

**ESTUDIO PRELIMINAR DE FERTILIZACION EN
CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum*) EN
PLATANILLO DE TURRIALBA**

Ing. Agr. Marco Antonio Chaves Solera
Técnico Caña Azúcar MAG-LAICA

INTRODUCCION

La fertilización de los cultivos ha constituido desde hace mucho tiempo, la base para la obtención de aumentos significativos en los rendimientos. Sin embargo, en el caso de la caña de azúcar en Costa Rica, la respuesta de la planta a la incorporación de nutrientes al suelo ha sido poco consistente, aún en aquellas condiciones donde la insuficiencia y desequilibrio nutritivo del suelo pareciera ofrecer las condiciones óptimas a la respuesta de nutrientes.

Por esta razón y considerando que el costo de los fertilizantes y su aplicación se han incrementado significativamente; es necesario determinar el beneficio real de la fertilización y ajustar sus niveles a las necesidades verdaderas del cultivo. El objetivo de la presente investigación fu estudiar la respuesta de la caña de azúcar a la incorporación de dosis crecientes de fertilizante.

Revisión de literatura:

Numerosos estudios llevados a cabo en diversos lugares del mundo han reportado un beneficio evidente de la incorporación de nutrientes al suelo (8, 9, 10, 15); sin embargo bajo las condiciones de nuestro país la situación ha sido diferente, ya que varios estudios de campo desarrollados bajo condiciones ecológicas diferentes y suelos deficientes como lo indicó oportunamente Alpizar (2), han señalado una aparente no respuesta de la caña a la fertilización.

Alpizar (1), Azofeifa (5) y Corrales (7) no obtuvieron diferencias estadísticamente significativas al incorporar potasio al suelo; a su vez Corrales y Chaves (3) tampoco logró efectos significativos al interaccionar diferentes niveles de nitrógeno, fósforo y potasio.

Varios estudios han reportado sin embargo efectos positivos al incorporar nutrientes al suelo mediante la fertilización, tal es el caso de Corrales (7), Sánchez (14) y Vásquez (16) con el nitrógeno; Ramírez (12) con fósforo y Ruiz (13) con N-P-K y azufre y Arias, Chaves y Bolaños (4) con azufre.

Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo en Platanillo de Turrialba, provincia de Cartago, situado a 9° 49' de latitud norte y 83° 34' de longitud oeste, situado a una altura de 889 m.s.n.m.

La región presenta una precipitación total anual de 2.678mm, con una temperatura promedio anual de 21.9 C y una humedad relativa del aire de 88%. El suelo clasifica taxonómicamente como Typic Tropohumult aso-

CUADRO No. 1

**CARACTERISTICAS QUIMICAS Y RELACIONES ENTRE METALES ALCALINO Y CALINO-TERREOS
DEL SUELO UTILIZADO COMO SUSTRATO EN PRUEBA DE FERTILIZANTE PLATANILLO, TURRIALBA, 1983**

No. Lab.	Sección	pH	Meq./100 del suelo				Ug/ml suelo				Relaciones Catiónicas					
			K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Cu	Zn	Mn	Ca/mg	Mg/k	Ca/K	Ca--Mg/K	100K/ca--mg--K
35763	Media	5.9	0.24(m)	3.0(b)	1.4(m)	1.20(a)	1(b)	116(a)	23(m)	6.4(a)	50(a)	2.14(n)	5.83(n)	12.50(a)	18.33(n)	5,17(b)

(a) = alto
(m) = medio
(b) = bajo
(n) = normal

ciado con Typic Humitropet. En términos generales estos ultisoles presentan texturas arcillosas, son ácidos, profundos, de colores rojizos y se asocian con suelos de menor desarrollo, son más oscuros en regiones de pie de monte y son de baja fertilidad.

En el cuadro No. 1 aparecen sus características químicas.

Para la prueba se utilizó un Diseño irrestrictamente al azar con tres repeticiones.

La unidad experimental constó de 5 surcos de caña de 7m de largo, sembradas a 1.50 m entre surcos. La parcela útil estuvo formada por los 3 surcos centrales. El tamaño total de la parcela fue de 52.5m² y el de la parcela útil de 31.5 m².

Previamente a la siembra se incorporó 0.4 toneladas de Carbonato de calcio.

La siembra se realizó en octubre de 1981 y la cosecha en marzo de 1983 a la edad de 18 meses.

Como material de siembra se utilizó la variedad B50-377, cuyas características agronómicas y fitopatológicas son excelentes en la zona.

Los tratamientos fertilizantes estudiados aparecen en el cuadro No. 2. El fósforo se aplicó al fondo del surco durante la siembra, utilizando superfosfato triple (46^o/o P₂O₅). A su vez, el nitrógeno y el potasio se incorporaron en forma fraccionada a los 45 y 90 días luego de la siembra, respectivamente, empleando Nutrán (33.5^o/o N) y Cloruro de potasio (60^o/o K₂O).

