

01
T(134)
C.3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

"ENSAYO DE FERTILIZACION EN CAÑA DE AZUCAR
Saccharum officinarum L. EN SUELOS DE LA SERIE
ALCTENANGO"

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva de la
Facultad de Agronomía de la Universidad de San
Carlos de Guatemala

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRUSTRANO EXTERNO

LUIS ROBERTO MARTINEZ GUTIERREZ

en el Acto de su Investidura de

INGENIERO AGRONOMO

No. 60

Guatemala, diciembre de 1968

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

RECTOR

Lic. Edmundo Vásquez Martínez

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

DECANO:	Ing. Agr. René Castañeda Paz
VOCAL 1o.	Ing. Agr. Mario A. Martínez G.
VOCAL 2o.	Ing. Agr. Antonio A. Sandoval S.
VOCAL 3o.	Lic. Fernando Tirado B.
VOCAL 4o.	Prof. Francisco Vallejo R.
VOCAL 5o.	Br. Hugo Eduardo Font Quezada
SECRETARIO:	Ing. Agr. Fernando Luna Crive

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL
PRIVADO**

DECANO:	Ing. Agr. René Castañeda Paz
EXAMINADOR:+	Ing. Agr. Mario Molina Llardén
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Héctor Murga
EXAMINADOR:	Ing. Agr. Roberto Osorio
SECRETARIO:	Ing. Agr. Carlos G. Aldana G.

Guatemala, 5 de diciembre de 1968

Señor Decano de la
Facultad de Agronomía,
Ing. Agr. René Castañeda Paz.
Presente.-

Señor Decano:

De conformidad con la designación del Decanato, comunico que he asesorado al Br. Luis Roberto Martínez G., en la elaboración de su trabajo de Tesis titulado "ENSAYO DE FERTILIZACION DE CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum* L.) EN SUELOS DE LA SERIE ALOTE---NANGO"; el cual al haberse concluido, considero que llena los requisitos para su aprobación. Asimismo, informo a usted mi opinión de que dicho trabajo constituye una valiosa contribución al conocimiento de la acción de los fertilizantes en el cultivo de la caña.

Con muestras de mi alta consideración, me suscribo de usted deferentemente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Edgar Leonel Ibarra A.
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios Todo Poderoso.

A la memoria de mi padre:

Luis M. Martínez B.

A mi madre:

Carolina v. de Martínez

A mis hermanos:

Consuelo
Ana María
Mario.

A mis tíos, primos y familia en general.

A mis compañeros de promoción.

A la Facultad de Agronomía.

A la División de Recursos Hidráulicos.

A mis compañeros y amigos.

RECONOCIMIENTO

En forma especial hago público mi reconocimiento a mi Asesor Ingeniero Agrónomo Edgar Leonel Ibarra A., por su orientación y sugerencias para realizar el presente trabajo, al mismo tiempo mi reconocimiento a mi hermano Mario, por su colaboración y apoyo.

También agradezco al señor Joel A. España, la ayuda prestada en la elaboración de este trabajo.

Luis Roberto Martínez Gutiérrez

PRESENTACION

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador.

Tengo el honor de presentar a vuestra consideración el trabajo de
Tesis intitulado:

"ENSAYO DE FERTILIZACION EN CAÑA DE AZUCAR
Saccharum officinarum L EN SUELOS DE LA SERIE
ALOTENANGO."

Como último requisito previo a optar el Título de INGENIERO -
AGRONOMO.

Esperando que las conclusiones y recomendaciones obtenidas, sean
una contribución para mejorar criterios, en el uso de fertilizantes en la Caña -
de Azúcar.

Aprovecho la oportunidad para presentaros mis muestras de respeto
y consideración.

Luis Roberto Martínez Gutierrez

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION	1
REVISION BIBLIOGRAFICA	3
MATERIALES Y METODOS	10
DISCUSION	21
CONCLUSIONES	23
RECOMENDACIONES	24
LITERATURA CITADA	25

----- oOo -----

INTRODUCCION

La metodología para la recomendación de fertilizantes aparenta en la actualidad tener un criterio definido. Sin embargo, la mayoría de los países latinoamericanos en los cuales se incluye a Guatemala, persisten en efectuar recomendaciones de fertilizantes ya sea por medio del análisis de una muestra de suelo o bien por resultados obtenidos en el campo.

Esto no quiere decir que ambos procedimientos (análisis y ensayos) deban descontarse ya que constituyen parte importante en la dosificación de fertilizantes. El ensayo dentro de la metodología constituye una de las fases de una recomendación y el análisis, un auxiliar constante en la misma; que cuantifica el nivel nutricional del suelo siempre y cuando para esto la solución extractiva usada fuera la correcta.

La influencia de los factores de producción, la naturaleza de los suelos, el clima, el manejo y el cultivo; se reflejan hondamente en la producción; y el conocimiento de la forma como actúan estos factores es entonces importante en cualquier decisión sobre el aprovechamiento de la tierra. Naturalmente dichas influencias son complejas y en el presente trabajo, no intentamos más que agregar un poco de información básica sobre los efectos de la aplicación de fertilizantes; lo cual puede contribuir a mejorar criterios para recomendaciones sobre el uso de tales compuestos, en el cultivo de la caña de azúcar.

La producción cañera del país tropieza en la actualidad con problemas formidables en el orden económico y por lo tanto una situación de alivio se vislumbra en las posibilidades de disminuir los costos de producción. Para esa situación

se hace necesario hacer más eficiente el uso de los diversos insumos que intervienen en el cultivo, entre ellos los fertilizantes. Por los motivos antes expuestos, se inició el presente trabajo, para ensayar tres niveles de aplicación de los tres elementos principales en la nutrición vegetal: Nitrógeno, Fósforo y Potasio; y del mismo se espera conocer la respuesta del cultivo (en tonelaje y extracción de azúcar) en las condiciones de la Estación Experimental Agrícola Sabana Grande, de la Facultad de Agronomía; la cual está situada en el Municipio de Escuintla y donde los suelos predominantes corresponden a la serie Alotenango de la carta de Simmons et. al (20).

REVISION BIBLIOGRAFICA

Es indiscutible que uno de los factores que influyen en el uso eficiente de fertilizante, es el conocimiento de la fertilidad del suelo en su estado inicial, antes de haber efectuado la aplicación de los mismos. Entendiéndose por fertilidad del suelo, la cualidad del mismo para proporcionar los compuestos debidos, en cantidades y proporciones adecuadas para el crecimiento de las plantas, siempre que la luz, temperatura, condiciones físicas, químicas y biológicas, sean favorables. (7).

