

ISSN 0120-5846



Serie Técnica  
No. 17

CENTRO DE INVESTIGACIÓN  
DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA

***Pruebas de manejo  
del nitrógeno en  
caña de azúcar***

RAFAEL QUINTERO DURÁN. I.A., M.Sc.  
*Edafólogo - CENICAÑA*

LUZ ÁNGELA JARAMILLO, I.A.  
*Jefe de Agronomía - Ingenio La Cabaña*

Cali, Colombia

1995

**CITA BIBLIOGRÁFICA**

QUINTERO D, R; JARAMILLO, L.A.  
Pruebas de manejo del nitrógeno en caña  
de azúcar. Cali, CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA  
DE AZÚCAR DE COLOMBIA, Julio de 1995.  
12 págs.

**Edición**

Victoria Carrillo, C.S.  
Servicio de Cooperación Técnica  
y Transferencia de Tecnología.

**Diseño:**

Feriva S.A.  
Cali, Colombia

## INTRODUCCIÓN

Los suelos de la parte plana del valle del río Cauca presentan cierto grado de heterogeneidad en sus propiedades físicas, químicas y biológicas. A partir de un estudio semidetallado de suelos realizado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 1980) se conformaron diez grupos de suelos representativos de la zona; mediante la extrapolación de los resultados obtenidos en un determinado suelo a otros con características similares que pertenecen al mismo grupo, se ha logrado hacer más eficiente la investigación sobre nutrición de la caña de azúcar (Quintero, 1992).

Algunos resultados obtenidos en investigación sobre fertilización con nitrógeno (N) y potasio (K) en las condiciones de suelo y clima del valle del río Cauca, demuestran que las recomendaciones de estos nutrimentos no dependen solamente de las características del suelo sino también de la variedad de caña de azúcar y del número de corte (Quintero, 1993). Son muy importantes las diferencias encontradas en la concentración de azúcar recuperable estimado (ARE) entre las variedades MZC 74-275 y PR 61-632 como consecuencia de las aplicaciones de potasio al suelo; la variedad PR 61-632 aumentó significativamente el ARE cuando se aplicó potasio en suelos con contenidos relativamente altos de potasio intercambiable, característica que hacía improbable su respuesta. Por su parte, con la variedad MZC 74-275 se han detectado algunas respuestas en concentración de azúcar sólo en suelos con bajos contenidos de potasio intercambiable (CENICAÑA, 1989; CENICAÑA, 1990).

En general, las investigaciones sobre fertilización realizadas por CENICAÑA se llevan a cabo con variedades comerciales. Sin embargo, continuamente aparecen variedades importadas o desarrolladas por nuestro Centro de Investigación que poseen características sobresalientes para ser consideradas promisorias y que



4 | se entregan a los ingenios azucareros y a los cultivadores para su propagación comercial sin tener aún una guía apropiada sobre su manejo, especialmente en relación con los requerimientos de agua y fertilizantes.

A partir de estas consideraciones, fácilmente se deduce la inconveniencia de generalizar las dosis de fertilizantes para las distintas variedades de caña de azúcar que actualmente se siembran en los diferentes suelos del valle del río Cauca. Existe la probabilidad de solucionar este inconveniente con pruebas de manejo, mediante las cuales se pueden determinar las dosis más apropiadas de los nutrientes que en mayor medida limitan la producción de las variedades comerciales y promisorias en nuestras condiciones ecológicas.

Las pruebas de manejo del nitrógeno se realizan en parcelas de tamaño semicomercial y corresponden a experimentaciones sencillas por medio de las cuales es posible determinar las recomendaciones de nitrógeno para las variedades más importantes, de tal forma que estas recomendaciones se ajusten a las necesidades reales de los suelos y a las condiciones predominantes de los sitios en donde se efectúen.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las primeras pruebas de manejo del nitrógeno se establecieron en los ingenios azucareros a finales del segundo semestre de 1992. En el Ingenio La Cabaña, suerte Caldas 16, se establecieron tres pruebas en un suelo Bengala (Inceptisol - Grupo de manejo #8) caracterizado por ser moderadamente profundo, imperfectamente drenado, de textura franco-arcillo-arenosa (FArA), ligeramente ácido (pH 6,0), con contenidos medianos de materia orgánica (3,4 %) y de potasio intercambiable (0,20 cmol/kg) y con contenidos bajos de fósforo disponible (2 ppm, determinado por Bray 2).

