



ISSN 0120-5846

Serie Técnica
No. 21

CENTRO DE INVESTIGACION
DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA

Fertilización Nitrogenada en Caña de Azúcar

Rafael Quintero D.

Cali, Colombia

Abril de 1997

CITA BIBLIOGRAFICA

QUINTERO D., RAFAEL
Fertilización Nitrogenada en Caña de Azúcar. Cali,
CENTRO DE INVESTIGACION DE LA CAÑA
DE AZUCAR DE COLOMBIA, abril de 1997.
15 págs.

ISSN 0120-5846

Edición: *Victoria Carrillo, C.S.*
Diagramación: *Alcira Arias Villegas*

Servicio de Cooperación Técnica y
Transferencia de Tecnología. CENICAÑA.

Impresión:
Feriva
Cali, Colombia

Fertilización Nitrogenada en Caña de Azúcar

Rafael Quintero D.*

INTRODUCCION

La caña de azúcar extrae grandes cantidades de nitrógeno (N) del suelo; sin embargo, la extracción depende de la variedad de caña, de las características del suelo, de las condiciones climáticas y del manejo del cultivo. Evaluaciones realizadas en el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA) con la variedad CC 83-25, cosechada a los 13 meses de edad, permitieron determinar que por cada tonelada de tallos molederos producida se extraen del suelo 1.53 kg de N. Es decir que para una producción media de 132.4 t/ha, propia de la parte plana del valle del río Cauca, se puede estimar la extracción total por parte del cultivo en 203 kg de N/ha; pero como los cogollos, las yaguas y las hojas quedan en el campo como residuos de cosecha, la extracción real de N sería de 93 kg de N/ha, la cual corresponde a los compuestos nitrogenados que se encuentran en los tallos molederos transportados a la fábrica.

La industria azucarera colombiana está ubicada casi totalmente en la parte plana del valle del río Cauca. La mayoría de sus suelos son de origen aluvial, franco-arcillosos y con contenidos medianos de materia orgánica; el 72% de los suelos presentan contenidos de materia orgánica entre 2 y 4%.

Las exigencias nutricionales del cultivo de la caña de azúcar y los contenidos medianos de materia orgánica de los suelos del valle del río Cauca hacen que las mayores limitaciones en cuanto a la fertilidad del suelo estén relacionadas con el N. Por esta razón, la investigación sobre la fertilización de la caña de azúcar realizada en los ingenios azucareros colombianos localizados en la parte plana del valle del río Cauca se ha encauzado hacia la determinación de las dosis, las épocas y las fuentes de N más apropiadas para las variedades más importantes que se siembran en los diferentes grupos de suelos de esta región.

* Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Edafólogo, Cenicaña. A.A.9138 Cali-Colombia

REVISIÓN DE LITERATURA

El N es absorbido por las raíces o a través de las hojas en las formas NO_3^- y NH_4^+ (Russell y Russell, 1968); una vez reducido e integrado al proceso metabólico, se transforma en compuestos más complejos como carbohidratos y proteínas. Su importancia no solamente se debe al papel que desempeña en la formación de carbohidratos sino también a que es un constituyente de la clorofila (Tisdale y Nelson, 1966) razón por la cual influye en la coloración del follaje. Además, influye en el desarrollo de las cepas de la caña de azúcar principalmente por sus efectos en el macollamiento y en el vigor de los tallos.

Las plantas que se desarrollan en condiciones deficitarias de N presentan hojas verde-amarillentas, especialmente localizadas en la parte más baja de las plantas; si la deficiencia se acentúa, las puntas de las hojas se secan y este secamiento avanza hacia la parte media de la hoja por la nervadura central. Las cepas presentan poco vigor, sus tallos son escasos, cortos y delgados; en consecuencia, la producción de caña por unidad de superficie se reduce tremendamente.

Algunas investigaciones realizadas sobre la fertilización con nitrógeno en plantaciones de caña de azúcar demuestran que existen diferencias entre variedades en la respuesta a las aplicaciones de nitrógeno y que estas respuestas aumentan al pasar de plantilla a socas (Villegas, Iznaga y Ramos, 1986; Meyer, Wood y Leibbrandt, 1986). Antes de 1970, las recomendaciones de N para el cultivo de la caña de azúcar en Suráfrica se daban con base en la producción de caña esperada pero esta metodología condujo a dosis muy altas de N/ha, por lo tanto, en el decenio de los 70 se introdujo el potencial de mineralización del N del suelo, concepto que está relacionado con otros factores del suelo, tales como: color, contenido de arcilla, estructura y contenido de materia orgánica. También tienen en cuenta la disponibilidad de riego (Meyer, Wood y Leibbrandt, 1986; Wood, 1992).

