

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

ENSAYO DE FERTILIZACION CON NITROGENO,
FOSFORO Y POTASIO EN CAÑA DE AZUCAR
(Saccharum officinarum)

T E S I S

Presentada a la Honorable Junta Directiva de la
FACULTAD DE AGRONOMIA

de la

Universidad de San Carlos de Guatemala.

Por

CARLOS RENE MATHEU DE LEON

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO



Guatemala, Diciembre de 1966.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

P. de G. Gade, 1966-1967

JUNTA DIRECTIVA

DE LA

FACULTAD DE AGRONOMIA

DE LA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DECANO	Ing. Agr. Eduardo D. Goyzueta
VOCAL I	Ing. Agr. Mario A. Martínez
VOCAL II	Ing. Agr. Héctor E. Murga G.
VOCAL III	Ing. Agr. Otto Slowing H.
VOCAL IV	Br. Axel Rayo M.
VOCAL V	Br. Neftalí Monterroso.
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Aldana.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO:

DECANO	Ing. Agr. Eduardo D. Goyzueta
EXAMINADOR	Ing. Agr. Mario A. Martínez
EXAMINADOR	Ing. Agr. Rufino Quan
EXAMINADOR	Líc. Alfredo Chacón Pazos
SECRETARIO	Ing. Agr. Otto Slowing.

R
01
T(143)

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento a las normas establecidas por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a consideración de ustedes, el trabajo intitulado:

ENSAYO DE FERTILIZACION CON NITROGENO,
FOSFORO Y POTASIO EN CAÑA DE AZUCAR
(*Saccharum officinarum*)

Confianto merezca su aprobación, como requisito previo a optar al título de INGENIERO AGRONOMO, aprovecho la oportunidad para presentar a ustedes mi respetuoso saludo,

(f) Carlos René Matheu D.

RECONOCIMIENTO

En el presente trabajo como parte de los proyectos del Departamento de Investigaciones Agrícolas, de la Facultad de Agronomía, el autor desea agradecer el apoyo decidido de su Director, Ingeniero Agrónomo Mario A. Martínez, así como de los Ingenieros Agrónomos Edgar L. Ibarra y Aníbal Palencia y del señor René Muñoz, quienes hicieron posible la realización de esta tesis.

Debo reconocer también, la estrecha cooperación prestada por la Empresa Agrícola «El Salto» del Departamento de Escuintla, en donde se realizaron los análisis de laboratorio.

Señor Decano de la
Facultad de Agronomía.
Ing. Eduardo D. Goyzueta V.
Ciudad Universitaria.

Señor Decano:

Atentamente me permito informarle que he asesorado al Br. Carlos René Matheu de León en la elaboración de su tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

En este trabajo se utilizaron dos ensayos en arreglo factorial para comparar la respuesta de la Caña de Azúcar a la fertilización y contemplar la posibilidad de disminuir los costos experimentales. Uno de estos arreglos es el recomendado en la Primera Conferencia sobre Fertilizantes y Enmiendas efectuada en Antigua Guatemala, en el año de 1964.

Dicho trabajo es una magnífica contribución al conocimiento de la fertilidad de los suelos de la zona Sur de la República, así como, un valioso aporte a los estudios sobre los factores limitantes de la producción de Caña de Azúcar.

Deferentemente,

«ID Y ENSEÑAD A TODOS»

Ing. Agr. Mario A. Martínez G.

DEDICATORIA

AL ETERNO CREADOR.

A la memoria de mi Padre:

FEDERICO CARLOS MATHEU

A mi Madre:

JOAQUINA v. de MATHEU.

A mi Esposa:

ILEANA.

A mis Hijos:

ESTUARDO y ALEJANDRO

A mis Hermanos:

FEDERICO, ANA MARIA,
JOSE ERNESTO y MIRNA.

A mi Patria, GUATEMALA.

A la Facultad de Agronomía.

A mis Compañeros de Promoción.

INTRODUCCION.

El cultivo de la caña de azúcar y la producción azucarera nacional, ha aumentado considerablemente durante los últimos cinco años siendo actualmente una importante actividad de nuestra economía. La creciente demanda del mercado interno y externo, hace necesario elevar la producción por unidad de superficie para disminuir los costos hasta permitir un mayor margen de competencia en el mercado internacional. A este respecto, Barnes (15) señala que para satisfacer la creciente demanda de azúcar per-cápita en 1980, será necesario aumentar la producción mundial en 11 millones de toneladas con respecto a la producción actual estimada de 50 millones.

Dada la importancia de este cultivo, la Facultad de Agronomía, a través de su Departamento de Investigaciones Agrícolas, ha establecido un Programa de Investigación que contempla el estudio de los factores limitantes de la productividad de la caña de azúcar. El esquema general de este programa abarca una serie de proyectos, de los cuales el que se refiere a la fertilidad de los suelos y uso de fertilizantes, ocupa un alto orden de prioridad. Este proyecto contempla una serie de ensayos ubicados dentro de la región dedicada a este cultivo, en los que se evalúan las respuestas a la aplicación de los elementos nutritivos solos o combinados. Cuando el número de tratamientos es grande, se tropieza con la dificultad de que el costo de estos ensayos es elevado y limita efectuar un mayor número de ellos.

Para la determinación de respuestas a Nitrógeno, Fósforo y Potasio, a tres niveles, se ha utilizado comúnmente el arreglo factorial con dos repeticiones, pe-

ro por su alto costo, la Primera Conferencia sobre fertilización de Centro América y el Caribe, realizada en la Antigua Guatemala, sugirió que, se utilice una sola repetición con varios testigos adicionales.

En el presente estudio se atiende esta sugerencia, comparando el arreglo de dos repeticiones con el de una repetición y tres testigos adicionales. Asimismo, los resultados del estudio, aumentarán el conocimiento acerca de la respuesta de la caña de azúcar a la aplicación de fertilizantes.