Se utilizó la variedad V 71-51, caracterizada por su resistencia a las enfermedades conocidas como carbón, roya y mosaico. Esta variedad ha mostrado una capacidad relativamente alta para producir caña por unidad de superficie pero sus contenidos de sacarosa son un poco bajos. Debido a su producción de caña, actualmente ocupa el segundo lugar en cuanto al área sembrada en la parte plana del valle del río Cauca, superada sólo por la MZC 74-275.

En las pruebas de manejo del nitrógeno los tratamientos corresponden a las dosis de nitrógeno y no tienen repeticiones en cada sitio experimental. El tamaño de las parcelas es semicomercial; cada una se compone de 10 surcos con distancias entre ellos de 1,50 m y con longitudes variables que abarcan todo el ancho del tablón. Entre parcelas no se dejan surcos vacíos para evitar el efecto de borde ocasionado por falta de competencia lumínica. Sin embargo, puede ocurrir un efecto de borde ocasionado por las diferencias existentes en las dosis de nitrógeno de las parcelas contiguas; para evitarlo, al momento de la cosecha de cada parcela experimental sólo se tienen en cuenta los cinco surcos centrales.

El número de pruebas de manejo del nitrógeno que se puede establecer en un ingenio azucarero o hacienda depende de la variabilidad de los suelos, del número de variedades comerciales y promisorias cuyas fertilizaciones no se hayan definido y de las posibles interacciones que puedan mejorar la eficiencia del nitrógeno, como el riego, la densidad de siembra y la aplicación de otro nutrimento. En el Ingenio La Cabaña, además del interés por determinar las dosis de nitrógeno más convenientes para la variedad V 71-51 en los suelos Bengala, se deseaba conocer el efecto de dosis complementarias de potasio, principalmente en la calidad de los jugos o rendimientos. Por tanto, en el mismo sitio experimental se establecieron tres pruebas de manejo del nitrógeno, cada una con las dosis de 0, 30 y 60 kg de  $K_2O$ /ha.

Dado los bajos contenidos de fósforo disponible de este suelo Bengala, a todas las parcelas que integran las tres pruebas de manejo se aplicaron 50 kg de  $P_2O_5$ /ha para prevenir cualquier limitación en el desarrollo de la caña como consecuencia de una posible deficiencia de este elemento.

Las dosis de nitrógeno para cada prueba variaron entre 0 y 200 kg/ha con intervalos de 20 kg/ha entre ellas; en consecuencia, cada prueba de manejo de nitrógeno estuvo compuesta por 11 parcelas semicomerciales con dosis uniformes de  $P_2O_5$  y  $K_2O$ .

Las aplicaciones de fósforo y potasio se hicieron en el fondo del surco inmediatamente antes de la siembra; el nitrógeno se aplicó en banda e incorporado al suelo a los 45 días después de la siembra. Con el propósito de lograr una aplica-



ción uniforme a lo largo de los surcos, las dosis de nitrógeno se pesaron y distribuyeron en tramos de 20 m hasta completar la longitud total de cada uno de los surcos que integran las diferentes parcelas.

