

RESPUESTA DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) A LA FERTILIZACIÓN CON NITRATO DE AMONIO EN UN MOLISOL, GUANACASTE¹

José Fermín Subirós *

ABSTRACT

The response of sugarcane (*Saccharum officinarum*) to ammonium nitrate fertilization in a Mollisol of Guanacaste, Costa Rica. The effect of ammonium nitrate upon crop yield and industrial variables of sugarcane was determined during five harvests, from 1983-84 to 1987-88. Cane yield was the variable where greater response was obtained. Little or no effects were found on Brix, pol, purity, fiber and moisture, nor on industrial yield. The late application of N tested in the first harvest negatively affected juice Brix and pol, but not the other variables. Optimum doses of N for each of the harvests were 121, 140, 167, 158 and 159 kg/ha, respectively. An average function was obtained, which takes into consideration cane and industrial yields for each harvest, arriving at a new N dose of 143.5 kg/ha. There was a differential response to fertilization in each of the periods; optimum doses varied according to the climatic and crop conditions prevailing each season. This observation supports the need to perform field tests involving results from several harvests before reliable recommendations can be produced. Rainfall amount and distribution play an important role, but not the only one; other factors must be considered, as there were years with little and poorly distributed rainfall in which good cane yields were obtained.

INTRODUCCION

El nitrógeno es uno de los principales elementos para el desarrollo normal de la caña de azúcar. Las plantas deficientes presentan una coloración amarillenta y más tarde las hojas inferiores mueren, muestran una menor cantidad de brotes por cepa, los tallos se tornan delgados y en general se reduce el crecimiento de la planta (Malavolta y Haag, 1964a; Thomas y Smith, 1978).

Cantidades adecuadas de N mejoran el macollamiento, altura, grosor y peso de los tallos (Carvajal, 1967; Chema y Madoni, 1970; Clements, 1980; Humbert, 1974); los excesos pueden susceptibilizar a la planta a algunas enfermedades (Malavolta y Haag, 1964a; 1964b).

El nitrato de amonio, tiene una acción más rápida que la urea o el sulfato de amonio, ya que la mayoría de los cultivos utilizan el N principalmente en forma de nitratos, en tanto que el N amoniacal generalmente debe convertirse en nitrato antes de ser efectivo para la planta. Se han observado pérdidas por volatilización de 0,84% durante los primeros siete días después de aplicado el producto, porcentaje relativamente bajo comparado con 1,29% en el sulfato de amonio y 16,37% en la urea (Fassbender, 1984). Sin embargo, el nitrato de amonio presenta algunos inconvenientes por su alta higroscopicidad, menor contenido de N que la urea e incompatibilidad con algunas mezclas.

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del N como nitrato de amonio sobre la producción de caña y las variables industriales durante cinco ciclos del cultivo, con la finalidad de encontrar una dosis adecuada para emplearla a nivel comercial.

1/ Recibido para publicación el 30 de agosto de 1988.
* Departamento de Investigación, Azucarera El Viejo, San José 1000, Apartado 2571. Dirección permanente: San José 1000, Apartado 10189.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se llevó a cabo durante las zafras 1983-1984 a 1987-1988 en el Ingenio El Viejo, ubicado en el cantón de Carrillo, Guanacaste a una latitud norte de 10°25', una longitud oeste de 85°28' y a 40 msnm, en un suelo del orden Molisol. Se utilizó el cultivar 'Q68'.

La fertilización se realizó en los retoños, a una edad que osciló entre los 2 y 4 meses después del corte. Se aplicaron dosis de 50, 100, 150, 200 y 250 kg/ha de N como nitrato de amonio (33,5% N) que se compararon con un testigo. La fertilización del período 1987-88 se modificó sustituyéndola, respectivamente, con 80, 140, 200, 260 y 320 kg/ha de N.

A cada uno de los tratamientos se les aplicó una base de 100 kg/ha de K₂O como KCl y 150 kg/ha de P₂O₅ usando como fuente triple superfosfato en los dos primeros retoños (1983-84 y 1985-86). La edad de la caña al efectuar la cosecha fue de 12 meses excepto en la primera zafra que correspondió a 10 meses; los resultados se expresaron a doce meses de edad. Los análisis, de madurez fueron realizados en marzo de cada año, cuando la caña presentó mayor contenido de sacarosa. En la zafra de 1983-84 no se pudieron obtener los datos de fibra y humedad, y para el cálculo del rendimiento industrial la fibra fue estimada.

Las parcelas contaron de cinco surcos de 10 m de longitud, separadas a 1,5 m; el área útil fueron los tres surcos centrales y el diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

Los valores de las variables industriales se obtuvieron empleando el sistema de pago por sacarosa aprobado por LAICA y al cálculo del rendimiento industrial se le eliminó el factor de adelanto.