REVISION DE LITERATURA

La capacidad productiva de un suelo está influenciada por factores intrínsecos y extrínsecos, cuyos efectos se observan en los rendimientos de producción; entre los primeros pueden considerarse los factores físicos, químicos y biológicos actuando, según Agete y Piñero (1) en intensa transformación de los minerales insolubles de las rocas, en otros que son más fácilmente extraídos por las plantas o lixiviado por el agua de lluvia en forma paulatina, agotándoles su fertilidad.

Estos hechos, dice el mismo autor (1), se reflejan sobre la fertilidad del terreno, o más bien, sobre su capacidad productiva. La caña, se siembra en terrenos bien preparados, de manera que al proporcionarle propiedades físicas adecuadas, el factor fertilidad es el que más se refleja en la productividad. Y considera el nitrógeno, fósforo y potasio como los principales elementos nutritivos de la caña de azúcar, además de otros que son necesarios en menor cantidad y que por lo tanto son éstos los que en mayor dosis deberán proporcionarse.

Ullivari (2) señala que el uso de fertilizantes es uno de los medios para lograr el incremento de la producción azucarera y que hasta el presente se ha generalizado el uso de abonos nitrogenados en dosis aproximadas de 50-60 Kg. por hectárea, basados en recomendaciones de estaciones Experimentales, con la observación de que ha sido el nitrógeno el principal elemento, en especial para el incremento de la producción de caña por hectárea, en las regiones de Tucumán, Argentina. Sin embargo, este autor en resultados de cuatro ensayos experimentales, observó en uno de éstos, la influencia del fósforo y potasio, en aquellos tra-

tamientos que además contenían nitrógeno, dando mayores resultados tanto en tonelaje de caña como en rendimiento de azúcar, que aquellos que contenían sólo nitrógeno; dichos resultados correspondieron al ensayo efectuado en el Ingenio Santa Lucía de Tucumán, en el que se usaron los niveles de 30-60- y 90 kilogramos por hectárea, en las tres fuentes (nitrógeno, fósforo y potasio) y sobre un suelo poco profundo, bien provisto de materia orgánica y nitrógeno, pero pobre en fósforo y potasio; el peso de caña fué de 88.2 Kg./Ha. y de azúcar 6.35 Kg./Ha. con el máximo nivel de estos elementos (90-90-90). En el resto de los ensayos se obtuvo respuestas sólo para tratamientos con nitrógeno.

México como país altamente representativo en agricultura, cuenta con experiencias en fertilización en caña de azúcar, el Ing. Reyes Cano (3) expresa sus resultados en diferentes zonas y series de suelos de aquel país con observaciones favorables para la dosificación de las fuentes de nitrógeno, en cuanto a respuestas de peso de caña por hectárea, no así en rendimientos de azúcar y sacarosa por Ha. notando aumento de respuesta cuanto mayor sea la cantidad de fertilizante aplicada; sin embargo, en la serie de suelos San Cristóbal, la respuesta del nitrógeno obedecía a las aplicaciones conjuntas de potasio y los resultados a veces descendían, pero en ausencia de dicho elemento su respuesta volvía a ser mayor, cuanto mayor fuera la dosis aplicada.

Los niveles usados en uno de estos proyectos de fertilización fueron: para nitrógeno 0-50-100 Kg./Ha. para potasio 0-100-200 Kg./Ha. y para fósforo una dosis general de 50 Kg. por Ha.

Los resultados están relacionados con la serie de suelo en donde se efectuó el trabajo, ya que en (Serie) Tres Valles se obtuvo respuestas de nitrógeno para rendimientos de azúcar y peso de caña y de fósforo en azú-

car, las experiencias provienen de siembras de la variedad C-213 en dos años consecutivos.

La misma variedad C-213 fue usada en la serie Las Lajas con respuesta significativa en rendimiento de azúcar para el nitrógeno; la variedad P.P.Q.K. tratada en la misma serie, dió respuestas significativas en rendimiento de azúcar no sólo para nitrógeno, sino que también fue significativo el potasio.

Cuando se efectuaron tratamientos con niveles de 0-50-100-150 Kg./Ha. de nitrógeno y 0-100-200 Kg./Ha. de potasio en lotes factoriales a dos repeticiones, los resultados fueron similares en cada serie de estudio, Reyes Cano (3) al analizar sus resultados, obtuvo respuestas para nitrógeno, fósforo y potasio individuales, así como la interacción nitrógeno-potasio en lo que a peso de caña se refiere.

Dichos resultados que corresponden a la serie de suelos Tres Valles, fueron similares en la serie La Laja, pero en ésta no hubo respuesta a las aplicaciones de potasio en el peso de caña; en la serie San Cristóbal sólo el nitrógeno fue significativo para el peso de caña, y rendimiento de azúcar.

Es decir que en resumen, el nitrógeno fue significativo en los tres tipos de suelo, el fósforo en Tres Valles y La Laja y el potasio sólo en Tres Valles; estos resultados están de acuerdo con el Dr. A. Jacob (4) quien expresa: «Entre los fertilizantes, el nitrógeno tiene la supremacía, con excepción de los suelos orgánicos que poseen un elevado contenido natural de nitrógeno, el generoso suministro de nitrógeno a la caña de azúcar constituye uno de los requisitos de mayor trascendencia para el incremento del rendimiento».

«En contraste con el ácido fosfórico y la potasa, las dosis de nitrógeno están determinadas, en primera línea, por el suministro de agua y la duración del ciclo vegetativo y sólo en grado infimo, por el tipo de suelo (con excepción de los suelos orgánicos)».

«El ácido fosfórico es requerido por la caña de azúcar especialmente durante los primeros meses de su crecimiento. De ahí, que el abundante abastecimiento de este nutriente tenga una benéfica acción en el desarrollo de su sistema radicular y macollamiento» (4). Desde luego la dosificación media varía de acuerdo con las zonas, fluctuando entre 45 y 112 Kg./Ha. (4) aunque la Hamakua Hill Co. (5) aplicó frecuentemente 540 Kg. por Ha. de fósforo a caña de siembra, renunciando con ello a los tratamientos posteriores de soca. En general, esta práctica no puede recomendarse porque un contenido demasiado elevado de fósforo, con respecto al nitrógeno y potasio, puede producir una depresión del rendimiento (6).

