

IMPORTANCIA DE LA FERTILIZACION EN LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR

Gaspar H. Korndofer*

Introducción

La calidad de la caña de azúcar depende de una serie de factores como: variedad, condiciones climáticas, ciclo de cultivo y nivel de fertilización. La interacción de estos factores define el potencial de la materia prima para la fabricación de azúcar y/o de alcohol.

La materia prima está constituida por los tallos maduros, los que contienen jugo y fibra (sólidos insolubles en agua). El jugo es una mezcla de agua y sólidos solubles, los cuales están formados por azúcares y no azúcares (Figura 1).

En términos relativos, el agua es el mayor elemento constitutivo de los tallos, seguido por la sacarosa y la fibra. El proceso de madurez, o de concentración de azúcares, está directamente relacionado con la pérdida de agua.

La fertilización es una práctica que interviene en el proceso de madurez. El uso de niveles muy altos de fertilizantes induce vigoroso desarrollo vegetativo, resultando en plantas con mayor contenido de humedad y contenidos más bajos de sacarosa, debido en parte, al efecto de dilución y al mayor consumo de energía.

Además, la fertilización influye en el rendimiento industrial. El proceso de purificación del jugo requiere de cierta cantidad de fósforo (P) inorgánico para que ocurra una eficiente precipitación y remoción de las impurezas.

El incremento del contenido de cenizas en el jugo, causado por una

excesiva absorción de potasio (K) por la planta, también provoca efectos negativos en la fabricación del azúcar. Cuanto mayor es el contenido de cenizas, mayor es la dificultad en la cristalización (acción melasigénica). Por otro lado, en la fabricación de alcohol, los constituyentes de las cenizas del jugo actúan como fuente de nutrientes en el proceso de fermentación, aumentando la velocidad del desdoblamiento de los azúcares en alcohol.

Efecto de la fertilización nitrogenada

La fertilización nitrogenada está generalmente asociada a un mayor crecimiento vegetativo y por lo tanto con un mayor contenido de humedad en la caña. Fritz (1974), estudiando el efecto de las dosis crecientes de nitrógeno (N), observó reducción en el contenido de sacarosa debido al aumento de humedad de la caña, pero el porcentaje de sacarosa en la materia seca no se alteró.

Varios autores reconocen que la fertilización nitrogenada puede disminuir el contenido de sacarosa de los tallos (Sturion, 1984, Azevedo et al, 1994). Se considera que por cada unidad de incremento porcentual en la producción de caña debido al N, ocurre un descenso de 0.01 % en el contenido de azúcar de

los tallos (Innes 1960). Sin embargo, aunque el contenido de azúcar se reduzca o no se altere, la cantidad total de azúcar por hectárea puede ser mayor (Silva et al, 1976, Espironello et al. 1981).

La época de aplicación del fertilizante nitrogenado también ejerce marcada influencia sobre la calidad de la materia prima (Tabla 1). Cuanto más se postergue la aplicación de fertilizante nitrogenado más tiempo será necesario para alcanzar el punto ideal de madurez.

Este retraso en la madurez termina concentrando el corte y la indus-

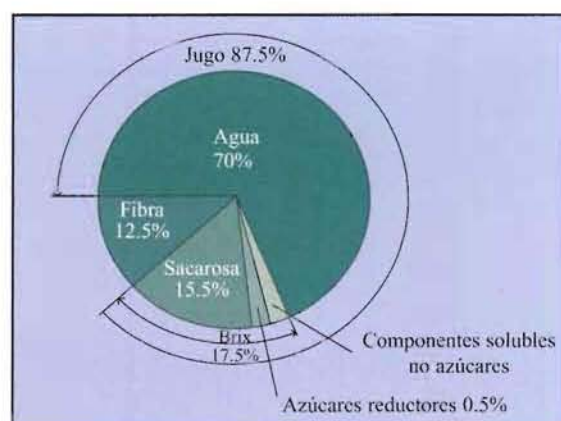


Figura 1. Composición del tallo de caña de azúcar, madura, limpia y sana (Fernandes, 1986).

Tabla 1. Efecto de la época de aplicación del N (140 kg/ha) sobre la producción y la calidad de la materia prima de la caña de azúcar.

Edad (semanas)	Caña t/ha	Azúcar t/ha	Sacarosa %
3	151	18.8	12.33
9	161	19.5	12.03
15	156	18.0	11.46
21	141	15.8	11.31

(Adaptado de Alexander, 1973).