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis de suelo

En el Cuadro 1 se anotan los resultados promedio del análisis de suelo. El pH de 6,4 indica que el suelo no tiene problemas de acidez y el contenido de P es normal. En general las bases se encuentran en altas cantidades pero se nota un antagonismo del Mg con respecto al K. Los micronutrientes se encuentran arriba del nivel crítico excepto el Zn (Carvajal, 1967; Humbert, 1974).

Cuadro 1. Análisis químico del suelo Molisol donde se hizo la prueba, Ingenio El Viejo, Carrillo, Guanacaste.

pH	(%) agua M.O.	cmol (+)/L					mg/L			
		K	Ca	Mg	Al	P	Zn	Mn	Cu	
6,4	10,15	0,33	19,0	5,2	0,11	15	2	7	10	

Textura: franco-arenosa

Producción de caña y sacarosa

La producción de caña fue la variable que más mostró el efecto del N (Cuadro 2) confirmando lo observado en otros estudios (Carvajal, 1967; Clements, 1980; Gómez y Sánchez, 1968; Muñoz y Molina, 1982; Narwall y Malik, 1981). En todas las zafras se presentaron diferencias altamente significativas entre tratamientos ($P > 0,01$), excepto en la última que fueron apenas significativas ($P > 0,05$). Fue muy notoria la diferencia en producción de caña entre el testigo y la dosis 1, lo que pone en evidencia la respuesta de la caña a este elemento, y por lo tanto, la indispensabilidad de su empleo.

En cuanto a la producción de sacarosa se observó una tendencia similar ya que esta variable depende muy directamente de la producción de caña y del rendimiento industrial. En las zafras 1984-85 y 1985-86 se obtuvo diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($P > 0,01$) y significativas ($P > 0,05$) para el período 1983-84. En las zafras 1986-87 y 1987-88 no se encontró diferencias entre tratamientos.

En general, la adición de N produjo un aumento de la producción de caña y sacarosa; además, se notó una necesidad cada vez mayor de este elemento a lo largo de las zafras (Cuadro 8), debido probablemente al deterioro progresivo de la cepa.

Las producciones de caña y sacarosa, no tuvieron un comportamiento estable a través de los años; esto es de esperar, ya que diferentes factores tales como el clima, plagas y otros, influyen sobre el rendimiento de cada año. El orden de producción de las zafras, de mayor a menor (Cuadro 2 y 3) fue el siguiente: 87-88 > 85-86 > 83-84 > 86-87 > 84-85.

Es importante considerar dentro del clima la precipitación, tanto la cantidad caída como la distribución de la misma a través del año (Figuras 1 y 2). En 1983 se produjeron dos lluvias anticipadas, una en la década 5 y otra en la 8, y un invierno prolongado, lo cual pudo haber permitido mayor período de crecimiento de la caña, mientras que durante 1984 se produjo una precipitación apreciable en la década 6 de 26,3 mm, pero hasta después de

Cuadro 2. Efecto de dosis crecientes de nitrógeno en la producción de caña (t/ha) durante las zafras 1983-84 a 1987-88, Ingenio El Viejo, Carrillo, Guanacaste.

Dosis de nitrógeno	Zafras				
	1983-84	1984-85	1985-86	1986-87	1987-88
0	90,67 c	62,22 b	109,11 c	87,50 c	125,56 b
1	140,80 ab	93,33 a	131,78 bc	100,89 b	151,67 a
2	144,53 ab	102,78 a	151,33 ab	121,94 b	145,56 a
3	164,80 a	93,89 a	149,56 ab	142,50 a	164,72 a
4	150,67 ab	104,44 a	159,56 ab	140,00 a	173,89 a
5	123,20 bc	92,22 a	168,00 a	142,78 a	168,61 a
C.V. (%)	17,66	12,22	8,64	7,95	11,68
Tratamientos	**	**	**	**	*
Bloques	N.S.	N.S.	N.S.	**	N.S.

a,b,c Tratamientos seguidos de una misma letra no difieren significativamente entre sí, de acuerdo a la prueba de Duncan al 5% de probabilidad

* Diferencias significativas al 5% de probabilidad

** Diferencias significativas al 1% de probabilidad

N.S. Diferencias no significativas

Cuadro 3. Efecto de dosis crecientes de nitrógeno en la producción de sacarosa (t/ha) durante las zafras 1983-84 a 1987-88, Ingenio El Viejo, Carrillo, Guanacaste.