En Costa Rica, Ramírez (12) informa la interacción del fósforo sobre el nitrógeno en cultivos de caña de azúcar, cuando se trata de suelos pobres en fósforo, a medida que sube la concentración del fósforo, el nitrógeno también es mayormente asimilado. Sin embargo, dicha interacción es reversible cuando el fósforo es sobredosificado.

En varios niveles usados de superfosfato (235.5 a 942.1 Kg. por Ha.), los mejores resultados obtenidos en cuanto a tonelaje de caña de azúcar se refiere, fue la dosis mínima usada de 235.5 Kg./Ha. de superfosfato.

En cuanto a la importancia del potasio, el Dr. Jacob (4) insiste en que la caña de azúcar es una gran consumidora de este elemento, manifestando su importancia en el incremento del peso de caña, el correspondiente aumento de contenido de Sacarosa y la simplificación del tratamiento de guarapos en el ingenio. La deficiencia de dicho elemento se manifiesta generalmente cuando las cañas son fofas y de menor diámetro, por lo que corren el riesgo del encamado.

Según Du Toit (5) la caña que sufre una deficiencia potásica experimenta una considerable reducción en

su capacidad de crecimiento al emplearse como material de siembra; por esa razón los cañaverales que han de proporcionar dicho material deberán recibir una generosa aplicación de potasa.

Es importante que la solución de nutrientes del suelo existan en cantidades proporcionales adecuadas, pues cada uno de ellos posee acciones limitantes con respecto a otros, al extremo de impedirles su libre asimilación.

El Dr. Jacob (4) indica que el mayor significado de la fertilización en potasio, radica en el mantenimiento de un equilibrio óptimo entre este elemento y el nitrógeno.

En Puerto Rico, Samuels (8) y Cuba Sánchez (9), reportan la significancia de la relación nitrógeno-potasio cuando se aplican altas dosis de nitrógeno en suelos pobres. También observaron la acción del fósforo, aunque éste, en grado significativo mucho menor, cuando el nitrógeno era aplicado en dosis altas.

En Cuba, Hank (10) y en Perú, Ríos (11), ponen en evidencia tal interacción nitrógeno-potasio, al observar la influencia del potasio sobre los rendimientos, cuando el nitrógeno era suministrado en dosis medias o altas, tales como 400 Kg./Ha. de nitrato de potasio (15-0-10) especialmente en plantaciones cubanas.

Las experiencias de Humbert en Hawaii (7) concluyen en aprobar el uso de potasio en caña de azúcar en dosis variadas desde 112 a 225 Kg. por Ha., pero a pesar de ello no son extrañas el uso de cantidades de 390 Kg./Ha. Es así como en Waialaa, Hawaii, el uso de fertilizantes ha aumentado considerablemente, pues del año 1949 a 1953 el nitrógeno aumentó en 49% y el de potasio en 288% y por ello se ha generalizado en todo el país el uso de 330 Kg. de nitrógeno, 168 Kg. de fósforo y 350 Kg. de potasio por hectárea. Aunque en Java y la India (4) prevalece la idea de no fertilizar suelos ricos en potasio con este elemento, los resulta-

dos de la dosificación con potasio en Hawaii (7) han mantenido mayor número de socas en plan remunerativo con proporciones mayores aún que de las de primera siembra.

De acuerdo a las recomendaciones sobre fertilizantes y enmiendas efectuadas en la Antigua Guatemala en el año 1964 (13), se consideró conveniente efectuar trabajos con nitrógeno, fósforo y potasio, utilizando un diseño factorial con varios testigos y una sola repetición (14) en el presente trabajo se efectúa dicha recomendación y se compara con el sistema clásico tradicional del diseño factorial con dos repeticiones. En Costa Rica, Herrera e Iglesias (17), utilizaron con buenos resultados, en ensayos de fertilización, experimentos sin repetición con tres testigos adicionales, para elevar la respuesta a nitrógeno, fósforo y potasio a tres niveles en un arreglo factorial 33. Federer W. T. (14) indica que cuando hay dificultad en el transporte de fertilizantes a lugares experimentales, puede decidirse usar una repetición incluyendo varios testigos adicionales y que la cantidad de la variación de los testigos e interacciones de tres y cuatro factores, puede ser usada como el error experimental.

MATERIALES Y METODOS

A. LOCALIZACION:

Los trabajos comprendidos durante el presente ensayo de fertilización se llevaron a cabo en el área de la Estación Experimental Sabana Grande, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos. Está localizada en el Departamento de Escuintla, dentro de la jurisdicción del municipio del mismo nombre, a una latitud de 14° 23' Norte y a una longitud de 90° 49' Oeste. Su altitud es de 750 metros sobre el nivel

del mar, con una precipitación máxima de 4768.0 mm. en el año 1965, cuyo promedio mensual fue de 397.6 mm. distribuida principalmente en el período de mayo a octubre; su clima es cálido-húmedo, con una temperatura media de 26°C. Principalmente en el período seco (noviembre-abril) soplan vientos con velocidades que alcanzan los 60 Km./hora, en direcciones NS y NO, ocasionando graves problemas a los agricultores de esta región, que comprende el valle entre los volcanes de Agua y Fuego.

Los suelos son del tipo Franco-Arenoso y pertenecen a la serie Alotenango, según Simmons et al. (16).

B. MATERIAL EXPERIMENTAL:

Los lotes de estudio, fueron plantaciones de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) de tres años de edad, de la variedad Barbados 37-172, sembrados con el sistema de doble hilera, a una profundidad de más o menos 30 centímetros y a 2,000 metros de distancia entre surco.

Las fuentes utilizadas fueron para nitrógeno: Urea en niveles de 0-100-200 Kg./Ha. (N0N1N2); para fósforo triple superfosfato en niveles de 0-50-100 Kg./Ha. (P0P1P2) y para potasio muriato de potasio en niveles de 0-50-100 Kg./Ha. (K0K1K2).