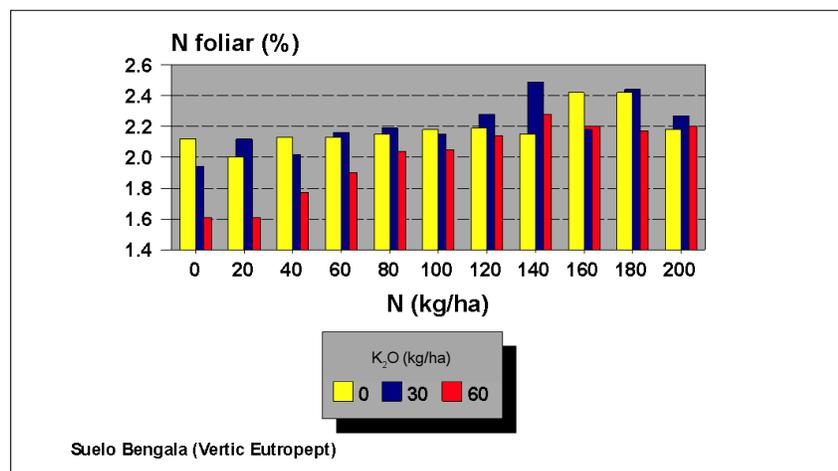
Las fuentes de nitrógeno, fósforo y potasio utilizadas en el Ingenio La Cabaña fueron la úrea (46% de N) el superfosfato triple (46% de  $P_2O_5$ ) y el cloruro de potasio (60% de  $K_2O_5$ ).

En estas pruebas de manejo del nitrógeno se hicieron muestreos de tejidos foliares cuando la caña de azúcar cumplió tres meses de edad. Se aprovecharon estos muestreos para hacer evaluaciones de clorofila en las láminas foliares antes de pasarlas al Laboratorio de Química, en donde se determinaron los contenidos totales de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio.

Para los muestreos foliares sólo se tuvieron en cuenta las láminas foliares del tercio central de la hoja, correspondiente al primer cuello visible, contado de arriba hacia abajo; por cada parcela semicomercial se tomaron 30 hojas. Se hicieron 30 lecturas de clorofila por parcela utilizando un clorofilómetro de mano, referencia Spad-502, marca Minolta, a fin de relacionarlas con las determinaciones de nitrógeno foliar, las producciones de caña y los rendimientos obtenidos con las diferentes dosis de nitrógeno evaluadas. Al momento de la cosecha se tomaron muestras de 20 tallos molderos por parcela para determinar el rendimiento teórico del jugo de primera extracción en un molino experimental. La cosecha se efectuó cuando la plantilla tenía 12,4 meses de edad debido a una quema accidental que se presentó en la suerte Caldas 16.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las aplicaciones de nitrógeno al suelo aumentaron los contenidos de este nutrimento en las láminas foliares de la V 71-51. En la **Figura 1** se observa que estos contenidos de nitrógeno foliar mostraron tendencias lineales y ascendentes con el aumento de las dosis de nitrógeno aplicadas al suelo. Hubo correlaciones

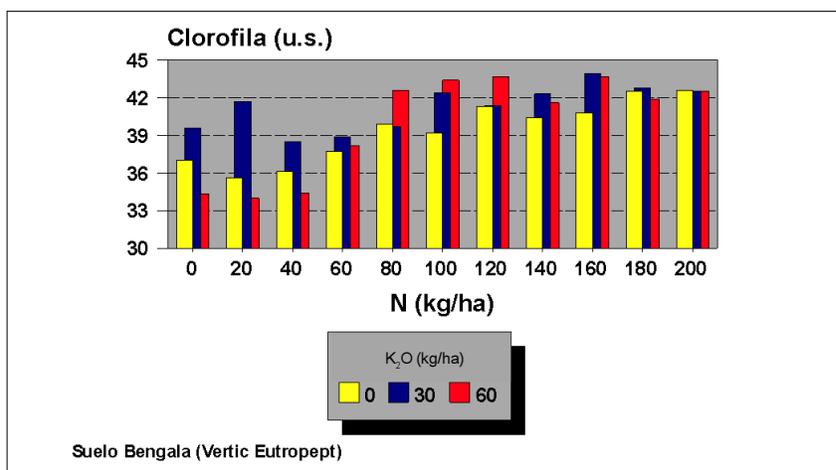


**Figura 1.** Efectos de las aplicaciones de nitrógeno (N) y potasio (K) en el contenido de nitrógeno foliar de la V 71-51 (plantilla) en un suelo Bengala (Inceptisol) del valle del río Cauca.

altamente significativas entre estas dos variables pero la mayor correlación se presentó en la tercera prueba de manejo, en la cual las dosis de nitrógeno se complementaron con 60 kg de  $K_2O/ha$ .