CUADRO No. 2

DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS
UTILIZADOS EN LA INVESTIGACION

Tratamiento	Kg./ha		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N 1	60	—	—
N 2	120	—	—
N 3	180	—	—
(N-P-K) 1	60	120	60
(N-P-K) 2	120	1240	120
(N-K) 1	60	—	60
(N-K) 2	120	—	120
(N-K) 3	180	—	180
T	—	—	—

Para determinar la efectividad de los tratamientos se hizo uso del análisis industrial de los jugos y la producción, tanto de caña como azúcar/ha. Al final del experimento la producción de caña y azúcar fueron analizados económicamente mediante la metodología recomendada por Perrin y otros (10).

Resultados:

Como se puede observar en el cuadro No. 1 el suelo donde se realizó el experimento, presenta unas características químicas bastantes deficientes puesto que los contenidos de algunos elementos se encuentran elevados, tal es el caso del aluminio, el hierro, zinc y el manganeso, mientras que el fósforo y el calcio son bajos, lo cual hace pensar en una eventual respuesta del suelo a la incorporación de los mismos; igual situación sucede con el potasio y el nitrógeno deficientes en la región. Al determinar sin embargo, las relaciones catiónicas de los elementos se encontró que el equilibrio entre las bases, principalmente calcio y magnesio fueron normales pero al evaluar las mismas respecto al potasio se nota un desequilibrio debido al bajo contenido del mismo en el suelo, el criterio de comparación seguido fueron los resultados obtenidos por Alpízar (2) para la región y el país, así, como los niveles críticos recomendados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

El tratamiento que mejor contenido de Brix en el jugo obtuvo fue el de 120 kgn/ha, mientras que el de 60 kg fue el más bajo valor, ninguno de los tratamientos mostró diferencia estadística al evaluarlos comparativamente mediante la prueba de Duncan al 5^o/o. Igual situación ocurrió con el contenido de sacarosa en el jugo y en la caña, respectivamente, como lo muestra el cuadro No. 3.

La pureza del jugo no marcó diferencia estadística alguna al incorporar los diversos tratamientos al suelo, aunque los niveles de 120 kg de N/ha y el tratamiento de 60,120 y 60 kg de NPK, respectivamente, alcanzaron los valores más altos y bajo de la prueba.

El contenido de fibra en la caña no se vió influenciado por los tratamientos siendo el nivel de 60 kg el de mayor contenido, mientras que la interacción de 60-120-60 kg de NPK el menor. Por otra parte, la extracción del jugo tampoco alcanzó diferencias estadísticas según prueba de Duncan (5^o/o), siendo el tratamiento de 60-120-60 kg NPK el de mayor extracción y el de 60 kg de nitrógeno y potasio el menor, respectivamente.

En el caso de la producción de caña de azúcar (Ton.) por hectárea si hubo diferencias en la agrupación Duncan, los tratamientos de 180 kg de nitrógeno y potasio y 120 kg de nitrógeno y potasio obtuvieron la producción mayor y menor, respectivamente.

Para el rendimiento teórico (kg azúcar/ton. caña) los niveles 60 y 120 k de N/ha, mostraron el menor y mayor rendimiento, respectivamente sin llegar a alcanzar diferencias en la prueba Duncan.

En términos generales, la incorporación de los tratamientos al suelo no mostró diferencia estadística alguna en todas las variables estudiadas como lo señala el cuadro No. 4 para la producción de azúcar (ton.) por hectárea.

En el cuadro No. 5 se muestran los coeficientes de correlación determinados para las principales variables de producción como se observa el Brix alcanzó un valor de 0.977 altamente significativo (1^o/o) respecto al Pol en jugo y caña y de 0.978 con el rendimiento.

CUADRO No. 3

RESULTADOS SEGUN PRUEBA DE DUNCAN AL 5^o/o DEL ENSAYO DE FERTILIZACION LLEVADO A CABO EN PLATANILLO, TURRIALBA, CAÑA PLANTA, EDAD 18 MESES 1983

Tratamiento	Brix (°/o)	Pol Jugo (°/o)	Pol Caña (°/o)	Pureza (°/o)	Fibra caña (°/o)	Extracción Jugo (°/o)	Toneladas Caña/ha	Toneladas Azúcar/ha	Rendimiento Kg.Azuc./T.C.
N 1	19.87 a	18,14a	14.78a	91.21a	10.86a	72,27a	196.30ab	21.78ab	113.00 a
N 2	21.14 a	19.47a	15,92a	92.06a	10.22a	72,52a	182,01ab	22,39ab	123,48 a
N 3	20.57 a	18,78a	15,27a	91,24a	10,80a	72,10a	180,43ab	21,30ab	118,07 a
(NPK) 1	20,17 a	18,26a	15,07a	90,50a	10,00a	73,88a	193,65ab	22,09ab	114,00 a
(NPK) 2	20,50 a	18,64a	15,33a	90,92a	10,15a	73,47a	172,49bc	20,13ab	116,95 a
(NK) 1	20,91 a	19,13a	15,52a	91,47a	10,76a	71,79a	173,55bc	21,07ab	120,79 a
(NK) 2	20,76 a	18,81a	15,44a	90,57a	10,12a	73,13a	153,50c	18,04b	118,31 a
(NK) 3	21,06 a	19,20a	15,63a	91,20a	10,79a	72,22a	203,71 a	24,74a	121,36 a
T	20,07 a	18,37a	14,96a	91,36a	10,27a	72,43a	174,50bc	19,51b	114,86 a
Promedio	20,56	18,76	15,33	91,17	10,44	72,65	181,13	21,23	117,87
CV (°/o)	6,18	7,52	7,44	2,08	4,89	1,52	14,31	14,94	9,35

Tratamientos seguidos de la misma letra no difieren significativamente entre sí.