La movilidad de los iones NO_3^- en el suelo hace que la textura del suelo sea un factor que debe tenerse en cuenta para decidir acerca de la necesidad o no de fraccionar la dosis de N recomendada. En Colombia era muy común fraccionar la dosis de N en dos o tres partes iguales. En Kenia, proporcionan el 60% de la dosis de N en la primera aplicación y el 40% restante a los cuatro meses de edad del cultivo (Mutanda, 1983). En los suelos arenosos de la Florida (USA) se recomienda efectuar cuatro y hasta cinco aplicaciones de N por cultivo o corte (Gascho y Kidder, 1975). Por su parte, en Cuba, Brasil, Suráfrica y la isla de Mauricio no fraccionan la dosis de N porque los resultados de las investigaciones indican que no se justifica hacer más de una aplicación en cada corte (Villegas, Iznaga y Ramos, 1986; Penna *et al.*, 1987; Wood, 1992; Deville y Kee Kwong, 1981).

MATERIALES Y METODOS

Dosis de nitrógeno

Los experimentos sobre dosis de N fueron establecidos en suelos con diferentes características físicas y químicas en los ingenios Cauca, Castilla, Risaralda, Mayagüez, Sancarlos y Riopaila. Como fuente de N se usó la urea; las aplicaciones se hicieron fraccionadas en partes iguales a los 30 y 90 días después de la siembra en plantillas o primer corte y a los 30 y 60 días después del corte en socas. Se usaron las variedades MZC 74-275, PR 61-632 y POJ 28-78.

Épocas de aplicación del nitrógeno

En los mismos sitios donde se establecieron los experimentos sobre dosis de N, se llevaron a cabo los experimentos de épocas de aplicación de N, los cuales incluían: aplicaciones totales al momento de la siembra en plantillas o inmediatamente después del corte en socas; aplicaciones totales a los 30 días después de la siembra o del corte; aplicaciones fraccionadas en dos o tres partes iguales a diferentes lapsos después de la siembra o del corte del cultivo anterior. En los experimentos de épocas se usó la dosis de 100 kg de N/ha para todos los tratamientos. Para estos experimentos se utilizó la urea como fuente de N y se usaron las variedades MZC 74-275 y PR 61-632.

Tanto en los experimentos de dosis como en los experimentos de épocas de aplicación de N se hicieron evaluaciones de población y crecimiento de los tallos y se tomaron muestras de láminas foliares correspondientes a la hoja que presenta el primer cuello visible, contadas de arriba hacia abajo, a las edades de 3.0, 4.5, 6.0 y 9.0 meses. Una semana antes del corte de la caña se tomaron muestras de tallos para analizar la calidad del jugo y determinar la concentración de azúcar recuperable estimada.

Fuentes de fertilizantes nitrogenados

Los experimentos sobre fuentes de nitrógeno se establecieron en dos etapas. Primero se comparó la urea con el sulfato de amonio en los ingenios Tumaco, Providencia y Manuelita y posteriormente se comparó la urea con el nitroplus (fuente líquida con 23% de N) en los ingenios Cauca, Providencia y Manuelita. En ambas experimentaciones se usaron cinco dosis de N. Las evaluaciones y los muestreos fueron muy similares a los realizados en los experimentos sobre dosis y épocas de aplicación de N pero en la experimentación sobre fuentes se eliminaron las evaluaciones y los muestreos correspondientes a la edad de nueve meses y se introdujo la evaluación de clorofila en la lámina foliar a las mismas edades en que se hicieron los muestreos foliares. La lectura de la clorofila se realizó con un clorofilómetro portátil marca Minolta, referencia Spad 502.

Últimamente, se han realizado nuevos experimentos relacionados con el fraccionamiento de la dosis de N con la variedad de caña de azúcar V 71-51 para evaluar conjuntamente varias dosis y épocas de aplicación de N con el fin de mejorar la eficiencia de este nutrimento.

