

JAIME FERNANDO GÓMEZ P. Y ORLANDO SÁNCHEZ E. \*\*

## INTRODUCCIÓN

Las prácticas culturales o de manejo, representan factores importantes en el aumento de los rendimientos. Dentro de estas prácticas se cita la aplicación de abonos al cultivo y más específicamente la aplicación de nitrógeno.

En el Valle del Cauca los primeros estudios sobre fertilización en caña de azúcar se realizaron alrededor de 1940 y los resultados obtenidos no fueron positivos, posiblemente por la riqueza natural de los suelos. Sin embargo, en algunos sectores cañeros del valle geográfico del Río Cauca se han presentado respuestas positivas a la aplicación de fertilizantes (1).

Debido a que la caña de azúcar es particularmente exigente en nitrógeno y sus rendimientos se incrementan notablemente cuando se le suministra este nutriente, es importante conocer cuáles son las fuentes más apropiadas de este elemento y las cantidades requeridas, que proporcionen los mejores rendimientos de caña y *azúcar*, en forma práctica y económica;

Como no existen formulaciones definidas sobre respuesta del cultivo a la aplicación de fertilizantes nitrogenados que sirvan de guía a los agricultores, el Programa de Caña de Azúcar, en colaboración con el

---

\* Contribución del Programa de Caña de Azúcar. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Palmira.

\*\* Genetista Auxiliar; Director del Programa de Caña de Azúcar, respectivamente. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Palmira.

Programa de Suelos del ICA y con la Caja de Crédito Agrario, estableció cuatro experimentos semicomerciales de fertilización con nitrógeno en las regiones azucareras del Valle geográfico del Río Cauca.

• *Los objetivos de los experimentos fueron:*

1. Determinar la producción de caña y de azúcar por unidad de superficie, utilizando diferentes fuentes y dosis de nitrógeno.
2. Observar el efecto de las dosis de nitrógeno en el contenido de sacarosa.

## REVISIÓN DE LITERATURA

La investigación sobre la fertilización con nitrógeno en otros países es muy extensa. Existen numerosas recomendaciones al respecto pero casi todas indican que la caña de azúcar responde con altos rendimientos a la aplicación de nitrógeno (2).

En varios experimentos realizados en Puerto Rico (5), se encontró que las aplicaciones tempranas de nitrógeno produjeron un aumento en el contenido de sacarosa y en los rendimientos.

En Perú (10), se suministran al cultivo 165-236 kilogramos de nitrógeno por hectárea en una a tres aplicaciones, 133 kilogramos al momento de la siembra, 50 kilogramos a los dos meses y medio y 50 kilogramos a los cuatro meses; bajo estas condiciones, siguen la norma de aplicar un kilogramo de nitrógeno por tonelada de caña producida.

Vallejo (11), encontró en el Perú una correlación positiva entre la aplicación de nitrógeno y los rendimientos de caña de azúcar por hectárea.

En Venezuela (4), los mejores rendimientos en azúcar se obtuvieron cuando el nitrógeno se aplicó a un intervalo hasta de cuatro meses, no habiendo mucha diferencia si se hace en una o tres aplicaciones. Las fertilizaciones hechas de los seis a los ocho meses, bajan los rendimientos en azúcar como consecuencia de una baja de las perezas.

Tanimoto y Burr (9), citan las experiencias de Borden en Hawai, quien resumió los resultados de 14 experimentos, en los que concluyó que para aumentar los rendimientos, una sola aplicación de nitrógeno era superior a la misma cantidad en varias aplicaciones.

Samuels (7), en Puerto Rico, llegó a la conclusión de que aplicaciones tardías de nitrógeno pueden ser perjudiciales para el cultivo, ya que se producen bretones de agua y aunque aumenta el tonelaje, disminuye la calidad de los jugos y la producción de azúcar. El nitrógeno nunca se aplica faltando seis a ocho meses para la cosecha. Sin embargo, en suelos sueltos (arenosos) es recomendable hacer una buena aplicación al principio y una adicional si la caña muestra una apariencia amarillenta atribuible a deficiencias de nitrógeno.

Loewenstein, citado por Laudy (3) afirma que las fuentes comúnmente usadas de este elemento son de una solubilidad relativamente alta, que su efecto residual es de corta duración, pues desaparece en unos dos o tres meses y que la mayor parte del nitrógeno aplicado es absorbido por las plantas en las primeras cinco semanas posteriores a su aplicación. En suelos de pH igual a 6,5 las fuentes de este elemento tales como urea, sulfato de amonio y nitrato de amonio tienen una pérdida total del 50 por ciento de nitrógeno, perdiéndose la mayor parte en las primeras seis semanas; estas pérdidas son mayores en terrenos de más alto pH.