C. TÉCNICA APLICADA O MÉTODO DE MANEJO:

Las dosis totales de fertilizante nitrogenado (0-100-200 Kg. de N./Ha.) se dividieron por mitad; aplicando la primera mitad (0-50-100 Kg. de N./Ha.), un mes después del corte (5/5/65) y la otra mitad 70 días después (23/7/65). La

dosis de fósforo (0-50-100 Kg. P_2O_5 /Ha.) y potasio (0-50-100 Kg. de K_2O /Ha.) se aplicaron completas conjuntamente con la primera mitad de dosis de nitrógeno.

Aunque las prácticas culturales fueron las acostumbradas en la región, la aplicación de la primera aplicación de fertilizante fue hecha después del corte de la segunda soca (3er. año), enterrada a 5 cm. de profundidad en banda a un solo lado del surco, y la segunda aplicación a los dos lados del surco, en banda superficial. Durante el curso del experimento, no se aplicó riego a la plantación. La cosecha se efectuó en el período del 20 al 30 de abril de 1965 y los desechos se colocaron sobre el área entre surcos en forma alterna con rotación anual.

D. METODOLOGIA ESTADISTICA:

Las 27 combinaciones de tratamientos fueron colocadas en dos diseños estadísticos, uno referido al método clásico utilizado en Guatemala para estudios de fertilización con tres factores a tres niveles, en un factorial parcialmente confundido (3^3) con dos repeticiones y el otro en un factorial (3^3) con varios testigos y una sola repetición, método que fue propuesto en la primera Conferencia sobre Fertilización de Centro América y el Caribe. Se utilizaron parcelas de forma cuadrada de 100 metros cuadrados (10 x 10), con surcos de caña de diez metros de longitud, siendo un surco común a dos parcelas contiguas. El área por parcela para la toma de datos fue de 32 metros cuadrados (4 x 8) con dos surcos de ocho metros de longitud.

Los datos registrados se refirieron a caña faltante, peso de caña, rendimiento de azúcar por

toneladas de caña y rendimiento de azúcar por hectárea. Los pesos de caña en kilogramos fueron ajustados en relación a la caña faltante por parcela.

Los datos para cada uno de los atributos mencionados fueron sometidos al análisis de variancia (Prueba F.). Se determinaron los errores y coeficientes de regresión, así como las medias de cada uno de los atributos clasificados por tratamiento a fin de poder efectuar las comparaciones principales. Se elaboraron cuadros finales comparativos, determinándose los coeficientes de variación y eficiencia relativa.

RESULTADOS Y DISCUSION

CUADRO No. 1

PESO DE CAÑA EN KILOGRAMOS POR PARCELA

Factorial 2 r			Factorial 1 r		
Tratamientos	I	II	Total	MEDIA	I
No Po Ko	94.80	123.38	218.18	109.99	122.02
No Po K1	165.11	117.93	283.04	141.52	180.08
No Po K2	171.00	50.80	221.80	110.90	173.27
No P1 Ko	165.56	95.71	261.27	130.63	147.42
No P1 K1	130.64	148.78	279.42	139.71	140.61
No P1 K2	225.44	96.66	322.10	161.05	146.51
No P2 Ko	150.59	134.26	284.85	142.42	156.94
No P2 K1	140.16	150.59	290.75	145.37	130.18
No P2 K2	143.79	121.11	264.90	132.45	117.93
N1 Po Ko	131.09	67.13	198.22	99.11	117.93
N1 Po K1	175.99	104.33	280.32	140.16	135.62
N1 Po K2	180.98	142.43	323.41	161.70	183.25
N1 P1 Ko	252.20	135.62	387.82	193.01	147.87
N1 P1 K1	158.78	89.81	248.57	124.28	183.71
N1 P1 K2	182.80	88.00	270.80	135.40	220.90
N1 P2 Ko	207.75	161.93	369.68	184.84	174.18
N1 P2 K1	179.62	191.87	371.49	185.74	194.59
N1 P2 K2	125.65	150.59	276.24	138.12	184.16
N2 Po Ko	115.67	122.92	238.59	119.29	133.81
N2 Po K1	162.86	92.99	245.85	122.92	157.85
N2 Po K2	253.11	89.36	342.47	171.23	169.64
N2 P1 Ko	189.15	156.04	345.19	172.59	199.58
N2 P1 K1	180.08	192.32	372.40	186.20	217.73
N2 P1 K2	209.11	212.74	421.85	210.92	233.15
N2 P2 Ko	222.26	201.85	424.11	212.05	190.96
N2 P2 K1	224.53	190.51	415.04	207.52	216.82
N2 P2 K2	175.54	163.29	338.83	169.41	262.18
Testigo 1					183.71
Testigo 2					143.69
Testigo 3					125.65

CUADRO No. 2

ANALISIS DE VARIANCIA DE LOS PESOS DE CAÑA
EN KILOGRAMOS POR PARCELA

(Factorial parcialmente confundido 2r)

Fuentes	G.L.	S. C.	C. M.	F.
Sub-bloques	5	30311.77	6062.35	5.14**
N1	1	14320.91	14320.91	12.14**
Nc	1	127.92	127.92	0.11
P1	1	12996.38	12996.38	11.01**
Pc	1	1720.57	1720.57	1.46
K1	1	82.48	82.48	0.07
Kc	1	37.28	37.28	0.03
N P	4	3388.13	847.03	0.72
N K	4	1973.96	493.49	0.42
P K	4	10146.99	2536.75	2.15
N P2 K2	2	5073.63	2536.82	2.15
N P2 K	2	2368.40	1184.20	1.00
N P K2	2	3130.61	1565.30	1.33
N P K	2	340.78	170.39	0.14
Error	22	25959.30	1179.97	
Total	53	111979.11		

**Significativo 0.01 de probabilidad.

CUADRO No. 3

**PESO MEDIO DE CAÑA EN KILOGRAMOS POR HECTAREA PARA
LAS DISTINTAS COMBINACIONES DE NIVELES DE N. P Y K**

Factorial parcialmente conf. (2r)