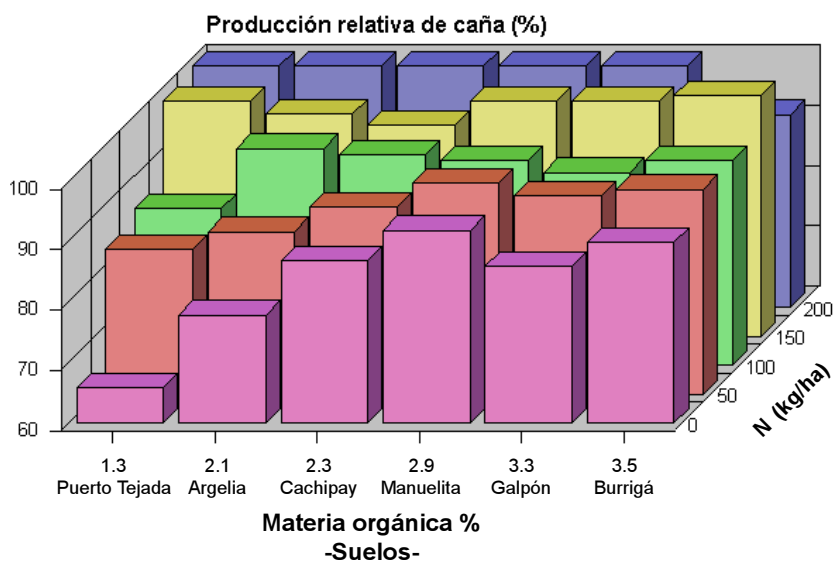
RESULTADOS Y DISCUSION

Dosis de nitrógeno

Los experimentos de fertilización de la caña de azúcar con N se establecieron con las variedades MZC 74-275, POJ 28-78 y PR 61-632 en suelos Puerto Tejada (Vertic Tropaquept), Argelia (Vertic Haplustalf), Cachipay (Vertic Tropic Fluvaquent), Manuelita (Fluventic Haplustoll), Galpón (Typic Pellustert) y Burrigá correspondientes a los órdenes Inceptisol, Alfisol, Entisol, Mollisol y Vertisol. Estos suelos, ubicados en diferentes ingenios azucareros del valle del río Cauca, presentaron diferencias apreciables en los contenidos de materia orgánica, el drenaje y la profundidad del nivel freático.

La variedad MZC 74-275 se utilizó en los suelos Puerto Tejada (PJ) y Galpón (GL); la variedad POJ 28-78, en el suelo Burrigá (BU); y la variedad PR 61-632, en los suelos Manuelita (MN), Cachipay (CC) y Argelia (AR).

Las producciones relativas de caña obtenidas en el primer corte o plantilla indican que la respuesta al N disminuyó a medida que aumentó el contenido de materia orgánica del suelo (**Figura 1**). Las variedades MZC 74-275 y PR 61-632 mostraron respuestas altas a la aplicación de N en los suelos Puerto Tejada y Argelia cuyos contenidos de materia orgánica fueron similares o inferiores al 2%. Estas mismas variedades presentaron respuestas medianas al N cuando se sembraron en los suelos Cachipay y Galpón cuyos contenidos de materia orgánica fueron 2,3% y 3,3%. Las respuestas



MZC 74-275 (Puerto Tejada, Galpón) POJ 28-78 (Burrigá) PR 61-632 (Manuelita, Cachipay, Argelia)

Figura 1. Producciones relativas de caña de las variedades MZC 74-275, POJ 28-78 y PR 61-632 (plantilla) obtenidas con varias dosis de nitrógeno en seis suelos del valle del río Cauca con distintos porcentajes de materia orgánica.

más bajas se obtuvieron con la variedad POJ 28-78 en el suelo Burrigá y con la PR 61-632 en el suelo Manuelita cuyos contenidos de materia orgánica estuvieron cercanos o superiores al 3%.

Los suelos Manuelita y Galpón presentaron contenidos de materia orgánica cercanos al 3%; sin embargo, la respuesta de la caña de azúcar a la aplicación de N fue mayor en el suelo Galpón (Vertisol) que en el suelo Manuelita (Mollisol). Esta diferencia en la respuesta se explica por la diferencia en drenaje que existe entre estos dos suelos. Los suelos pobremente drenados requieren cantidades mayores de N que los suelos bien drenados para obtener producciones relativas altas de caña de azúcar tanto en plantilla (corte 1) como en la primera soca o corte 2 (**Figura 2**).