Trabajos relacionados con la utilización de diferentes fuentes de nitrógeno en Puerto Rico (6), indican que no hay diferencia en producción de caña y *azúcar*, ya sea utilizando sulfato de amonio, uramón, nitrato de amonio y nitrógeno orgánico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se *realizó* en el Valle del Cauca a una altura de 1.000 metros sobre el nivel del mar, 24 grados centígrados de temperatura media y 1.000 milímetros de precipitación media anual.

Se ubicaron dos experimentos en la parte norte (ingenios Riopaila y Pichichí), cuyos suelos son de tipo arcilloso, moderadamente ácidos (pH 6,0), con contenidos medios a altos en nitrógeno, altos en fósforo y potasio, de buen contenido de materia orgánica y considerados como suelos muy productivos. En la parte central del Valle (ingenio Central Castilla), se estableció el tercer experimento en un suelo arcilloso, ligeramente ácido (pH 6,3), de menor contenido de materia orgánica que los dos anteriores y de mediano nivel de fertilidad. El cuarto experimento se localizó en la parte sur (ingenio Meléndez), en un suelo laterítico, moderadamente ácido, bajo en contenido de nitrógeno, de medio a alto en los contenidos de fósforo y potasio.

**TABLA 1.** EFECTO DE LA APLICACIÓN DE NITRÓGENO EN EL RENDIMIENTO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (1965-1968). TONELADAS DE CAÑA POR HECTÁREA.

Kilogramos de Nitrógeno por hectárea	LOCALIDADES					X
	RIOPAILA	PICHICHI	C. CASTILLA	MELENDEZ	TOTAL	
		Nitrato de amonio				
Testigo	47.47	60.82	62.81	52.83	223.93	73.85

40	57.43	88.50	70.70	46.07	267.70	65.57
60	62.85	96.00	90.33	53.08	302.56	75.56
80	64.60	104.94	96.21	63.28	329.03	82.26
100	80.03	107.91	100.81	71.73	360.48	90.12
		Urea				
40	54.62	100.76	78.50	61.46	295.34	73.85
60	65.51	98.40	83.53	56.83	304.27	76.07
80	79.83	89.99	85.42	65.85	320.64	80.16
100	74.50	97.83	93.33	67.92	333.58	83.42
Promedios	65.20	93.92	84.68	59.89		

D.M. \* para tratamientos 5% = 17,15

D.M. para Localidades 5% = 5,61

\* Diferencia mínima significativa.

La aplicación de nitrógeno en bandas, realizada en los tres primeros meses después del corte, estimuló el desarrollo del cultivo y aumentó la producción de caña de manera progresiva; sin embargo, los aumentos logrados fueron cada vez menores a medida que se incrementaban las dosis.

En el norte del Valle, ingenios Riopaila y Pichichí, se observó que los más altos rendimientos se obtienen con aplicaciones de 80 a 100 kilogramos de nitrógeno por hectárea. En el centro y sur, ingenios Central Castilla y Meléndez, se observó que los aumentos en producción obtenidos con las dosis de 80 kilogramos son muy similares a los obtenidos con la dosis de 100 kilogramos. Esta situación puede deberse a algunas condiciones desfavorables del suelo, como su bajo nivel de fertilidad y regular contenido de materia orgánica.

En el ingenio Meléndez se pudo observar que la producción disminuyó notoriamente con la dosis de 40 a 60 kilogramos de nitrógeno, y es muy similar en todas sus dosis. Esto se debe a que la plantación estuvo afectada por falta de riego, el cual es indispensable para la obtención de buenos rendimientos.

Al estudiar los datos de producción promedio de toneladas caña por hectárea, para las diferentes dosis aplicadas, se pudo observar que el aumento sobre el testigo logrado con la dosis de 40 kilogramos de nitrógeno por hectárea fue de 25 por ciento; el aumento logrado con la dosis de 60 fue de 33 por ciento; el aumento logrado con la dosis de 80 fue de 40 por ciento y el aumento logrado con la dosis de 100 fue de 55 por ciento (Tabla 2).

La respuesta de la caña de azúcar a las diferentes fuentes fue muy notoria en el caso de la urea, ya que sus promedios de producción fueron más altos que los obtenidos con nitrato de amonio. Los promedios de producción en toneladas de caña por hectárea por corte, para las dos fuentes de nitrógeno fueron de: 73,88 con nitrato de amonio y 74,04 con urea.