El Pol en jugo correlación en forma positiva y significativa al nivel del 1^o/o con el Pol en caña y el rendimiento. A su vez, el Pol en caña correlacionó significativamente (1^o/o) con el rendimiento.

La pureza fue influenciada negativamente por la extracción, al mostrar un coeficiente de -0,682, significativo al nivel del 5^o/o. La extracción se vió también afectada negativamente por el contenido de fibra en la caña (-0.845)

La producción de azúcar/ha correlacionó significativamente (1^o/o) y positivamente con la producción de caña/ha al obtener un valor de 0,907.

En las figuras No. 1, 2 y 3 se observa como la incorporación del nitrógeno se ve ampliamente favorecida con aplicaciones de potasio, obteniendo incrementos significativos en la producción de caña, azúcar y rendimiento luego de los 120 kg/ha; a su vez, el nitrógeno solo, obtiene sus mejores resultados con el tratamiento de 60 kg para las mismas variables.

Al incorporar fósforo en los tratamientos se encontró que la producción de caña y azúcar/ha, declinaba luego de los 120 kg., mientras que con el rendimiento sucedió lo contrario, éste se incrementó luego de los 120 kg de P₂O₅/ha, como se observa en las figuras 4, 5 y 6.

El cuadro No. 6 desglosa los costos en que se incurre al incorporar los diferentes tratamientos fertilizantes.

El único tratamiento que resultó económicamente rentable fue el de 60 kg/ha, como lo indica el cuadro No. 7.

Discusión

En términos generales el suelo donde se realizó el experimento presentó unas condiciones nutricionales bastante deficientes, especialmente en lo que respecta al nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, lo cual concuerda con lo

CUADRO No. 4

ANALISIS DE VARIANZA DE LA PRODUCCION DE AZUCAR POR HECTAREA, PRUEBA FERTILIZACION PLATANILLO, TURRIALBA, 1983

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F
Repeticiones	2	18,69	9,34	0,93 ns
Tratamientos	8	87,34	10,92	1,09 ns
Error	16	160,69	10,05	
Total	26	266,72		

CV = 14,94^o/o

NS = Diferencia no significativa

encontrado por Alpízar (2) en la región. A pesar de que no existió diferencia estadística en la calidad de los jugos, si hubo una ligera tendencia positiva de incremento en los mismos al aplicar los fertilizantes, sobre todo en el caso del nitrógeno y el potasio no así para el fósforo.

Ruíz (13) obtuvo un efecto lineal positivo 5^o/o de los niveles de nitrógeno estudiados sobre el Brix y un efecto cuadrático hasta el nivel de 500 kg N/ha para el pol en jugo y la pureza. Por otra parte los niveles crecientes de fósforo no afectaron la calidad de los jugos; el potasio mostró un efecto cúbico 5^o/o sobre el Brix, no así el pol y la pureza.

Numerosos estudios han señalado que la interacción nitrógeno-potasio es de gran importancia y se asegura la no respuesta a las aplicaciones de nitrógeno si el suministro de potasio es deficiente o viceversa.

Samuels citado por Zúñiga (18) da gran importancia al potasio para incrementar el valor de polarización pero no

CUADRO No. 5
COEFICIENTES DE CORRELACION PARA ALGUNAS VARIABLES INDUSTRIALES
Y DE RENDIMIENTO DE LA PRUEBA DE FERTILIZACION EN CAÑA PLANTA
PLATANILLO, TURRIALBA, 1983

	Pol jugo	Pol caña	Pureza	Fibra caña	Extracción jugo	Ton. caña	Ton. azúcar	Rendimiento
Brix	0,977**	0,977**	0,395NS	0,064NS	-0,264NS	-0,146NS	0,281NS	0,978**
Pol jugo		0,971**	0,580NS	0,132NS	-0,389NS	-0,103NS	0,316NS	1,000**
Pol caña			0,450NS	-0,075NS	-0,159NS	-0,147NS	0,272NS	0,971**
Pureza				0,360NS	-0,682*	0,154NS	0,332NS	0,578NS
Fibra					-0,845**	0,431NS	0,454NS	0,129NS
Extracción						-0,144NS	-0,261NS	-0,386NS
Ton. caña							0,907**	-0,105NS
Ton. azúcar								0,315NS