Otro factor del suelo que influye en la respuesta de la caña de azúcar al N es la profundidad del nivel freático. En dos suelos pobremente drenados y con contenidos de materia orgánica que variaron entre 2,1% y 2,3 % (**Figura 3**), la respuesta al N por parte de la variedad PR 61-632 fue mayor en el suelo Cachipay (Entisol) que en el suelo Argelia (Alfisol). Esta mayor respuesta en el suelo Cachipay, con régimen ácuico de humedad, se explica por sus niveles freáticos muy superficiales que se presentan en varias épocas del año; por su parte, el suelo Argelia que corresponde al régimen de humedad ústico, se caracteriza por presentar niveles freáticos medianamente profundos.

De acuerdo con lo anterior, las recomendaciones de N para el cultivo de la caña de azúcar en suelos del valle del río Cauca dependen principalmente de tres factores del suelo: el contenido de materia orgánica, el drenaje y la presencia de un nivel freático

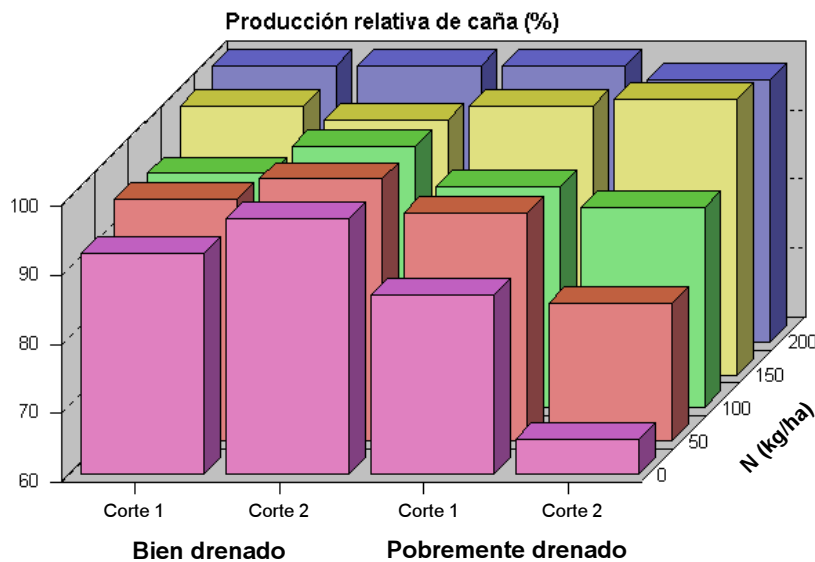


Figura 2. Respuesta de la MZC 74-275 (plantilla y primera soca) a las aplicaciones de nitrógeno en dos suelos del valle del río Cauca con drenajes naturales diferentes.

