

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

USO DEL SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNOSTICO  
Y RECOMENDACION PARA DETERMINAR EL REQUERIMIENTO  
DE N-P-K EN CANA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum*  
L.) EN LA UNIDAD DOCENTE PRODUCTIVA  
SABANA GRANDE - ESCUINTLA



Al conferirsele el título de  
INGENIERO AGRONOMO  
EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

En el grado académico de  
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, 1988

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DL  
01  
T(1267)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

LIC. RODERICÓ SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. Aníbal B. Martínez M.
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Gustavo A. Méndez G.
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Jorge Sandoval I.
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Mario Melgar
VOCAL CUARTO:	Br. Mario Antonio Hidalgo
VOCAL QUINTO:	P.A. Byron Milián Vicente
SECRETARIO:	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio



Referencia \_\_\_\_\_  
Asunto \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1945

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

octubre de 1988

Ingeniero Agrónomo  
Aníbal B. Martínez  
Decano Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Decano:

Tenemos el honor de dirigirnos a usted para hacer de su conocimiento que, atendiendo a la designación que se nos hiciera, hemos procedido a asesorar y revisar el trabajo de tesis del estudiante JOAQUIN ANTONIO GAITAN AJA, Carnet No. 43345, titulado:

"USO DEL SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNOSTICO Y RECOMENDACION PARA DETERMINAR EL REQUERIMIENTO DE N-P-K EN CAÑA DE AZUCAR *Saccharum officinarum* L. EN LA UNIDAD DOCENTE PRODUCTIVA SABANA GRANDE, ESCUINTLA."

Consideramos que el presente trabajo reúne todos los requisitos exigidos para su aprobación, por lo que nos complace comunicárselo para los efectos consiguientes.

Respetuosamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. M Sc. Edgar A. Martínez T.  
ASESOR

Ing. Agr. M Sc. José J. Chonay  
ASESOR

Ing. Agr. M Sc. Marco Tulio Aceituno  
ASESOR

Guatemala, octubre de 1988.

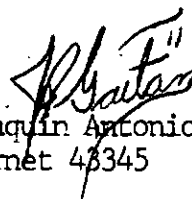
Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador.  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"Uso del sistema integrado de diagnóstico y recomendación para determinar el requerimiento de N-P-K en Caña de Azúcar Saccharum officinarum L. en la Unidad Docente Productiva Sabana Grande, Escuintla."

Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Esperando contar con la aprobación del mismo, me suscribo de ustedes, respetuosamente,



Joaquín Antonio Gatián Aja  
Carnet 48345

## ACTO QUE DEDICO

A DIOS TODOPODEROSO: Eterna gratitud por la oportunidad que me ha brindado para llegar a este momento.

A MIS PADRES: Adelfo Gaitán Bran (Q.E.P.D.)  
Con su amor sembró en mí ejemplos dignos de imitar y transmitirse.

Estela Aja vda de Gaitán  
Porque con su amor y dedicación me motiva a la superación personal.

A MI ESPOSA: Patricia de Gaitán  
Que con su deseo efectivo de tratar de alcanzar nuestra felicidad me brinda comprensión, colaboración, paciencia, optimismo y abnegación (Te amo Negra).

A MIS ABUELITOS: Antonio Gaitán  
Donata Bran (En honor a su memoria (Q.E.P.D.)  
Luz R. vda de Morales  
Por sus sabios consejos.

A MIS HERMANOS: Gladys, Julio Adelfo, Jorge Mario, Alex  
Cariñosamente.

A MIS SOBRINOS: Yara, Netzer, Luis Alfredo, Pedro Pablo, Elmer  
Manolo, Luis Adelfo, Adam Alejandro, Rolando  
Enrique, Luis Alberto y Julio Adelfo  
Con la esperanza de que sea un estímulo para que alcancen sus metas.

A MI FAMILIA Y AMIGOS en general.

## TESIS QUE DEDICO

- A: Mi Patria Guatemala
  
- A: la Universidad de San Carlos de Guatemala
  
- A: la Facultad de Agronomía
  
- A: la Dirección Técnica de Riego y Avenamiento -DIRYA-
  
- A: la Unidad Docente Productiva Sabana Grande,  
especialmente a: Alejandro, Artemio, Gustavo,  
Miguel Angel y Emilio por su valiosa y desinteresada  
colaboración y amistad.

## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a:

Mis Asesores: Ing. Agr. M.Sc. Edgar A. Martínez T.