* Korndofer, G. 1994. Importancia da adubacao na qualidade da cana-de-acucar. En M. Eustaquio de Sá e S. Buzzeti. Importancia da adubacao na qualidade dos produtos agrícolas. Sao Paulo: Icone, 1994.

Tabla 2. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la producción de caña y la concentración de azúcar.

Dosis P ₂ O ₅ kg/ha	Quatá ⁽¹⁾		Maringá ⁽²⁾	
	Rendimiento t/ha	Azúcar %	Rendimiento t/ha	Azúcar %
0	113	15.6	106	13.2
60	123	15.9	124	13.3
120	124	15.7	128	13.5
180	126	15.7	133	13.8

(1) Variedad SP70-1078
(2) Variedad SP70-1143
(Penatti, 1989).

trialización de la caña al final de la zafra, lo que en general trae serias dificultades operacionales.

Efecto de la fertilización fosfatada

Un gran número de ensayos ha demostrado que la fertilización fosfatada aumenta la producción de caña, mientras que el contenido de azúcar es poco afectado (Orlando F^o & Zambello Jr, 1980. Penatti, 1989) (Tabla 2).

La presencia de P en el jugo ejerce un papel fundamental en el proceso de clarificación. Los jugos con contenidos bajos de P₂O₅ son de difícil floculación y en este caso es mala la decantación de las

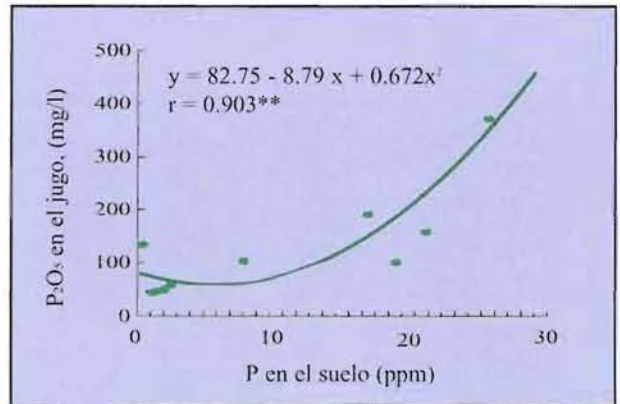
impurezas (bagacillo, arcilla, clorofila, etc.). El jugo turbio y de coloración intensa produce azúcar de baja calidad y por tanto, de menor valor comercial.

Prácticamente todo el P contenido en el jugo está en forma inorgánica o libre y solamente una pequeña fracción, alrededor del 10%, se encuentra en forma orgánica. En el proceso de clarificación el P libre reacciona con la cal (Ca(OH)₂) para la formación de fosfato tricálcico (Ca₃(PO₄)₂), el cual, al flocularse y sedimentarse arrastra las impurezas (lodo) que se depositan en el fondo del decantador. El contenido mínimo de P₂O₅ necesario para una buena floculación es

de 200 ppm. Cuando este contenido es inferior, se debe proceder a la complementación a través de la adición de fosfato soluble al jugo. Se recomienda una aplicación entre 50 a 100 ppm de P₂O₅.

En general, el contenido de P en el jugo de caña de las variedades brasileñas es considerado bajo, debido a que no alcanza la concentración ideal para una buena clarificación. La producción de caña con contenidos de P en el jugo cercanos al ideal redujo el consumo de productos auxiliares en la clarificación.

La concentración de P en el jugo depende básicamente de la va-

**Figura 2. Efecto del fósforo extractable del suelo sobre el contenido de P₂O₅ de los jugos (Marinho y Oliveira, 1980).****Tabla 3. Efecto de la aplicación de K sobre el porcentaje de cenizas en el jugo de la variedad CB41-76.**

Dosis K ₂ O kg/ha	Suelos			
	TE	PRLs	LRd	LRa
	----- cenizas (%) -----			
0	0.30	0.38	0.39	0.29
75	0.47	0.49	0.39	0.40
150	0.43	0.47	0.42	0.41
225	0.45	0.53	0.44	0.47
300	0.44	0.64	0.48	0.53
600	0.57	0.78	0.58	0.57

TE = Tierra roja estructurada
PRLs = Podzólico rojo amarillo
LRd = Latosol rojo distrófico
LRa = Latosol rojo amarillo fase arenosa

Adaptado de Orlando F. y Zambello Jr. 1980

Tabla 4. Efecto de la fertilización potásica sobre el contenido de azúcar de caña-planta, variedad CB41-76, en cuatro tipos de suelos.