NS = Diferencia estadística no significativa

* = Diferencia estadística al 5^o/o significativa

** = Diferencia estadística significativa al 1^o/o

CUADRO No. 6

ANALISIS ECONOMICO DE LA PRODUCCION DE CAÑA
BAJO DIFERENTES TRATAMIENTOS FERTILIZACION
1983

Tratamiento	0	N 1	N 2	N 3	(NPK) 1	(NPK) 2	(NK) 2	(NK) 1	(NK) 3
Rendin Prom (Ton/ha)	174,5	196,30	182,01	180,43	193,65	172,49	173,55	153,5	203,71
Producc Ajust (20 ^o /o)	139,6	157,04	145,61	144,34	154,92	137,99	138,84	122,8	162,97
Benef. Bruto	111680	125632	116488	115472	123936	110392	111072	98240	130376
Costo insumos	—	1426	2.852	4.278	5.114	9.140	2.514	5.028	7.542
No. Aplicaciones	—	2	2	2	2	2	2	2	2
Costo aplicación	—	220	420	640	600	1.200	320	640	960
Costo corta carga y acarreo	27920	31408	29122	28868	30984	27598	27768	24560	32594
Costo variable Total	27920	33.054	32.394	33.786	36698	37.938	30.602	30.228	41.096
Beneficio neto	83,760	92,578	84,094	81,686	87.238	72.454	80.470	68.012	89.280

El pago adelantado por tonelada caña es de ₡ 800.00

El costo estimado por hora de trabajo es de ₡ 20.00

Los precios de los insumos son Nutrán ₡356,50; Superfosfato triple ₡ 500 y Cloruro potasio ₡ 544,00.

El costo de corta, carga y acarreo de 1 Ton. de caña en un recorrido aproximado de 6 km se estimó en ₡ 200.00

así el total de sólidos en solución, opina además que el potasio activa el sistema enzimático y en especial la invertasa, fomenta la síntesis de sacarosa, la polarización y pureza de los jugos.

La calidad de los jugos de los tratamientos desmejoró cuando no se incorporó potasio o cuando los niveles eran bajos, lo cual afectó seguramente el equilibrio con el nitrógeno, como lo señala Humbert citado por Zúñiga (18)

Según lo indicado por Hartt citado por Van Dillewijn (17) el potasio es necesario para las transformaciones adecuadas entre las hexosas y la sacarosa, así como para la translocación de ellas; se ha encontrado una correlación positiva entre la cantidad de potasio suministrada y el total de azúcar almacenado en el tallo.

CUADRO No. 7
ANÁLISIS MARGINAL DE LOS TRATAMIENTOS
DE FERTILIZACIÓN, TURRIALBA, 1983

Tratamiento	Beneficio neto (¢)	Costo variable (¢)	Ingreso marginal beneficio neto (¢)	Ingreso marginal costo variable (¢)	Tasa retorno marginal (%)
60	92.578	33.054	8.818	5.134	171,76
0	83,760	27.920	—	—	—

Los tratamientos tampoco afectaron el rendimiento o producción de azúcar/ton. de caña, debido a que su contenido depende de la calidad de los jugos; como si lo obtuvo Ruíz (13) para aplicaciones crecientes de nitrógeno. Sin embargo al igual que las variables de calidad de los jugos hubo una ligera tendencia positiva al incorporar el nitrógeno y potasio juntos.

La producción de caña y azúcar/ha se vió ampliamente favorecida con la interacción de nitrógeno-potasio en su máximo nivel (180 Kg N K/ha), sin embargo se observó una mayor estabilidad en los niveles de producción tanto en caña como de azúcar cuando el nitrógeno se incorporó independientemente a pesar de que mostró un efecto lineal negativo para la primera variable.

Resultados semejantes obtuvo Sánchez (14) en Guanacaste, al estudiar la respuesta de la caña a la fertilización con nitrógeno y potasio en un suelo arcilloso (Typic pellustert) y otro de condiciones texturales más favorables (Fluventic ustropept).

Otros estudios de fertilización han obtenido producciones óptimas de caña y azúcar con niveles semejantes. Vásquez (16) encontró que aplicaciones de 150 kg de N/ha eran suficientes; Corrales y Mesén (7) señalan niveles de 165 kg de N/ha, 269 y 204 kg de K/ha respectivamente; Sánchez (14) indica que en un suelo arcilloso, la aplicación de 100 kg N/ha pareciera ser suficiente para la producción óptima de caña y azúcar, a su vez en el suelo franco se obtuvo una respuesta del cultivo hasta aplicaciones de 225 kg de N/ha; Ruíz (13) reporta que niveles de hasta 500 kg de N/ha aumentaron el rendimiento y consecuentemente la producción de azúcar, a su vez niveles de hasta 375 kg de N/ha en la producción de caña fueron suficientes, en el caso del fósforo se encontró niveles de 664 kg de P₂O₅/ha como óptimos y para el potasio 375 kg de K₂O/ha.

Como se puede observar los resultados obtenidos en la presente prueba son en cierta forma acordes con la respuesta general que ha tenido la caña en nuestro país.

Luego de evaluar económicamente los resultados obtenidos por cada uno de los tratamientos respecto a la producción de caña, se determinó que el único tratamiento que resultó rentable fue el de 60 kg de N/ha, ya que es el único que reinvierte sus costos; para su estimación, la producción de caña se ajustó en un 20% por concepto de manejo experimental.