Los promedios de los contenidos de nitrógeno foliar en las dos primeras pruebas fueron muy similares, pero cuando se usó la dosis más alta de potasio (60 kg de  $K_2O/ha$ ) el contenido medio de nitrógeno foliar bajó de 2,2 a 2,0%. Se observa, por tanto, cierto efecto del potasio en la concentración del nitrógeno en el tejido foliar que puede llegar a favorecer la concentración de sacarosa en los tallos.

Las mismas láminas foliares que se tomaron para determinar los contenidos nutricionales del cultivo cuando éste tenía tres meses de edad fueron usadas para evaluar los contenidos de clorofila. Se observa en la **Figura 2** que la clorofila (unidades spads) aumentó a medida que se incrementó la dosis de nitrógeno. Al correlacionar estas dos variables se encontraron coeficientes de correlación altamente significativos en las tres pruebas de manejo.



**Figura 2.** Relaciones entre la clorofila de la V 71-51 y las dosis de nitrógeno (N) y potasio (K) aplicadas al suelo en un Inceptisol del valle del río Cauca.

Dadas las altas correlaciones encontradas entre las dosis de nitrógeno aplicadas al suelo y los contenidos de nitrógeno y clorofila de las láminas foliares, se determinaron las correlaciones existentes entre estas dos últimas variables y se encontraron coeficientes de correlación altamente significativos para las tres pruebas. De acuerdo con lo anterior, existe la posibilidad de reemplazar las determinaciones de nitrógeno foliar por determinaciones directas de clorofila en el campo sin necesidad de remover ningún tejido foliar.

Una vez cosechadas las tres pruebas, las producciones de caña se relacionaron con los contenidos de clorofila y nitrógeno foliares y se encontró que las mayores producciones de caña correspondieron a contenidos mayores que 2,2 % de nitrógeno foliar o 42 spads de clorofila. Por tanto, contenidos mayores que éstos, determinados en plantillas de V 71-51 a los tres meses de edad, indican que la probabilidad de obtener respuesta con esta variedad a las aplicaciones comple-

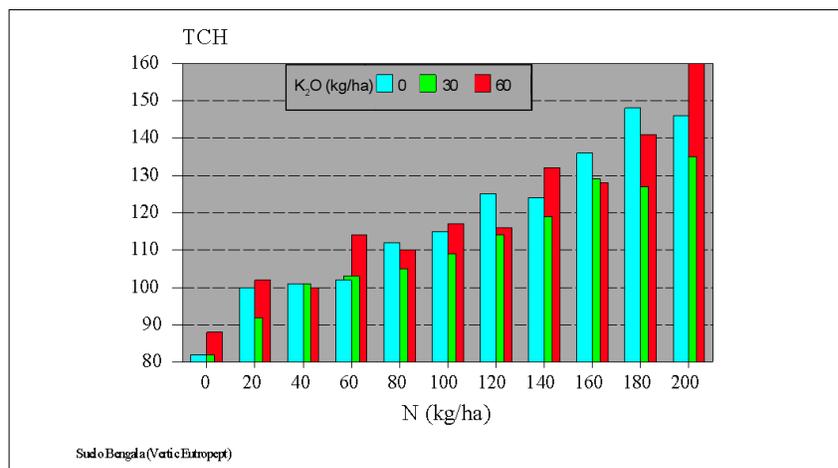
mentarias de nitrógeno es bastante baja en suelos similares a los usados en esta experimentación.

Las aplicaciones de potasio al suelo aumentaron los contenidos de este nutriente en las láminas foliares al pasar de 0 a 30 kg de  $K_2O$ /ha, pero al aplicar 60 kg de  $K_2O$ /ha los contenidos de potasio foliar estuvieron entre los obtenidos con las dos primeras dosis y en algunos casos, por debajo de los valores encontrados sin aplicar potasio al suelo. Dados los contenidos medianos de potasio intercambiable del suelo, el comportamiento presentado con la dosis más alta de potasio aplicado al suelo no se esperaba.