Dosis K ₂ O kg/ha	Suelos			
	TE	PRLs	LRd	LRa
	Contenido de azúcar (%)			
0	14.40	14.73	14.05	16.18
75	13.38	14.07	13.66	15.52
150	13.94	14.43	14.35	15.48
225	13.99	14.31	14.00	15.40
300	14.25	13.99	14.17	15.16
600	14.92	13.19	14.15	15.14

TE = Tierra roja estructurada
PRLs = Podzólico rojo amarillo
LRd = Latosol rojo distrófico
LRa = Latosol rojo amarillo fase arenosa

Adaptado de Orlando F. y Zambello Jr. 1980

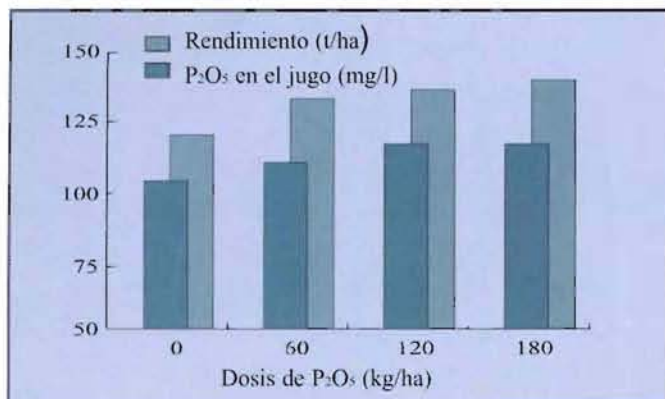


Figura 3. Efecto de la aplicación de fósforo (SFT) sobre la concentración de P₂O₅ en el jugo de una caña-planta, variedades SP71-1143 (Penatti, 1989).

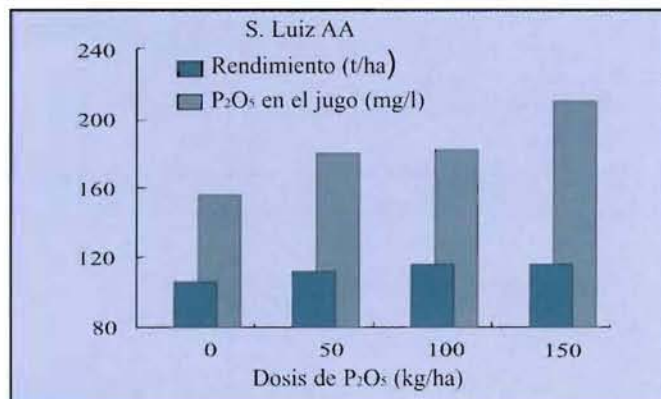


Figura 4. Efecto de la aplicación de fósforo (SFT) sobre la concentración de P₂O₅ en el jugo de una caña-planta, variedad SP71-1406 (Ferreira et al, 1989).

riedad, del contenido de P en el suelo y de las dosis y las fuentes de P utilizadas en la fertilización. Guimaraes y Silva (1976), al analizar un grupo de 15 variedades, observaron que los contenidos de P inorgánico varían entre 87 y 263 mg P₂O₅/l.

El contenido de P nativo del suelo puede afectar la concentración de P₂O₅ en el jugo. Cuanto mayor es el contenido de P extractable del suelo, mayor es la cantidad de P₂O₅ en el jugo (Figura 2).

Jugos provenientes de suelos con bajos contenidos de P nativo (≤ 8 ppm) presentan bajo contenido de este elemento. En estos suelos la aplicación de 225 kg de P₂O₅/ha no fue suficiente para alcanzar los niveles óptimos. Sin embargo, bastó para elevar la producción de azúcar por hectárea al nivel de los demás

suelos (Marinho y Oliveira, 1980).

La fertilización fosfatada, si bien no es la forma más eficiente y económica, contribuye de manera significativa a aumentar el contenido de P₂O₅ del jugo y con esto mejorar el proceso de clarificación.