Dosis de nitrógeno	Zafras				
	1983-84	1984-85	1985-86	1986-87	1987-88
0	10,74 c	7,60 c	14,23 c	10,67 b	16,17 b
1	17,39 ab	11,74 ab	18,39 b	14,48 ab	19,80 a
2	17,11 ab	13,28 ab	16,65 ab	16,23 a	17,08 a
3	19,67 a	12,18 ab	19,61 ab	15,89 a	22,76 a
4	17,26 ab	13,67 a	18,70 b	16,81 a	22,43 a
5	13,93 bc	11,50 b	23,42 a	17,36 a	22,70 a
C.V. (%)	18,75	10,76	13,41	14,27	18,12
Tratamientos	*	**	**	N.S.	N.S.
Bloques	N.S.	N.S.	N.S.	**	N.S.

a,b,c Tratamientos seguidos de una misma letra no difieren significativamente entre sí, de acuerdo a la prueba de Duncan al 5% de probabilidad

* Diferencias significativas al 5% de probabilidad

** Diferencias significativas al 1% de probabilidad

N.S. Diferencias no significativas

la 9 se presentaron lluvias constantes y dejó de llover en la década 33, dos décadas antes que en 1983. Presumiblemente un invierno más corto que en 1983 pudo haber causado la interrupción del crecimiento, de ahí que se note menor producción de caña en este año. El año 1986 se caracterizó por un comienzo de lluvias ligeras en las décadas 6 y 8; a partir de la 12 se produjeron fuertes aguaceros y en las décadas 15 y 16 llovió 322,5 y 385,3 mm, respectivamente, que

representan cerca del 46% de la precipitación de ese año; esto causó efectos adversos en el desarrollo de la caña y a nivel comercial se perdieron áreas considerables, especialmente por inundaciones causadas por el Tempisque. También en los años 1984 y 1985 hubo desbordamientos del río, que en términos comerciales tuvieron también efecto detrimental, sin embargo, a nivel experimental sus efectos sobre la producción de caña por exceso de agua no fueron

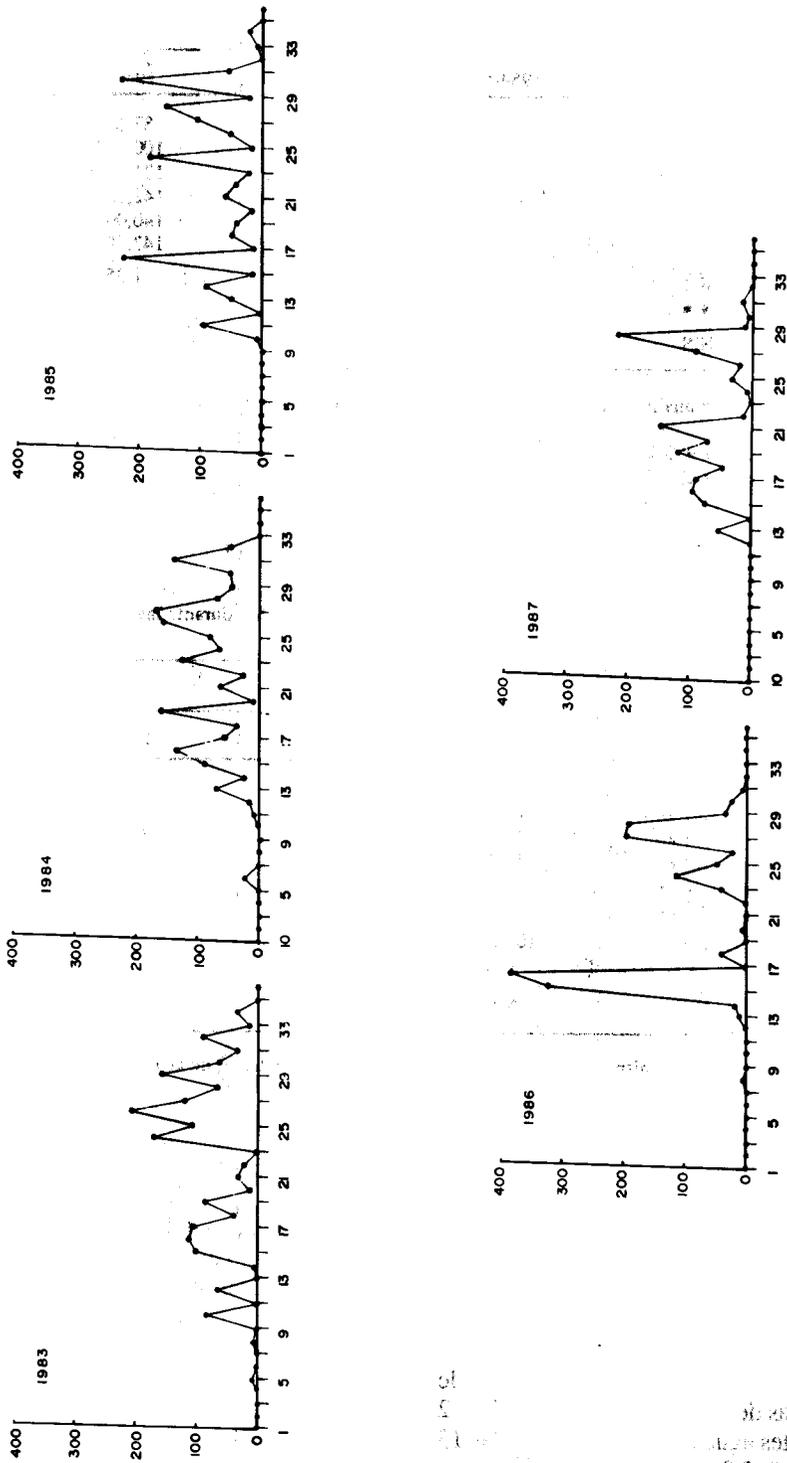


Fig. 1. Precipitación pluvial en La Guinea, Filadelfia, durante los 5 años de duración del ensayo.