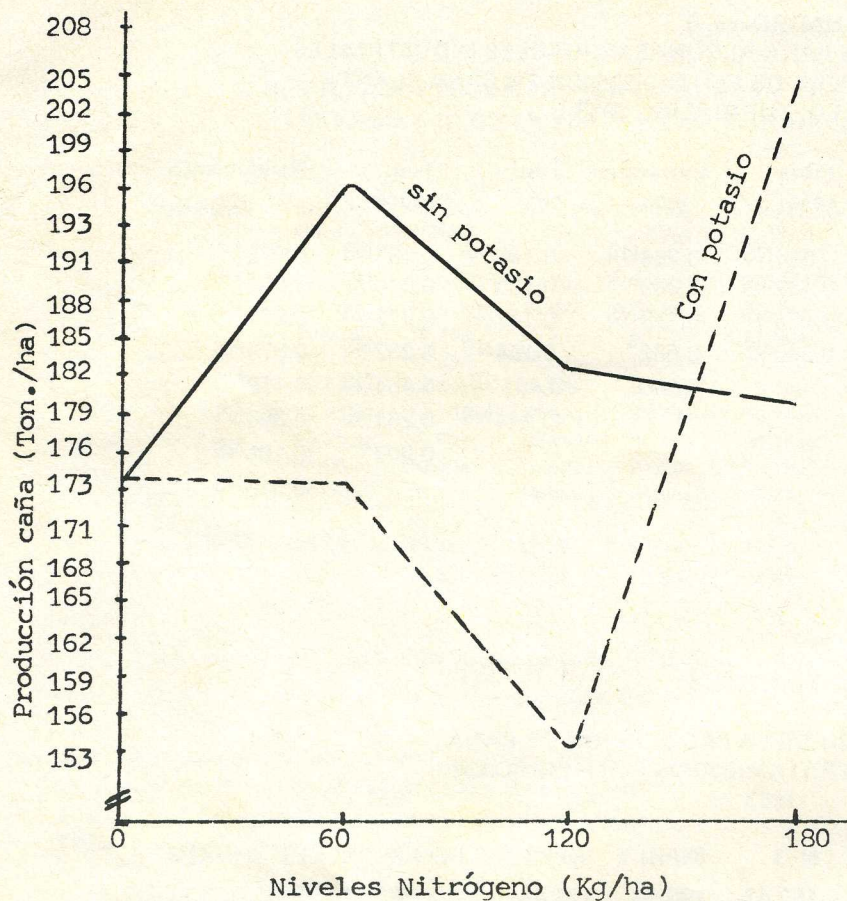


Figura No.1. Efecto de las diferentes dosis de nitrógeno sobre la producción de caña (Ton./ha)

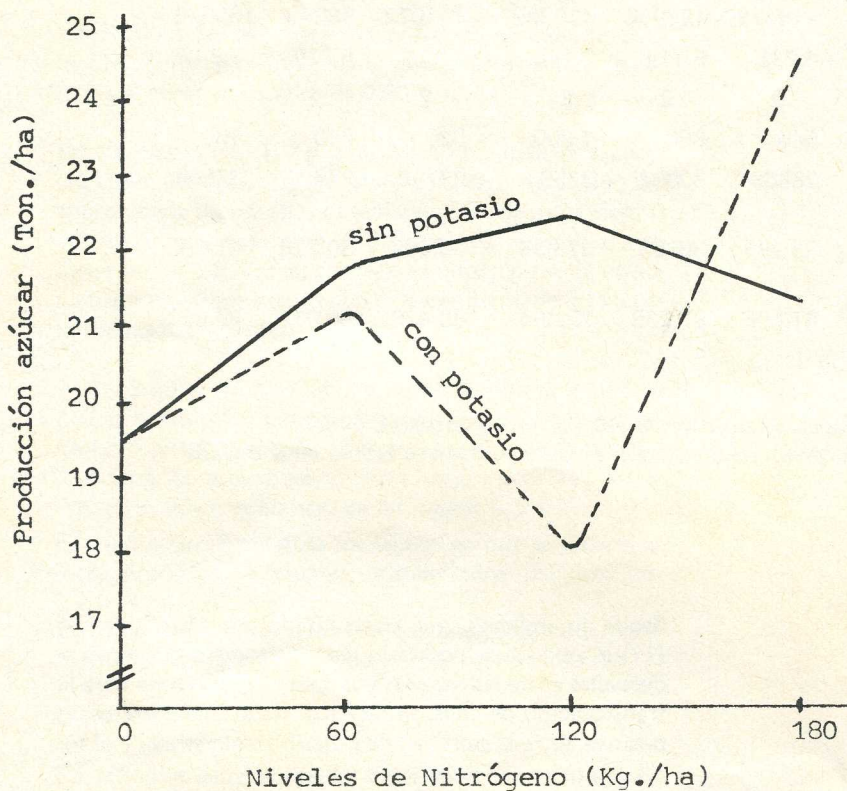


Figura No.2 Efecto de las diferentes dosis de nitrógeno sobre la producción de azúcar (Ton./ha)