Las cosechas de las tres pruebas se realizaron cuando la plantilla de la V 71-51 tenía apenas 12,4 meses de edad; esta variedad se cosecha normalmente entre los 13,5 y los 14 meses de edad en la parte plana del valle del río Cauca, pero por una quema accidental fue necesario adelantar su corte. En el **Cuadro 1** se observa que las producciones de caña y de azúcar aumentaron a medida que se incrementó la dosis de nitrógeno aplicada al suelo; tendencia que fue más pronunciada en el caso de la producción de caña (TCH). Las correlaciones entre las producciones de caña y el nitrógeno aplicado al suelo fueron altamente significativas y sus coeficientes de correlación ( $r$ ) fueron superiores a 0,95 en las tres pruebas de manejo. En la **Figura 3** se observa la alta respuesta de la variedad V 71-51 (plantilla) a las aplicaciones de nitrógeno en este suelo Bengala (Vertic Eutropept), explicada en parte por sus contenidos medianos de materia orgánica, por las condiciones de excesiva humedad presentes durante la mayor parte del desarrollo del cultivo y por el drenaje pobre que caracteriza a estos Inceptisoles de la zona sur del valle del río Cauca.

**Cuadro 1.** Efectos del nitrógeno (N) y el potasio (K) en el rendimiento y en las producciones de caña y azúcar de la V 71-51 (plantilla) en un suelo Bengala (Inceptisol-Grupo de manejo N° 8) del Ingenio La Cabaña. Edad de corte: 12.4 meses.

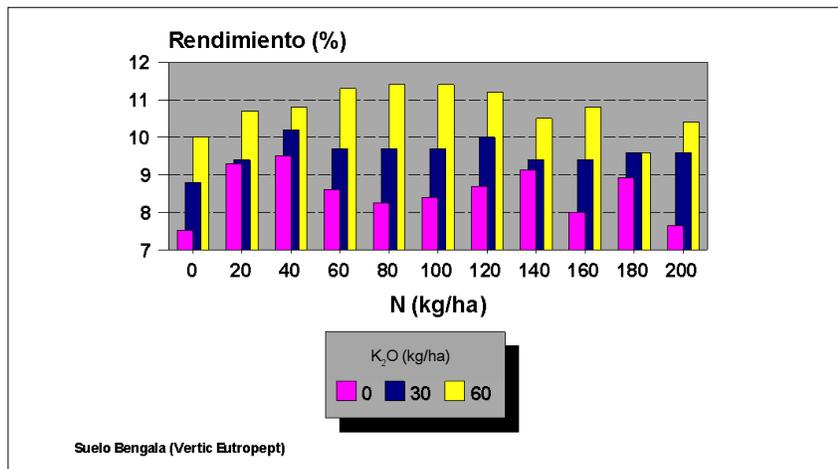
N (kg/ha)	TCH			Rendimiento (%)			TAH		
	Dosis de	de	$K_2O$	Dosis de	de	$K_2O$	Dosis de	de	$K_2O$
	0	30	60	0	30	60	0	30	60
0	82	82	88	7.52	8.80	10.00	6.16	7.24	8.76
20	100	98	102	9.30	9.40	10.70	9.30	9.19	10.88
40	101	101	100	9.50	10.20	10.80	9.59	10.28	10.76
60	102	103	114	8.60	9.70	11.30	8.75	9.96	12.89
80	112	105	110	8.25	9.70	11.40	9.26	10.15	12.54
100	115	109	117	8.40	9.70	11.40	9.66	10.56	13.33
120	125	114	116	8.70	10.00	11.20	10.84	11.44	13.04
140	124	119	132	9.14	9.40	10.50	11.32	11.21	13.89
160	136	129	128	8.00	9.40	10.80	10.89	12.14	13.85
180	148	127	141	8.93	9.60	9.60	13.23	12.16	13.56
200	146	135	160	7.64	9.60	10.40	11.15	12.98	16.59
$\bar{x}$	117	111	119	8.54	9.59	10.74	10.01	10.67	12.73



**Figura 3.** Efectos de las aplicaciones de nitrógeno (N) y potasio (K) en la producción de caña V 71-51 (plantilla) en un suelo Bengala (Inceptisol) en la parte sur del valle del río Cauca.