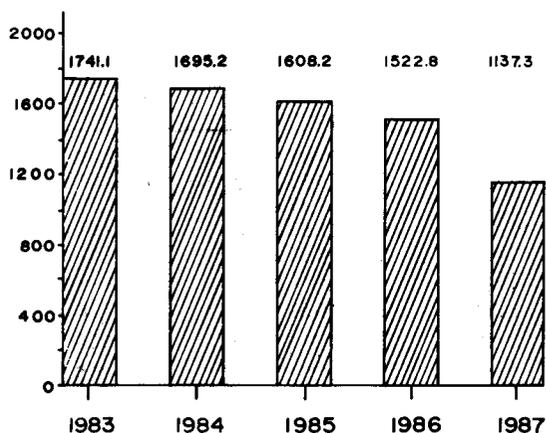


Fig. 2. Precipitación pluvial en La Guinea, Filadelfia, promedio de los años 1983 a 1987.

tan notorios. En 1987 las lluvias se iniciaron tardíamente, en la década 13, disminuyendo en la 23 y 24, para cesar del todo en la 31; en este período aún cuando se produjo la menor precipitación de los cinco años (34% menos que en 1983), se obtuvo rendimientos relativamente altos de caña (Figuras 1 y 2). Referente a la distribución de las lluvias en cada ciclo, en su orden llovió 89, 104, 97, 91 y 94 veces en cada año.

En síntesis, la lluvia y la distribución de la misma, ejercen una influencia bastante grande; sin embargo pareciera que existen otros factores que deben estudiarse, que se están dejando por fuera y que hacen variar el rendimiento de una zafra a otra.

Cuadro 4. Efecto de dosis crecientes de nitrógeno en el brix en caña durante las zafras 1983-84 a 1987-88, Ingenio El Viejo, Carrillo, Guanacaste.

Dosis de nitrógeno	Zafras				
	1983-84	1984-85	1985-86	1986-87	1987-88
0	20,25 bc	21,59 a	21,35 abc	20,83 a	21,14 a
1	21,30 a	21,62 a	22,81 ab	22,11 a	21,70 a
2	20,70 ab	22,08 a	21,46 abc	22,02 a	19,48 a
3	20,01 bc	21,67 a	20,85 bc	21,03 a	22,09 a
4	19,58 c	22,20 a	19,87 c	21,01 a	21,22 a
5	19,22 c	22,21 a	23,25 a	21,12 a	21,74 a
C.V. (%)	3,23	3,37	6,63	7,80	10,16
Tratamientos	* *	N.S.	*	N.S.	N.S.
Bloques	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

a,b,c Tratamientos seguidos de una misma letra no difieren significativamente entre sí, de acuerdo a la prueba de Duncan al 5% de probabilidad

* Diferencias significativas al 5% de probabilidad

** Diferencias significativas al 1% de probabilidad

N.S. Diferencias no significativas

Variables industriales

Brix. Se observó diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($P>0,01$) en la zafra 1983-84 y significativas ($P>0,05$) en 1985-86 (Cuadro 4). En el primer caso las dosis más altas afectaron negativamente el brix; este efecto pudo ser causado por la aplicación tardía de N (Narwall y Malik, 1981; Thomas y Smith, 1978; Yadav y Sharma, 1980) realizada en el mes de setiembre de 1983. El segundo caso se analizará adelante.

Pol % en caña. Sólo se observó diferencias significativas entre tratamientos en la zafra 1983-84. El pol se afectó negativamente conforme se incrementaron los niveles de N (Narwall y Malik, 1981; Thomas y Smith, 1978; Yadav y Sharma, 1980). En las restantes zafras no hubo diferencias entre los tratamientos (Cuadro 5).

Pureza, fibra, % de humedad en caña y rendimiento industrial. El % de pureza en caña no fue afectado en ninguna de las zafras; lo mismo se presentó con el % de fibra, pues solo en la última se encontró diferencias entre tratamientos. En lo que respecta al % de humedad en caña sólo en la zafra 1985-86 se obtuvo diferencias significativas entre tratamientos.

Las diferencias encontradas en el brix y la humedad en la zafra 1985-86 y en fibra en 1987-88 citados anteriormente, podrían deberse a posibles errores de muestreo ya que no siguen un comportamiento lógico. Hubo tratamientos, por ejemplo en el

Cuadro 5. Efecto de dosis crecientes de nitrógeno en el % de pol en caña durante las zafras 1983-84 a 1987-88, Ingenio El Viejo, Carrillo, Guanacaste.