Niveles de Fósforo	Niveles de Nitrógeno			Medias para
	No.	N1	N2	Fósforo
Po	37,657.3	41,768.2	43,068.2	40,831.2
P1	44,931.0	47,249.4	59,345.7	50,510.7
P2	43,776.6	52,990.0	61,353.0	52,706.3

Niveles de Potasio				Medias para
				Potasio
Ko	39,807.3	49,777.0	52,494.2	47,359.5
K1	44,438.0	46,894.7	53,817.1	48,383.3
K2	42,125.0	45,336.0	57,455.6	48,305.5

Medias para Nitrógeno	42,123.4	47,335.9	54,589.0
--------------------------	----------	----------	----------

Niveles de Potasio	Niveles de Fósforo			Medias para
	Po.	P1	P2	Potasio
Ko	34,114.0	51,785.3	56,179.1	47,359.5
K1	42,146.3	46,895.2	56,108.2	48,383.3
K2	46,233.3	52,851.5	45,831.7	48,305.5

Error estándar de las medias internas	+ 4,381
Error estándar de las medias marginales	+ 2,531

Tal como se muestra en el cuadro de análisis de variancia (cuadro No. 2), los pesos de caña por parcela difieren significativamente para la dosis de nitrógeno; dichos pesos aumentan en forma lineal desde el nivel No hasta el nivel N2 en que se observó el mayor peso. Esta respuesta fue general para cualquier combinación con fósforo y potasio en que se aplicó el nitrógeno.

El fósforo tuvo un efecto similar al del nitrógeno; se observó una tendencia lineal significativa de aumento de peso de caña con el aumento de la dosis de fósforo en cualquier combinación con nitrógeno y potasio, tal como se muestra en los cuadros de pesos medios de caña por hectárea (cuadro No. 3) para las distintas combinaciones de niveles.

La respuesta lineal de nitrógeno es más marcada que la del fósforo; para éste aunque el efecto cuadrático no fue significativo, es aparente que el peso de caña aumenta con una mayor tasa entre los niveles Po y P1 que entre los niveles P1 y P2.

La respuesta general al potasio tanto en su componente lineal como cuadrático no fue significativa; en el cuadro que muestra las medias en kilogramos de caña por hectárea para los distintos niveles de potasio (Cuadro No. 3) se aprecia que para cada uno de estos niveles las medias son muy similares. Las interacciones del potasio con el nitrógeno y el fósforo, $N \times P$ y $P \times K$ no fueron significativas, lo cual nos indica una respuesta generalizada para cualquier combinación del potasio en las condiciones en que se llevó a cabo el presente trabajo.

CUADRO No. 4

**ANÁLISIS DE VARIANCIA DE LOS PESOS DE CABA
EN KILOGRAMOS POR PARCELA**

(Factorial parcialmente conf. (1r) con varios testigos)

Fuentes	G. L.	S. C	C. M.	F.
Tratamientos	18	32029.42		
N1	1	10927.84	10927.84	16.62**
Vc	1	23.35	23.35	0.04
P1	1	2970.15	2970.15	4.52
Pc	1	1160.19	1160.19	1.76
K1	1	4263.65	4263.65	6.48*
Kc	1	1.65	1.65	0.01
N P	4	9236.36	2309.09	3.51*
N K	4	2723.68	683.42	1.04
P K	4	712.56	178.14	0.27
Error	11	7232.18	657.47	
Total	29	39261.61		

* Significativo 0.05 de probabilidad.

** Significativo 0.01 de probabilidad.

CUADRO No. 5

**PESO MEDIO DE CAÑA EN KILOGRAMOS POR HECTAREA
PARA LAS DISTINTAS COMBINACIONES DE NIVELES DEN P y K**

(Factorial parcialmente conf. (Ir) con varios testigos)

Niveles de Fósforo	Niveles de Nitrógeno			Medias para
	No	N1	N2	Fósforo
Po	51,939.6	45,500.0	48,052.1	48,497.2
P1	45,264.6	57,550.0	67,756.3	56,857.0
P2	42,192.7	57,596.9	68,787.5	56,525.7

Niveles de Potasio				Medias para
				Potasio
Ko	46,836.5	45,831.3	54,619.8	49,095.9
K1	46,965.6	53,533.4	61,708.4	54,069.1
K2	45,594.8	61,282.3	69,267.7	58,714.9

Medias para Nitrógeno	46,465.6	53,549.0	61,865.3
--------------------------	----------	----------	----------

Niveles de Potasio	Niveles de Fósforo			Medias para
	Po	P1	P2	
Ko	41,355.2	51,549.0	54,383.4	49,095.9
K1	49,328.1	56,463.6	56,415.6	54,069.1
K2	54,808.4	62,558.4	58,778.1	58,714.9

Error estándar para las medias internas: + 4,625

Error estándar para las medias marginales: + 2,656

Como se muestra en el cuadro de análisis de variancia (Cuadro No. 4), el efecto lineal del nitrógeno sobre el peso de caña es significativo aumentando en general el peso con el aumento de dosis de nitrógeno. Esta respuesta fue influenciada por el fósforo, ya que la interacción N x P que fue significativa indica que el efecto de las aplicaciones de nitrógeno tiene tendencia diferente dependiendo de la dosis de fósforo.

Es aparente en el cuadro de pesos medios de caña para las distintas combinaciones de nitrógeno y fósforo (Cuadro No. 5), que la tendencia de incremento lineal de los pesos de caña con el aumento de dosis de nitrógeno está bien definida cuando dicho elemento se aplicó en combinación con las dosis P1 y P2, no habiendo mucha diferencia en la tendencia del efecto del nitrógeno para cada una de estas dos últimas dosis de fósforo. Por otra parte, cuando el nitrógeno no se aplicó en combinación con el fósforo (dosis Po) la respuesta fue diferente observándose una disminución de los pesos de caña con el aumento de dosis de nitrógeno, dicha tendencia es aparentemente cuadrática ya que el mayor descenso en peso se observó para la dosis N1.