La fertilidad del suelo según Bonifacio (1), en condiciones naturales, - está estrechamente ligada a los procesos de formación del mismo.

El mismo autor considera otras modalidades como la "fertilidad inicial" - que es la característica de las áreas nuevas que se van a dedicar a la explotación agrícola. Este sistema de producción cambia su nivel a otro que llama "Fertilidad Actual", donde el aprovechamiento de nutrientes es consecuencia principal del intemperismo, que actúa sobre el material donde se desarrolla el suelo, - considerando ésta fertilidad como función del perfil del uso de tecnología, condiciones de manejo, uso de la tierra, etc., y llega a la "Fertilidad Potencial", - que es la capacidad máxima de producción que se puede alcanzar.

Son de la misma opinión Ochse et. al. (2) quienes indican que "La capacidad productiva de los suelos está determinada principalmente por sus propiedades química y físicas incluyendo el aprovechamiento de la humedad", lo cual requiere un conocimiento profundo de la fertilidad del suelo y de prácticas de manejo - del mismo.

Lyon y Buckman (3) señalan sobre la fertilidad, que debe conservarse en el suelo, un contenido adecuada de cada uno de los elementos nutritivos (refiriéndose con esto a los elementos esenciales que deben estar presentes, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre) asegurando una velocidad de asimilación conveniente para el crecimiento vegetal normal y debiendo existir una proporción y concentración adecuada. El pH del suelo tiene una importancia en este ajuste, pues influye sobre casi todos los procesos importantes en el mismo.

Por lo antes expuesto, el estudio de la fertilidad del suelo es necesario para la recomendación de fertilizantes. Como la recomendación de fertilizantes va encaminada a la obtención de mejores cosechas; el conocimiento de cómo los fertilizantes y otros factores afectan a la producción, es parte importante de éste estudio, de lo cual haré referencia y específicamente al nitrógeno, fósforo y potasio.

El hecho de que la fertilidad del suelo puede, definirse en forma sencilla - por el rendimiento de las cosechas, es en realidad muy simplista, ya que no solo los factores internos del suelo determinan el rendimiento en los cultivos, sino los factores externos, como el clima y técnicas culturales entre otros. Sin embargo, la magnitud de las precipitaciones y su distribución también constituyen uno de los elementos más importantes. De acuerdo con Chaminade (6) la productividad agrícola no es posible sino arriba de un mínimo de 500 mm. al año.

Siendo de la misma opinión Thurne (4) que dice "Una precipitación anual - media de 510 mm. es la que se toma generalmente como la precipitación mínima - necesaria para la agricultura intensiva sin riego. Cuando la precipitación es --

menor de 250 mm. se presentan las condiciones de desiertos. Aquí en nuestro medio, afortunadamente esta última condición, hasta el momento no se verifica. Sin embargo las altas temperaturas y precipitaciones copiosas aceleran la erosión, la lixiviación, acidificación, acumulación de óxidos metálicos, movilización e inmovilización de elementos nutritivos, etc.

Los factores químicos de la fertilidad, son las sustancias retenidas por el humus o la arcilla y esenciales para el crecimiento de las plantas cultivadas. El comportamiento de estas sustancias o elementos nutritivos en el suelo está determinado por leyes termodinámicas, aún no bien conocidas en el ambiente tropical.

Aunque un suelo no presenta limitaciones en sus características morfológicas; su fertilidad actual puede ser muy inferior a la fertilidad potencial; tal diferencia, con frecuencia se debe a la pobreza del suelo en elementos aprovechables para los cultivos. Se ha estimado que en más de 90% de los suelos tropicales se requiere de grandes aplicaciones de fósforo y que las limitaciones de potasio, calcio, magnesio y azufre, son bastante frecuentes (1) dice el mismo autor que se ha podido demostrar que el nitrógeno es insuficiente en el suelo porque sus reservas son generalmente muy débiles debido a la mineralización rápida de la materia orgánica y que hay una correlación positiva entre el rendimiento y las relaciones c/n y N/P.

La ley del mínimo de Liebig y de los incrementos decrecientes de Mitscherlich son bien conocidas; en la primera el crecimiento del vegetal está limitado por el elemento que se encuentra al "mínimo" para sus necesidades, siendo este un factor limitante. En el segundo, al limitar un elemento necesario para las plantas, el crecimiento de las mismas es proporcional a la cantidad de este elemento; al agregarlo el creci-

-miento no era proporcional a la cantidad adicionada, sino progresivamente menor con adiciones sucesivas (7). Con estos principios ha sido posible definir por aproximaciones sucesivas los puntos del problema de la fertilidad en los suelos; sin embargo, por su complejidad, los resultados no han sido muy satisfactorios. La vegetación también tiene un papel importante en la fertilidad del suelo, formación de humus, mineralización del nitrógeno del azúfre, etc. (8).

Los requerimientos de nitrógeno, fósforo y potasio varían según el cultivo, - Jacob y Vexküll (9) citan varios estudios sobre el contenido de estos elementos y sobre las cantidades extraídas del suelo por unidad de superficie. Barnes (10) dice que una cosecha de 50 toneladas de caña de azúcar, extrae del suelo 34 Kg. de N, 23 Kg. de $P_{2}O_{5}$ y 68 Kg. de $K_{2}O$. Indudablemente la extracción de estos -- elementos empobrece el suelo, por lo que se hace necesario la adición de los mismos. Jacob (9) considera como óptimo un agregado de N al suelo entre 90 y 168 Kg./Ha., para el fósforo de 45 a 112 Kg./Ha. y para el potasio de 112 a - 225 Kg./Ha., estableciendo una relación anual de éstos elementos de aproximadamente 3:2:3-4.

Desde luego la dosificación varía de acuerdo a las zonas y al suelo; en Hawaii donde las condiciones son diferentes, la dosis de potasio de 390 Kg./Ha. no son exageradas.

Las dosis usadas para el experimento que hemos efectuado en la finca Sabana Grande, fueron de 60-120: 70-140 y 80-160 Kg./Ha. para N, P, K, respectivamente, tomando en cuenta las recomendaciones que Samuels (11) ha dado - para Puerto Rico.

En investigaciones sobre fertilización de caña de azúcar realizadas por la Estación Experimental Agrícola en Puerto Rico, resumieron que: a) Los efectos del abono son favorables a la producción; y b) Que no existe relación alguna entre el abono y el contenido de sacarosa (12). Por otro lado Reyes (13) dice que los múltiples experimentos efectuados en la región cañera del ingenio de San Cristobal, México, han demostrado que las aplicaciones de nitrógeno aumenta el tonelaje de caña, pero reducen el contenido de sacarosa.