Dosis de nitrógeno	Zafras				
	1983-84	1984-85	1985-86	1986-87	1987-88
0	18,10 ab	19,06 a	19,06 ab	17,97 a	18,39 a
1	18,95 a	19,27 a	20,53 ab	19,32 a	19,27 a
2	18,27 ab	19,74 a	19,32 ab	19,47 a	16,79 a
3	18,10 ab	19,49 a	19,02 ab	18,58 a	19,67 a
4	17,50 a	19,76 a	17,47 b	18,06 a	18,91 a
5	17,11 b	19,48 a	20,91 a	18,11 a	19,20 a
C.V. (%)	4,10	3,12	7,69	10,59	12,78
Tratamientos	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
Bloques	*	*	N.S.	N.S.	N.S.

a,b,c Tratamientos seguidos de una misma letra no difieren significativamente entre sí, de acuerdo a la prueba de Duncan al 5% de probabilidad

* Diferencias significativas al 5% de probabilidad

** Diferencias significativas al 1% de probabilidad

N.S. Diferencias no significativas

Cuadro 6. Valores promedio de la pureza, fibra, humedad en caña y rendimiento industrial de la caña durante las zafras 1983-84 a 1987-88, Ingenio El Viejo, Carrillo, Guanacaste.

Zafras	% de pureza	C.V. (%)	% de fibra	C.V. (%)	% de humedad	C.V. (%)	Rendimiento industrial *	C.V. (%)
1983-84	89,20	1,78	—	—	—	—	117,87	4,67
1984-85	89,11	3,90	14,66	5,91	63,73	1,76	127,42	3,65
1985-86	89,70	2,84	14,99	3,80	63,42	2,51	131,15	8,74
1986-87	86,89	3,90	14,41	5,06	64,24	2,59	125,63	12,75
1987-88	87,89	3,86	13,48	6,68	65,29	3,72	129,62	13,99

* kg de azúcar/t de caña.

caso del brix, que sufrieron aumentos y disminuciones varias veces sin mostrar una tendencia de acuerdo a los niveles aplicados, lo que demuestra la variabilidad de estos parámetros en el campo. A pesar de ello los niveles de N no afectaron el contenido de sacarosa de la caña (rendimiento industrial) en ninguna de las cinco zafras, aún empleando las dosis más altas. En el Cuadro 6 se anotan los promedios de las variables mencionadas, mostrando coeficientes de variación bastante bajos.

En general, se puede concluir que las dosis de N empleadas no afectaron las variables industriales estudiadas y que, en general, se pueden producir efectos adversos en el brix y en el pol si su aplicación se efectúa en forma tardía.

Análisis económico

Para realizar el análisis económico y encontrar las dosis óptimas para fertilizar en cada uno de los períodos, se utilizó el modelo de regresión

cuadrático para explicar el comportamiento de la producción de caña y rendimiento industrial en función de la cantidad de N aplicada.

En el Cuadro 7 se anotan las funciones de producción de caña y rendimiento industrial en cada una de las zafras y en las Figuras 3 y 4 se representan gráficamente. Se encontraron coeficientes de regresión y determinación altos, excepto en las funciones para el rendimiento industrial en las zafras 1985-1986 y 1987-88. Con el fin de realizar los cálculos para obtener el beneficio, se empleó la función promedio de las otras zafras en estos dos periodos.

Se consideró un costo de corta, alza y acarreo de la caña de ¢425/t, el precio del fertilizante (nitrato de amonio 33,5% N) en ¢796/45 kg, el costo de la aplicación ¢65/saco de 45 kg, y el precio del pago de sacarosa ¢9,75/kg (1 US\$= ¢76,80; 1988).

Tomando en consideración los costos e ingresos mencionados, la dosis óptima para las zafras 1983-84 a 1987-88 se presentan en el Cuadro 8 y en

Cuadro 7. Funciones de producción de caña y sacarosa para las zafras 1983-1984 a 1987-1988, Ingenio El Viejo, Carrillo, Guanacaste.

Zafras	Producción de caña (t/ha)					Rendimiento industrial (kg/t)				
	C	B ₁	B ₂	Coef. R ²	Error Correl. Estandar	C	B ₁	B ₂	Coef. R ²	Error Correl. Estandar
1983-84	93,216320	0,9447805	-0,003304	0,94	0,97 8,18	119,88900	0,035224	-0,000282	0,83	0,91 2,19
1984-85	66,356800	0,480592	-0,001528	0,84	0,91 7,94	121,84000	0,111772	-0,000367	0,93	0,96 1,10
1985-86	111,504000	0,410657	-0,000782	0,95	0,98 5,83	—	—	—	—	—
1986-87	86,809300	0,500483	-0,001110	0,98	0,99 4,17	123,38400	0,111912	-0,000514	0,52	0,72 4,62
1987-88	126,673100	0,2564631	-0,000366	0,87	0,94 7,77	—	—	—	—	—
Promedio	96,911904	0,51859512	-0,001418	—	—	121,70433	0,0863025	-0,0003876	—	—

Función: $Y = B_1x + B_2x^2 + C$

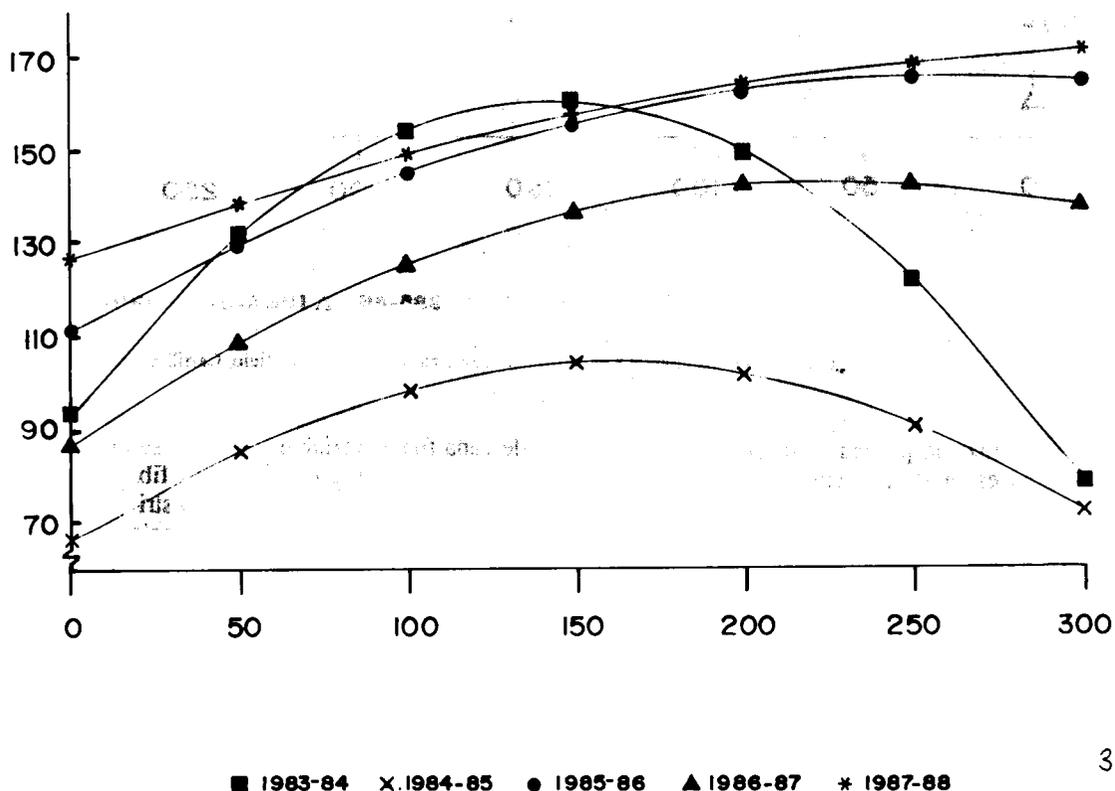


Fig. 3. Respuesta de la caña a la aplicación de nitrógeno durante cinco zafras, Ingenio El Viejo, Carrillo, Guanacaste.

su orden fueron 120,9; 140,0; 166,5; 157,9 y 158,9 kg de N/ha. También se muestra el rendimiento industrial y producción de caña calculado para cada zafra.

Observando la variabilidad de la dosis en cada año, se obtuvo una función promedio de la producción de caña y rendimiento industrial (Figura 5), que contempla las cinco zafras. De esta manera, una dosis más confiable para aplicar a nivel comercial

será 143,5 kg de N/ha. En adelante, actualizando el precio de los costos y pago de sacarosa se podrá establecer una nueva dosis económica.

Para suministrar recomendaciones de fertilización es frecuente efectuar experiencias de campo como la realizada, las cuales algunas veces no tienen continuidad por varios ciclos. Por lo tanto las dosis recomendadas están supeditadas a que se produzcan las mismas condiciones que se dieron