El fósforo no tuvo efecto significativo en el peso de caña, aunque el efecto lineal casi llegó al umbral de significancia en el análisis estadístico; por los resultados descritos para nitrógeno y la interacción N x P es aparente que el fósforo fue limitante en el peso de caña. La dosis P1 produjo un cambio notorio en la tendencia de las respuestas del nitrógeno, cambio muy similar en magnitud al que también produjo la dosis P2. Un examen de los pesos medios de caña para los distintos niveles de fósforo indica un incremento de peso entre la dosis Po y P1; pero el peso para la dosis P2 es similar al correspondiente a la dosis P1. La interacción P x K no fue significativa.

El efecto lineal del potasio fue significativo. En general los pesos de caña aumentaron con una tendencia marcadamente lineal con el aumento de la dosis de potasio. Este efecto del potasio fue general para cualquier combinación en que se haya aplicado con fósforo, pero es aparente que con respecto al nitrógeno, cuando éste estuvo ausente, el potasio no incrementó los pesos. La mayor tasa de incremento en peso producido por el potasio se observó cuando estuvieron presentes las dosis P1 y N2.

CUADRO No. 6

RENDIMIENTO DE AZUCAR EN KILOGRAMOS POR
TONELADA POR PARCELA

Factorial 2 r			Factorial 1 r		
Tratamientos	I	II	Total	MEDIA	I
No Po Ko	96.62	88.45	185.07	92.53	92.99
No Po K1	94.80	92.99	187.79	93.89	89.36
No Po K2	91.17	90.72	181.89	90.94	89.36
No P1 Ko	96.62	91.63	188.25	94.12	86.64
No P1 K1	91.17	95.71	186.88	93.44	96.16
No P1 K2	94.80	97.98	192.78	96.39	89.81
No P2 Ko	96.62	92.53	189.15	94.57	92.08
No P2 K1	97.07	89.36	186.43	93.21	92.99
No P2 K2	97.07	91.17	188.24	94.12	92.08
N1 Po Ko	94.35	95.25	189.60	94.80	92.08
N1 Po K1	90.72	90.27	180.99	90.49	97.52
N1 Po K2	90.27	96.16	186.43	93.21	91.17
N1 P1 Ko	92.53	87.09	179.62	89.81	92.53
N1 P1 K1	97.07	92.53	189.60	94.80	92.99
N1 P1 K2	87.09	92.08	179.89	89.94	93.89
N1 P2 Ko	98.43	93.44	191.87	95.93	92.99
N1 P2 K1	92.08	93.89	185.97	92.98	88.90
N1 P2 K2	98.43	98.43	196.86	98.43	88.90
N2 Po Ko	90.72	89.36	180.08	90.04	98.88
N2 Po K1	97.07	97.98	195.05	97.52	97.52
N2 Po K2	87.54	99.34	186.88	93.44	91.63
N2 P1 Ko	102.06	97.98	200.04	100.02	93.89
N2 P1 K1	92.53	93.89	186.42	93.21	93.89
N2 P1 K2	95.25	93.44	188.69	93.34	96.62
N2 P2 Ko	84.37	94.35	178.72	89.36	96.16
N2 P2 K1	90.72	93.89	184.81	92.40	95.25
N2 P2 K2	97.07	93.44	190.51	95.25	84.82
Testigo 1					89.36
Testigo 2					94.80
Testigo 3					90.72

CUADRO No. 7

**ANALISIS DE VARIANCIA DEL RENDIMIENTO DE AZUCAR EN
KILOGRAMOS POR TONELADA DE CAÑA**

(Factorial parcialmente conf. 2r)

Fuentes	G. L.	S. C.	C. M.	F
Sub-bloques	5	95.99	19.19	1.71
N1	1	0.57	0.57	0.05
Nc	1	2.76	2.76	0.25
P1	1	9.59	9.59	0.86
Pc	1	2.60	2.60	0.23
K1	1	2.28	2.28	0.20
Kc	1	0.38	0.38	0.03
N P	4	101.42	25.35	2.26
N K	4	6.65	1.66	0.15
P K	4	44.32	11.08	0.99
N P2 K2	2	72.59	36.30	3.24
N P2 K	2	17.41	8.71	0.78
N P K2	2	7.79	3.89	0.35
N P K	2	85.03	42.52	3.79*
Error	23	246.58	11.21	
Total	53	695.90		

* Significativo 0.05 de probabilidad.

CUADRO No. 8

**RENDIMIENTO MEDIO DE AZUCAR EN KILOGRAMOS POR
TONELADA PARA LAS DISTINTAS COMBINACIONES
DE NIVELES DE N,P y K**

Factorial parcialmente conf. (2r)

Niveles de Fósforo	Niveles de Nitrógeno			Medias para Fósforo
	No.	N1	N2	
Po	92.46	92.84	93.67	92.99
P1	94.65	91.40	95.86	93.97
P2	93.97	95.78	92.31	94.02

Niveles de Potasio				Medias para Potasio
Ko	93.74	93.52	93.14	93.47
K1	93.52	92.76	94.35	93.54
K2	93.82	93.74	94.35	93.97

Medias para Nitrógeno	93.69	93.34	93.34
--------------------------	-------	-------	-------

Niveles de Potasio	Niveles de Fósforo			Medias para Potasio
	Po	P1	P2	
Ko	92.46	94.65	93.29	93.47
K1	93.97	93.82	92.84	93.54
K2	92.53	93.44	95.94	93.97

Error estándar de las medias internas: + 1.35

Error estándar de las medias marginales: + 0.79

En el rendimiento de azúcar por tonelada de caña, de acuerdo al análisis de variancia (Cuadro No. 7), los tratamientos con fertilizantes no mostraron diferencias significativas. Como se muestra en los cuadros de doble entrada (Cuadro No. 8), rendimiento de azúcar por tonelada de caña, fue similar en cualesquiera de los elementos y dosis utilizadas. Las diferencias en rendimiento para cada una de las dosis, de los elementos de nitrógeno, fósforo y potasio, son muy pequeñas. Para el nitrógeno el rendimiento más alto correspondió a la dosis N2, observándose una pequeña disminución en la dosis N1 con respecto a la dosis No. (Es aparente que cuando el nitrógeno no se combinó con la presencia de fósforo, se registró un pequeño aumento progresivo a mayores dosis de nitrógeno.)