Ing. Agr. M.Sc. José Jesús Chonay

Ing. Agr. M.Sc. Marco Tulio Aceituno J.

Al Ing. Agr. Salvador Castillo e

Ing. Agr. Humberto Jiménez García

Al Personal de la Dirección Técnica de Riego y Avenamiento

A Mis compañeros Manuel, Axel, Max, Hugo, Leonardo, Raúl, Gonzalo, Maynor, Ivan, Louis y Fernando por su estrecha colaboración que en una u otra forma me alentaron a la culminación del presente trabajo y más aun, demostraron que la amistad es un elemento vital y necesario, que vale la pena cultivar y acrecentar, especialmente en situaciones adversas.

## CONTENIDO

		Págs.
	RESUMEN	
1.	INTRODUCCION	1
2.	HIPOTESIS	2
3.	OBJETIVOS	3
4.	REVISION DE LITERATURA	4
4.1	Antecedentes	4
4.2	La nutrición de la caña de azúcar	5
4.3	Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación -DRIS-	5
4.3.1	Ventajas del método DRIS	6
4.3.2	Enfoque del método DRIS	6
4.3.3	Establecimiento de normas DRIS	11
4.3.4	Indices DRIS	12
4.3.5	Cálculo de los índices DRIS	13
5.	MATERIALES Y METODOS	15
5.1	Descripción del sitio experimental	15
5.2	Características del suelo	15
5.3	Metodología experimental	17
5.3.1	Diseño experimental	17
5.3.2	Modelo estadístico	17
5.3.3	Factores y niveles estudiados	18
5.4	Variedad de caña utilizada	18
5.5	Manejo del ensayo	19
5.5.1	Preparación del terreno	19
5.5.2	Siembra	19
5.5.3	Fertilización	19
5.5.4	Control de malezas	19
5.5.5	Control de plagas y enfermedades	20
5.6	Metodología del análisis de laboratorio	20
5.6.1	Análisis de suelo	20
5.6.2	Análisis de la hoja	20
5.7	Variables respuesta	20
5.7.1	Análisis de varianza	20
5.7.2	Comparación de múltiple de medias	21
5.7.3	Análisis de correlación	21



	Pág.	
5.8	Análisis de diagnóstico y recomendación	21
6.	RESULTADOS Y DISCUSION	22
6.1	Primer muestreo	22
6.1.1	Nitrógeno foliar	22
6.1.2	Fósforo foliar	23
6.1.3	Interrelación de variables de la hoja	25
6.1.4	Interrelaciones entre variables del suelo y foliar	27
6.2	Segundo muestreo	27
6.2.1	Nitrógeno foliar	27
6.2.2	Interrelación de las variables de la hoja	28
6.3	Rendimiento de caña de azúcar en peso	28
6.4	Rendimiento de azúcar	28
6.5	Sistema integrado de diagnóstico y recomendación -DRIS-	29
6.5.1	Primer muestreo	31
6.5.2	Segundo muestreo	31
7.	CONCLUSIONES	34
8.	RECOMENDACIONES	35
9.	BIBLIOGRAFIA	36
10	APENDICE	38

## CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro		Págs.
1	Valores y coeficientes de variación para el rango de normas DRIS en caña de azúcar	13
2	Concentraciones de nutrientes en láminas (sin nervadura central) de hojas de caña de azúcar	14
3	Disponibilidad de nutrientes en el suelo del área experimental	15
4	Propiedades físicas y químicas del área experimental	16
5	Niveles de los factores a evaluar	18
6	Concentración de N foliar a los 120 días del ciclo vegetativo de la caña, bajo dos niveles de aplicación de potasio al suelo	22
7	Concentración de N foliar a los 120 días del ciclo vegetativo de la caña bajo diferentes niveles de N y K aplicados al suelo	23
8	Concentración de P foliar a los 120 días del ciclo vegetativo de la caña bajo dos niveles de aplicación de Fósforo al suelo	24
9	Concentración de P foliar a los 120 días del ciclo vegetativo de la caña bajo diferentes niveles de P y N aplicados al suelo	24
10	Coeficiente de correlación y niveles de significancia para las variables determinadas a los 120 días del ciclo vegetativo en caña	26
11	Concentración de N foliar a los 180 días del ciclo vegetativo de la caña bajo dos niveles de aplicación de P al suelo	27
12	Rendimiento de caña de azúcar bajo dos niveles de P aplicados al suelo en ton/ha	29
13	Coeficiente de correlación y niveles de significancia para las variables determinadas a los 180 días del ciclo vegetativo de caña	30

