Efecto de la vinaza sobre el contenido de potasio intercambiable en un suelo representativo del área cañera del Rio Turbio. Estado de Lara Venezuela. Revista Universal.V3 (2) consultado Julio 2013 Disponible en www./saber.ucv.ur/ojs.

GLORIA, N. A; FILHO. J. O. 1983. Aplicacao da vinhaca como fertilizante. Boletín Técnico Planalsucar . Piracicaba Brasil v 5 (1) p 5 -38.

GARCIA, A. 2007 Experiencias en el uso de vinazas para la recuperación de suelos salinos sódicos en el Valle del Cauca. Seminario sobre Potasio y su importancia en el manejo de la Caña de azúcar. ASOCAÑA. Cali Colombia.

KORNDORFER, H. G.2004. Conferencia sobre el impacto ambiental del uso de la vinaza en la agricultura y su influencia en las características químicas y físicas del suelo. Memorias Seminario Vinaza , potasio y elementos menores para una agricultura sostenible. Sociedad Colombiana de las Ciencias del suelo. Palmira Colombia.

QUINTERO, R.2007. El Potasio en la fertilización de la Caña de Azúcar. Seminario sobre Potasio y su importancia en el manejo de la Caña de azúcar. ASOCAÑA. Cali Colombia

QUIROZ, M. T; ROJAS, P.H 2009.Cambios en la estabilidad estructural de un Molisol tratado con vinaza. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Consultado 3 de Julio 2013 .Disponible en www.bdigital.una.al.edu.co

RUIZ ET AL. 1999. Requerimientos agroecológicos de la Caña de Azúcar Región Costa Norte Aragón , España Consultado 17 julio 2013 .Disponible en www.inifapcipac.go

SILVA. G. M; FILHO. J. O.1981 Caractericacao da composicao química dos diferentes tipos de vinhaca no Brasil Boletín Tecnico Planalsucar Piracicaba 3 (8) p 5 -22