García Lagos y Velasco Gómez (14) efectuaron un experimento para ver el efecto residual del N, P, K, en los rendimientos y la calidad de la caña de azúcar en suelos de la región de Córdoba, Veracruz, México.

El primer corte (plantilla) se hizo el 22 de enero de 1962 y el segundo (soca) el 21 de enero de 1963 y obtuvieron las siguientes conclusiones: "Cuando se usan dosis elevadas de N y K son de esperarse efectos residuales significativos en suelos de las regiones tropicales con alta precipitación pluvial. El nitrógeno y potasio influyeron en forma positiva en el rendimiento de campo de una Soca H37/1933 sembrada en el suelo Ferralítico de la zona cañera de Córdoba, el N tuvo un efecto significativo, pero negativo en la cantidad de azúcar recuperable en tanto que el fósforo y potasio influyeron en forma significativa, pero positiva sobre la acumulación de azúcar de caña".

El Dr. B. Rojas (15) presentó un informe relativo a la "Inspección practicada en la zona de abastecimientos de caña del ingenio Oacalco Mor.; para precisar las causas del bajo rendimiento de fábrica". En dicho informe se incluyó una tabla de determinaciones de humedad, sacarosa, reductores; N, P, K, en los en--

trenudos 8, 9, y 10. En el informe al que nos estamos refiriendo, en su resumen y conclusiones apunta para N, P, K, lo siguiente: a) "El nitrógeno tiene un efecto deprimente, durante el periodo de maduración, en el contenido de azúcar. Las aplicaciones tardías de fertilizante nitrogenado seguramente perjudican la formación de sacarosa. b) El potasio promueve la elaboración de azúcar en la caña durante el periodo de maduración demostrando que una aplicación fuerte de potasio durante dicho periodo, produce un aumento de sacarosa hasta de 1%. ---- c) El fósforo aumenta el contenido de potasio, aunque en pequeñas cantidades, por razones del punto anterior el fósforo también concentró la sacarosa. d) El índice de nitrógeno está muy ligado a la humedad, el de potasio está influido por el fósforo y la humedad; y el índice de fósforo está afectado por el potasio.

Reyes Cano (13) en México efectuó un trabajo relacionando diferentes niveles de N, P, K, en varias series de suelos sobre la caña de azúcar. Relacionando toneladas de caña/Ha., número de espigas, altura y número de cañas, encontró que en la serie de suelo Tres Valles, La Laja y La Joya, tuvo mejor respuesta el fósforo, y en segundo término el N. Encontró también respuestas significativas en el aumento y descenso en el número de las espigas para los tres nutrientes (N, P, K), relacionando esto con la variedad de caña.

Ramírez (16) en experimentos efectuados en Costa Rica, reporta la interacción del fósforo sobre el nitrógeno: cuando mayor es la dosis de fósforo, el nitrógeno es mejor asimilado por la caña, hasta cierto límite ya que una dosificación elevada de fósforo actúa en forma reversible, recomendando una dosis límite de 235.5 Kg/Ha. de superfosfato.

Este equilibrio entre potasio y nitrógeno para el mayor rendimiento de la caña son también indicados por Jacob (9) Umbert (17). De igual opinión se expresan - Samuels (18), Sánchez (19), Von Vexküll (9) dice al respecto "En la Unión Sudafricana se sostuvo por largo tiempo la opinión de ser innecesaria la aplicación de potasa; sin embargo, recientes investigaciones de du Toit han mostrado la frecuente presencia de deficiencias potásicas; así como, la posibilidad de lograr considerables incrementos de rendimiento mediante el uso de este nutriente".

MATERIALES Y METODOS

Localización:

El ensayo de campo se efectuó en la Estación Experimental Sabana Grande, de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, localizada en el Municipio de Escuintla, Departamento de Escuintla, latitud 14°23' Norte, longitud 90°49' Oeste; dentro de la zona Ecológica sub tropical muy húmeda (5), a 750 m.s.n.m.

El clima es cálido húmedo, con temperatura media de 26°C y precipitación pluvial promedio de más de 3,500 m.m., distribuida principalmente en el período de Mayo a Octubre. En el período de "sequía", hay fuertes vientos de 60 y más kilómetros por hora con dirección predominante NS y NO. De acuerdo a Simmons et al (20), los suelos - están incluidos en la Serie Alotenango tipo franco arenoso.

Material Experimental:

El área experimental de 5940 m², se localizó en una plantación comercial de caña de azúcar Saccharum officinarum L., de la variedad B-37172, de tres años de edad, sembrada en surcos corridos espaciados a 1.70 m, en el sistema de zanja de doble hilera. La colocación de desechos de cosecha fué corrida hecha sobre la "mesa". No se aplicó riego durante el período de sequía.

Los tratamientos seleccionados fueron: Nitrógeno, Fósforo y Potasio, a tres niveles, dando un total de 27 combinaciones. La fuente para nitrógeno fué nitrosulfato de amonio (26%) en niveles de 0 - 60-120 kilogramos/ha.; la de fósforo fué triple superfosfato, en niveles de 0 - 70 - 140 kilogramos/ha. y la de potasio fué muriato de potasio -

en 0 - 80 - 160 kilogramos/ha. El fertilizante se aplicó por una sola vez, en el mes de Mayo de 1965, enterrado, en hilera al lado del surco.

Las muestras de suelo para cada repetición, se tomaron antes de la aplicación de los tratamientos, a profundidades de 0-30, 30-60 y 60-90 cm.

La cosecha se efectuó en el mes de enero de 1966, separadamente para cada parcela, dejando bordes entre parcela y cabeceras de surco. De cada parcela se tomaron muestras de caña para el análisis de jugos en el laboratorio.

Metodología Estadística:

Las 27 combinaciones de nitrógeno, fósforo y potasio a 3 niveles, se distribuyeron en un arreglo factorial, parcialmente confundido, con 2 repeticiones por tratamiento, ocupando una área de 110 m² (11x10 m) con 6 surcos de 11 m. de longitud. El área por parcela para toma de datos fué de 100 m² (10x10 m.) con 6 surcos de 10 m. de longitud.

Los datos se refirieron a peso de caña, grados Brix y análisis físico y químico del suelo. Los datos de peso de caña y grados Brix, se sometieron al análisis de varianza y la tendencia de la respuesta de nitrógeno fósforo y potasio, se determinó por el método de mínimos cuadrados.

RESULTADOS

CUADRO No.1.- PESOS EN KILOGRAMOS DE CAÑA DE AZUCAR POR PARCELA PARA LOS TRATAMIENTOS ESPECIFICADOS.