**TABLA 2. PRODUCCIÓN EN TONELADAS CAÑA POR HECTÁREA BAJO DIFERENTES FUENTES Y DOSIS DE NITRÓGENO. PROMEDIO DE CUATRO LOCALIDADES.**

Fuentes de nitrógeno	Kilogramos de nitrógeno por hectárea					
	O	40	60	80	100	Promedio
Nitrato de amonio . . .	55,99	65,67	75,64	82,00	90,12	73,88
Urea	55,99	74,60	76,06	80,16	83,42	74,04
Promedios	55,99	70,13	75,85	81,08	86,77	

Los rendimientos en toneladas de caña por hectárea en las cuatro localidades, mostraron variación de la producción de caña a medida que se incrementaron las dosis. Sin embargo, los aumentos logrados fueron cada vez menores en estas localidades. Cuando se aplicaron: O, 40, 60, 80 y 100 kilogramos de nitrógeno por hectárea, la producción de caña varió considerablemente entre

localidades, notándose una mayor respuesta a las aplicaciones de nitrógeno en Pichichí, Central Castilla y Riopaila.

En Meléndez los incrementos de respuesta no fueron tan marcados como en los tres sitios anteriores. Estos aumentos fueron tan pequeños que no se justifica aplicar más de 80 kilogramos de nitrógeno por hectárea, ya que sus rendimientos son muy similares a los obtenidos con la dosis de 100 kilogramos de nitrógeno por hectárea.

#### *Producción de azúcar.*

Efectuados los análisis estadísticos se encontraron diferencias significativas entre los rendimientos promedios, debidas al efecto de las dosis usadas de nitrógeno tanto de nitrato de amonio como de urea, en las localidades de Central Castilla, Meléndez, Riopaila y Pichichí.

Al estudiar los datos presentados en la Tabla 3, se observa que plantaciones en soca de caña de azúcar, responden favorablemente a las aplicaciones de nitrógeno. Con aplicaciones de 80 a 100 kilogramos de nitrógeno por hectárea se incrementó la producción en un 38 a 65 por ciento en azúcar en las localidades de Riopaila, Pichichí, Central Castilla, mientras que con aplicaciones de 80 a 100 kilogramos de nitrógeno por hectárea se obtuvo un aumento del 29 al 57 por ciento en azúcar en la localidad de Meléndez.

Los promedios de producción de azúcar fueron: 7,44; 9,06; 9,76; 10,56 y 11,81 toneladas de azúcar para el testigo; 40, 60, 80 y 100 kilogramos de nitrógeno por hectárea, respectivamente.

La aplicación de nitrógeno realizada en un intervalo de tres meses, estimuló el desarrollo del cultivo, aumentó la producción de azúcar con dosis de 40 a 100 kilogramos por hectárea de manera progresiva. Estos aumentos fueron más notorios en los ingenios Pichichí, Central Castilla y Riopaila, debido a que la plantación se regó en forma adecuada; en cambio en el ingenio Meléndez posiblemente la falta de riego al cultivo hizo que los aumentos fueran tan pequeños.

**TABLA 3. EFECTO DE LA APLICACIÓN DE NITRÓGENO EN EL RENDIMIENTO DE AZÚCAR (1965-1968)**

Kilogramos de Nitrógeno por hectárea	LOCALIDADES					Promedio
	Riopaila	Pichichí	C. Castilla	Meléndez.	Total	
	Nitrato de amonio					
Testigo	6,55	8,11	8,63	6,47	29,76	7,44
40	7,91	11,30	9,73	6,53	35,47	8,87
60	8,52	12,17	12,35	6,97	40,01	10,00
80	9,37	11,20	12,77	8,20	41,54	10,38
100	11,32	14,10	13,01	8,78	47,21	11,80
	UREA					
40	7,88	10,91	11,01	7,32	37,12	9,25
60	7,52	11,50	11,48	7,60	38,10	9,52
80	11,14	11,52	11,89	8,48	43,03	10,75
100	10,34	12,79	12,65	11,54	47,32	11,82
Promedio	8,94	11,51	11,49	7,99		
D.	M.S. *	Para	Tratamientos	.....		5% = 1,14
D	M S	entre	nitrato	de amonio	.....	5% = 1,14
D	M S	entre	urea		.....	5% = 1,14
D	M S	entre	fuentes	vs. testigo	.....	5% = 1,14
D.	M.S.	para	Localidades.....			5% = 0,75

\* Diferencia mínima Significativa.

En el norte, centro y sur del Valle, ingenios Riopaila, Pichichí Central Castilla y Meléndez, se observa que las más altas producciones de azúcar se obtienen con la aplicación de 100 kilogramos de nitrógeno por hectárea. En las cuatro localidades el rendimiento fue diferente, encontrándose las mayores producciones en Pichichí y Central Castilla, y las menores en Riopaila y Meléndez. Los promedios de producción de azúcar fueron: 11,51; 11,49; 8,94 y 7,99, para Pichichí, Central Castilla, Riopaila y Meléndez respectivamente.

Al estudiar los datos de producción de toneladas de azúcar por hectárea para las diferentes fuentes y dosis aplicadas, se puede observar que el aumento sobre el testigo logrado con la dosis de 40 fue de 22,40 por ciento; el aumento logrado con la dosis de 60 fue de 31,80 por ciento; el aumento logrado con la dosis de 80 fue de 42,70 por ciento y el aumento logrado con la dosis de 100 fue de 59,45 por ciento. Esta situación demuestra que con aumento progresivo de nitrógeno se obtienen incrementos progresivos en toneladas de azúcar en las cuatro localidades (Tabla 4).

La respuesta de la caña de azúcar a las fuentes usadas fue muy notoria en el caso de la urea. Los promedios de producción fueron más altos cuando se utilizó urea que cuando se empleó nitrato de amonio. Los rendimientos en toneladas de azúcar por hectárea por corte, para las dos fuentes, en las cuatro localidades fueron: 7,44; 8,87; 10,00; 10,38; 11,80 para nitrato de amonio y 7,44; 9,25; 9,52; 10,75 y 11,82 para urea.

**TABLA 4.** PRODUCCIÓN PROMEDIA EN TONELADAS AZÚCAR POR HECTÁREA BAJO DIFERENTES FUENTES Y DOSIS DE NITRÓGENO. PROMEDIOS DE CUATRO LOCALIDADES.

Fuentes de nitrógeno	Kilogramos de Nitrógeno por hectárea					Promedio
	0	40	60	80	100	
Nitrato de amonio	7,44	8,87	10,00	10,38	11,80	9,69
Urea	7,44	9,25	9,52	10,75	11,82	9,73
Promedios	7,44	9,06	9,76	10,56	11,81	

En los ingenios Pichichí y Central Castilla con dosis de 80 y 100 kilogramos de nitrógeno por hectárea, se obtuvieron: 11,36; 13,44; 12,33 y 12,83 toneladas de azúcar por hectárea, respectivamente, mientras que en Riopaila y Meléndez los rendimientos no fueron superiores, pero sí hubo respuesta del cultivo a la aplicación de nitrógeno. Sus rendimientos fueron: 10,25; 10,83; 8,34 y 9,66 para aplicaciones de 80 a 100 kilogramos de nitrógeno por hectárea.

La cantidad de nitrógeno aplicada al cultivo en un período de tres meses después del corte, ocasionó incrementos en el contenido de sacarosa y no causó ningún efecto negativo en la calidad de los jugos. Estos aumentos fueron cada vez mayores de acuerdo con las cantidades de nitrógeno aplicado. Con dosis de 40; 60; 80 y 100 kilogramos de nitrógeno por hectárea se observó un aumento en el contenido de sacarosa en las cuatro localidades. Así con la dosis de 40 el aumento logrado fue de 3,0 por ciento; con dosis de 60 el aumento logrado fue de 3,3 por ciento; con dosis de 80 el aumento logrado fue de 4,1 por ciento y con dosis de 100 el aumento logrado fue de 1,8 por ciento (Tabla 5).

**TABLA 5.** EFECTO DE LA APLICACIÓN DEL NITRÓGENO EN EL PORCENTAJE DE SACAROSA. PROMEDIO DE CUATRO LOCALIDADES.

Kilogramos de Nitrógeno por hectárea	LOCALIDADES				Promedio
	Riopaila	Pichichí	C. Castilla	Meléndez	

0	19,43	17,69	19,90	18,50	18,88
40	20.53	17.96	20.86	18.50	19.46
60	20.59	18.04	20.23	19.19	19.51
80	20.69	18.76	20.01	19.25	19.67
100	19,44	19,61	19,84	18,04	19,23

## RESUMEN Y CONCLUSIONES

En las regiones azucareras del valle geográfico del Río Cauca, se realizó un estudio con caña de *azúcar para* determinar la influencia del nitrógeno en la producción de caña y de azúcar por hectárea.