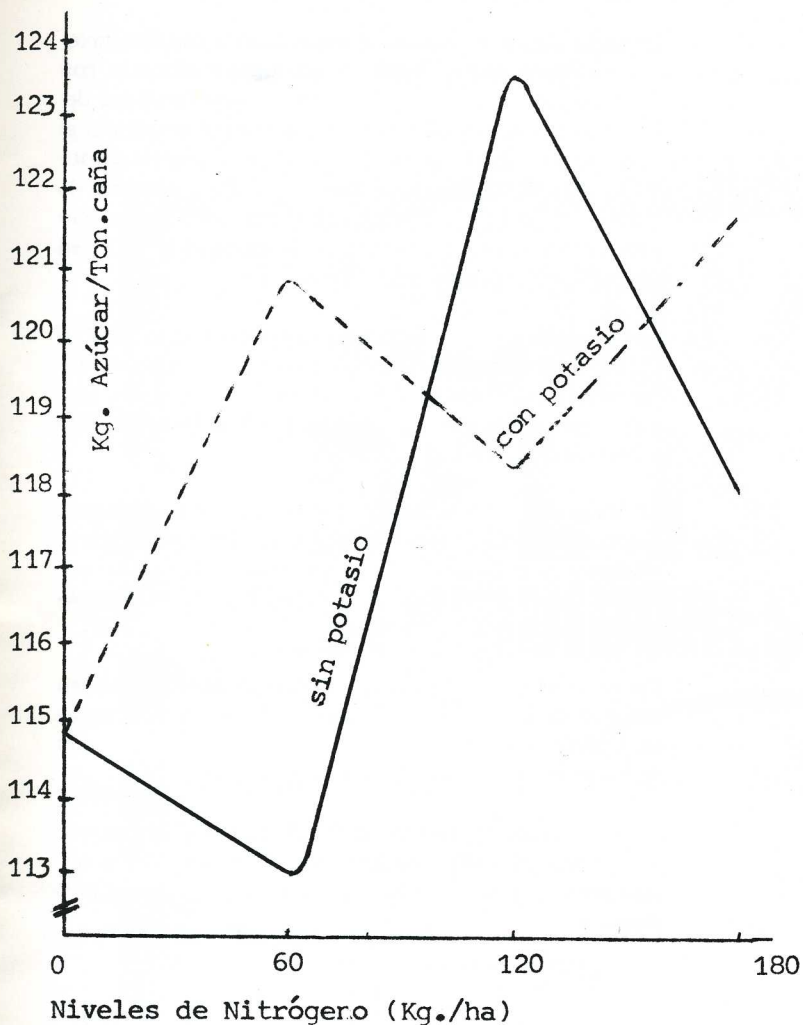


Figura No.3. Efecto de las diferentes dosis de Nitrógeno sobre el rendimiento (Kg. Azuc./Ton.caña)

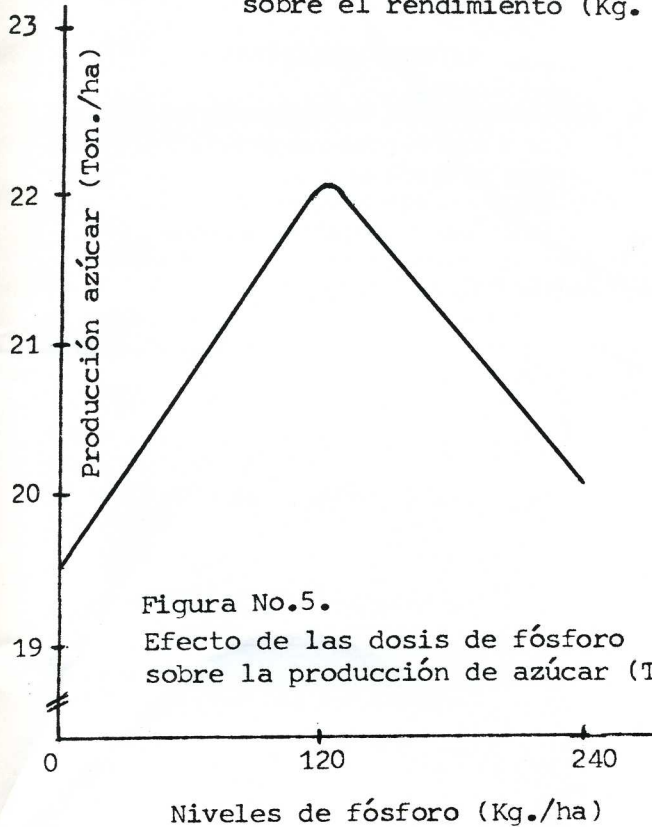


Figura No.5. Efecto de las dosis de fósforo sobre la producción de azúcar (Ton/ha)