Para el fósforo y el potasio, se observan aumentos progresivos a mayores dosis de aplicación. El mayor aumento para los efectos simples correspondió a la dosis P2 y para los efectos combinados a la dosis P2 K2.

CUADRO No. 9.

**ANALISIS DE VARIANCIA DEL RENDIMIENTO DE AZUCAR EN
KILOGRAMOS POR TONELADA DE CAÑA**

(Factorial parcialmente conf, (1r) con varios testigos)

Fuentes	G. L.	S. C.	C.M.	F.
Tratamientos	18	213.45		
N1	1	44.21	44.21	4.71
No	1	0.95	0.95	0.10
P1	1	13.04	13.04	1.39
Pc	1	1.56	1.56	0.17
K1	1	19.93	19.93	2.12
Kc	1	20.98	20.98	2.23
N P	4	37.62	9.40	1.00
N K	4	25.95	6.49	0.69
P K	4	49.21	12.30	1.31
Error	11	103.27	9.39	
Total	29	316.73		

CUADRO No. 10

**RENDIMIENTO MEDIO DE AZUCAR EN KILOGRAMOS POR
TONELADA
PARA LAS DISTINTAS COMBINACIONES DE NIVELES
DE N, P y K**

(Factorial parcialmente conf, (1r) con varios testigos)

Niveles de Fósforo	Niveles de Nitrógeno			Medias para Fósforo
	NO	N1	N2	
Po	90.23	93.59	96.01	93.28
P1	90.87	93.14	94.80	92.94
P2	92.38	(0.26	(2.08	91.57

Niveles de Potasio				Medias para Potasio
Ko	90.23	92.53	96.31	93.02
K1	92.84	93.14	95.55	93.84
K2	(0.42	91.32	91.02	(0.92

Medias para Nitrógeno	91.16	92.33	94.30
--------------------------	-------	-------	-------

Niveles de Potasio	Niveles de Fósforo			Medias para Potasio
	Po	P1	P2	
Ko	94.31	91.02	93.74	93.02
K1	94.80	94.35	92.38	93.84
K2	90.72	93.44	88.6)	90.92

Error estándar para las medias internas + 1.77

—

Error estándar para las medias marginales + 1.02

—

La aplicación de fertilizante cualesquiera que haya sido los elementos y niveles, no mostraron significancia de acuerdo al análisis de variancia efectuado (Cuadro No. 9). El efecto llenal del nitrógeno casi llegó a ser significativo al nivel de 0.05 de probabilidad; con el aumento de su dosis se alcanzó un mayor rendimiento medio de azúcar, correspondiendo por lo tanto el rendimiento más alto al nivel N2, éste fue a su vez el mayor de todos los rendimientos correspondientes a los efectos simples. La tasa de incremento fue ligeramente mayor en el intervalo N1-N2 que en el No-N1; es interesante observar que los incrementos progresivos para las dosis de nitrógeno se notan más cuando este elemento se aplicó en ausencia del fósforo y del potasio.

El fósforo causó una ligera disminución en el rendimiento a medida que se aumentó la dosis de aplicación; este hecho se observó también cuando el fósforo se combinó con la presencia de nitrógeno.

Para el potasio el rendimiento más alto correspondió a la dosis K1 y el menor a la dosis K2; en presencia con el nitrógeno las combinaciones más altas (K2N1 y K2N2) fueron inferiores a sus combinaciones intermedias (K1N1 y K1N2). Este hecho se observó también cuando se combinó con la presencia del fósforo.

El rendimiento más alto para la combinación de los niveles 1 y 2 se observó en N2K1.

CUADRO No. 11

EFECTOS E INTERACCIONES PARA EL PESO DE CAÑA

FUENTES	«P»	
	Arreglo con una repetición	Arreglo con dos repeticiones
N1	**	**
Nc		
P1		**
Pc		
K1	*	
Kc		
NP	*	
NK		
PK		
NPK		
ERROR	657.47	1179.97
G.L.	11	22

Media General		169.93	163.65
Coef. de Variación	%	15.09	22.36
Eficiencia relativa	%	167	(Se obtuvo una precisión experimental de 67% más alta en el diseño con una repetición en relación al de dos repeticiones).

* Significativo 0.05 de probabilidad

** Significativo 0.01 de probabilidad.

CUADRO No. 12

**EFFECTOS E INTERACCIONES PARA EL RENDIMIENTO
DE AZUCAR**

FUENTES	F	
	Arreglo con una repetición.	Arreglo con dos repeticiones
N1	N.S.	N.S.
Nc	"	"
P1	"	"
Pc	"	"
R1	"	"
Kc	"	"
NP	"	"
NK	"	"
PK	"	"
NPK	"	"
ERROR	9.39	11.21
G. L.	11	22

Media General		92.53	93.68
Coef. de Variación	%	3.31	3.58
Eficiencia relativa	%	111.	(Se obtuvo una precisión experimental de 11% más alta en el diseño con una repetición en relación al de dos repeticiones).

N.S. Ninguna significancia.

CONCLUSIONES

- 1.—Al comparar los dos análisis (experimentos con una repetición y con dos repeticiones) para el peso de caña y rendimiento de azúcar por tonelada, se nota que en lo que se refiere a las pruebas de hipótesis sobre los efectos principales de nitrógeno, los resultados fueron similares. Por los otros efectos e interacciones los resultados son diferentes. Es necesario aclarar esta situación con otros elementos de juicio, considerando la alta precipitación pluvial y los niveles de agua freática.
- 2.—Si el número de ensayos a efectuar es reducido, es conveniente utilizar el diseño que repita más los tratamientos. Si el número de ensayos es grande, y eleve considerablemente los costos, puede utilizarse el diseño con una sola repetición y varios testigos adicionales.
- 3.—El nitrógeno aumentó los pesos de caña. Esta respuesta fué general para los dos tipos de ensayos utilizados.
- 4.—En el ensayo con una sola repetición, la presencia de fósforo influye en la respuesta de nitrógeno aumentando los pesos de caña. En ausencia del fósforo, el aumento de la dosis de nitrógeno no produjo incrementos en el peso.
- 5.—En el ensayo con dos repeticiones, el fósforo no influyó significativamente en la respuesta de nitrógeno al nivel de probabilidad considerado;

sin embargo, en presencia de fósforo los aumentos de peso de caña debidos al nitrógeno, fueron más altos que cuando el fósforo estuvo ausente.