Las Figuras 3, 4 y 5 muestran el efecto de la fertilización fosfatada sobre la producción y la concentración de P₂O₅ en el jugo de caña-planta y caña-soca. La Figura 5 también muestra la importancia de la variedad en cuanto a la concentración de P₂O₅.

Efecto de la fertilización potásica

Se ha comprobado que el K afecta el contenido de cenizas del jugo, pues es el elemento que aparece en mayor proporción en las cenizas

(Silva et al, 1977, Orlando F^o & Zambello Jr, 1980) (Tabla 3).

El elevado contenido de cenizas provoca efectos negativos en la fabricación del azúcar. Su acción melasigénica dificulta la cristalización

debido a la formación de falsos núcleos, reduciendo el rendimiento industrial de azúcar ensacado y consecuentemente produciendo una cantidad mayor de miel. Por otro lado, en el proceso de producción de alcohol, los constituyentes de las cenizas actúan como proveedores de nutrientes para las levaduras o como cofactores del proceso de fermentación, en el cual se adiciona fertilizante NPK, en determinadas situaciones, para acelerar el proceso de inversión de los azúcares en alcohol.

La fertilización potásica afecta la acumulación de azúcares en la caña. Sin embargo, es preciso establecer una distinción entre el K aplicado como fertilizante mineral y aquel suplido en la vinaza.

El K aplicado como fertilizante mineral (KCl) en general no afecta el contenido de azúcar en la caña (Orlando F^o y Zambello Jr, 1980. Silva et al, 1977), y en muchos casos puede aumentarlo ya que la planta consume mayor cantidad de azúcar para equilibrar la respiración cuando existe deficiencia de K (Samuel & Landrau Jr., 1956, Sturion, 1984).

Existe el criterio generalizado de que el K reduce la acumulación de sacarosa (Gloria, 1985). Este criterio está más bien asociado al uso de vinaza rica en K₂O. La pérdida de la calidad subsiguiente al uso de

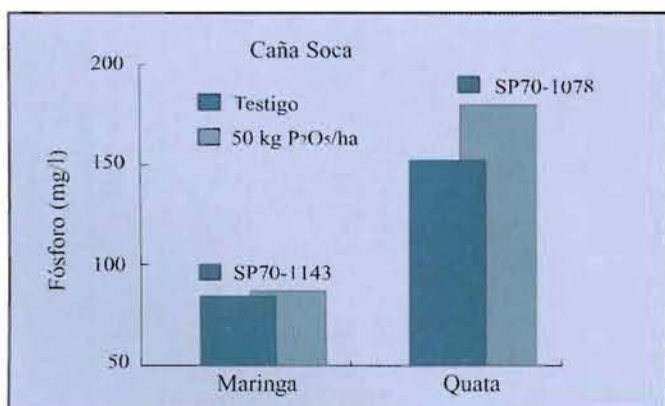


Figura 5. Efecto de la aplicación de fósforo (SFT) sobre el P₂O₅ de jugo de la caña-soca (Penatti, 1989).

de la vinaza está relacionada directamente con el aumento del rendimiento, así como con el retraso en la madurez, y no se debe al K como erroneamente se puede pensar. Esta hipótesis se confirma con el trabajo de Orlando F^o y Zambello Jr. (1980) quienes demostraron que la utilización de altas dosis de K (600 kg de K₂O/ha), en cuatro diferentes tipos de suelo, no produjo cambios significativos en el contenido de azúcar de la caña (Tabla 4). Resultados iguales obtuvo Chalita (1989) trabajando con cuatro dosis de K₂O (0, 60, 120 y 180 kg/ha) en suelos con diferentes contenidos de K, en un total de 24 sitios experimentales.