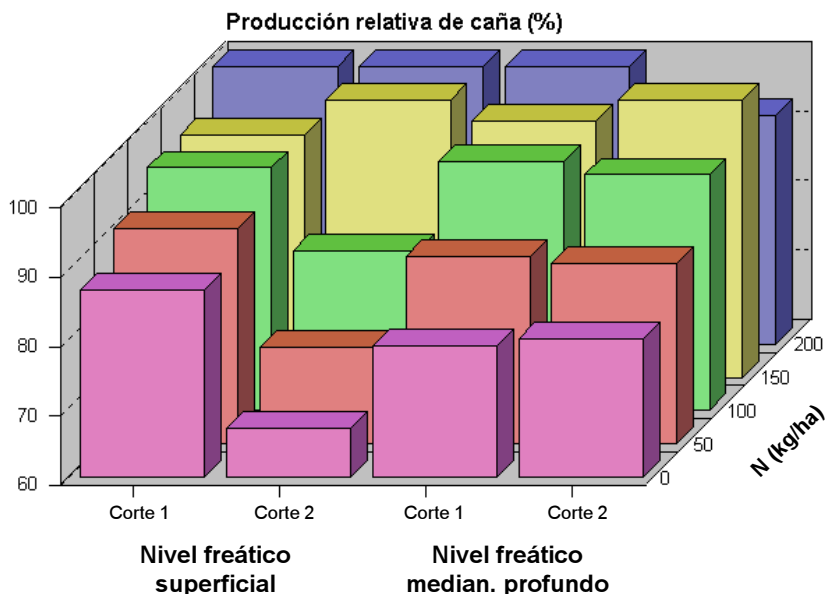


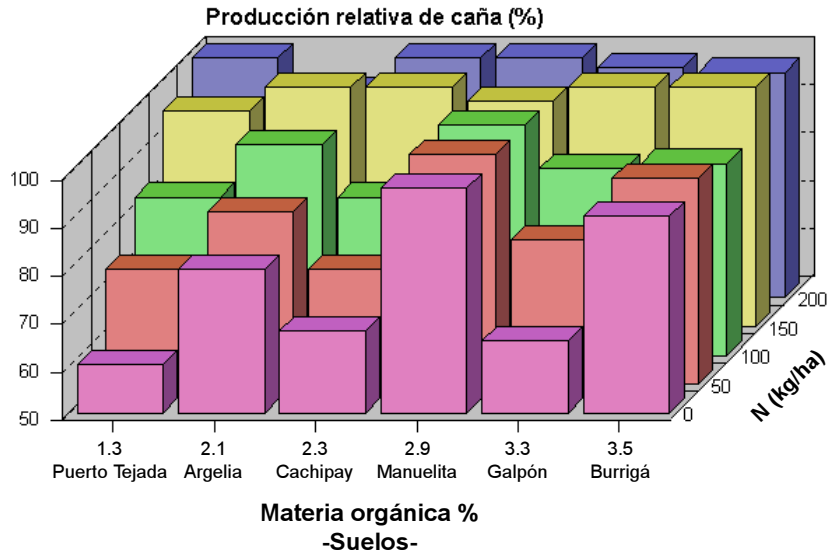
Figura 3. Respuestas de la PR 61-632 (plantilla y primera soca) a las aplicaciones de nitrógeno en dos suelos del valle del río Cauca con niveles freáticos diferentes.

superficial. El primero de ellos está relacionado con el aporte potencial de N por parte del suelo y los dos últimos con el proceso de mineralización del N orgánico.

Los experimentos de fertilización con N fueron llevados hasta el tercer corte o segunda soca. Las producciones relativas de caña de la primera soca o segundo corte, muestran respuestas altas al N en los suelos Puerto Tejada (PJ), Argelia (AR), Cachipay (CC) y Galpón (GL) cuyos contenidos de materia orgánica variaron entre 1,3% y 3,3% (Figura 4). Al comparar las respuestas obtenidas en la plantilla y en la primera soca, los resultados indican que la respuesta de la caña de azúcar aumenta al pasar de plantilla a soca; este aumento de la respuesta al N está relacionado con una disminución de la mineralización del N orgánico debida a la compactación del suelo producida por el tráfico de maquinaria pesada durante las labores de alce y transporte de la caña inmediatamente después del corte o cosecha.

En la misma Figura 4 se observa que las respuestas al N obtenidas en los suelos Galpón y Burrigá (BU) fueron diferentes, a pesar de pertenecer al mismo orden Vertisol y tener contenidos de materia orgánica similares. Si se tiene en cuenta que en el suelo Galpón se usó la variedad MZC 74-275 y en el suelo Burrigá, la POJ 28-78, es posible deducir que la diferencia en la respuesta al N se debió al factor varietal.

Con base en estas últimas consideraciones, las dosis de N para los cultivos de caña de azúcar establecidos en la parte plana del valle del río Cauca dependen de factores del suelo, tales como el contenido de materia orgánica, el drenaje y la profundidad del nivel freático; y de factores relacionados con el cultivo, tales como la variedad y el número de corte.



MZC 74-275 (Puerto Tejada, Galpón) POJ 28-78 (Burrigá) PR 61-632 (Manuelita, Cachipay, Argelia)

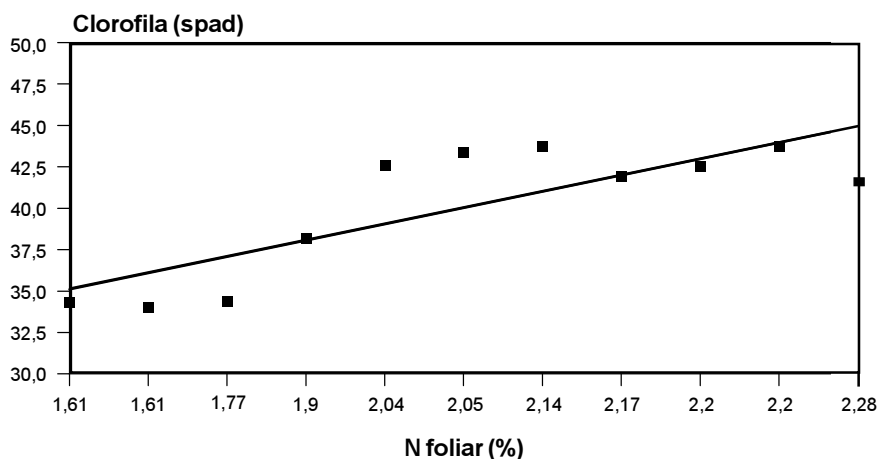
Figura 4. Producciones relativas de caña de las variedades MZC 74-275, POJ 28-78 y PR 61-632 (primera soca) obtenidas con varias dosis de nitrógeno en seis suelos del valle del río Cauca con distintos porcentajes de materia orgánica.