Con respecto al potasio aplicado al suelo, los promedios de las producciones de caña fueron muy similares en las tres pruebas de manejo, lo cual indica una baja respuesta de la V 71-51 al potasio en producción de caña en este tipo de suelos (**Cuadro 1**). En cambio, los promedios de los rendimientos teóricos aumentaron considerablemente al pasar de las dosis de 0 a 30 y de 30 a 60 kg de K<sub>2</sub>O/ha; cada vez que la dosis de potasio se incrementó en 30 kg de K<sub>2</sub>O/ha, equivalentes a un bulto de cloruro de potasio/ha, se obtuvieron aumentos sostenidos del 12% en el rendimiento teórico. Este efecto hizo que se presentaran diferencias muy significativas entre las producciones medias de azúcar obtenidas con las tres dosis de potasio utilizadas; incluso fue posible obtener más azúcar con menos caña, tal como se observa al comparar las pruebas que incluyeron las dosis de 0 y 30 kg de K<sub>2</sub>O/ha.

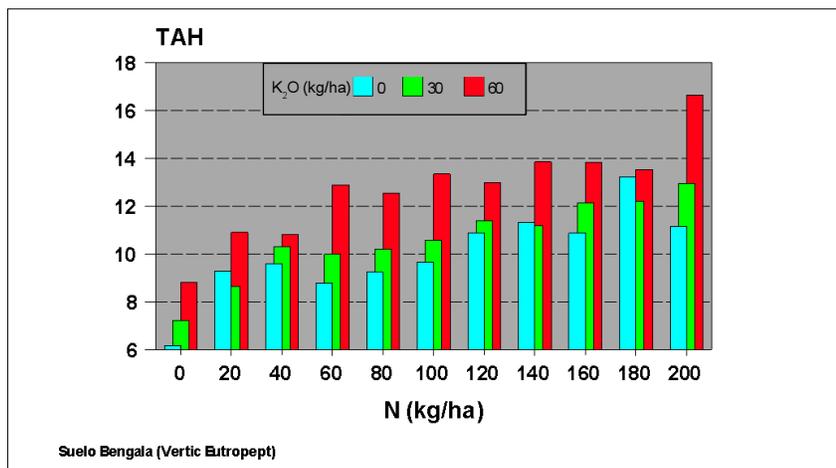
Los efectos de las aplicaciones de nitrógeno y potasio en el rendimiento de la plantilla de la V 71-51 se pueden observar en la **Figura 4**. En la prueba de manejo que no incluyó potasio, el rendimiento mostró cierta tendencia a disminuir a medida que aumentó la cantidad de nitrógeno aplicada al suelo. Con la aplicación de 30 kg de K<sub>2</sub>O/ha (segunda prueba) el rendimiento aumentó en relación con la prueba de potasio y, además, mostró una tendencia sostenida al incrementar la dosis de nitrógeno aplicada al suelo. Al usar la dosis de 60 kg de K<sub>2</sub>O/ha los rendimientos fueron aún mayores y mostraron una tendencia cuadrática con el aumento de la dosis de nitrógeno; el máximo rendimiento calculado para esta tercera prueba correspondió a la dosis de 95 kg de N/ha. En la **Figura 4** se aprecia que el rendimiento disminuyó a partir de la dosis de 120 kg de N/ha cuando se usó la dosis de 60 kg de K<sub>2</sub>O/ha. En general, el efecto del potasio en el rendimiento de la V 71-51 es muy importante porque en suelos de alta respuesta al nitrógeno en cuanto a producción de caña, es posible usar dosis relativamente altas de nitrógeno para incrementar las produc-



**Figura 4.** Efectos del nitrógeno (N) y potasio (K) en el rendimiento de la V 71-51 (plantilla) en un suelo Bengala (Inceptisol) del valle del río Cauca, zona sur.

ciones de caña sin mucho perjuicio en la concentración de la sacarosa ni en el rendimiento de los tallos molederos.