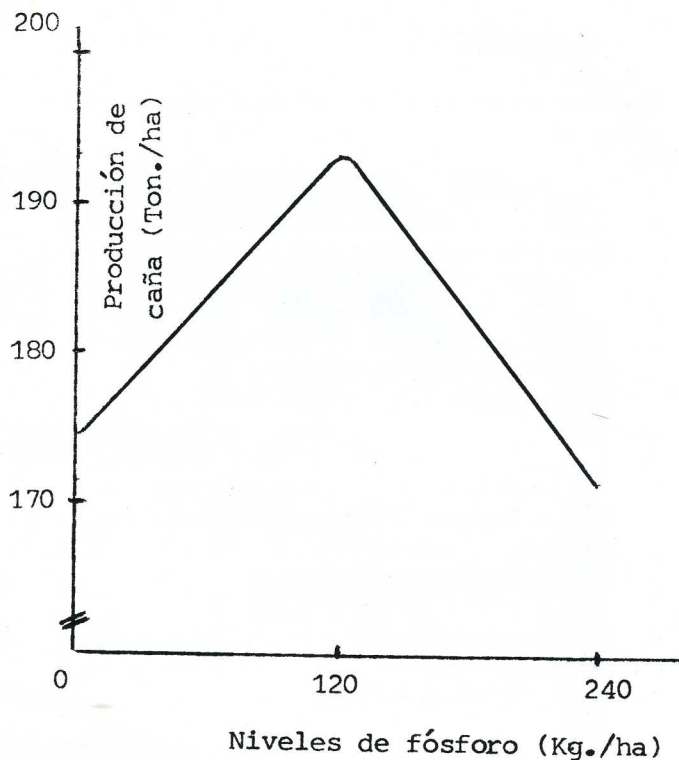


Figura No.4. Efecto de las dosis de fósforo sobre la producción de caña (Ton./ha)

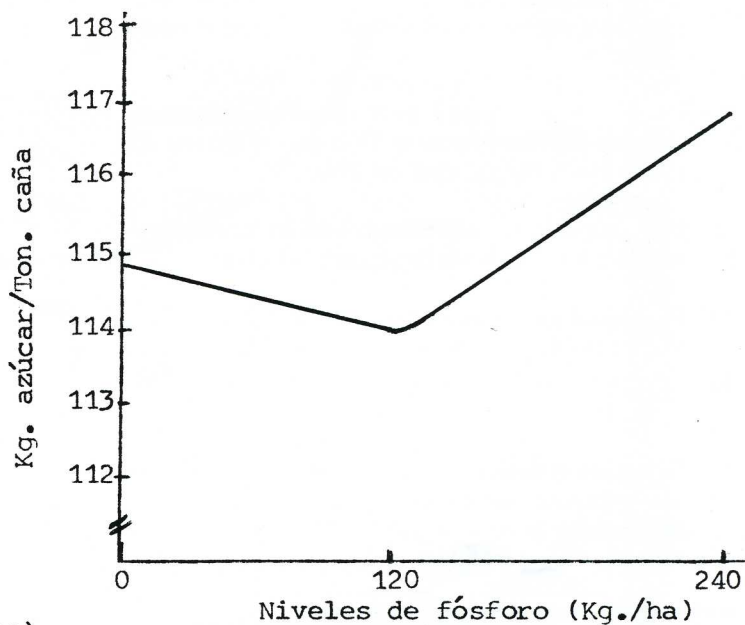


Figura No.6. Efecto de las dosis de fósforo sobre el rendimiento (kg./azuc./Ton.caña)

CONCLUSIONES:

Con base en los resultados anteriores se puede concluir lo siguiente:

- 1.- La fertilidad del suelo en estudio fue deficiente dado sus altos contenidos de aluminio, hierro, zinc y manganeso y sus bajos niveles de nitrógeno, fósforo y potasio.
- 2.- Los contenidos de Brix, Pol en jugo y caña, pureza, fibra y extracción no mostraron diferencia estadística según prueba comparativa de Duncan al 5^o/o.
- 3.- Los tratamientos de 120 y 60 kg de N/ha fueron los que mayor y menor contenido de sólidos totales y Pol en jugo y caña mostraron, respectivamente; en el caso de la pureza fueron el de 120 y la interacción de 60 kg de N-K/ha con 120 kg de P₂O₅/ha.
- 4.- El mayor contenido de fibra se obtuvo con el nivel de 60 kg de N/ha y el menor con la interacción N-K de 60 kg y 120 kg de P₂O₅.
- 5.- Las interacciones de N-K fueron las que mayor y menor producción de caña y azúcar alcanzaron, siendo el nivel de 180 kg de N-K/ha el de más alta producción y 120 Kg el de menor, respectivamente.
- 6.- Los niveles de 60 y 120 kg de N/ha obtuvieron el menor y mayor rendimiento teórico, respectivamente.
- 7.- El contenido de sólidos totales mostró correlación lineal positiva y significativa 1^o/o con el pol de jugo y caña y el rendimiento.
- 8.- El Pol en jugo y caña mostraron correlación lineal positiva y significativa 1^o/o entre sí y con el rendimiento.
- 9.- La extracción del jugo correlacionó negativamente en forma significativamente 5^o/o con la pureza del jugo y con la fibra al nivel del 1^o/o.
- 10.- La producción de caña correlacionó en forma positiva y significativa con la de azúcar al nivel del 1^o/o.
- 11.- En general los tratamientos no fueron significativos en ninguna de las variables estudiadas.
- 12.- La aplicación del 60 kg de N/ha fue la única que resultó económicamente viable.
- 13.- Se sugiere el estudio de más cortes para constar con una respuesta más consistente y confiable, a la vez se confirma la poca respuesta de la fertilización en caña planta.

RESUMEN:

Se evaluó la respuesta de la caña de azúcar a la aplicación de dosis crecientes N-P-K en Platanillo de Turrialba, provincia de Cartago, situada a una altura de 889 m.s.n.m.