Ajustes de las dosis de N

Normalmente, en las plantaciones de caña de azúcar las aplicaciones de N se hacen antes de que el cultivo cumpla tres meses de edad. Los análisis foliares, específicamente las determinaciones del N de la lámina foliar, pueden ser utilizados para hacer ajustes de las dosis de N recomendadas; siempre y cuando esas determinaciones se hagan a edades tempranas.

En las condiciones de suelo y clima del valle del río Cauca se ha observado que el contenido de N foliar varía de acuerdo con la variedad, el número de corte, la edad del cultivo, el tipo de suelo y la cantidad de N aplicada. Se han encontrado altas correlaciones entre los contenidos de N foliar determinados a los 3.0, 4.5 y 6.0 meses de edad del cultivo, las dosis de N aplicadas al suelo y las producciones de caña por hectárea; por tanto, los contenidos de N foliar permiten recomendar aplicaciones complementarias de este nutrimento con el fin de mantener la producción del cultivo en un nivel relativamente alto.

También se han encontrado correlaciones muy altas entre los contenidos de N foliar y las lecturas de clorofila realizadas con un clorofilómetro portátil (**Figura 5**), las cuales se obtienen en forma inmediata y sin necesidad de destruir la lámina de la hoja correspondiente al primer cuello visible contada de arriba hacia abajo. De esta forma, las recomendaciones de dosis complementarias de N serán más oportunas y se evitarán reducciones en la concentración de sacarosa producidas por aplicaciones tardías de N que retardan la maduración de la caña de azúcar.



Suelo Bengala (Vertic Eutropept)

Figura 5. Relación entre el nitrógeno foliar y la lectura del clorofilómetro determinados a los tres meses de edad en una plantilla de la variedad V 71-51.

Épocas de aplicación del N

Las investigaciones realizadas en suelos de varios ingenios azucareros del valle del río Cauca indican que existen diferencias entre variedades en relación con sus respuestas a las épocas de aplicación de N. Variedades como la MZC 74-275 y la POJ 28-78 no han respondido al fraccionamiento de la dosis de N; por tanto, se considera más conveniente hacer una sola aplicación a los 30 días después de la siembra (plantillas) o del corte (socas). Con la variedad PR 61-632, caracterizada por desarrollo inicial lento y cierre un poco tardío, las mayores producciones de caña y de azúcar se encontraron cuando el N se aplicó en partes iguales a los 60 y 120 días después de la siembra (Quintero, 1994).

Investigaciones recientes realizadas en suelos de textura fina con la variedad V 71-51 ratifican la conveniencia de no fraccionar la dosis de N e indican que no hay diferencias significativas entre las aplicaciones totales efectuadas a los 30, 45 y 60 días después de la siembra; esto proporciona a los cultivadores de caña de azúcar la posibilidad de moverse en un lapso de 30 días (entre los 30 y 60 días de edad del cultivo) para hacer la aplicación de N sin fraccionarla y sin que disminuya su eficiencia.

Fuentes de fertilizantes nitrogenados

En las plantaciones de caña de azúcar del valle del río Cauca es muy común el uso de la urea como fuente nitrogenada. Comercialmente se usan otras fuentes como el sulfato de amonio y el amoniaco anhidro.

CENICAÑA ha adelantado experimentaciones en coordinación con varios ingenios azucareros con el fin de mejorar la eficiencia del nitrógeno en el cultivo de la caña de azúcar mediante el uso de fuentes de fertilizantes nitrogenados. Los resultados obtenidos en suelos Palmeras (Vertic Ustropept), Nima (Entic Haplustoll) y Galpón (Typic Pellustert), donde se evaluaron la urea, el sulfato de amonio y una mezcla de estos dos fertilizantes nitrogenados, mostraron comportamientos similares tanto en la producción de caña como en el azúcar recuperable estimado (ARE) de la plantilla y la primera soca de las variedades MZC 74-275 y CP 72-356 (**Cuadro 1**).