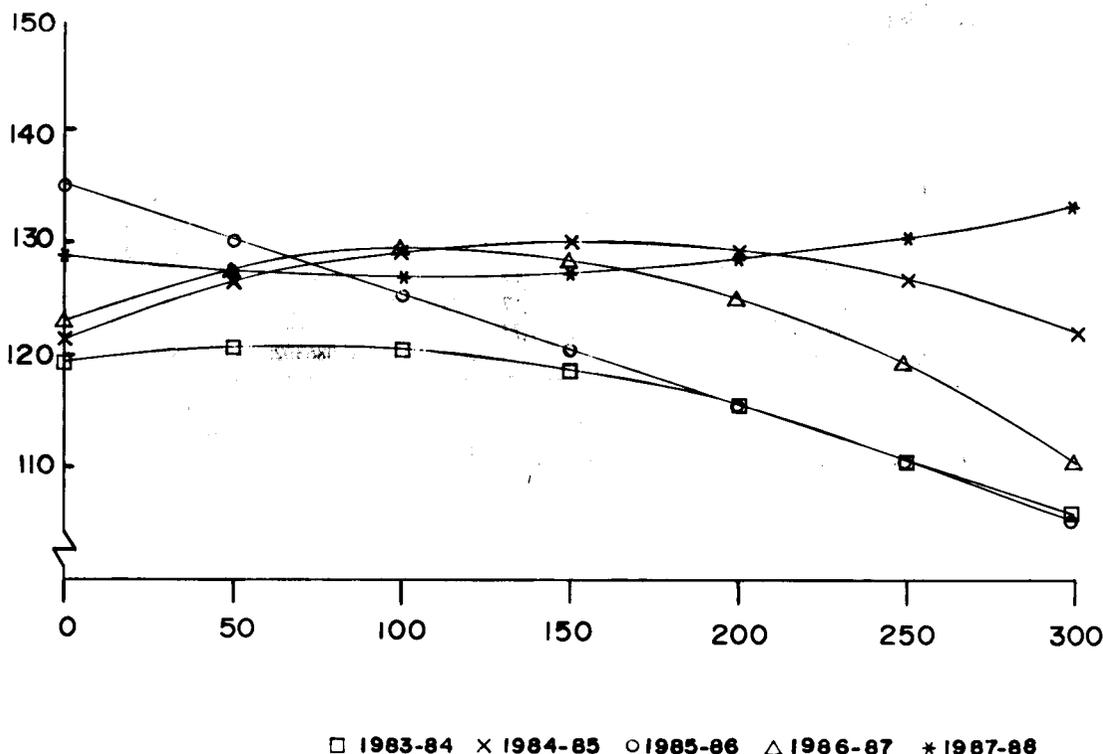


Fig. 4. Efecto de nitrógeno en la producción de azúcar durante cinco zafras, Ingenio El Viejo, Carrillo, Guanacaste.

cuando se hizo la prueba, para poder obtener los resultados esperados. Esta situación casi nunca ocurre así, ya que existe una serie de variables incontrolables como el clima, que pueden hacer variar las dosis recomendadas. Los resultados evidencian que una sola cosecha no es lo suficientemente confiable para emitir recomendaciones de fertilización.

Los resultados descritos anteriormente, fueron hechos con el cultivar 'Q68'. Normalmente los clones responden en forma diferente a la fertilización (Clements, 1980; Fauconnier, 1975; Humbert, 1974), por lo que deberán hacerse trabajos similares en otros cultivares de caña, en especial los promisorios que están en expansión.

RESUMEN

Se determinó el efecto del nitrato de amonio en el rendimiento agrícola y en las variables industriales de caña de azúcar durante cinco zafras, comprendidas entre 1983-84 y 1987-88. La producción

de caña fue la variable en la que se obtuvo mayor respuesta. En el brix, pol, pureza, fibra, humedad de la caña y en el rendimiento industrial, se encontró poco o ningún efecto. La aplicación tardía de N realizada en la primera zafra afectó negativamente el brix y el pol del jugo, pero no las demás variables.

Las dosis óptimas de N para cada una de las zafras fueron, respectivamente, 120,9; 140,0; 166,5; 157,9 y 158,9 kg/ha. Se obtuvo una función promedio que tomó en consideración la producción de caña y el rendimiento industrial de cada zafra para obtener una nueva dosis que fue de 143,5 kg/ha de N.

Se comprobó una respuesta diferencial a la fertilización en cada uno de los períodos, observándose que las dosis óptimas variaron de acuerdo a las condiciones climáticas prevaletientes en cada año y a las condiciones de la plantación; esto evidencia la necesidad de realizar pruebas de campo que incluyan los resultados de varias cosechas para poder emitir recomendaciones de fertilización confiables. La cantidad y distribución de las lluvias juegan un papel importante, pero no único, es necesario considerar otros factores que interfieren ya