Bibliografía

- Alexander, A. G. 1973. Sugarcane physiology: a comprehensive study of the Saccharum source-to-sink system. Amsterdam: Elsevier, 752 p.
- Azevedo, D. F., C. Parazzi, H. Campos. 1980. Efeito da adubação nitrogenada na maturação da cana-de-azúcar. In: Congresso Nacional da Sociedade de Técnicos Azucareiros do Brasil; 1, 1979, Maceió. Anais... Maceió: STAB, v. 2, p. 346-349.
- Chalita, R. Calibração da adubação potássica para cana de açúcar, através da análise do solo Boletim Técnico Copersucar, Sao Paulo, (no prelo).
- Copersucar. Clarificação. Cadernos Copersucar, Sao Paulo.
- Copersucar. 1978. Efeitos da aplicação da vinhaça como fertilizante em cana-de-azúcar. Boletim Técnico Copersucar. Sao Paulo, n.7. p. 41-50.
- Espironello, A., et al. 1982. Efeitos da adubação NPK, em 3 profundidades em soca de cana-de-azúcar. I. Produção de cana-de-azúcar. In: Congresso Nacional da Sociedade de Técnicos Azucareiros do Brasil, 2, 1981. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: STAB, v. 3. p. 89-110.
- Fernandes, A. C. 1982. Comportamento agroindustrial de seis variedades de cana-de-azúcar (*Saccharum spp.*) com e sem fertirrigação. Piracicaba: ESALQ/USP, 82 p. Tese. (Mestrado).
- Fernandes, A. C. 1986. Qualidade tecnológica de cana-de-azúcar. In: Curso de especialização em cultura da cana-de-azúcar. Piracicaba: Copersucar.
- Ferreira, E. S., et al. 1989. Uso de multi-fosfato magnésiano na adubação do plantio da cana-de-azúcar. Boletim Técnico Copersucar. Sao Paulo. n. 46, p. 6-11.
- Fritz, I. 1974. Effect of fertilizer application up on sucrose % cane. In: Congress of International Society of Sugar cane Technologists, 15, 1974, Durban. Proceedings... Durban: ISSCT. v. 2, p. 630-633
- Glória, N. A. 1985. Efeito do potássio na acumulação de sacarose pela cana-de-azúcar. Alcool e açúcar, Sao Paulo, v. 15, n. 23, p. 20-25.
- Guimaraes, E., G. M. A. Silva. 1977. Estudos de variedades de cana-de-azúcar quanto ao teor de fósforo no caldo, ensaio preliminar In: Seminario Copersucar da Agro Indústria Azucareira, 4, 1976, Aguas de Lindóla. Anais... Sao Paulo: Copersucar, p. 41-43.
- Innes, R. F. 1960. The nitrogen, phosphorus and potassium requirements of sugar cane. Journal of the Science of Food and Agriculture, Oxford, v. 11, p. 229-309.
- Marinho, M. L., C. C. Oliveira. 1980. Efeito do P nativo e aplicado nos solos na decantação de caldo de cana-de-azúcar. In: Congresso Nacional da Sociedade de Técnicos Azucareiros do Brasil., 1979, Maceió. Anais... Maceió: STAB, v. 2, p. 334-345.
- Orlando Filho, J., E. Zambello Jr. 1980. Influência da adubação NPK nas qualidades tecnológicas de cana-planta, variedade CB 41-76. Brasil Azucareiro, Rio de Janeiro, v. 96, n.3, p. 37-44.
- Penatti, C. Efeito do ácido fosfórico concentrado como fonte de fósforo para cana-de-azúcar. Boletim Técnico Copersucar, Sao Paulo (no prelo).
- Rossetto, A. J. 1987. Uso de resíduos e produção de alimentos em canaviais. In: cana-de-azúcar. Cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, v. 2, p. 433-504.
- Samuels, G., P. Landrau Jr. 1956. The Sucrose content of sugar cane as influenced by fertilizers. In: Congress of International Society of Sugar cane Technologists, 9-1956, New Delhi. Proceedings... New Delhi, ISSCT, 1956. v. 1, p. 365-374.
- Silva, G. M. A. 1982. Efeito da aplicação de vinhaça no estado nutricional, produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-azúcar (*Saccharum spp.*) em dois tipos de solo. Piracicaba: ESALQ/USP, 121 p. Tese. (Mestrado).
- Silva, G. N. A., O. Alonso., R. S. Moraes. 1977. Influência de adubação sobre a produtividade e qualidade tecnológica de cana-de-azúcar. In: Seminario Copersucar da Agroindústria Azucareira, 4, 1976, Aguas de Lindóla Anais... Sao Paulo. Copersucar. p. 27-35.
- Stupiello, J. P., et al. 1977. Efeitos da aplicação de vinhaça como fertilizante na qualidade de cana-de-azúcar. Brasil Azucareiro, Rio de Janeiro, v. 90, n. 3, p.41-50.
- Sturion, A. C. 1984. Influência de diferentes níveis de adubação NPK na produtividade agrícola e nas características de cana-de-azúcar (*Saccharum spp.*). Piracicaba: ESALQ/USP. 49 p.