El experimento se realizó en un suelo arcilloso a una altura de 1.000 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura media anual de 24 grados centígrados y una precipitación anual de 1.000 milímetros.

En la parte norte (ingenios Riopaila y Pichichí), se realizaron dos experimentos cuyos suelos son de tipo arcilloso, ligeramente ácidos (pH 6,0), de medio a alto en el contenido de nitrógeno y alto en el contenido de fósforo y potasio. En la parte central del Valle (ingenio Central Castilla), se realizó un tercer experimento en un suelo arcilloso, de menor contenido de materia orgánica y de mediano nivel de fertilidad. El cuarto experimento se localizó en la parte sur (ingenio Meléndez), en un suelo laterítico, bajo en el contenido de nitrógeno, de medio a alto en los contenidos de fósforo y potasio.

El diseño experimental empleado fue el de bloques al azar con dos replicaciones y nueve tratamientos. Las fuentes de nitrógeno usadas fueron el nitrato de amonio (26 por ciento N) y la urea (45 por ciento N) ; de cada fuente se emplearon las siguientes dosis de nitrógeno: 0; 40; 60; 80 y 100 kilogramos por hectárea aplicadas la primera mitad dos semanas después del corte y la segunda mitad a los tres meses.

El experimento se cosechó a los 15 meses y los resultados se expresaron en términos de toneladas de caña y azúcar por hectárea.

En general, al aumentar la dosis de nitrógeno aplicado se aumentó la producción de caña y de azúcar en forma significativa.

Con dosis de 80 a 100 kilogramos de nitrógeno por hectárea se incrementó la producción en un 60 por ciento en caña y en azúcar en las cuatro localidades. Las dosis de 80 y 100 kilogramos de nitrógeno fueron más eficientes que las dosis de 40 y 60 en todas las localidades.

Los promedios de producción para toneladas de caña y de azúcar por hectárea fueron más altos cuando se utilizó urea que cuando se empleó nitrato de amonio.

La cantidad de nitrógeno aplicada en un período de tres meses después del corte, ocasionó incrementos en el contenido de sacarosa y no causó ningún efecto negativo en la calidad de los jugos.

La dosis óptima de nitrógeno se encontró entre 80 y 100 kilogramos por hectárea aplicada en un período de tres meses después de cada corte.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Anónimo. 1967. Algunos factores que afectan el contenido de sacarosa en la caña de azúcar en el Valle del Cauca. I Simposio anual Asocaña (mimeógrafo). 25 pp.
2. CLEMENTS, H. F. 1955. El registro agronómico en la caña de azúcar. Principios y prácticas. Yaritagua, Estación Experimental de Caña de Azúcar de Occidente. 44 pp. Bol. N° 60.
3. LAUDY, TH. 1959. Abonamiento de la caña de azúcar con relación a la falta de guano de Islas. Anales V Convención Nacional de Tecnólogos Azucareros, Perú. pp. 57 - 60.

4. ORTEGA, D. y G. SEGURA. 1966. Época de aplicación del nitrógeno en la caña de azúcar. Yaritagua, Venezuela, Estación Experimental de Caña de Azúcar de Occidente. Bol. N° 79 pp. 14 - 25.
5. SAMUELS, *et al.* 1952. The response of sugar cañe in Puerto Rico to variases nitrogen sources. The Journal of Agriculture of the Univer-sity of Puerto Rico. 26 (2) : 230 - 239.
6. SAMUELS, *et al.* 1952. Factors affecting the sucrose content of sugar cañe. Fertilizers. The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico. 26 (3): 194-202.
7. SAMUELS, G. 1959. El abonamiento de la caña de azúcar. Revista de Agricultura de Puerto Rico. 46 (1): 52-63.
8. SPENCER, and G. MEADE. 1957. Cañe sugar and book. Eight edition. New York. John Willey and Sons. Inc. pp. 718-728.
- ^9. TANIMOTO, T. and G. BURR. 1959. The growth of sugar cañe as influenced by nitrogen fertilization. Procceding of the 10th. congress of the sugar cañe technologists. p. 450.
10. VALLEJO C. FERNANDO. 1966. Comportamiento de los rendimientos de campo. VIII Convención Nacional de Tecnólogos Azucareros, Perú. (Informe especial).
11. —————. 1966. Comportamiento de los rendimientos de campo. VIII Convención Nacional de Tecnólogos Azucareros, Perú. (Informe especial) .