Tratamientos		REPETICIONES		TOTAL	MEDIA
Parcela		I	II		
1.	N ₀ P ₀ K ₀	251.29	278.28	529.57	264.78
2.	N ₀ P ₀ K ₁	277.14	154.68	431.82	215.91
3.	N ₀ P ₀ K ₂	223.85	344.28	568.13	284.06
4.	N ₀ P ₁ K ₀	227.70	265.35	493.05	246.52
5.	N ₀ P ₁ K ₁	262.18	349.72	611.90	305.95
6.	N ₀ P ₁ K ₂	321.37	294.16	615.53	307.76
7.	N ₀ P ₂ K ₀	252.65	170.10	422.75	211.38
8.	N ₀ P ₂ K ₁	253.56	226.80	480.36	240.18
9.	N ₀ P ₂ K ₂	217.27	282.82	500.09	250.04
10.	N ₁ P ₀ K ₀	335.66	298.92	634.58	317.29
11.	N ₁ P ₀ K ₁	220.90	281.45	502.35	251.18
12.	N ₁ P ₀ K ₂	223.62	241.08	464.70	232.35
13.	N ₁ P ₁ K ₀	258.09	228.16	486.25	243.12
14.	N ₁ P ₁ K ₁	230.42	265.35	495.77	247.88
15.	N ₁ P ₁ K ₂	220.90	263.99	484.89	242.44
16.	N ₁ P ₂ K ₀	310.71	188.47	499.18	249.59
17.	N ₁ P ₂ K ₁	144.70	220.90	365.60	182.80
18.	N ₁ P ₂ K ₂	271.25	235.42	506.67	253.34
19.	N ₂ P ₀ K ₀	251.74	219.08	470.82	235.41
20.	N ₂ P ₀ K ₁	240.63	197.77	438.40	219.20
21.	N ₂ P ₀ K ₂	246.75	254.47	501.22	250.61
22.	N ₂ P ₁ K ₀	276.46	271.93	548.39	274.20
23.	N ₂ P ₁ K ₁	337.70	293.48	631.18	315.59
24.	N ₂ P ₁ K ₂	87.77	325.68	413.45	206.72
25.	N ₂ P ₂ K ₀	295.52	264.22	559.74	279.87
26.	N ₂ P ₂ K ₁	261.27	195.50	456.77	228.39
27.	N ₂ P ₂ K ₂	314.79	243.35	558.14	279.07

CUADRO No. 2.- ANALISIS DE VARIANCIA DE LOS PESOS EN KILOGRAMOS DE CAÑA DE AZUCAR POR PARCELA EXPERIMENTAL.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F
TOTAL	53	137457.14		
Sub-Bloques	5	18426.90	3685.38	1.37 N.S.*
Nitrógeno Lineal (Nl)	1	156.62	156.62	< 1 "
Nitrógeno Cuadrático (Nc)	1	1142.90	142.90	
Fósforo Lineal (Pl)	1	1027.10	1027.10	< 1 "
Fósforo Cuadrático (Pc)	1	4155.61	4155.61	1.55 "
Potasio Lineal (Kl)	1	27.58	27.58	" "
Potasio Cuadrático (Kc)	1	1702.89	1702.89	< 1 "
Interacción (NP)l	1	3516.99	3516.99	1.31 "
" (NP)c	3	7633.07	2544.36	< 1 "
Interacción (NK)l	1	4945.58	4945.58	1.84 "
" (NK)c	3	4794.84	1598.28	< 1 "
Interacción (PK)l	1	1412.97	1412.97	< 1 "
" (PK)c	3	13978.22	4659.41	1.73 "
Interacción (NPK)	8	15387.39	1923.42	< 1 "
ERROR	22	59149.48	2688.61	

* N.S. = No significativo.

CUADRO No. 3.- PESO MEDIO DE CAÑA EN KILOGRAMOS, PARA NITROGENO, FOSFORO, POTASIO Y SUS COMBINACIONES.

NIVELES	N ₀	N ₁	N ₂	MEDIAS	NIVELES	K ₀	K ₁	K ₂	MEDIAS
P ₀	254.92	266.94	235.07	252.30	P ₀	272.50	228.76	255.68	252.30
P ₁	286.75	244.48	265.50	265.58	P ₁	254.62	289.81	252.31	265.58
P ₂	233.87	228.58	262.44	241.63	P ₂	246.94	217.12	260.82	241.63
K ₀	240.90	270.00	263.16	258.02	MEDIAS	258.02	245.23	256.27	
K ₁	254.01	227.29	254.39	245.23					
K ₂	280.62	242.71	245.47	256.27					
MEDIAS	258.51	246.66	254.34						

CUADRO No. 4.- GRADOS BRIX DE LAS MUESTRAS DE JUGO DE CAÑA DE AZUCAR POR PARCELA PARA LOS TRATAMIENTOS ESPECIFICADOS.

Tratamientos		REPETICIONES		TOTAL	MEDIA
Parcela		I	II		
1.	N ₀ P ₀ K ₀	15.4	16.5	31.9	15.95
2.	N ₀ P ₀ K ₁	17.8	15.9	33.7	16.85
3.	N ₀ P ₀ K ₂	15.5	16.4	31.9	15.95
4.	N ₀ P ₁ K ₀	15.4	18.9	34.3	17.15
5.	N ₀ P ₁ K ₁	16.7	16.3	33.0	16.50
6.	N ₀ P ₁ K ₂	15.9	18.1	34.0	17.00
7.	N ₀ P ₂ K ₀	15.2	18.5	33.7	16.85
8.	N ₀ P ₂ K ₁	17.5	17.5	35.0	17.50
9.	N ₀ P ₂ K ₂	19.7	16.7	36.4	18.20
10.	N ₁ P ₀ K ₀	18.7	18.7	37.4	18.70
11.	N ₁ P ₀ K ₁	17.7	16.2	33.9	16.95
12.	N ₁ P ₀ K ₂	14.5	18.0	32.5	16.25
13.	N ₁ P ₁ K ₀	16.7	17.6	34.3	17.15
14.	N ₁ P ₁ K ₁	15.7	16.3	32.0	16.00
15.	N ₁ P ₁ K ₂	16.9	14.8	31.7	15.85
16.	N ₁ P ₂ K ₀	15.8	14.4	30.2	15.10
17.	N ₁ P ₂ K ₁	15.9	13.9	29.8	14.90
18.	N ₁ P ₂ K ₂	16.2	15.7	31.9	15.95
19.	N ₂ P ₀ K ₀	19.2	18.9	38.1	19.05
20.	N ₂ P ₀ K ₁	16.5	17.5	34.0	17.00
21.	N ₂ P ₀ K ₂	16.4	17.2	33.6	16.80
22.	N ₂ P ₁ K ₀	17.9	17.2	35.1	17.55
23.	N ₂ P ₁ K ₁	15.5	16.8	32.3	16.15
24.	N ₂ P ₁ K ₂	17.4	16.4	33.8	16.90
25.	N ₂ P ₂ K ₀	15.2	13.5	28.7	14.35
26.	N ₂ P ₂ K ₁	17.0	15.5	32.5	16.25
27.	N ₂ P ₂ K ₂	17.9	17.3	35.2	17.60

CUADRO No.5.- ANALISIS DE VARIANCI A DE LOS GRADOS BR IX DE MUESTRAS DE C AÑA POR PARCELA EXPERIMENTAL.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F
TOTAL	53	99.03		
Sub-bloques	5	0.95	0.19	< 1
Nitrógeno Lineal (Nl)	1	3.63	3.63	2.06
Nitrógeno Cuadrático (Nc)	1	0.01	0.01	< 1
Fósforo Lineal (Pl)	1	5.14	5.14	2.92
Fósforo Cuadrático (Pc)	1	0.003	0.003	< 1
Potasio Lineal (Kl)	1	0.20	0.20	< 1
Potasio Cuadrático (Kc)	1	1.40	1.40	< 1
Interacción (NP)l	1	11.90	11.90	6.76 *
" (NP)c	3	6.78	2.26	1.28
Interacción (NK)l	1	0.12	0.12	< 1
" (NK)c	3	4.17	1.39	< 1
Interacción (PK)l	1	17.17	17.17	9.76 **
" (PK)c	3	2.16	0.72	< 1
Interacción (NPK)	8	6.62	0.83	< 1
ERROR	22	38.78	1.76	

* Significativo al nivel de 0.05 de probabilidad.

** Significativo al nivel de 0.01 de probabilidad.

CUADRO No.6.- GRADOS BRIX MEDIOS EN LAS MUESTRAS DE JUGO DE CAÑA DE AZUCAR PARA NITROGENO, FOSFORO, POTASIO Y SUS COMBINACIONES.

NIVELES	N ₀	N ₁	N ₂	MEDIAS	NIVELES	K ₀	K ₁	K ₂	MEDIAS
P ₀	16.25	17.30	17.62	17.06	P ₀	17.90	16.93	16.33	17.06
P ₁	16.88	16.33	16.87	16.69	P ₁	17.28	16.22	16.53	16.69
P ₂	17.52	15.32	16.07	16.30	P ₂	15.43	16.22	17.25	16.30
K ₀	16.65	16.98	16.98	16.87	MEDIAS	16.87	16.46	16.72	
K ₁	16.95	15.95	16.47	16.46					
K ₂	17.05	16.02	17.10	16.72					
MEDIAS	16.88	16.32	16.85						

CUADRO No.7.- ANALISIS QUIMICO DE MUESTRAS DE SUELO TOMADAS DE LAS REPETICIONES Y A LAS PROFUNDIDADES QUE SE INDICAN.

Repetición	Profundidad cm.	p.H	N %	C.O %	M.O.T %	CATIONES INTERCAMBIABLES me/100 gm.										Nitratos p.p.m.	Fósforo l.p.a.	Potasio l.p.a.
						CATIONES INTERCAMBIABLES me/100 gm.												
						C.F.I	Ca.	Mg.	Na.	K	H	% Sat. Bases						
I	0-30	6.2	0.53	7.66	13.80	31.97	9.61	3.21	0.13	0.66	18.36	42.57	12.0	25.0	160.0			
	30-60	6.2	0.42	7.48	12.87	31.32	6.47	3.47	0.08	0.29	34.01	29.03	9.0	25.0	160.0			
	60-90	6.2	0.30	6.70	11.52	30.91	5.29	2.79	0.09	0.20	22.54	27.08	4.0	25.0	100.0			
II	0-30	5.9	0.35	8.12	13.97	28.06	10.59	2.69	0.08	0.29	14.41	43.65	16.0	75.0	140.0			
	30-60	6.2	0.49	8.51	14.64	33.11	6.08	3.93	0.08	0.18	22.84	31.02	0.0	75.0	120.0			
	60-90	6.1	0.23	8.35	14.36	30.18	4.71	2.53	0.10	0.20	22.64	24.98	2.0	50.0	110.0			

GRAFICO No.1: PESOS MEDIOS Y TENDENCIAS DE LAS RESPUESTAS DE NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO EN KILO-GRAMOS DE CAÑA DE AZUCAR PARA LOS NIVELES ESPECIFICADOS.

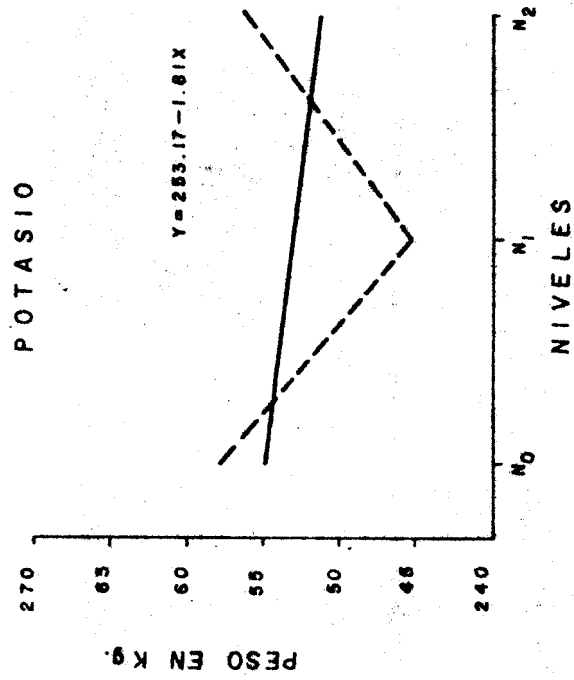
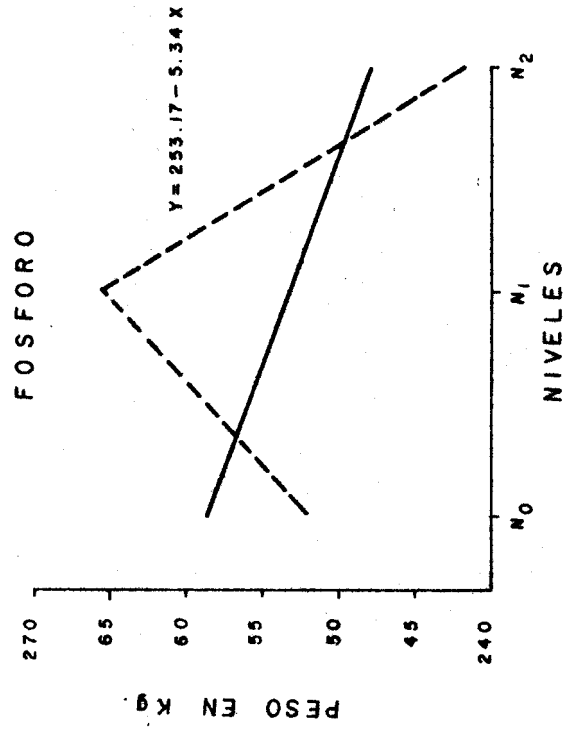
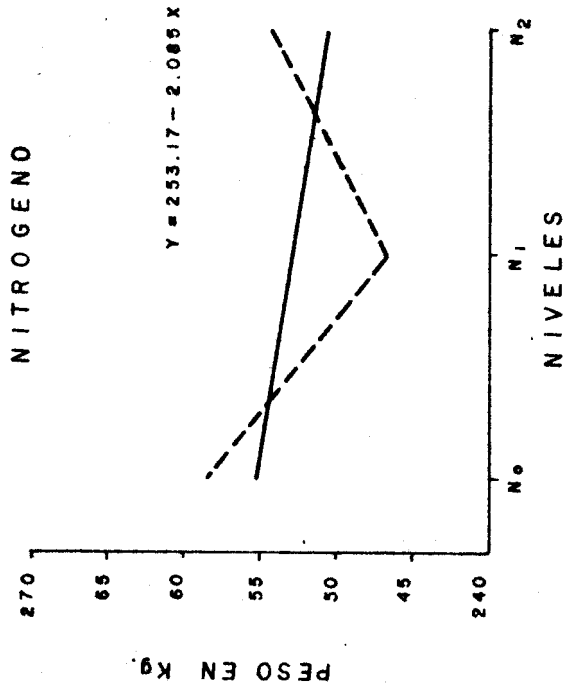
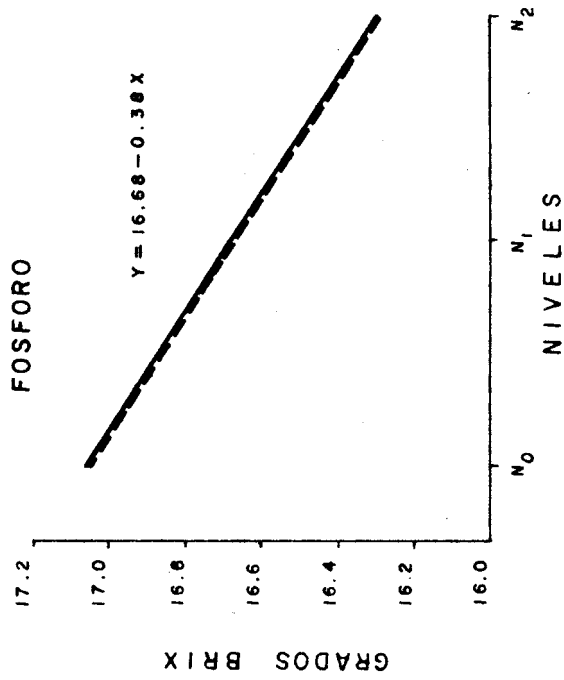
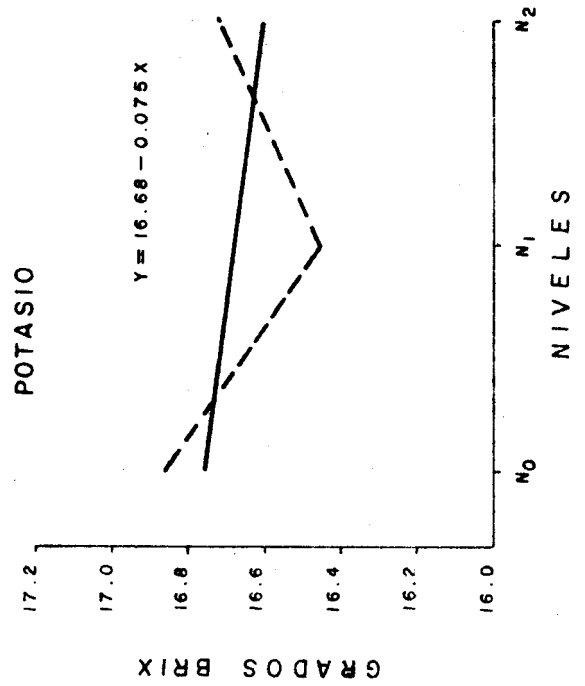
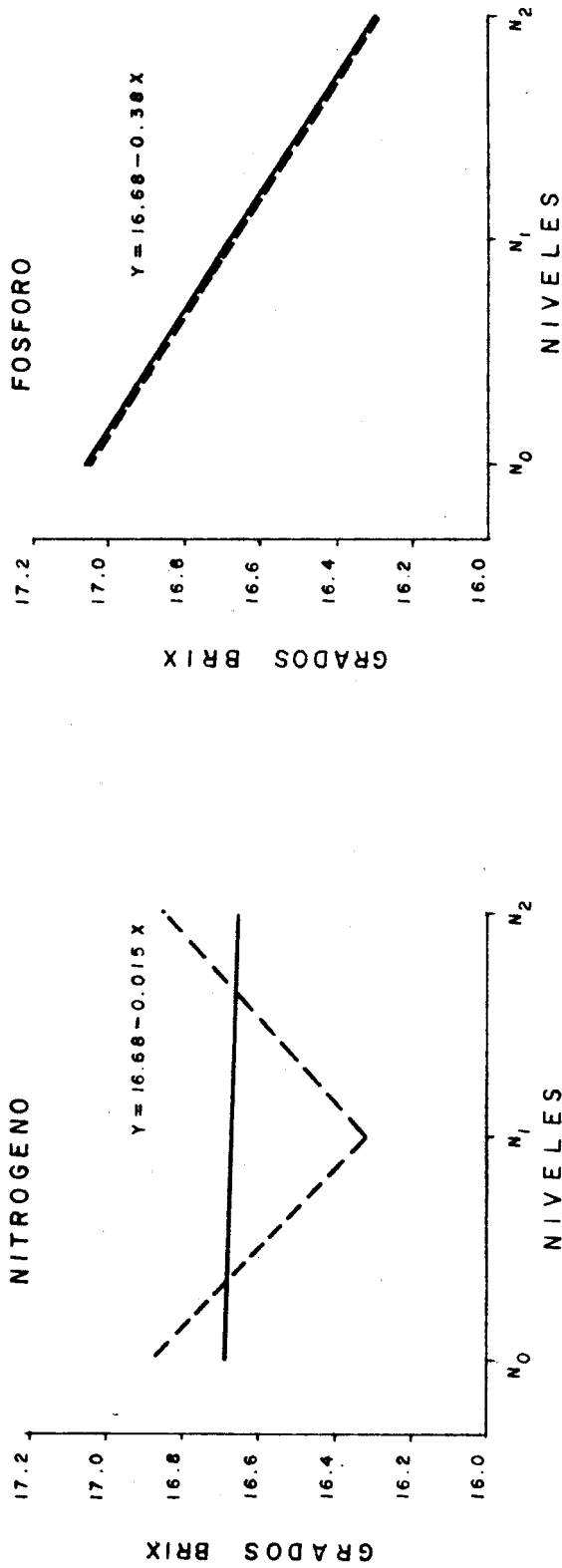


GRAFICO No. 2: GRADOS BRIX MEDIOS Y TENDENCIAS DE LAS RES-PUESTAS DE NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO EN EL JUGO DE CAÑA DE AZUCAR PARA LOS NIVELES ESPECIFICOS.



El peso de caña por parcela fue la principal característica para evaluar la respuesta a la aplicación de los tratamientos y los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro No.1. Las cifras variaron alrededor de la media de 253.17 Kg. por parcela, habiéndose observado el menor peso medio en la combinación de 60 Kg. de nitrógeno 140 Kg. de fósforo y 80 Kg. de potasio ($N_1P_2K_1$), en tanto que la mayor cifra corresponde a la aplicación de 60 Kg. de nitrógeno solo.

Al ser sometidos estos datos al análisis estadístico (Cuadro No. 2), se encontró que los efectos principales de nitrógeno, fósforo y potasio, así como, las interacciones de éstos elementos, no fueron significativos al nivel del 5% de probabilidad. Sin embargo, las cifras del Cuadro No.3, aparentemente muestran las siguientes relaciones:

Para los efectos de nitrógeno, fósforo y potasio; en general exhiben tendencias decrecientes en el peso de caña a medida que se incrementa la dosis de aplicación (Gráfico No.1). En el caso particular del nitrógeno y potasio, el menor peso de caña fue observado cuando se aplicó la dosis intermedia de éstos elementos. En cuanto a la aplicación de fósforo, el peso de caña se incrementó con la dosis intermedia de 70 Kg. de fósforo por hectárea, pero a la dosis mayor (140 Kg.), las cifras son inferiores a las de parcelas que no recibieron fósforo.

También se analizó la información sobre grados Brix del jugo de caña en cada parcela experimental, la cual se muestra en el Cuadro No.4, en donde la media general es de 16.68 grados Brix.

Al igual que para los pesos de caña, se observa para los efectos principales (Cuadro No.6, Gráfico No.2) una disminución del grado Brix al aumento de la dosis de aplicación del fertilizante, con menor tasa para el nitrógeno y mayor para el fósforo. Al comparar los Gráficos de peso y Brix, se nota una similitud en dichas tendencias, con

leves variaciones en nitrógeno y fósforo y mayor gradiente en fósforo para Brix que para el peso.

El análisis de variancia (Cuadro No. 5) muestra diferencias significativa para las interacciones lineales de primer orden NP y PK a los niveles de 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente. Al observar éstas diferencias, se nota que para P_0 , aumentó el grado con el aumento de N ; para P_1 hubo una similitud de respuesta con el aumento de N y para P_2 una disminución del grado con el aumento de la dosis de N . En general para esta interacción NP el aumento de la dosis de fósforo causó una disminución en el grado.

Para la interacción PK, en P_0 y P_1 se observa una disminución del grado con el aumento del potasio; para P_2 un aumento del grado con el aumento del potasio. En general el aumento de la dosis en P y K disminuyó el grado, correspondiente el mayor porcentaje de disminución a la aplicación de fósforo.

DISCUSION

A pesar de que no se muestran diferencias significativas en el peso de caña; se nota una ligera disminución en el mismo, con el aumento de la dosis de nitrógeno, fósforo y potasio. Este hecho no es posible interpretarlo como una respuesta debida exclusivamente a la aplicación del fertilizante; ya que existen otros factores que condicionan la interpretación; tales como, la composición mineralógica de la arcilla en esta área, que de ser amorfa, retendrá gran cantidad de cationes y el intercambio será minimizado; asimismo, no se contó con información histórica del lote y material experimental que proporcione puntos de apoyo en la discusión de resultados.

Se conoce que la caña en general, tiene una tendencia de disminución -posiblemente genética- en peso, con el mayor número de cortes, por lo que es posible -que también exista una variación, en el tiempo en que ocurre esta disminución y la capacidad de absorción de nutrientes por la planta. Si estos fuera así, por una parte, la caña podría estar en un período acelerado de recesión, o tener una baja capacidad de absorción o ambas, que limitarían el aprovechamiento del fertilizante.

Por otro lado, la forma de aplicación del fertilizante, la lixiviación del mismo y el movimiento de estos nutrientes en el suelo, circunstancias que se acentúan -por la alta precipitación del lugar, (más de 3500 mm.) limitan frecuentemente la eficiencia de absorción y pueden confundir las respuestas al "contaminarse" parcelas adyacentes con mezclas de tratamientos. En el presente ensayo, dadas las condiciones climáticas del lugar, créo que la distancia de bordes entre parcelas y cabeceras de surco fueron pequeñas para evitar "contaminación" y que para futuros ensayos es conveniente desarrollar un modelo estadístico que permita aumentar la separación -

entre parcelas, sin aumentar considerablemente el error experimental.

En lo que respecta al análisis de grados Brix en el jugo de caña, observamos que la variación entre tratamientos es poco amplia; sin embargo, las diferencias encontradas fueron significativas para las interacciones de nitrógeno-fósforo y fósforo-potasio. En esto hay que notar que los datos son provenientes de muestras por parcela y su distribución es truncada, por lo que no cumplen algunas condiciones del análisis de variancia; siendo la prueba F aplicada, solamente una aproximación.

Para el ensayo en general, al observar los análisis de suelos (Cuadro No. 7), se nota que la capacidad total de intercambio es mediana y la cantidad de materia orgánica es alta. Situación que permite suponer que sin este alto porcentaje, el intercambio sería menor hasta llegar al correspondiente de la arcilla amorfa, coloide que puede ser el dominante en el tipo de suelo en que se efectuó el ensayo, en relación a los diferentes tipos de arcilla. Por otra parte en el mismo cuadro, tomando para análisis la profundidad 0-30 cm.; se nota un alto intercambio de magnesio, situación que hace variar las relaciones adecuadas con el calcio y potasio. Quizá un aumento en el porcentaje de saturación de Bases, con la adición de calcio, hubiera cambiado las respuestas a los tratamientos experimentales.

Por último, hay que enfatizar que en el presente ensayo sólo se tomaron en consideración los elementos mayores, nitrógeno, fósforo y potasio y no se hizo un estudio de los otros materiales, situación que acondiciona los resultados del mismo.

CONCLUSIONES

- 1.- En general los pesos de caña y grados Brix en el jugo, observados en el presente ensayo, son bajos.
- 2.- La aplicación de fertilizante con nitrógeno, fósforo y potasio no aumentó los pesos por unidad de área.
- 3.- A pesar de no ser significativas las diferencias entre tratamientos, se nota una ligera disminución del peso, con el aumento de la dosis, correspondiendo la mayor tendencia de disminución a la aplicación de fósforo.
- 4.- La aplicación de nitrógeno-fósforo y fósforo-potasio muestra diferencia significativa en los grados Brix del jugo. Sin embargo, por tener los datos una distribución cortada y que proviene de muestras, la prueba a que fueron sometidos constituye sola una aproximación.
- 5.- Hay una disminución en el grado Brix, con el aumento de la dosis de nitrógeno, fósforo y potasio separadamente; aunque estas diferencias por dosis no son estadísticamente significativas.

RECOMENDACIONES

Para tener un conocimiento más próximo de la respuesta de elementos o compuestos fertilizantes en la caña de azúcar, es imprescindible que los estudios que se efectúen en el futuro contemplen las siguientes etapas:

- a) Estudios detallados de suelo.
- b) Ensayos con macetas en invernadero.
- c) Ensayos con microparcels en el campo.
- d) Ensayos de campo en parcelas de tamaño óptimo; teniendo sumo cuidado en la técnica experimental a fin de evitar "contaminación" de -- tratamientos.
- e) Calibración de métodos de laboratorio para el análisis de nutrientes.
- f) Evaluación de datos de laboratorio y respuestas a la aplicación de fertilizante, en invernadero y campo.

Guatemala, Diciembre de 1968.

Luis Roberto Martínez Gutiérrez

Vo. Bo.-

Ing. Agr. M.S. Edgar Leonel Ibarra A.

Imprfmase:

Ing. Agr. René Castañeda Paz
DECANO

LITERATURA CITADA

- 1.- BONIFACIO, ORTIZ Dr. Consideraciones de orden práctico sobre el estudio de la fertilidad de los suelos tropicales. Sociedad Mexicana de la Ciencia del suelo. Impreso Depto. de Promoción y Divulgación - de la E.N.A. 1967. Pag. 3 y 7.
- 2.- OCHSE, J.J.; SOULE Jr. M. J.; DIJKMAN, M. J. 1965. Cultivo y Mejoramiento de Plantas Tropicales y Subtropicales. Centro Regional de Ayuda Técnica. (A.I.D.) México. Pag. 241.
- 3.- LYON, T.L. y BUCKMAN, HARAY O. 1952. Edafología Naturaleza y propiedades del suelo. ACME AGENCY Suc. Resp. Ltda., Buenos - Aires, Pag. 38.
- 4.- THURNE D.W. P.H.D. y PETERSON H.B. P.H.D. Técnica del Riego. Fertilidad y Explotación de los suelos. Compañía Editorial Continental - S.A. México. 1963. pp. 16-17.-
- 5.- HOLDRIDGE y LAMB. Los Bosques de Guatemala. Guatemala. 1950.
- 6.- CHAMINADE, R. Fertilité et Fertilisation des Sols Tropicaux, Cahiers - des Ings. Agronomes No. 202. Janvier 1966.
- 7.- BRAEUNER, M. Copias de Edafología II. Facultad de Agronomía. 1961.
- 8.- WORTHEN y ALDRICH. Suelos Agrícolas su Conservación y Fertilización. Unión Tipográfica, Edit. Hispano Americana, México. 1959 pp. 341-346.
- 9.- JACOB, A. Dr. y VERKULL H. VON. Fertilización, Nutrición y abono de los Cultivos Tropicales y Subtropicales, Traduc. Esp. por L.O. López Martínez de Alba Aulanda. pp. 169-171. 1964.
- 10.- BARNES, A. C. Agriculture of the Sugar Cane. Leonhard Hill, London - 1953.-
- 11.- SAMUELS, GEORGE. Estación Experimental Agrícola, Universidad de - Puerto Rico. Revista de Agricultura de Puerto Rico. Vol. XLVI - 1959. pp. 54.
- 12.- LUGO-LOPEZ y CAPO, B. G., Revista Agricultura de Puerto Rico, Vol. XLVI 1959. pp. 13.

- 13.- REYES, R. Resultados de la Experimentación de Fertilizantes dentro de la Zona de Abastecimiento del Ingenio San Cristobal y Anexos S. A.- IV Conferencia Internacional. Cosamalcapan. Veracruz. México.- pp. 99-117. 1962.
- 14.- GARCIA, R. y VELASCO GOMEZ, J. Memorias del Primer Congreso Nacional de la Ciencia del suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. 1963. pp. 110-118.
- 15.- ROJAS, BASILIO. Dr. El Nitrógeno, Fósforo y Potasio y agua en la formación de sacarosa, estudio de análisis de plantas en Oacalco, Instituto Tecnológico Azucarero Veracruzano. IV Conferencia Internacional de Consultores y Técnicos de la Industria Azucarera. Casa-maloapan, Veracruz. México. 1962. pp. 227-229-237.
- 16.- RAMIREZ, C. Respuesta de la Caña de Azúcar a la Fertilización Fosforera. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía C.V. Rodrigo Facio. pp. 29-34. 1964.
- 17.- HUBERT. R. P. Basic problems of Sugar-cane Nutrition. Dept. Agro.Exp. Sta. Hawaiian. pp. 44. 1953.-
- 18.- SAMUELS, G. The Method of Foliar Diagnosis as Applied to Sugar Cane. Editorial Universidad de Puerto Rico. 1955.
- 19.- SANCHEZ, PEDRO. Estudio sobre Fertilización en la Caña de Azúcar. - Memoria Anual de la Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba. Vol. 24. 1950.
- 20.- SIMMONS, C.L, TARANO, J.M. y PINTO, J.H. Clasificación de Reconocimiento de los Suelos de la República de Guatemala. Instituto Agropecuario Nacional. Ministerio de Agricultura. Editorial del Ministerio de Educación Pública. Guatemala. C.A. 1959.