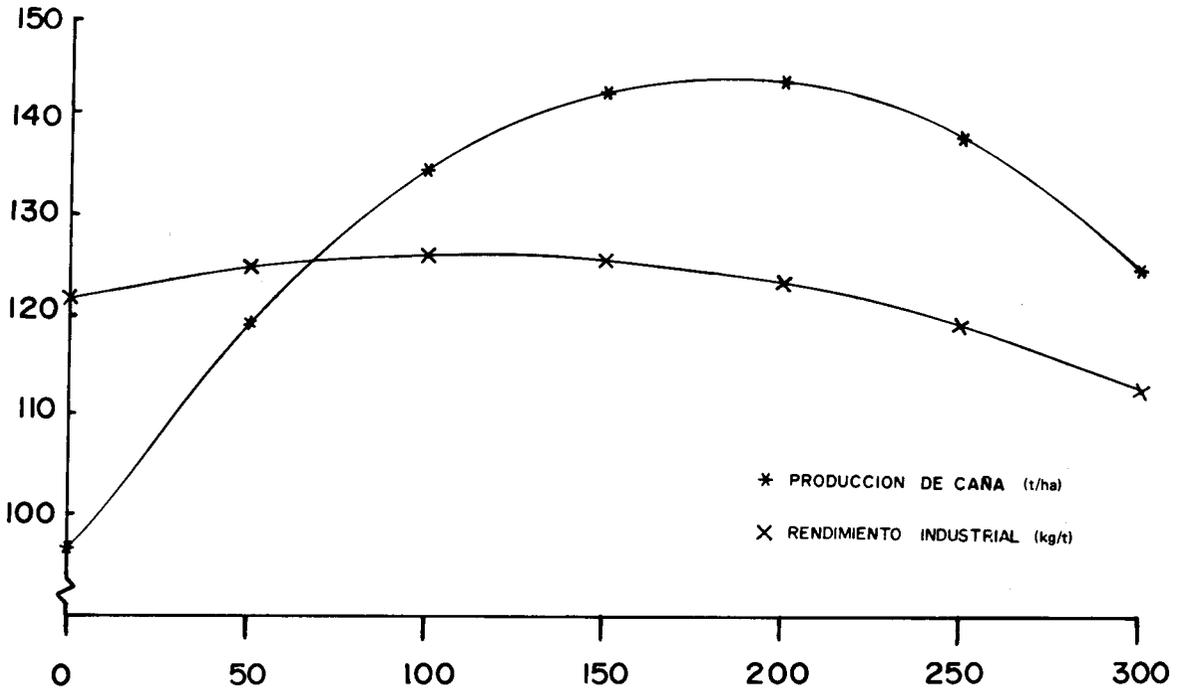


Fig. 5. Producción de caña y rendimiento industrial promedio de las diferentes zafras, Ingenio El Viejo, Carrillo, Guanacaste.

Cuadro 8. Producción de caña, rendimiento industrial y producción de sacarosa de acuerdo a las dosis óptimas de nitrógeno para cada una de las zafras, Ingenio El Viejo, Carrillo, Guanacaste.

Zafras	Dosis óptima (kg N/ha)	Producción de caña (t/ha)	Rendimiento industrial (kg/ha)	Producción sacarosa (t/ha)
1983-1984	120,9	159,2	120,0	19,1
1984-1985	140,0	103,7	130,3	13,5
1985-1986	166,5	158,0	125,4	19,8
1986-1987	157,9	138,2	128,2	17,7
1987-1988	158,9	158,2	125,6	19,9
Promedio	143,5	142,1	126,1	17,9

que hubo años con baja cantidad y mala distribución de las lluvias en los que se obtuvo buenas producciones de caña.

AGRADECIMIENTO

El autor desea agradecer a la M.Sc. Floria Bertsch y al Ing. Eloy Molina por la revisión y sugerencias al presente manuscrito.

LITERATURA CITADA

- CARVAJAL, J.F. 1967. Caña de azúcar; introducción al cultivo. San José, Servicio de Extensión Agrícola, Departamento de Capacitación para el Extranjero. 72 p.
- CHEMA, S.S.; MADONI, M.K. 1970. Growth and yield of sugarcane as influenced by varying soil moisture regimes and nitrogen levels. *Indian Sugar* 20:533-539.
- CLEMENTS, H.F. 1980. Sugarcane crop logging and crop control; principles and practices. Hawaii, University Press. 520 p.
- FASSBENDER, H.W. 1984. Química de suelos. 4 ed. San José, IICA. 422 p.
- FAUCONNIER, D.R. 1975. El cultivo de la caña de azúcar. España, Blume. 433 p.
- GOMEZ, P.; SANCHEZ, E. 1968. Fertilización nitrogenada en caña de azúcar. *Revista ICA* 3(4):357-368.
- HUMBERT, P.R. 1974. El cultivo de la caña de azúcar. México, Continental. 719 p.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P. 1964a. Nutrição e adubação da cana de açúcar. Sao Paulo, Brazil, Instituto Brasileiro de Potasa. p. 237-278.

- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P. 1964b. La nutrición mineral de algunas cosechas tropicales. Berna, Suiza, Instituto Internacional de la Potasa.
- MUÑOZ, R.; MOLINA, L. 1982. Respuesta de la caña (*Saccharum officinarum*) variedad 'P.O.J. 2878' a la fertilización nitrogenada en suelos de ladera de Antioquia. Revista ICA 17(2):51-58.
- NARWALL, S.S.; MALIK, D.S. 1981. Effects of levels of nitrogen and their time of application on growth and quality of sugarcane. Indian Sugar 31(5):1-5.
- THOMAS, J.R.; SMITH, J.A. 1978. Sugarcane juice quality as related to nitrogen fertilization. Proceedings of American Society of Sugarcane Technology 8:24-30.
- YADAV, R.L.; SHARMA, R.K. 1980. Effects of nitrogen levels and harvesting dates on quality characters and yield of four sugarcane genotypes. Indian Journal Science 50(7):581-589.