- 6.—En el ensayo con dos repeticiones, el efecto del fósforo fue significativo, mostrando incrementos lineales en el peso de caña. En el ensayo con una repetición, el fósforo aumentó el peso de caña pero no llegó a ser significativo al nivel de probabilidad considerado.
- 7.—En el ensayo con una repetición, el efecto del fósforo fue significativo, mostrando incrementos lineales en el peso de caña. Aunque la interacción NK no fue significativa, se nota que en ausencia de nitrógeno, el potasio no aumenta el peso.
- 8.—Por las conclusiones anteriores, los elementos nitrógeno, fósforo y potasio fueron limitantes en el peso de caña. La mayor influencia la tuvo el nitrógeno en su dosis más alta; en combinación con el fósforo, aparentemente desde el punto de vista económico es recomendable la dosis intermedia de este elemento.

En cuanto al potasio, su dosis más alta en combinación con N2 P1 mostró los pesos más elevados; sin embargo, por la perspectiva que ofrece este elemento para elevar la producción de caña, es necesario darle atención especial en ensayos posteriores.

- 9.—No se observaron efectos significativos en el rendimiento de azúcar por tonelada de caña. Sin embargo, al utilizar este rendimiento para obtener peso en azúcar, los resultados pueden ser semejantes a los obtenidos para el peso de caña.

BIBLIOGRAFIA

1. Agete y Piñero, Fernando
La Caña de Azúcar en Cuba
Ministerio de Agricultura
Direc. de Est. Exp.
pp. 280, Tomo I - 1946.
2. Ullivari, Roberto F. de
La Fertilización en los Cultivos de la C. de A.
I. D. I. A. Suplemento No. 8, pág. 52, 1962.
Sec. de Estado y Ag. y Ganad. de la Nación.
República de Argentina.
3. Cuarta Conferencia Internacional
Instituto Tecnológico Azucarero Veracruzano.
Cosomaloapán, Veracruz, México.
Junio 1962 - pp. 109 - 116.
4. Dr. A. Jacob - Dr. H. von Vexkull
Fertilización
Nutrición y Abonado de los Cultivos Tropicales y
Subtropicales
Traducción española por L. O. López Martínez
de Alba.
Holanda - pp. 169 - 171 - 1964.
5. Du Toit, J. L.
Report on Visit to Hawaii, Lousiana, Florida,
Puerto Rico, and the Eight I. S. S. C. T., Con-
gress in B. W. I.
Febr. - June - pp. 18 - 1953.
6. Bedsole, M. R. E. Breggar, T.
Some Relations of Chemical Analysis of Soils

and Fresch Sugar Cane Tissues to Growth and Yield.

Proc. Int. Sugar Cane Tech. Cont. Barbados, pp. 24 - 1953.

7. Humber R. P.
Basic Problems of Sugar Cane Nutrition
Dept. Agron. Exp. Sta. Wahi Sugar Planter's
Assoc., Honolulu, Hawaii - pp. 44 - 1953.
8. Samuels, G.
The Method of Foliar Diagnosis and Applied to
Sugar Cane
Editorial Universitaria de Puerto Rico - 1955.
9. Sánchez, Pedro A.
Estudios sobre Fertilización en la Caña de Azúcar.
Memoria Anual de la Asociación de Técnicos
Azucareros de Cuba. Vol. 24 - 1950.
10. Nak F. N. y Dickson, W. E.
Conocimientos y Experiencias con Potasa en el
Cultivo de la Caña de Azúcar.
Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba.
Boletín Oficial, La Habana: 3 13 1954.
11. Ríos B. B. Barrios T. H.
Abonamiento de la Caña de Azúcar
Ed. Med. Peruana, Lima, Perú, 1953.
12. Ramírez, Carlos A.
Respuesta de la Caña de Azúcar a la Fertilización Fosfórica.
Interpretada con Base en el Análisis del Tallo
Universidad de Costa Rica.
Facultad de Agronomía, Ciudad Universitaria,
Rodrigo Fagio pp. 30 - 34 - 1964.

13. Reunión Regional de la FAO
Fertilidad de Suelos y Fertilizantes para Centro
América Septentrional.
Marzo de 1964.
14. Federer, Walter T.
Experimental Designs
The MacMillan Company, N. Y.
pp. 200 - 201.
15. Barnes, A. C.
Producción Mecanizada de la Caña de Azúcar,
Memoria de una conferencia internacional orga-
nizada por la Massey-Ferguson en la Esc. de
Mecanización Agr. M. y F. Warwickshire. In-
glaterra - pp. 18 - 19 - 1954.
16. Simmons, S. L., Tárrano, J. M. y Pinto, J. H.
1959. Clasificación de Reconocimiento de los
Suelos de la República de Guatemala. Instituto
Agropecuário Nacional y Servicio Cooperativo
Interamericano de Agricultura.
Ed. Ministerio de Educación Pública,
«José de Pineda Ibarra», Guatemala, C. A.
1000 pp.
17. Herrera Barrantes, Iglesias, Guillermo E.
Ensayos de Fertilización en Frijoles (*Phaseolus Vulgaris*), en cinco diferentes localidades
de los cantones Aserri y Acosta, Costa Rica. Fa-
cultad de Agronomía, Universidad de Costa Ri-
ca, sin fecha.

Este libro debe ser devuelto en la
última fecha marcada

TESIS DE REFERENCIA

NO

**SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.**

BIBLIOTECA CENTRAL - USAC

DEPOSITO LEGAL

PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

**BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA**