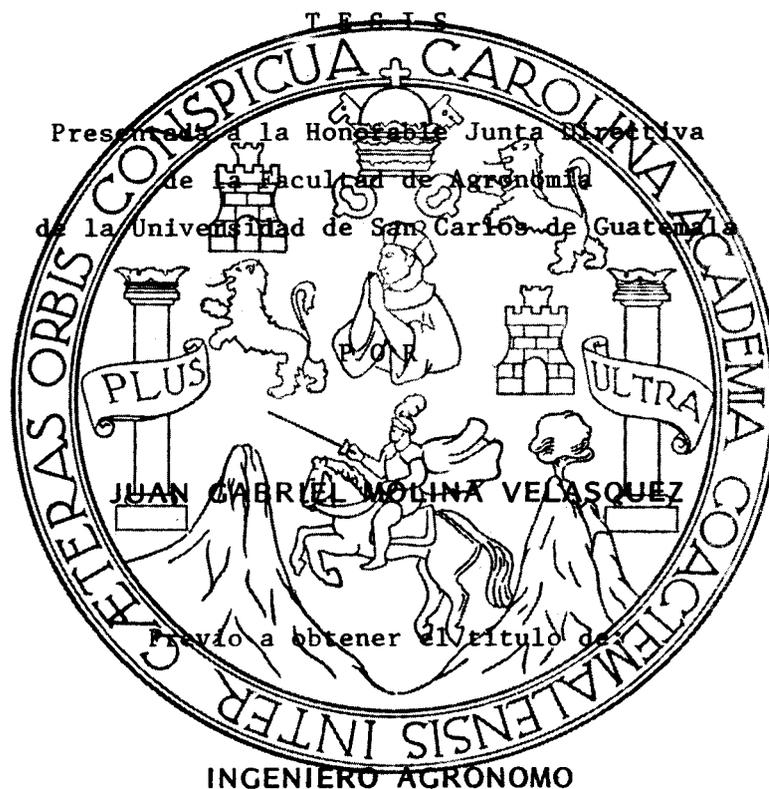


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

"EVALUACION DE CUATRO NIVELES DE NITROGENO Y CUATRO NIVELES DE  
FOSFORO EN CAÑA DE AZUCAR (Saccharum officinarum L.) EN  
EL INGENIO TULULA, SAN ANDRES VILLA SECA, RETALHULEU"



En el Grado Académico de:

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Febrero de 1,989.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

UW  
01  
T(1957)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

R E C T O R

LIC. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. Anibal Martínez Muñoz
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Gustavo Adolfo Méndez
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Jorge Sandoval Illescas
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Mario Melgar M.
VOCAL CUARTO:	Br. Marco Antonio Hidalgo
VOCAL QUINTO:	P.A. Byron Milián
SECRETARIO:	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto

2 de noviembre de 1988.

Ingeniero Agrónomo  
Anibal Martínez Muñoz  
Decano Fac. Agronomía

Señor Decano:

Respetuosamente nos dirigimos a usted para notificarle que hemos tenido a bién, asesorar y revisar el trabajo de tesis del estudiante Juan Gabriel Molina Velásquez, con número de carnet 78-05563, titulado: "EVALUACION DE CUATRO NIVELES DE NITROGENO Y CUATRO NIVELES DE FOSFORO EN CANA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum* L.) EN EL INGENIO TULULA, SAN ANDRES VILLA SECA, RETALHULEU". De acuerdo a las normas establecidas por ésta facultad, dicho trabajo reúne las condiciones necesarias para ser aprobado.

En tal sentido, solicitamos a usted su autorización para que el presente estudio sea publicado como tesis de grado.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Edgar A. Martínez T.  
Asesor

Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno  
Asesor

Guatemala,  
Enero de 1989

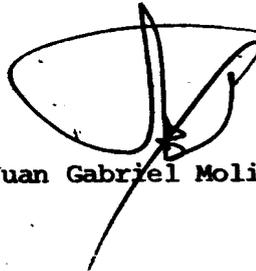
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.  
PRESENTE

Señores:

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado: "EVALUACION DE CUATRO NIVELES DE NITROGENO Y CUATRO NIVELES DE FOSFÓRO EN CAÑA DE AZUCAR (Saccharum officinarum L.) EN EL INGENIO TULULA, SAN ANDRES VILLA SECA, RETALHULEU".

El presente estudio constituye requisito previo a optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Respetuosamente,



Juan Gabriel Molina Velásquez

ACTO QUE DEDICO

A DIOS TODOPODEROSO, POR SUPUESTO

A MI PADRE: Héctor Augusto Molina Castellanos  
(Descanse en paz)

A MI MADRE: Argentina Velásquez vda. de Molina

A MI ESPOSA: María del Carmen

A MIS HIJAS: Evelyn Mayari, Gabriela del Carmen

A MIS SUEGROS: José Gregorio Alvizures G.  
María Luisa E. de Alvizures

A MIS HERMANAS: Ileana Argentina  
María Antonieta (Q.E.P.D.)

A MIS CUÑADOS: Mario Morales Castillo  
Rodolfo y Jorge Alvizures

A MIS TIAS: Margoth de Cabrera, Ester de Moys

A MIS PRIMOS: Patricia, Carolina, Ramiro, Vanessa

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE  
ESTUDIO:

Rodolfo Herrera, Oscar Carías, César  
Vicente, Yoryan Flores, Leonardo Con-  
treras, Nehemías Rivera, Luis Fernan-  
do Ochoa, Erwin Ochoa, Miguel Gonzá-  
les.

TESIS QUE DEDICO

A GUATEMALA

AL INGENIO TULULA, S.A., especialmente al Ing. René Bouscayrol S.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA

AL MOVIMIENTO ASENCA, especialmente al Pbro. Julián Méndez H.  
y al Sr. Víctor Hugo Delgado

AL PUEBLO DE GUATEMALA, en especial al HOMBRE DE CAMPO

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES

A MIS ASESORES:           Ing. Agr. Edgar Martínez Tambito  
                                  Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno

A:                            Ing. Agr. Luis Reyes  
                                  Ing. Agr. José Jesús Chonay  
                                  Ing. Agr. Ricardo Miyares  
                                  Ing. Agr. Efraín Medina

A LOS TRABAJADORES DE INGENIO TULULA, S.A., en especial a:  
                                  Rudy Meléndez, Carlos Mérida

AL PERSONAL DEL LABORATORIO DE INGENIO TULULA, S.A.

AL PERSONAL DEL LABORATORIO DE SUELOS Y PLANTAS DE AGROPRODUCTOS  
DE GUATEMALA, especialmente a:

Lcda. Rosa María Gordillo

AL DEPARTAMENTO DE COMPUTACION Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE LA U-  
NIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE AGRONOMIA

A LOS SEÑORES EJECUTIVOS DE INGENIO TULULA, S.A., especialmente a:  
                                  Sr. Arturo Bickford Bouscayrol  
                                  Ing. Rodolfo Letona C.

A TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE EN ALGUNA FORMA CONTRIBUYERON A LA  
REALIZACION DEL PRESENTE TRABAJO.

## CONTENIDO

	<u>PAGINA</u>
RESUMEN	
1. INTRODUCCION	1
2. HIPOTESIS	2
3. OBJETIVOS	3
4. REVISION DE LITERATURA	4
5. MATERIALES Y METODOS	12
5.1 Descripción del área experimental	12
5.1.1 Localización	12
5.1.2 Características climáticas	12
5.1.3 Características edáficas	12
5.1.3.1 Análisis de suelos	12
5.2 Técnicas experimentales	14
5.2.1 Diseño experimental	14
5.2.2 Tamaño de la unidad experimental	14
5.2.3 Modelo estadístico	16
5.3 Tratamientos	16
5.4 Factores y niveles estudiados	17
5.4.1 Nitrógeno	17
5.4.2 Fósforo	18
5.5 Fuentes de los fertilizantes	18
5.6 Epoca y forma de aplicación	18
5.7 Variables estudiadas	18
5.7.1 Rendimiento de caña en peso	18
5.7.2 Rendimiento en azúcar	19
5.7.3 Rendimiento en azúcar por área	19

	<u>PAGINA</u>
5.7.4 Desarrollo	19
5.7.4.1 Altura de planta	20
5.7.4.2 Diámetro de tallos	20
5.7.4.3 Densidad de población	20
5.7.5 Análisis foliares	21
5.7.6 Interpretación del DRIS'	21
5.7.7 Análisis económico	22
5.7.8 Análisis de la información	22
5.7.8.1 Análisis de varianza	22
5.7.8.2 Prueba de medias	22
6. RESULTADOS	23
6.1 Rendimiento de caña de azúcar en peso	23
6.1.1 Nitrógeno	24
6.1.2 Fósforo	24
6.2 Rendimiento de azúcar	25
6.2.1 Nitrógeno	25
6.2.2 Fósforo	26
6.3 Variables de desarrollo	27
6.3.1 Altura de planta	27
6.3.2 Diámetro de tallos	29
6.3.3 Densidad de población de tallos	30
6.4 Análisis foliares	31
6.5 Interpretación del DRIS	31
6.6 Análisis económico	31
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
8. BIBLIOGRAFIA	34
9. APENDICE	36

CUADROS CONTENIDOS EN EL TEXTO

<u>CUADRO No.</u>		<u>PAGINA</u>
1	Valores y coeficientes de variación para el rango de normas DRIS en caña de azúcar	9
2	Concentraciones de nutrientes en láminas sin nervadura central de hojas de caña de azúcar	11
3	Resultado de análisis físico-químico de las muestras de suelos del sitio experimental	13
4	Tratamientos: dosis de nutrientes (i.a.) en kg/ha	17
5	Valores de F calculada y F tabulada para las variables rendimiento de caña en peso y azúcar, bajo cuatro niveles de N y P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987	23
6	Prueba de medias para la variable rendimiento de caña en peso, bajo cuatro niveles de N. Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987	24
7	Prueba de medias para la variable rendimiento de caña en peso, bajo cuatro niveles de fósforo, Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987	25
8	Prueba de medias para la variable rendimiento de azúcar, bajo cuatro niveles de N. Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987	26
9	Prueba de medias para la variable rendimiento de azúcar, bajo cuatro niveles de fósforo. Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987	27

CUADRO No.

PAGINA

10	Valores de F calculada y F tabulada para la variable de desarrollo altura de planta (cm), para cinco lecturas y bajo cuatro niveles de N y $P_2O_5$ . Ingenio <u>Tu</u> lulá, Retalhuleu, 1987	28
11	Valores de F calculada y F tabulada para las variables de desarrollo en caña de azúcar altura y diámetro de plantas y densidad de población de tallos, bajo cuatro niveles de N y $P_2O_5$ . Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987	28
12	Valores de F calculada y F tabulada para la variable de desarrollo diámetro de tallos (cm), para cuatro lecturas y bajo cuatro niveles de N y $P_2O_5$ . Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987	29
13	Valores de F calculada y F tabulada para la variable de desarrollo densidad de población de tallos por metro lineal, para dos determinaciones y bajo cuatro <u>ni</u> veles de N y $P_2O_5$ . Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987	30
14	Valores para F calculada y F tabulada para las variables de análisis foliares Nt, P, K, Ca, Mg, S y B, bajo cuatro niveles de N y $P_2O_5$ . Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987	31

FIGURAS CONTENIDAS EN EL TEXTO

<u>FIGURA No.</u>		<u>PAGINA</u>
1	Croquis de campo	15
2	Plano de localización del área experimental	42

CUADROS CONTENIDOS EN EL APENDICE

<u>CUADRO No.</u>		<u>PAGINA</u>
1A	Rendimientos agroindustriales promedio de caña de azúcar, bajo cuatro niveles de N y $P_2O_5$ . Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987	37
2A	Variables de desarrollo. Promedio de lecturas efectuadas en caña de azúcar, bajo cuatro niveles de N y $P_2O_5$ . Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987	38
3A	Resultados de análisis foliares, índices DRIS y orden de requerimiento en caña de azúcar, bajo cuatro niveles de N y $P_2O_5$ . Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987	39
4A	Análisis económico en caña de azúcar, bajo cuatro niveles de N y $P_2O_5$ . Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987	40

"EVALUACION DE CUATRO NIVELES DE NITROGENO Y CUATRO NIVELES DE FOSFORO EN CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum officinarum L.) EN EL INGENIO TULULA, SAN ANDRES VILLA SECA, RETALHULEU"

"EVALUATION OF FOUR LEVELS OF NITROGEN AND FOUR LEVELS OF PHOSPHORUS IN SUGAR CANE (Saccharum officinarum L.) IN TULULA SUGAR MILL, SAN ANDRES VILLA SECA, RETALHULEU"

### R E S U M E N

La fertilización constituye uno de los factores más importantes en la agricultura moderna para incrementar la productividad de los cultivos.

El presente ensayo se realizó en el ingenio Tululá, situado en jurisdicción del municipio de San Andrés Villa Seca, del departamento de Retalhuleu, a una altitud de 275 msnm y una precipitación promedio anual de 3577 mm, en 152 días de lluvia.

Se evaluó la respuesta de la caña de azúcar, variedad CP 72-1210, fertilizada con cuatro niveles de N: 0, 50 100 y 150 kg/ha y cuatro niveles de  $P_2 O_5$ : 0, 40 80 y 120 kg/ha.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo combinatorio  $4^2$  y 3 repeticiones.

La respuesta de los tratamientos se evaluó considerando el rendimiento de caña de azúcar (ton/ha) y el rendimiento de azúcar, tanto en kg/ton como ton/ha. Se tomaron también lecturas de desarrollo vegetativo (altura de planta, diámetro de tallos y densidad de población de tallos por metro lineal). Al sexto mes después de la siembra, se efectuó un análisis foliar para determinar los índices DRIS (Sistema de diagnóstico y recomendación) aplicado a la caña de azúcar y también el orden de requerimiento de nutrimentos por la planta, el cual fué P>N>K. La composición foliar

no fué afectada por los factores.

Los factores N y  $P_2 O_5$  afectaron el rendimiento de caña de azúcar en peso y también en azúcar; sin embargo no afectaron el desarrollo vegetativo.

Para rendimiento de caña en peso, la mejor combinación de los niveles de los factores fué: 150 kg de N y 40 kg de  $P_2 O_5$  por ha, respectivamente, con un rendimiento de 132.94 ton de caña/ha. Para rendimiento en azúcar por área, la mejor combinación resultó ser 50 kg de N/ha y 80 kg de  $P_2 O_5$ /ha, con un rendimiento de 15.59 ton/ha. La dosis económica sin embargo, resultó ser 50 kg de N/ha, sin aplicación de  $P_2 O_5$ , con una relación B/C (beneficio/costo) de Q. 13.40.

## 1. INTRODUCCION

El cultivo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) y la industria azucarera, son importantes en la economía de Guatemala, debido a que constituyen principales fuentes de trabajo y de ingreso de divisas al país.

Existe el convencimiento que para obtener resultados satisfactorios en la agroindustria azucarera, es necesario poner atención a todos y cada uno de los factores responsables de la baja productividad agroindustrial. Dentro de este contexto es inminente la necesidad de contar con programas adecuados de fertilización en caña de azúcar (1).

De acuerdo con los informes del Banco de Guatemala (8), el área cultivada de caña de azúcar supera las 90,000 hectáreas. Asimismo, esta fuente indica que un 75% de los cañicultores aplicaron fertilizante en el ciclo de cultivo durante 1972-73, estimándose un promedio de aplicación de 7 qq/ha y utilizando varias fórmulas. De acuerdo con la fuente de información anterior, se cree que la cantidad de cañicultores que aplicaron fertilizante se ha mantenido constante; sin embargo, las cantidades aplicadas han variado, es decir que en algunos años ha disminuído y en otros ha aumentado (8).

Ultimamente el agricultor ha comenzado a darse cuenta de la importancia que representa aplicar fertilizante en la dosis adecuada, ya que de esta forma, la caña se desarrolla mejor, crece sana, robusta y su rendimiento agroindustrial aumenta.

Lo anterior ha motivado diseñar la presente investigación, con la cual se espera aportar información útil para la resolución del problema de la fertilización en caña de azúcar.

## 2. HIPOTESIS

2.1 Por lo menos uno de los cuatro niveles de nitrógeno producirá un rendimiento diferente a los demás.

2.2 Por lo menos uno de los cuatro niveles de fósforo producirá un rendimiento diferente a los demás.

### 3. OBJETIVOS

- 3.1 Determinar la respuesta agronómica a las aplicaciones de niveles de nitrógeno y fósforo en caña de azúcar, en término de rendimiento de caña de azúcar en peso y en azúcar.
  
- 3.2 Determinar la dosis económica a las aplicaciones de niveles de nitrógeno y fósforo en caña de azúcar, en término de la relación beneficio/costo obtenida.

#### 4. REVISION DE LITERATURA

El disacárido principal en las plantas superiores es la sacarosa, el resultado de la condensación de glucosa y fructosa. Esto es en la formación de la sacarosa, la glucosa y la fructosa se unen entre sí, con la eliminación de una molécula de agua. La sacarosa, el azúcar de mesa que empleamos cada día, posee un gran valor comercial. Así, plantas como la caña de azúcar y la remolacha azucarrera, que producen gran cantidad de este azúcar son muy apreciadas (5).

El incremento en la producción de caña de azúcar en el campo, requiere de la combinación de varios factores que actúan en conjunto para obtener mayor tonelaje. Para sostener y aumentar los rendimientos de caña por área se debe impulsar la fertilización de la misma, tratando de aplicar las dosis adecuadas en tiempo oportuno y efectuando las prácticas culturales apropiadas al cultivo, como control de malezas, control de plagas, riego, etc. (6).

Por otra parte, muchos conceptos y prácticas recomendadas en la fertilización de los suelos de climas templados no se pueden aplicar a las condiciones de los suelos de los climas tropicales y sub tropicales, debido a muchos factores, pero principalmente a la naturaleza de los suelos (9).

El nitrógeno es el más costoso de todos los elementos fertilizantes. La caña absorbe grandes cantidades, inclusive en exceso del que pueda necesitar (4).

Demandt, citado por Humbert (9), informó sobre los resultados de 3400 experimentos de campo con sulfato de amonio con la variedad POJ 2878, que mostraron que la época de siembra y la fertilidad del suelo son los mayores factores que determinan las dosis de ni trógeno que hay que aplicar en un suelo en particular.

Borden, citado por Humbert (9), enfatiza la necesidad de fertilización de cañales anuales. Para cultivo más largo las aplicaciones fraccionadas de nitrógeno generalmente resultan en un aumento en la producción de azúcar.

En cuanto al fósforo, la caña puede absorber grandes cantidades de este elemento en los suelos pobres, respondiendo mejor a la fertilización fosfatada. Por otra parte, la poca respuesta en algunos casos se debe a la inmovilización química del fósforo en el suelo, caso frecuente en muchos suelos de climas tropicales. La mejor eficiencia de los fertilizantes fosfatados se obtiene cuando las formas solubles se aplican en el fondo del surco al momento de la siembra, o bien al descarnar las socas (9, 11).

En relación al potasio, la caña de azúcar requiere de este elemento en cantidades mayores que cualquier otro nutriente (2.75 kh de  $K_2O$ /ton de caña) en promedio. La caña deficiente en potasio es pobre en azúcar y de bajo rendimiento en peso (10).

Jacobs, citado por Martínez (12), considera óptima una aplicación al suelo de nitrógeno entre 90-168 kg/ha, para fósforo de 45-112 kg/ha y para potasio de 112-225 kg/ha.

Jacobs y Uexkul, citados por Nájera Caal (14), precisaron que una cosecha de 50 toneladas de caña extrae del suelo 34 kg de nitrógeno, 23 kg de fósforo y 68 kg de potasio.

En Guatemala los aportes sobre estudios de fertilización en caña de azúcar se han llevado a cabo tanto por entidades educativas, como también por los ingenios azucareros. A continuación se describen brevemente algunas experiencias sobre el tema: Nájera Caal (14) estudiando el efecto de aplicación de niveles de NPK en suelos pobres en nitrógeno y fósforo pero ricos en potasio, no encontró diferencia significativa para efectos lineales de nitrógeno y fósfo-

ro. Con respecto al potasio, la función de respuesta reportó significancia estadística, observándose que el rendimiento decreció linealmente a medida que se incrementaron los niveles de este elemento, especialmente cuando se combinaron con dosis altas de fósforo y bajas de nitrógeno.

En general, los más altos rendimientos están relacionados con niveles bajos de potasio; ésto se podría explicar en función del análisis de suelos, el cual reporta cantidades altas de  $K_2O$  intercambiables.

Matheu (13), no encontró significancia al 5% de probabilidad al evaluar niveles de 0, 100 y 300 kg/ha para nitrógeno; 0, 50 y 100 kg/ha para fósforo y 0, 50 y 100 kg/ha para potasio en la variedad de caña B 37-172.

Cobaquil (4), evaluando niveles para nitrógeno de 6, 30, 90 y 100 kg/ha; para fósforo de 7, 40, 70, 100 y 130 kg/ha y para potasio de 9, 60, 100, 150 y 180 kg/ha, no encontró diferencia significativa al 5% de probabilidad, tanto para rendimiento en peso, como para % de sacarosa. También concluyó que no existe diferencia significativa para caña de 1 y 3 años de edad. Para análisis combinado, el tratamiento más rentable fué el de 6, 7 y 9 kg/ha, para N P y K, respectivamente con 59 toneladas de caña por ha. El tratamiento que reportó el mejor % de sacarosa (21%), fué de 100, 100 y 150 kg/ha para NPK respectivamente.

Martínez (12), evaluando niveles de fertilización en la variedad B 37172 con nitrógeno a 0, 60 y 120 kg/ha, fósforo a 0, 70 y 140 kg/ha y potasio a 0, 80 y 160 kg/ha; concluyó que la aplicación de NPK no aumentó el rendimiento de campo por unidad de área, sin embargo, a pesar de no ser significativas las diferencias entre tratamientos, se nota una ligera disminución del peso con el aumento de la dosis, correspondiendo esta tendencia en el caso del fósforo. Por otra parte, las aplicaciones de N-P y N-K mostraron diferencias significativas en los grados brix del jugo.

En cuanto a experiencias internacionales sobre este tema, podemos citar las siguientes:

En Costa Rica, Ruiz (10), evaluando el efecto de la fertilización con NPK más azufre y usando como fuentes: urea, triple superfosfato, cloruro de potasio y sulfato de calcio, en las variedades de caña B 49-119 y H 44-3098, concluyó que debido a que el incremento en la producción en toneladas de azúcar por hectárea fué lineal y para no perjudicar la calidad de los jugos, recomendó aplicaciones de nitrógeno con ámbito de 375-625 kg/ha. Al igual que el nitrógeno, para el potasio, para no perjudicar la calidad de los jugos, el nivel adecuado fué: 375 kg/ha con rango de 250-498 kg/ha. En cuanto al azufre se concluyó que la absorción del fósforo por la planta depende entre otros factores de la presencia de azufre en las formulaciones. Por lo tanto, sin la presencia de azufre el aprovechamiento por la planta de los nutrientes en el suelo es mínimo.

Como se sabe, no solo se puede determinar el grado de nutrición de los suelos y los requerimientos del cultivo por los métodos de las experiencias mencionadas anteriormente. Existen otras formas, por ejemplo: estudios de invernadero, utilizando microparcels, análisis foliares, estudios detallados de suelos, etc.

Con respecto a la utilización de microparcels, Tejada y Fernández (10), modificando el método Holme de técnicas de microparcels, concluyeron que resulta de gran utilidad emplear microparcels de un cultivo de ciclo corto en lugar de parcelas convencionales con el fin de evaluar el estado nutricional de un suelo. Por otro lado encontraron que al emplear el cultivo del maíz en esta técnica, éste constituye la muestra más realista para extraer y medir la cantidad de nutrientes que se encuentran disponibles en el suelo. Por ello, la planta es tan precisa como una solución extractora y además requiere menos trabajo de calibración que los métodos de análisis químicos tradicionalmente utilizados para suelo.

Por último, este sistema ha sido criticado, ya que no evalúa la fertilidad del sub-suelo, debido a que la planta de maíz cosechada al mes de crecimiento, sus raíces no han alcanzado su máximo desarrollo. Sin embargo, la planta de caña de azúcar posee un sistema radicular relativamente poco profundo, con un promedio de 60 centímetros de profundidad, del 90% de su sistema de raíces, lo cual es similar al sistema radicular de las plantas de maíz en las microparcelas.

Con respecto al análisis foliar como una posible alternativa para conocer las necesidades nutricionales del cultivo, San Thein (17), evaluando horas y métodos de muestreo para posteriormente realizar análisis foliares, concluyó que la hoja TVD (hoja con la primera papada o collarín visible), con o sin vena central y las vainas de las hojas expandidas fueron superiores a otro tipo de tejido para evaluar el estado nutricional de toda planta. No se encontraron diferencias estadísticas entre los análisis de hojas TVD enteras, las partes medias de las hojas TVD o las expandidas. Esto sugiere que no es necesario submuestrear solamente la porción media de la hoja.

En relación a la hora de muestreo, ésta afectó los niveles de N, P, Ca y Mg encontrados en la hoja TVD sin la vena central. Sin embargo el K no fué afectado. La variabilidad de los niveles de nutrientes no se pudo reducir al mínimo a ninguna hora de muestreo; sin embargo, los datos muestran claramente que es muy importante que la muestra se tome a una hora determinada. Los métodos tales como el DRIS que utiliza proporciones de nutrientes, reducen al mínimo, aunque no logran eliminar del todo la necesidad que el muestreo se realice a una hora fija (17).

Sumner (10), comparando el sistema DRIS (Sistema integrado de diagnóstico y recomendaciones) aplicado a la caña de azúcar, con otros sistemas en cuanto a su eficiencia en análisis foliares, concluyó que el sistema DRIS es efectivo para hacer diagnósticos válidos de los requerimientos de NPK de la caña de azúcar, cualquiera que sea

la edad del cultivo al momento de tomar la muestra. Además, la flexibilidad del método DRIS permite realizar las medidas correctivas durante el desarrollo de las plantas.

Los valores y coeficientes de variación para el rango de las normas en los índices DRIS se ilustran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Valores y coeficientes de variación para el rango de normas DRIS en caña de azúcar.

RELACIONES	INDICE PARA POBLACION DE BAJO RENDIMIENTO		INDICE PARA POBLACION DE ALTO RENDIMIENTO	
	MEDIA	C V %	MEDIA	C V %
N/K	1.587	23	1.511	21
P/N	0.128	19	0.122	16
P/K	0.201	27	0.183	24

FUENTE: Sumner, M.E. (16).

El DRIS utiliza índices para calcular el balance de los nutrientes en su orden de requerimiento por la planta y se calculan de las ecuaciones siguientes, según Sumner, M.E. (16):

$$\text{Indice de N} = + \frac{f(N/K) - f(P/N)}{2}$$

$$\text{Indice de P} = + \frac{f(P/N) + f(P/K)}{2}$$

$$\text{Indice de K} = - \frac{f(P/K) + f(N/K)}{2}$$

Donde:

$$f(N/K) = 100 \left( \frac{N/K}{n/k} - 1 \right) \frac{10}{CV} \quad \text{cuando } N/K > n/k$$

ó:

$$f(N/K) = 100 \left( 1 - \frac{n/k}{N/K} \right) \frac{10}{CV} \quad \text{cuando } N/K < n/k$$

Ante lo cual:

N/K = Valor real de esta proporción en una hoja determinada.

n/k = Valor promedio de la proporción del segmento de la población de plantas.

CV = Coeficiente de variación de la población de plantas.

Los índices de nutrientes calculados con estas fórmulas pueden oscilar desde valores negativos o positivos dependiendo de la relativa deficiencia o exceso de un determinado nutriente con respecto al resto de los nutrientes considerados. Mientras más negativo sea el valor del índice del nutriente, más limitante será éste. El índice del balance nutricional que mide el balance entre cualquier grupo de nutrientes, se obtiene sumando los valores absolutos de los índices DRIS para dicho grupo de nutrientes. Mientras más se aproxima a cero este índice, mejor será el balance entre los nutrientes considerados (16).

El resto de los términos  $f(P/Mg)$ ,  $f(Ca/K)$  y  $f(Mg/N)$  se obtienen en forma similar.

La concentración de nutrientes en las láminas sin nervadura central en caña de azúcar se ilustran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Concentraciones de nutrientes en láminas sin nervadura central de hojas de caña de azúcar.

CONCENTRACION DE NUTRIENTES EN HOJAS %	CONCENTRACION DE NUTRIENTES		
	CRITICA	NORMAL	EXCESIVA
N	1.80	2.00 - 2.60	3.20
P	0.19	0.22 - 0.30	0.34
K	0.90	1.00 - 1.60	2.20
Ca	0.20	0.20 - 0.45	0.50
Mg	0.12	0.15 - 0.32	0.35

FUENTE: Sumner, M.E. (16).

## 5. MATERIALES Y METODOS

### 5.1 DESCRIPCION DEL AREA EXPERIMENTAL

#### 5.1.1 Localización:

El estudio se llevó a cabo en el ingenio Tululá, S.A. ubicado en jurisdicción del municipio de San Andrés Villa Seca del departamento de Retalhuleu a una altitud de 275 msnm. Geográficamente se localiza a  $14^{\circ}33'25''$ , latitud norte y a  $90^{\circ}49'35''$ , longitud oeste con respecto al meridiano de Greenwich.

#### 5.1.2 Condiciones climáticas:

Las condiciones climáticas para esta zona son: precipitación promedio de 3577 mm anuales, distribuidos en 152 días efectivos, con una humedad relativa del 85%. La temperatura media anual es de  $26.3^{\circ}\text{C}$ , la máxima de  $32.6^{\circ}\text{C}$  y la mínima de  $20.1^{\circ}\text{C}$ .

#### 5.1.3 Condiciones edáficas:

Los suelos donde se instaló el presente ensayo (cuadro 3), pertenecen según Simmons, Tárano y Pinto (15), a la serie de suelos Cuyotenango, los cuales han sido desarrollados sobre ceniza volcánica pomacea en un clima cálido húmedo. La textura de los suelos es en su mayoría franco arcilloso, con profundidades que varían de 1-3 pies.

##### 5.1.3.1 Análisis de suelos:

Los análisis físico-químicos de las muestras de suelo del sitio experimental (cuadro 3), indican que es este un suelo de textura franco arcillosa y con un porcentaje de materia orgánica a

decuado, ya que el valor reportado para el estrato comprendido de 0-20 cm (9.34%), evidencia una gran disposición de residuos orgánicos. El pH tiende a ser ligeramente ácido (6.2), sin embargo se encuentra comprendido en el rango de neutralidad práctica (5.8-7.2).

Cuadro 3. Resultados del análisis físico-químico de las muestras de suelos del sitio experimental:

a) ANALISIS FISICO:

PROFUNDIDAD	TEXTURA	%			TENSION EN ATMOSFERAS			D.A. gr/cc
		ARCILLA	LIMO	ARENA	C.C.	P.M.P.	% m.o.	
0 - 20 cm	Franca	21.56	32.0	46.6	48.8	29.8	9.34	0.932
21 - 100 cm	Franca arcillosa	34.74	25.9	39.4	41.7	28.6	3.05	0.960

FUENTE: Laboratorio de suelos de ANACAFE.

C.C. = capacidad de campo; P.M.P. = punto de marchitez permanente.

m.o. = materia orgánica; D.A. = densidad aparente.

b) ANALISIS QUIMICO

pH	N	ppm P	ELEMENTOS DISPONIBLES Meq/100 ml.			CATIONES INTERCAMBIABLES Meq/100 gramos					
			K	Ca	Mg	Ca	Mg	K	Na	C.T.I.	%S.B.
6.2*	8.68**	2.28**	284*	6.3*	1.8*	10.70	3.35	1.322	0.115	52.70	24.41

FUENTE: Laboratorio de suelos de ANACAFE

\* = Adecuado

\*\* = Deficiente

C.T.I. = Capacidad total de intercambio

S.B. = Saturación de bases.

El fósforo constituye el elemento más limitante con un valor de disponibilidad de 2.28 ppm. El nitrógeno constituye el segundo elemento de acuerdo al orden de deficiencia con un valor de 8.68 ppm. El caso del potasio es diferente; ya que el valor de disponibilidad lo sitúa como el elemento presente en el suelo en mayor cantidad.

Las bases Ca y Mg disponibles se encuentran presentes en cantidades adecuadas con valores de 6.3 y 1.8 Meq/ml, respectivamente.

Las relaciones Ca:Mg, Ca:K, Mg:K y (Ca+Mg)/K, se encuentran comprendidas entre los rangos de variación aceptables, con valores de 3.5, 8.10, 2.5 y 10.63 Meq/100 gr, respectivamente.

En cuanto a la correlación del C.T.I. con el % de S.B., puede decirse que este suelo es medianamente fértil, difícil de ser lixiviado y que responde fácilmente a la fertilización.

## 5.2 TECNICAS EXPERIMENTALES

### 5.2.1 Diseño Experimental:

El diseño experimental que se utilizó fué el de bloques al azar, con arreglo combinatorio  $4^2$  y 3 repeticiones (3).

### 5.2.2 Tamaño de la unidad experimental:

Cada unidad experimental comprendió 5 surcos de 10 metros de largo cada uno, sembrados a una distancia de 1.80 metros uno del otro. El área bruta por lo tanto fué de 90 m<sup>2</sup>.

A continuación se describe el croquis de campo:



BLOQUE III

7	50,	80
16	150,	120
9	100,	0
1	0,	0
4	0,	120
14	150,	40
10	100,	40
3	0,	80
5	50,	0
2	0,	40
12	100,	120
15	150,	80
8	50,	120
13	150,	0
6	50,	40
11	100,	80

BLOQUE 11

1	0,	0
5	50,	0
4	0,	120
15	150,	80
12	100,	120
10	100,	40
8	50,	120
9	100,	0
13	150,	0
3	0,	80
11	100,	80
14	150,	40
7	50,	80
6	50,	40
2	0,	40
16	150,	120

BLOQUE I

3	0,	80
10	100,	40
2	0,	40
11	100,	80
14	150,	40
4	0,	120
13	150,	0
6	50,	40
16	150,	120
8	50,	120
9	100,	0
7	50,	80
1	0,	0
12	100,	120
15	150,	80
5	50,	0

Figura 1. Cróquis de campo. Cuatro niveles de N y P O en caña de azúcar. Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987.

Para la evaluación final se consideró como parcela neta los 3 surcos centrales, con una longitud de 10 metros, comprendiendo por lo tanto un área de  $54 \text{ m}^2$ .

### 5.2.3 Modelo Estadístico:

Para el análisis de varianza del experimento se utilizó el siguiente modelo (7):

$$\begin{aligned} Y_{ijk} &= U + B_i + A_j + B_k + AB_{jk} + E_{ijk} \\ i &= 1, 2, 3, \dots \text{ bloques} \\ j &= 1, 2, 3, \dots \text{ niveles de nitrógeno} \\ k &= 1, 2, 3, \dots \text{ niveles de fósforo} \end{aligned}$$

En donde:

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta de la  $ijk$ -ésima unidad experimental  
 $U$  = Efecto de la media general  
 $B_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo bloque  
 $A_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo nivel del factor A  
 $B_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo nivel del factor B  
 $AB_{jk}$  = Interacción del  $j$ -ésimo nivel del factor A con el  $k$ -ésimo nivel del factor B.  
 $E_{ijk}$  = Error experimental de la  $ijk$ -ésima unidad experimental.

### 5.3 TRATAMIENTOS:

Las combinaciones de los diferentes niveles de los factores generó un total de 16 tratamientos, los cuales se ilustran en el cuadro 4.

Cuadro 4. Tratamientos: Dosis de nutrientes (i.a.)\* en kg/ha.

TRATAMIENTOS No.	N kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha
1	0	0
2	0	40
3	0	80
4	0	120
5	50	0
6	50	40
7	50	80
8	50	120
9	100	0
10	100	40
11	100	80
12	100	120
13	150	0
14	150	40
15	150	80
16	150	120

\* i.a. = Ingrediente activo.

#### 5.4 FACTORES Y NIVELES ESTUDIADOS:

##### 5.4.1 Nitrógeno:

a) Niveles de fertilización nitrogenada:

Los niveles de nitrógeno que fueron evaluados son:

0, 50, 100 y 150 kg de N/ha.

#### 5.4.2 Fósforo:

##### b) Niveles de fertilización fosfórica:

Los niveles de fósforo que fueron evaluados son: 0, 40, 80 y 120 kg de  $P_2O_5$ /ha.

#### 5.5 FUENTES DE LOS FERTILIZANTES:

Como fuentes de fertilizante fueron utilizados para nitrógeno, urea al 46% de N y para fósforo, triple superfosfato al 46% de  $P_2O_5$ .

El potasio no se incluyó en el plan de fertilización, debido a que el nivel disponible, determinado en el análisis de suelos, se considera adecuado para el normal crecimiento y desarrollo del cultivo de la caña de azúcar.

#### 5.6 EPOCA Y FORMA DE APLICACION:

El nitrógeno fué aplicado 50% al momento de la siembra y el restante 50% a los 90 días después de la primera aplicación.

El fósforo fué aplicado en su totalidad al momento de la siembra.

La forma de aplicación del fertilizante fué al fondo del surco en el momento de la siembra y en banda lateral e incorporado, en la segunda aplicación.

#### 5.7 VARIABLES ESTUDIADAS:

##### 5.7.1 Rendimiento de caña en peso:

De la parcela neta de cada unidad experimental se cortó y pesó la caña para obtener el rendimiento en peso, ex-

presado en toneladas de caña por hectárea.

5.7.2 Rendimiento en azúcar:

De la parcela neta de cada unidad experimental se analizaron 3 muestras de jugo mensualmente antes del corte, con la finalidad de observar el desarrollo varietal en la maduración. Al momento de cosecha también se extrajeron y analizaron muestras de jugos de las unidades experimentales, para la determinación final del rendimiento industrial.

El análisis de jugos se realizó en el laboratorio del ingenio Tululá y comprendió la determinación de grados brix, % de sacarosa y rendimiento en kilogramos de azúcar por tonelada métrica de caña.

5.7.3 Rendimiento en azúcar por área:

Con los datos de rendimiento en caña (ton caña/ha) y del rendimiento en azúcar (kg azúcar/ton caña), se determinó el rendimiento en azúcar por área, expresado éste en toneladas de azúcar/ha.

5.7.4 Desarrollo:

A partir del tercer mes después de la siembra se tomaron lecturas de desarrollo de la caña de azúcar en forma mensual. Las variables de desarrollo comprendieron: altura de planta (cm), diámetro de tallos (cm) y densidad de población por metro lineal.

La metodología para efectuar las lecturas de desarrollo fué la siguiente: primero se marcó al azar un metro lineal a lo largo del surco central de cada unidad experi-

mental. En este punto se procedió a marcar cinco plantas también en forma aleatoria, en las cuales se efectuaron las lecturas de desarrollo, durante todo el período de conducción del experimento. En cada una de las unidades experimentales se anotaba una lectura promedio, resultante de las lecturas en las cinco plantas previamente marcadas.

#### 5.7.4.1 Altura de planta (cm):

Se efectuaron las lecturas de altura de planta desde el nivel del suelo, hasta la primera hoja con collarín o papada visible. La primera lectura se efectuó a los tres meses después de la siembra y las posteriores a intervalos de un mes una de otra hasta completar cinco.

#### 5.7.4.2 Diámetro de tallos (cm):

Las lecturas de diámetro de tallos se realizaron utilizando un vernier con escala en cm. El procedimiento consistió en efectuar las lecturas siempre en el centro del tercer entrenudo desde el nivel del suelo. La primera lectura se efectuó a los cuatro meses después de la siembra. Posteriormente se efectuaron tres lecturas más a intervalos de un mes una de otra, hasta completar cuatro.

#### 5.7.4.3 Densidad de población de tallos:

Las determinaciones de población por metro lineal se efectuaron al tercer y octavo mes después de la siembra, realizándose por lo tanto únicamente dos determinaciones. En los recuentos se consideraron únicamente plantas bien es-

tablecidas.

#### 5.7.5 Análisis foliares:

Con el fin de poder determinar el estado nutricional de las plantas luego de la segunda aplicación de fertilizantes, a los 6 meses después de la siembra se efectuó el muestreo y análisis foliares para cada uno de los tratamientos.

La metodología adoptada para realizar el muestreo foliar fué la siguiente: en el surco central de cada unidad experimental fueron cortadas al azar un total de 10 hojas número 4 a/ completas, para ser analizadas sin su nervadura central.

El análisis de laboratorio consistió en la determinación foliar, porcentual de nitrógeno total (Nt), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S) y las partes por millón de boro (B).

#### 5.7.6 Interpretación del DRIS:

De acuerdo a los resultados de los análisis foliares obtenidos, se realizó la determinación de los índices DRIS, mediante el uso de las ecuaciones correspondientes. Posteriormente, y en base a los índices DRIS obtenidos, se estableció el orden de requerimiento de nutrimentos por la planta.

Se consideró en la interpretación el estado nutricional del suelo, principalmente de los elementos limitantes en el mismo.

---

a/ Hoja número 4, según numeración adoptada por Clements (11).

5.7.7 Análisis económico:

Se efectuó el análisis económico para todas las combinaciones de los factores, en función de las relaciones beneficio/costo (B/C) obtenidas. Para el análisis económico se consideró como testigo relativo el tratamiento con la combinación (0, 0), para N y  $P_2O_5$  respectivamente.

5.7.8 Análisis de la información:

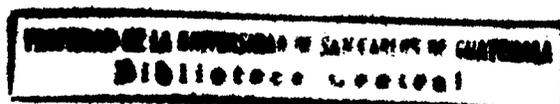
5.7.8.1 Análisis de varianza:

Los datos procedentes de las variables estudiadas fueron sometidos al análisis de varianza para bloques al azar con arreglo combinatorio  $4^2$  y tres repeticiones.

5.7.8.2 Prueba de medias:

Para las variables respuesta en las cuales existió diferencia estadísticamente significativa, se efectuó la prueba de medias respectiva, utilizando para ello la prueba de Tukey.

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa SAS (Sistema de Análisis Estadístico) del Departamento de Computación y Procesamiento de Datos de la Facultad de Agronomía.



## 6. RESULTADOS

### 6.1 RENDIMIENTO DE CAÑA DE AZUCAR EN PESO:

El análisis de varianza (ANDEVA), para la variable rendimiento de caña de azúcar en peso descrito en el cuadro 5, indica significancia debida tanto al factor nitrógeno, como al factor fósforo. No se observó significancia por efecto debido a la interacción de los factores. En el cuadro 1A 1/, se describen los rendimientos agroindustriales obtenidos.

Cuadro 5. Valores de F calculada y F tabulada para las variables rendimiento 2/ de caña en peso y azúcar, bajo cuatro niveles de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987.

F.V.	G.L.	F CALCULADA			F TABULADA	
		REND. CAÑA PESO ton/ha	REND. DE AZUCAR kg/t.c.	ton/ha	0.05	0.01
N	3	3.83 *	0.42 n.s.	2.80 *	2.92	4.51
P	3	4.01 *	0.85 n.s.	3.21 *	2.92	4.51
N x P	9	1.59 n.s.	0.77 n.s.	1.79 n.s.	2.21	3.07
Error	30					
C.V.%		8.22	10.65	7.18		

\* Significativo al 5%

n.s. No significativo.

1/ La letra A indica que el cuadro está contenido en el apéndice.

2/ t.c. = tonelada métrica de caña.

### 6.1.1 Nitrógeno:

La prueba de medias para niveles del factor nitrógeno (cuadro 6), indica diferencia significativa al 5% para el nivel de 150 kg de N/ha, con respecto al tratamiento sin aplicación de N, existiendo una diferencia de 10.25 ton de caña/ha, entre ambos. Sin embargo, no existió diferencia significativa entre los niveles de aplicación 50, 100 y 150 kg de N/ha, respectivamente, probablemente debido al alto porcentaje de materia orgánica de dichos suelos, como lo demuestra el cuadro 3.

Cuadro 6. Prueba de medias para la variable rendimiento de caña de azúcar, bajo cuatro niveles de nitrógeno. Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987.

NIVEL DE N kg/ha	RENDIMIENTO PROMEDIO ton caña/ha	
150	122.57	A *
50	122.43	A
100	120.32	A B
0	112.32	B

C.V. = 7.17 %.

\* Medias con igual letra no son diferentes significativamente al 5%, según prueba de Tukey.

### 6.1.2 Fósforo:

En el cuadro 7, se presenta la prueba de medias para niveles del factor  $P_2O_5$ , observándose que existió diferencia significativa al 5% para el nivel de 80 kg de  $P_2O_5$ /ha, con respecto al tratamiento sin aplicación de  $P_2O_5$ ,

habiendo una diferencia de 10.45 ton de caña/ha entre ambos. Sin embargo, no existió diferencia significativa al 5% en el rendimiento para los niveles de aplicación 40, 80 y 120 kg de  $P_2O_5$ /ha respectivamente.

Cuadro 7. Prueba de medias para la variable rendimiento de caña en peso, bajo cuatro niveles de fósforo. Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987.

NIVEL DE $P_2O_5$ kg/ha	RENDIMIENTO PROMEDIO ton caña/ha	
		*
80	123.75	A
40	123.09	A
120	117.50	A B
0	113.30	B

C.V. = 7.17 %.

\* Medias con igual letra no son diferentes significativamente al 5%, según prueba de Tukey.

## 6.2 RENDIMIENTO DE AZUCAR:

El ANDEVA para la variable rendimiento en azúcar por tonelada de caña (kg/ton caña), descrito en el cuadro 5, no indica significancia al 5% por efecto de ninguno de los factores. Para la variable rendimiento de azúcar por área (ton/ha), fué detectada significancia al 5% por efecto de los dos factores N y  $P_2O_5$ ; asimismo, no existió significancia por efecto de la interacción de ambos.

### 6.2.1 Nitrógeno:

La prueba de medias para niveles del factor N (cuadro 8),

indica que existió diferencia significativa al 5% para el nivel de 150 kg de N/ha, con respecto al tratamiento sin aplicación de nitrógeno, existiendo una diferencia de 1.63 ton de azúcar/ha entre ambos. Sin embargo, existe diferencia aunque no significativa en el rendimiento para los niveles de aplicación 50, 100 y 150 kg de N/ha, respectivamente.

Cuadro 8. Prueba de medias para la variable rendimiento de azúcar, bajo cuatro niveles de nitrógeno. Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987.

NIVEL DE N kg/ha	RENDIMIENTO PROMEDIO ton azúcar/ha	
		*
150	14.17	A
100	13.73	A B
50	13.73	A B
0	12.54	B

C.V. = 10.65 %

\* Medias con igual letra no son diferentes significativamente al 5%, según prueba de Tukey.

#### 6.2.2 Fósforo:

Para niveles del factor  $P_2O_5$ , la prueba de medias (cuadro 9), indicó diferencia significativa al 5% para el nivel de 80 kg de  $P_2O_5$ /ha, con respecto al tratamiento sin aplicación de fósforo, existiendo una diferencia de 1.73 ton de azúcar/ha entre ambos. Sin embargo, existió diferencia aunque no significativa en el rendimiento para los niveles de aplicación 40, 80 y 120 kg de  $P_2O_5$ /ha respectivamente.

Cuadro 9. Prueba de medias para la variable rendimiento en azúcar, bajo cuatro niveles de fósforo. Ingenio Tzulá, Retalhuleu, 1987.

NIVEL P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	RENDIMIENTO PROMEDIO ton azúcar/ha	*
80	14.45	A
40	13.78	A B
120	13.21	A B
0	12.72	B

C.V. = 10.65 %

\* Medias con igual letra no son diferentes significativamente al 5%, según prueba de Tukey.

### 6.3 VARIABLES DE DESARROLLO:

#### 6.3.1 Altura de planta:

En el cuadro 10 se describe el ANDEVA para la variable altura de planta (cm). Como se observa, no existió significancia para efecto de ninguno de los dos factores, tanto en forma individual como tampoco en interacción. En el cuadro 2A se describen los promedios obtenidos para las lecturas de desarrollo.

El ANDEVA combinado (cuadro 11), indica falta de significancia para efecto de los dos factores en forma individual; sin embargo, existió diferencia significativa al 5% por efecto de la interacción de ambos factores en relación a la altura de planta.

Cuadro 10. Valores de F calculada y F tabulada para la variable de desarrollo altura de planta (cm), para 5 lecturas 1/ y bajo cuatro niveles de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987.

F.V.	G.L.	F C A L C U L A D A					F TABULADA	
		1a.	2a.	3a.	4a.	5a.	0.05	0.01
N	3	0.46 n.s.	0.63 n.s.	2.76 n.s.	0.97 n.s.	1.00 n.s.	2.92	4.51
P	3	0.38 n.s.	2.17 n.s.	0.04 n.s.	0.62 n.s.	0.34 n.s.	2.92	4.51
N x P	9	0.67 n.s.	0.83 n.s.	0.97 n.s.	1.32 n.s.	0.55 n.s.	2.21	3.07
Error	30							
C.V. %		15.87	15.27	11.61	4.84	2.51		

1/ La primera lectura se efectuó a los 3 meses después de la siembra.  
Las lecturas posteriores se efectuaron a intervalos de un mes.

n.s. No significativo.

Cuadro 11. Valores de F calculada y F tabulada para las variables de desarrollo en caña de azúcar: altura y diámetro de plantas y densidad de población de tallos, bajo cuatro niveles de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987.

F.V.	G.L.	F C A L C U L A D A			F TABULADA	
		ALTURA cm	DIAMETRO cm	No. DE TALLOS POR mt. LINEAL	0.05	0.01
Medida	5	2782.81**	5257.70**	537.88**	2.21	3.02
N	3	1.68 n.s.	1.15 n.s.	3.72*	2.60	3.78
P	3	1.21 n.s.	2.55*	1.48 n.s.	2.60	3.78
N x P	9	2.28*	3.72**	0.50 n.s.	1.88	2.41
Medida x N	15	1.43 n.s.	0.40 n.s.	1.77*	1.67	2.04
Medida x P	15	0.63 n.s.	0.59 n.s.	0.65 n.s.	1.67	2.04
Med. x N x P	45	0.60 n.s.	0.54 n.s.	0.33 n.s.	1.39	1.59
Error	190					
C.V. %		9.17	7.40	46.94		

\* Significativo al 5%; \*\* Significativo al 1%; n.s. No significativo.

6.3.2 Diámetro de tallos:

El cuadro 12, describe el ANDEVA para las cuatro lecturas de diámetro de tallos, efectuadas a los 4, 5, 6 y 7 meses después de la siembra respectivamente. No se detectó aquí significancia para ninguna de las fuentes de variación.

El ANDEVA combinado (cuadro 11), indicó significancia al 5% por efecto del factor  $P_2O_5$ . También fué observada diferencia altamente significativa al 1% debido al efecto de la interacción de los dos factores.

Cuadro 12. Valores de F calculada y F tabulada para la variable de desarrollo diámetro de tallos (cm), para cuatro lecturas 1/ y bajo cuatro niveles de N y  $P_2O_5$ . Ingenio Tumulá, Retalhuleu, 1987.

F.V.	G.L.	F C A L C U L A D A				F TABULADA	
		1a.	2a.	3a.	4a.	0.05	0.01
N	3	0.51 n.s.	1.09 n.s.	0.31 n.s.	0.05 n.s.	2.92	4.51
P	3	0.05 n.s.	1.06 n.s.	1.15 n.s.	2.11 n.s.	2.92	4.51
N x P	9	0.57 n.s.	1.48 n.s.	1.41 n.s.	1.05 n.s.	2.21	3.07
Error	30						
C.V. %		7.57	5.68	5.63	5.48		

1/ La primera lectura se efectuó a los cuatro meses después de la siembra. Las lecturas posteriores se efectuaron a intervalos de un mes.

n.s. = No significativo.

6.3.3 Densidad de población de tallos:

El ANDEVA para la variable densidad de población de tallos por metro lineal (cuadro 13), no indicó significancia para las dos determinaciones efectuadas al tercer y octavo mes después de la siembra, para ninguna de las fuentes de variación.

El ANDEVA combinado (cuadro 11), indicó que sí existió diferencia significativa al 5% por efecto del factor nitrógeno, en la densidad poblacional de tallos por metro lineal.

Cuadro 13. Valores de F calculada y F tabulada para la variables respuesta densidad de población de tallos, por metro lineal para dos determinaciones y bajo cuatro niveles de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987.

F.V.	G.L.	F CALCULADA		F TABULADA	
		1a. LEC.	2a. LEC.	0.05	0.01
N	3	2.58 n.s.	1.38 n.s.	2.92	4.51
P	3	0.73 n.s.	0.83 n.s.	2.92	4.51
N x P	9	0.23 n.s.	0.45 n.s.	2.21	3.07
Error	30				
C.V. %		25.42	29.89		

1/ Las lecturas fueron efectuadas al 3er. y 8vo. mes después de la siembra.

n.s. = No significativo.

#### 6.4 ANALISIS FOLIARES:

El ANDEVA para las variables de análisis foliares (cuadro 14), indica que no existió diferencia significativa al 5% por efecto de ninguno de los dos factores, tanto en forma individual, como tampoco en interacción.

Cuadro 14. Valores de F calculada y F tabulada para las variables de análisis foliares: Nt, P, K, Ca, Mg, S y B, bajo cuatro niveles de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Ingenio Tzululá, Retalhuleu, 1987.

F.V.	G.L.	Nt	F CALCULADA					F TABULADA	
			P	K	Ca	Mg	0.05	0.01	
N	3	1.65 n.s.	1.09 n.s.	1.03 n.s.	0.8 n.s.	2.62 n.s.	2.92	4.51	
P	3	0.28 n.s.	1.04 n.s.	0.36 n.s.	0.9 n.s.	1.38 n.s.	2.92	4.51	
N x P	9	0.72 n.s.	0.94 n.s.	0.49 n.s.	1.2 n.s.	0.76 n.s.	2.21	2.07	
Error	30								
C.V. %		13.67	59.23	7.97	68.04	16.31			

n.s. = No significativo.

Nt = Nitrógeno total

#### 6.5 INTERPRETACION DEL DRIS:

El cuadro 3A, describe los resultados de análisis foliares, los índices DRIS y orden de requerimiento determinados para cada uno de los tratamientos evaluados. El elemento más limitante correspondió al fósforo, lo cual concuerda con bajo contenido en el suelo de este elemento, así como también con el valor de fósforo foliar, el cual se considera crítico, (cuadro 2).

El segundo elemento requerido por la caña de azúcar según el DRIS lo constituye el nitrógeno y por último el potasio, el cual se encuentra disponible en el suelo en cantidades suficientes de acuerdo al análisis de suelos (cuadro 3). Los índices determinados para este elemento, indican valores mayores cuando en los tratamientos no se incluyó nitrógeno, o cuando los niveles de este elemento fueron bajos.

#### 6.6 ANALISIS ECONOMICO:

Para poder determinar la relación B/C para cada uno de los tratamientos, se consideró como testigo relativo, el tratamiento sin aplicación (combinación 0, 0). Se fijaron los costos de fertilizante, así como también el costo de la aplicación del mismo. El costo de nitrógeno fué de Q. 1.2495/kg 1/ y de fósforo de Q. 1.4493/kg. El costo de aplicación fue de Q. 0.0393/kg. El ingreso neto se estimó en base al precio de compra del azúcar, fijándose éste en Q. 0.3472/kg.

El tratamiento con la mayor relación B/C resultó ser 50 kg de nitrógeno/ha sin aplicación de fósforo, con un valor de Q. 13.40. El rendimiento agroindustrial para este tratamiento fué de 121.80 toneladas de caña por hectárea y 14.28 toneladas de azúcar/hectárea.

Lo anteriormente señalado significa que por cada quetzal en que los costos se incrementen, a partir del testigo relativo, el ingreso neto se incrementará también en Q. 13.40.

---

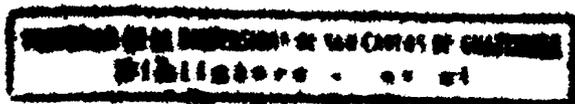
1/ Precios del mercado nacional durante el trimestre Julio-Septiembre de 1988.

2/ Precio fijado por el Ministerio de Economía y la Asociación de Azucareros de Guatemala, para la Zafra 1987/88.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 RESPUESTA AGRONÓMICA:

- a. La aplicación de nitrógeno y fósforo afectó la productividad de caña de azúcar, tanto en peso (ton/ha), como también en azúcar por área (ton/ha); la dosis agronómica en cuanto a rendimiento de caña de azúcar en peso se obtuvo con la aplicación de 150 kg de N/ha y 4- kg de  $P_2O_5$ /ha, con valor de -- 132.94 ton de caña/ha; sin embargo, la dosis agronómica en cuanto a rendimiento de azúcar se obtuvo con 50 kg de N/ha y 80 kg de  $P_2O_5$ /ha con valor de 15.99 ton de azúcar/ha.
  - b. Las variables altura de planta, diámetro de tallos y densidad de población de tallos por metro lineal y la concentración foliar total de N, P, K, Ca y Mg a los seis meses después de la siembra no fueron afectados por ninguno de los tratamientos aplicados.
- 7.2 La dosis económica se obtuvo con la aplicación de 50 kg de N/ha con una relación beneficio/costo (B/C) de Q. 13.40.
- 7.3 El orden de requerimiento por la planta de NPK de acuerdo con el DRIS fue  $P > N > K$ . Se recomienda diseñar planes de fertilización tomando en cuenta el orden de requerimiento de nutrientes por la planta, así como realizar análisis de suelo y de tejido en lo sucesivo.



## 8. BIBLIOGRAFIA

1. ASOCIACION DE AZUCAREROS DE GUATEMALA. 1980. Fertilización. Guatemala, ASAZGUA. Boletín Técnico Cañero. 8 p.
2. \_\_\_\_\_. 1985. NPKS: un nuevo enfoque para la fertilización en caña de azúcar. Guatemala, ASAZGUA. Boletón Técnico no. 15. 100 p.
3. CASTAÑEDA REYES, P. 1980. Diseño de experimentos aplicados. 2 ed. Mex., Trillas. p. 61-72.
4. COBAQUIL GARCIA, A.R. 1984. Estudio de niveles de NPK para fertilización en caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en la Unidad Docente Productiva "Sabana Grande". Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 76 p.
5. DEVLIN, R.M. 1980. Fisiología vegetal. 3 ed. Barcelona, España, Omega. p. 119-120.
6. FLORES, S. 1974. Cultivo racional de la caña de azúcar. Guatemala, Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. 33 p.
7. FLORES CACERES, S. 1978. Metodología experimental en caña de azúcar. Mex., Instituto para el mejoramiento de la Producción del Azúcar. 18 p.
8. GUATEMALA. BANCO DE GUATEMALA. 1975. Producción y expectativas del mercado de la caña de azúcar y de la industria azucarera. Informe Económico. (Gua.) 22(4):26-41.
9. HERBERT, R.P. 1968. The growing of sugar cane. N.Y., Elsevier. p. 133-146.
10. INTER-AMERICAN SUGAR CANE SEMINARS. (1983, Fla. EE.UU.). 1983. Proceedings. Florida, University. 584 p.
11. KING, N.J. et al. 1965. Manual of cane growing. N.Y., Elsevier. 375 p.
12. MARTINEZ GUTIERREZ, L.R. 1968. Ensayo de fertilización en caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en suelos de la serie Alotenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 26 p.

13. MATHEU DE LEON, C.R. 1966. Ensayo con fertilización con N P K en caña de azúcar (Saccharum officinarum L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 44 p.
14. NAJERA CAAL, M. 1978. Respuesta de la caña de azúcar a la fertilización con cinco niveles de N P K. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 77 p.
15. SIMMONS, Ch.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación y reconocimiento de suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
16. SUMNER, M.E. 1981. Sistema integrado de diagnóstico y recomendación (DRIS) aplicado a caña de azúcar. Georgia, EE.UU., University of Georgia. p. 300-310.
17. THEIN, S. 1979. Diagnóstico del contenido de nutrientes en caña de azúcar; método de muestreo. Tesis Mag. Sc. Fla., EE.UU., Florida University. 53 p.

Vo. Bo.

*Patrualle*



**9. A P E N D I C E**

Cuadro 1A. Rendimientos\* agroindustriales promedio de caña de azúcar, bajo cuatro niveles de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987.

TRATAMIENTO	BRIX	SAC.	PUR.	R. PESO ton/ha	RENDIMIENTO EN AZUCAR		
					kg/t.c.	lb/t.c.	ton/ha
0 - 0	20.85	17.96	86.33	110.46	106.22	237.17	11.69
0 - 40	21.58	18.80	88.64	118.61	111.78	246.13	13.30
0 - 80	22.61	19.88	87.95	115.94	118.84	262.00	13.71
0 - 120	21.90	18.69	85.27	104.26	109.98	242.46	11.47
50 - 0	23.10	19.87	85.02	121.80	117.36	258.73	14.28
50 - 40	22.18	18.32	82.48	116.29	105.79	233.22	12.21
50 - 80	22.03	19.83	90.29	129.95	119.26	264.46	15.59
50 - 120	20.97	17.97	85.59	121.69	105.93	233.53	12.83
100 - 0	22.30	18.88	84.43	110.43	110.56	243.74	12.30
100 - 40	21.87	19.18	87.63	124.52	114.46	252.34	14.28
100 - 80	22.17	19.23	84.86	127.32	114.16	251.68	14.50
100 - 120	21.83	19.35	88.60	119.00	116.00	255.93	13.83
150 - 0	21.68	19.08	87.88	110.49	114.05	251.43	12.59
150 - 40	21.47	19.18	89.34	132.94	115.58	254.81	15.34
150 - 80	22.12	19.34	87.39	121.80	115.29	254.17	13.99
150 - 120	22.65	19.75	87.19	125.05	117.53	259.11	14.72

\*

SAC. = sacarosa

PUR. = pureza

ton/ha = toneladas por hectárea

kg/t.c. = kilogramos por tonelada de caña

lb/t.c. = libras por tonelada de caña.

Cuadro 2A. Variables de desarrollo. Promedio de lecturas 1/ efectuadas en caña de azúcar, bajo cuatro niveles de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987.

TRATAMIENTO	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)	DENSIDAD DE TALLOS/ mt LINEAL
0 - 0	178.53	2.82	12
0 - 40	185.90	2.82	13
0 - 80	191.90	2.86	13
0 - 120	189.40	2.85	15
50 - 0	191.00	2.85	15
50 - 40	192.30	2.99	13
50 - 80	191.93	2.91	13
50 - 120	182.00	2.79	15
100 - 0	197.90	2.85	15
100 - 40	181.13	2.74	16
100 - 80	190.27	2.77	17
100 - 120	194.67	2.97	18
150 - 0	185.93	2.88	15
150 - 40	184.73	2.85	15
150 - 80	193.07	2.81	15
150 - 120	200.87	3.03	18

1/ Para las variables altura, diámetro y densidad de población, se efectuaron 5, 4 y 2 lecturas respectivamente.

Cuadro 3A. Resultados de análisis foliares 1/, índices DRIS y orden de requerimiento en caña de azúcar, bajo cuatro niveles de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Ingenio Tzulá, Retalhuleu, 1987.

TRATAMIENTO (kg/ha) N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	COMP. Nt %	EN LA HOJA			INDICES DRIS			ORDEN DE REQUE- RIMIENTO	REND. TONELADAS AZUCAR/ha
		P %	K %		N	P	K		
0 - 0	1.32	0.11	1.20	6	-35	29	P>N>K	11.69	
0 - 40	1.31	0.10	1.11	8	-36	28	P>N>K	13.39	
0 - 80	1.27	0.11	1.20	1	-33	32	P>N>K	13.71	
0 - 120	1.29	0.11	1.22	3	-35	32	P>N>K	11.47	
50 - 0	1.39	0.11	1.17	10	-33	23	P>N>K	14.28	
50 - 40	1.34	0.11	1.10	10	-29	19	P>N>K	12.21	
50 - 80	1.69	0.11	1.33	23	-53	30	P>K>N	15.59	
50 - 120	1.44	0.10	1.10	20	-45	25	P>N>K	12.83	
100 - 0	1.34	0.11	1.16	8	-35	27	P>N>K	12.30	
100 - 40	1.39	0.12	1.19	6	-30	24	P>N>K	14.28	
100 - 80	1.37	0.10	1.13	15	-43	28	P>N>K	14.50	
100 - 120	1.45	0.11	1.18	13	-40	27	P>N>K	13.83	
150 - 0	1.46	0.11	1.12	16	-38	22	P>N>K	12.59	
150 - 40	1.43	0.12	1.12	10	-29	19	P>N>K	15.34	
150 - 80	1.40	0.27	1.18	-24	23	1	N>K>P	13.99	
150 - 120	1.36	0.11	1.12	10	-34	24	P>N>K	14.72	

1/ Análisis realizados en el laboratorio de Agroproductos de Guatemala.

Cuadro 4A. Análisis económico en caña de azúcar, bajo cuatro niveles de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Ingenio Tululá, Retalhuleu, 1987.

TRATAMIENTO No. (N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	COSTOS DE FERTILIZACION (Q.)			REND. AZUCAR ton/ha	Q.		
	FERTILI ZANTE	APLI CA CION	TOTAL		I.B.***	I.N.**	B/C*
0, 0	0.00	0.00	0.00	11.69	4058.77	4058.77	0.00
0, 40	56.40	1.57	57.97	13.30	4617.76	4559.79	8.64
0, 80	112.80	3.14	115.94	13.71	4760.11	4644.17	5.05
0, 120	169.20	4.72	173.92	11.47	3982.38	3808.46	-1.44
50, 0	60.50	1.98	62.48	14.28	4958.02	4895.54	13.40
50, 40	116.90	4.53	121.43	12.21	4239.31	4117.88	0.49
50, 80	173.30	6.10	179.40	15.59	5412.85	5233.45	6.55
50, 120	229.70	7.67	237.37	12.83	4454.58	4217.21	0.67
100, 0	121.00	3.94	124.94	12.30	4270.56	4145.62	0.70
100, 40	177.40	5.51	182.91	14.28	4958.02	4775.11	3.92
100, 80	233.80	7.08	240.88	14.50	5034.40	4793.52	3.05
100, 120	290.20	8.65	298.85	13.83	4801.78	4502.93	1.49
150, 0	181.50	5.90	187.40	12.59	4371.25	4183.85	0.67
150, 40	237.90	7.46	245.36	15.34	5326.05	5080.69	4.16
150, 80	294.30	9.03	303.33	13.99	4857.33	4554.00	1.63
150, 120	250.70	10.61	361.31	14.72	5110.78	4749.47	1.91

\* Relación Beneficio/Costo

\*\* Ingreso Neto

\*\*\* Ingreso Bruto.

CARACTERISTICAS AGROINDUSTRIALES 1/ DE LA VARIEDAD DE CAÑA DE AZUCAR CP 72-1210:

La variedad CP 72-1210 es originaria de la Estación de Canal Point, Florida, EE.UU., sus progenitores son las variedades CO 65-357 y CP 56-63. Es una variedad precoz, con hábito de crecimiento erecto, buen amacollamiento, cierre de calle rápido, entrenudo curvo, tallo de color verde blanquesino, yemas redondas, copa semi-abierta, poco afate, buen despaje, una floración del 90% a los 241 días después de la siembra, poca formación de corcho.

Es una variedad tolerante al carbón (*Ustilago scitaminea* S.), resistente a la roya (*Puccinia melanocephala* S.), raya roja (*Xanthomonas rubilineans*), mosaico (virus VMCA), susceptible al raquitismo del retoño (RSD-bacteria asociada), resistente al Pokkah boeng (*Giberella moniliforme*), (*Fusarium moniliforme*).

En relación a las plagas, esta variedad es resistente al barrenador (*Diatraea saccharalis*), ron-ron (*Podishnus agenor* Oliv.), medianamente resistente a la chinche salivosa (*Aenolamia* spp.), resistente al pulgón coludo (*Saccharosydne saccharivora* West), resistente al pulgón amarillo (*Sipha flava* F.), chinche de encaje (*Leptodictya tabida* H. y L.) y resistente a la chinche harinosa (*Pseudococus sacchari* Cook.).

Se han reportado rendimientos de 126.96 ton de caña/ha, 93.44 kg de azúcar/ton de caña y 11.86 ton de azúcar/ha.

---

1/ Datos obtenidos de la Asociación de Azucareros de Guatemala.

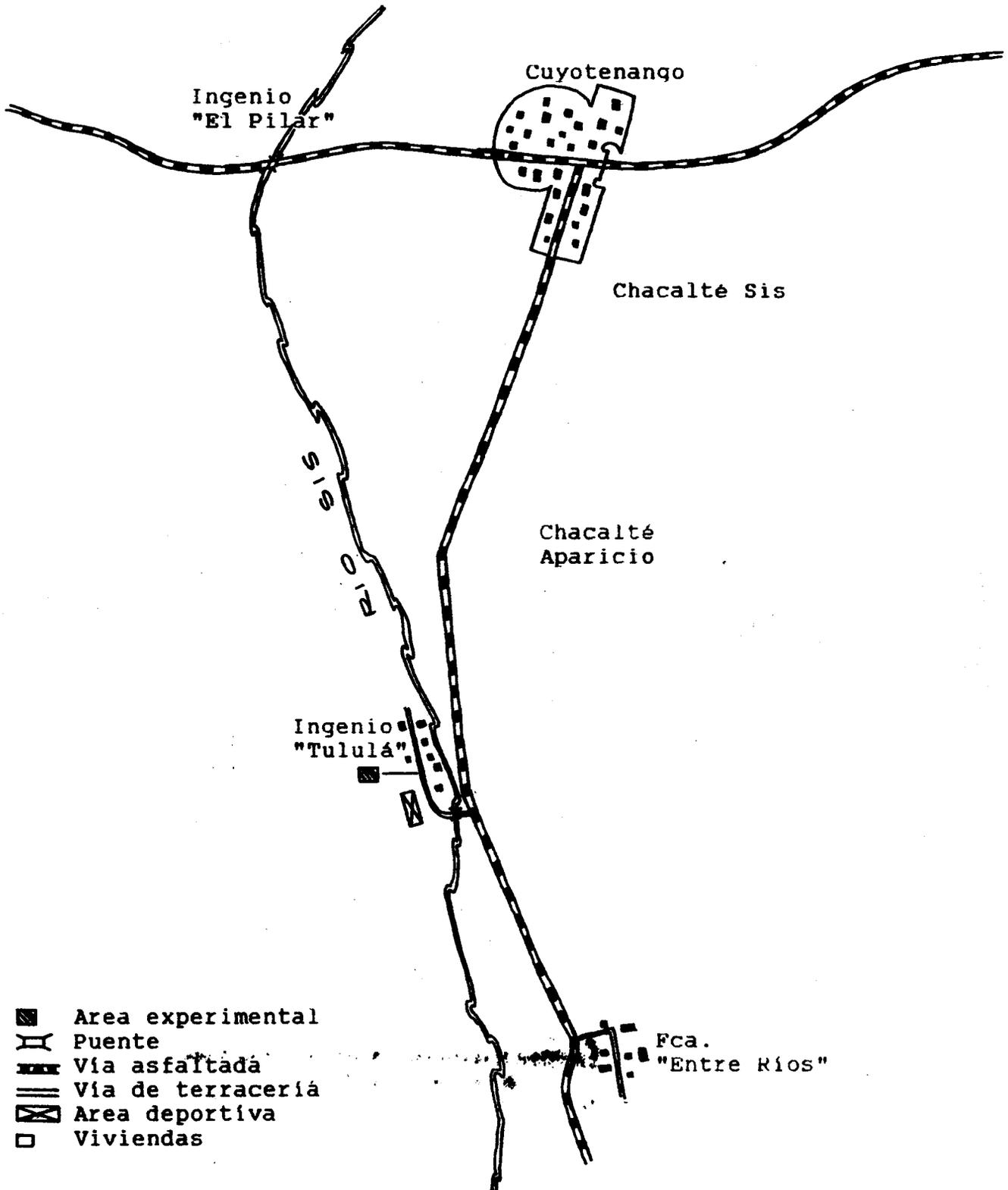


Figura 2. Localización del sitio experimental.



**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
GUATEMALA, C. A.

3 de febrero de 1989

"IMPRIMASE"

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC  
DEPOSITO LEGAL  
PROHIBIDO EL RESTATO EXTERNO

ING. AGR. ANIBAL B. MARTIN  
DECANO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central