El suelo donde se realizó el experimento clasifica taxonómicamente como Typic tropohumult asociado con Typic humitropept, caracterizado por una fertilidad deficiente. Se utilizó un diseño experimental irrestricto al azar con tres repeticiones; la unidad experimental constó de 5 surcos de 7m de largo, sembrados a una distancia de 1,50 m, la parcela útil estuvo formada por 3 surcos centrales. Para el estudio se empleó la variedad B5-377 en primer corte a la edad de 18 meses.

Los tratamientos estudiados fueron niveles de 0, 60, 120 y 180 Kg/ha de nitrógeno independiente y aplicado como interacción con el potasio en las mismas dosis; además a los niveles de 60 y 120 kg de N-K se les aplicó 120 y 240 Kg de fósforo.

El fósforo se aplicó todo al fondo del surco durante la siembra, utilizando superfosfato triple (46^o/o P₂O₅); el nitrógeno y el potasio se incorporaron en forma fraccionada a los 45 y 90 días luego de la siembra, empleando nutrán (33,5^o/o N) y cloruro de potasio (60^o/o K₂O).

En general los tratamientos no fueron significativos en ninguna de las variables estudiadas, aunque sí se observó un ligero efecto positivo de la fertilización en la calidad de los jugos sobre todo, la interacción N-K.

El tratamiento de 180 kg de N y K/ha fue el que mayor producción de caña y azúcar/ha obtuvo, a su vez, el tratamiento de 120 kg de N y K/ha alcanzó la menor producción.

Al evaluar la tasa de retorno marginal (°/o) para cada tratamiento se encontró que la aplicación de 60 kg de N/ha fue el único tratamiento que resultó económicamente rentable.

LITERATURA CITADA

1. ALPIZAR MONGE, D. Respuesta de la caña de azúcar a dosis de potasio en un suelo Oxic dystrandept en Grecia de Alajuela. Tesis Ing. Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, 1983 (aún sin publicar).
2. ALPIZAR Q, R. Fertilidad de suelos cañeros costarricenses. Teses Ing. Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, 1976. 120 p.
3. ARIAS VARGAS, J.E.; CHAVES S, M.A. y BOLAÑOS, F. Prueba de fertilización en caña de azúcar con N-P-K en Puente de Piedra, Grecia. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica, 1983.
4. ARIAS V, J.E.; CHAVES S., M.A. y BOLAÑOS, F. Prueba de azufre en caña de azúcar, Valle Central Occidental (Grecia). Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica, 1983.

5. AZOFEIFA, C.A. Respuesta al potasio por la caña de azúcar en la Guácima, Alajuela. Tesis Ing. Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, 1969.
6. CORRALES R, J.L. y CHAVES SOLERA, M.A. Estudio comparativo de niveles y fórmulas fertilizantes y la aplicación de magnesio, sobre los rendimientos de la caña de azúcar (**Saccharum officinarum**). Sarchí de Valverde Vega, Alajuela Costa Rica. 1983.
7. CORRALES R. J.L. y MESEN C, CE. Boletín Técnico sobre fertilización en caña de azúcar en la zona de Grecia de más de 1.000 m de altura. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Mayo de 1971. 11p.
8. INSTITUTO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCION DE AZUCAR. Estudio sobre la mejor época de aplicación de los fertilizantes en la zona de Atencingo, Puebla. México D.F., Julio de 1960 8 p.
9. LLANOS LLANOS. Funciones de respuesta y dosis óptima de fertilización en caña de azúcar. Rev. Agron. N. O. Argentina. VIII (3-4), 341-372.
10. OLALLA MERCADE, L. Caña de Azúcar: Técnicas de cultivo y otros aspectos, Resumen 1970-1978. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Serie: Producción Vegetal, España No. 27 1980 38 p.
11. PERRIN, R.K y otros. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. Centro Nacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México D.F., Folleto Información No.27 1979.
12. RAMIREZ RODRIGUEZ, C.A. Respuesta de la caña de azúcar a la fertilización fosfórica interpretada en base en el análisis de tallo. Tesis Ing. Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, 1964.
13. RUIZ MELENDEZ, A. Estudio preliminar de fertilización en caña de azúcar (**Saccharum Officinarum**) en La Unión de Pérez Zeledón. Tesis Ing. Agrónomo, Facultad Agronomía, Universidad de Costa Rica, 1977 85 p.
14. SANCHEZ M, G. Estudio de la respuesta del nitrógeno y del potasio en dos suelos de Ingenio Taboga, S.A. Cañas, Guanacaste, mayo de 1983. 20 p.
15. SING U, S. Nitrogen and sugar cane: 111. Relation between leaf nitrogen and cane yield, sucrose content and purity coefficient of juice. Indian Sugar., 23 (4): 323-328. 1973.
16. VASQUEZ MORERA, A. Efecto de riego y la fertilización nitrogenada en el crecimiento inicial de la caña de azúcar. Tesis Ing. Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica 1971. 93 p.
17. VAN DILLEWINJN, C. Botánica de la caña de Azúcar. Edición Revolucionaria. Instituto Cubano del Libro. 2da edición, La Habana, Cuba. 1975 pp:257-336.
18. ZUÑIGA MARTINEZ, E. Contenido y variación estacional de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en la caña de azúcar, Tesis de Ing. Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, 1972. 127 p.