Con respecto a la producción de azúcar, en la **Figura 5** se observa su tendencia a aumentar con el incremento de las cantidades de nitrógeno aplicadas al suelo. Las correlaciones encontradas entre estas dos variables (TAH y dosis de nitrógeno) fueron altamente significativas y los coeficientes de correlación variaron



**Figura 5.** Efectos del nitrógeno (N) y potasio (K) en la producción de azúcar de la V 71-51 (plantilla) en un suelo Bengala (Inceptisol) de la zona sur del valle del río Cauca.

entre 0,86 y 0,94. También se observan las diferencias en producción de azúcar como consecuencia de las aplicaciones de potasio al suelo. Fácilmente se deduce que para la variedad V 71-51 (plantilla) y en condiciones de suelo y clima similares a las presentadas en este sitio del valle del río Cauca es necesario aplicar dosis cercanas a 140 kg de N/ha y complementarlas con 60 kg de  $K_2O$ /ha para garantizar producciones de caña y rendimiento relativamente altos.

### CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en estas tres pruebas de manejo del nitrógeno, es posible concluir que:

1. Existe la alternativa para tomar decisiones con respecto a la necesidad de aplicar dosis complementarias de nitrógeno en caña de azúcar con base en el contenido de nitrógeno foliar o en la evaluación de la clorofila determinados a los tres meses después de la siembra.
2. La respuesta esperada por parte de la variedad V 71-51 a las aplicaciones de nitrógeno es alta en suelos Bengala (Inceptisol) o similares a éstos, localizados en la parte sur del valle del río Cauca.
3. En estos suelos Bengala del Ingenio La Cabaña (suerte Caldas 16) el potasio no influyó en la producción de la plantilla de la variedad V 71-51, pero su aplicación al suelo aumentó considerablemente el rendimiento teórico y la producción de azúcar por hectárea.
4. Dados los efectos del nitrógeno y el potasio en la producción de caña y en el rendimiento, las aplicaciones de 60 kg de  $K_2O$ /ha al momento de la siembra y de 140 kg de N/ha a los 45 días después de la siembra, en condiciones de suelo y clima similares a las presentadas en este sitio experimental, se muestran promisorias para plantillas de la variedad V 71-51.

### RESUMEN

Las pruebas de manejo son experimentaciones sencillas que se realizan en parcelas semicomerciales con el fin de determinar las dosis más apropiadas de un nutrimento para una variedad comercial o promisorias en un suelo cuyas características representen un área importante de un ingenio o zona.

Las pruebas de manejo del nitrógeno incluyen 11 dosis que van desde 0 hasta 200 kg N/ha con un intervalo de 20 kg /ha entre ellas. Se complementan con dosis uniformes de fósforo o de potasio en caso de que el suelo presente contenidos de fósforo disponible o de potasio intercambiable que puedan limitar la producción de la caña de azúcar.

Las tres pruebas de manejo del nitrógeno efectuadas en el Ingenio La Cabaña (suerte Caldas 16) demuestran que la variedad V 71-51 respondió significativamente en su producción de caña a las aplicaciones de nitrógeno y en su concentración de azúcar a las aplicaciones de potasio en un suelo Bengala (Inceptisol - Grupo de manejo No. 8). Los Inceptisoles húmedos y pobremente drenados presentan un área relativamente extensa en la zona sur del valle geográfico del río Cauca.

**BIBLIOGRAFÍA**

1. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). BOGOTÁ. COLOMBIA. Estudio semidetallado de suelos del valle geográfico del río Cauca. Bogotá, IGAC, 1980. 582 p.
2. CENTRO DE INVESTIGACION DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA (CENICAÑA). CALI, Informe Anual 1989. Cali, CENICAÑA, 1990. 92 p.
3. CENTRO DE INVESTIGACION DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA (CENICAÑA). CALI, Informe Anual 1990. Cali, CENICAÑA, 1991. 66 p.
4. QUINTERO D., R.; Agrupación de los suelos del valle geográfico del río Cauca. Cali, CENICAÑA, 1992. 19 p. (Serie Técnica No. 8).
5. QUINTERO D., R.; Interpretación del análisis de suelo y recomendaciones de fertilizantes para la caña de azúcar. Cali, CENICAÑA, 1993. 18 p. (Serie Técnica No. 14).

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 y Procesos de Fábrica. Servicios de apoyo en Análisis Económico y Estadístico, 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. 1995.