Posteriormente se evaluó una fuente líquida de nitrógeno denominada nitroplus, cuyo contenido de este elemento es del 23%. Los experimentos se establecieron en suelos Marruecos (Vertic Tropaquept), Galpón (Typic Pellustert) y Palmira (Pachic Haplustoll) y los resultados no mostraron diferencias significativas en las producciones de caña ni en el ARE de los dos primeros cortes de la variedad MZC 74-275 (**Cuadro 2**).

Cuadro 1. Producciones de caña y concentraciones de azúcar de la MZC 74-275 y la CP 72-356 (plantilla y primera soca) obtenidas con urea y sulfato de amonio en tres suelos del valle del río Cauca.

Fuente de N	Suelo Palmeras		Suelo Nima		Suelo Galpón	
	TCH	ARE(%)	TCH	ARE(%)	TCH	ARE (%)
-Plantilla	MZC 74-275		MZC 74-275		CP 72-356	
Urea (46% N)	193	12.5	219	12.1	167	13.0
SAM (21% N)	192	13.1	227	11.9	162	13.2
Urea + SAM	193	12.9	221	12.5	-	-
-1ª soca	MZC 74-275		MZC 74-275		CP 72-356	
Urea (46% N)	175	12.5	157	11.6	145	12.2
SAM (21% N)	181	12.6	158	11.6	132	11.8
Urea + SAM	175	12.7	151	11.7	-	-

SAM: Sulfato de amonio

Cuadro 2. Producciones de caña y concentraciones de azúcar de la MZC 74-275 (plantilla y primera soca) obtenidas con urea y nitroplus en tres suelos del valle del río Cauca.

Fuente de N	Suelo Marruecos		Suelo Galpón		Suelo Palmira	
	TCH	ARE(%)	TCH	ARE(%)	TCH	ARE(%)
-Plantilla						
Urea (46% N)	224	12.2	203	12.9	232	12.7
Nitroplus (23% N)	219	12.6	210	13.1	234	12.5
-1ª soca						
Urea (46% N)	158	12.0	203	12.6	144	13.1
Nitroplus (23% N)	165	12.0	199	12.2	151	13.2

De acuerdo con los resultados hasta ahora obtenidos en cuanto a fuentes de nitrógeno se refiere, el uso de cualquiera de ellas dependerá de las ventajas que ofrezca en su costo, transporte y aplicación al suelo. En el caso de suelos muy alcalinos se ha sugerido el uso de la mezcla urea y sulfato de amonio en partes iguales, esto es, la mitad del nitrógeno recomendado como urea y la otra mitad como sulfato de amonio. Mediante la utilización de esta mezcla se busca disminuir más rápidamente el pH del suelo e inducir ciertos cambios químicos en el suelo.

Recomendaciones de nitrógeno

Con base en los resultados obtenidos en las investigaciones sobre el uso del nitrógeno en el cultivo de la caña de azúcar adelantadas por CENICAÑA y los ingenios azucareros en los suelos de la parte plana del valle del río Cauca, se ha entregado la primera aproximación de las dosis de N recomendadas para plantilla y socas.

En esta primera aproximación (**Cuadro 3**) se han tenido en cuenta fundamentalmente tres factores del suelo: el contenido de materia orgánica, el drenaje y la presencia de un nivel freático superficial, además de un factor relacionado con el cultivo que corresponde al número de corte. Aunque sólo se diferencia entre plantilla y socas, posteriormente se tratará de diferenciar entre socas cercanas a la plantilla y número de cortes más avanzados como sucede con ciclos de cultivos superiores a los tres cortes.

Cuadro 3. Dosis de nitrógeno (kg/ha) recomendadas para plantilla y socas de caña de azúcar según las características de los suelos del valle del río Cauca (parte plana).

Contenido de Materia orgánica (%)	Drenaje del suelo					
	Bueno		Pobre		Muy pobre	
	Plantilla	Soca	Plantilla	Soca	Plantilla	Soca
< 2	80	125	100	150	120	175
2 - 4	60	100	80	125	100	150
> 4	40	75	60	100	80	125

En suelos con niveles freáticos superficiales adicionar 20 kg de N/ha para plantilla y 25 kg de N/ha para socas a la dosis recomendada.

CONCLUSIONES

Los resultados de las experimentaciones relacionadas con la fertilización nitrogenada en el cultivo de la caña de azúcar en los suelos de la parte plana del valle del río Cauca permiten concluir:

1. La respuesta de la caña de azúcar a las aplicaciones de nitrógeno (N) depende de factores del suelo, tales como: el contenido de materia orgánica, el drenaje, la profundidad del nivel freático y la textura del suelo. Los tres primeros factores sirven de base para definir la dosis de nitrógeno, mientras que con la textura del suelo se decide si la dosis recomendada se aplica fraccionada o completa a una determinada edad del cultivo.
2. La respuesta al nitrógeno depende de factores del cultivo, tales como: número de corte, edad del cultivo y variedad. El número de corte influye en la dosis de nitrógeno; la edad del cultivo en la eficiencia de la dosis; y la variedad en la decisión de fraccionar su aplicación.
3. El fraccionamiento de la dosis de nitrógeno no se justifica en suelos de textura franca o más fina del valle del río Cauca para la mayoría de las variedades de caña de azúcar.
4. Las fuentes de nitrógeno evaluadas (urea, sulfato de amonio y nitroplus) han demostrado ser igualmente eficientes en el suministro de nitrógeno al cultivo de la caña de azúcar.
5. Nuevas investigaciones permitirán hacer ajustes a esta primera aproximación de las recomendaciones de nitrógeno para las distintas variedades que se consideran promisorias para las condiciones edafoclimáticas del valle del río Cauca.

BIBLIOGRAFIA

1. DEVILLE, J.; KEE KWONG, R. NG. Fertilization of sugar cane. Mauritius Sugar Industry Research Institute. 1981. 15 p. (Advisory Bulletin N° 1).
2. GASCHO, G.J.; KIDDER, G. Fertilizer recommendations for sugar cane produced for sugar. Belle Glade, AREC Informe de Investigación EV-1975-16. 1975. 12 p.
3. MEYER, J.H.; WOOD, R.A.; LEIBBRANDT, N.B. Recent advances in determining the N requirement of sugarcane in the South African sugar industry. En: XVI Annual Congress of the SASTA. Durban, South Africa. 1986. Proceedings. Durban, SASTA, 1986. pp. 205-211.
4. MUTANDA, P.O.M. Responses of sugarcane to nitrogen fertilizer and climate on two mayor soils in Kenia. En: XVIII Congreso de la ISSCT. La Habana, Cuba, 1983. Memorias. La Habana, ISSCT, 1983. pp 119-152.
5. PENNA, M.J.; CHALITA, R.; MANECHINI, C.; PENATTI, C.P.; RIBEIRO, D.L.M.; FERREIRA, S.G. Parcelamento do nitrogenio e potassio na adubação da cana-de-açúcar. Boletín Técnico COPERSUCAR (Brasil) N° 36, pp. 8-15. 1987.
6. QUINTERO, R. Sugarcane fertilization management with special reference to Colombian experimental results. En: XV World Congress of Soil Science. Acapulco, Mexico. July 10-16, 1994. Transactions. Acapulco, International Society of Soil Science, 1994. V. 7a, pp. 382-394.
7. RUSSELL, E.J.; RUSSELL, E.W. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Madrid, Aguilar. 1968. 801 p.
8. TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. Soil Fertility and fertilizers. New York, Macmillan. 1966. 694 p.
9. VILLEGAS, R.; IZNAGA, O.; RAMOS, T. Efecto de la aplicación de nitrógeno sobre la producción de cuatro variedades de caña de azúcar. Boletín INICA, N° 2. p. 24. 1986.
10. WOOD, T. Nitrogen and sugarcane. South African Sugar Journal, V. 76 N° 9 pp. 289-290. 1992.

El Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia - CENICAÑA es una corporación privada y sin ánimo de lucro, fundada en 1977 por iniciativa de ASOCAÑA en representación de la agroindustria azucarera localizada en el valle geográfico del río Cauca.

Su misión es contribuir por medio de la investigación, evaluación y divulgación de tecnología y el suministro de servicios especializados al desarrollo de un sector eficiente y competitivo, de manera que éste juegue un papel importante en el mejoramiento socioeconómico y en la conservación de un ambiente productivo, agradable y sano en las zonas azucareras.

CENICAÑA tiene programas de investigación en Variedades, Agronomía, Procesos de Fábrica y, Análisis Económico y Estadístico. Servicios de apoyo en Información y Documentación, Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología.

El Centro Experimental está ubicado a 3° 13' latitud N de la línea ecuatorial, a una altura aproximada de 1024 m.s.n.m. La temperatura media anual en este sitio es de 23.5°C, precipitación media anual de 1160 mm y humedad relativa de 77%.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. 1997.