Cuadro		Págs.
14	Indice DRIS como criterio de diagnóstico en tejido foliar a los 120 días del ciclo vegetativo de caña	32
15	Indice DRIS como criterio de diagnóstico en tejido foliar a los 180 días del ciclo vegetativo de caña	33

## FIGURAS EN EL APENDICE

Figura		
4	Croquis de campo del área experimental	46
5	Finca Sabana Grande, localización del área experimental	47

## CUADROS EN EL APENDICE

Cuadro		Págs,
1A	Resultado del análisis de suelo a los 120 días del ciclo vegetativo de caña	38
2A	Resultados del análisis de suelos a los 180 días del ciclo vegetativo de caña	39
3A	Resultados del análisis de tejido foliar a los 120 días del ciclo vegetativo de caña	40
4A	Resultados del análisis de tejido foliar a los 180 días del ciclo vegetativo de caña	41
5A	F calculada para N, P, K, Ca y Mg foliar en la hoja de caña de azúcar sin nervadura central en el primer muestreo (120 DDS)	42
6A	F calculada para N, P, K, Ca y Mg en el suelo al primer muestreo del ciclo vegetativo en caña de azúcar (120 DDS)	43
7A	F calculada para N, P, K, Ca y Mg foliar en la hoja de caña de azúcar sin nervadura central en el segundo muestreo (180 DDS)	44
8A	F calculada para N, P, K, Ca y Mg en el suelo en el segundo muestreo del ciclo vegetativo en caña de azúcar (180 DDS) y rendimiento de caña de azúcar en peso de azúcar (kg/ha)	45

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura		
1	Zona de hambre oculta en el rendimiento y el crecimiento como una función de la concentración de un nutrimento en el tejido de la planta	7
2	Representación esquemática de las interrelaciones entre el rendimiento y la calidad de un cultivo, los procesos metabólicos, factores externos y genéticos	9
3	Propiedades del suelo	10

USO DEL SISTEMA INTEGRADO DE DIAGNOSTICO Y RECOMENDACION  
PARA DETERMINAR EL REQUERIMIENTO DE N-P-K EN CAÑA DE  
AZUCAR (Saccharum officinarum L.) EN LA UNIDAD  
DOCENTE PRODUCTIVA SABANA GRANDE, ESCUINTLA

USE OF DIAGNOSIS AND RECOMMENDATION INTEGRATED SYSTEM  
FOR THE DETERMINATION THE REQUIREMENT OF THE  
SUGARCANE (Saccharum officinarum L.) IN THE UNIDAD  
DOCENTE PRODUCTIVA SABANA GRANDE, ESCUINTLA

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en la Unidad Docente Productiva - Sabana Grande, ubicada en el municipio de Escuintla, departamento de Escuintla.

Los objetivos fueron relacionar las concentraciones de N-P-K del suelo y del tejido foliar con el rendimiento de caña de azúcar y determinar los requerimientos de N-P-K en el cultivo de caña de azúcar, en base al sistema integrado de diagnóstico y recomendación DRIS.

Se evaluaron tres factores: nitrógeno, fósforo y potasio, y los siguientes niveles de cada factor: 0-60-120 kg de N/ha, 0-100 kg de  $p_2O_5$ /ha, y 0-160 kg de  $K_2O$ /ha. La disposición de los tratamientos se hizo en un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 3 x 2 x 2, con tres repeticiones. La variedad de caña utilizada es Cubana 8751 de maduración intermedia.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la variable rendimiento de caña de azúcar en peso sólo fue afectada por el factor fósforo. Cuando se aplicó 100 kg de  $p_2O_5$ /ha se obtuvo 52 ton/ha y cuando no se aplicó fósforo el rendimiento se redujo en 9 ton/ha.

El máximo rendimiento se obtuvo con el tratamiento de 120 y 100 kg de N y  $p_2O_5$ /ha, respectivamente, con valor de 62.58 ton/ha.

La variable de calidad, rendimiento de azúcar no fue afectada por ningún tratamiento, obteniéndose el mayor rendimiento cuando se aplicó 60 y 160 - kg de N y K<sub>2</sub>O/ha, respectivamente, con valores de 84.4 kg de azúcar/ton de caña, correspondiente a 186 libras de azúcar por tonelada de caña.

Según los índices DRIS, se determinó que el nutrimento más limitante fue el fósforo, con valores negativos, seguido por el potasio y luego el nitrógeno, que fue el elemento menos limitante.

## INTRODUCCION

El cultivo de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) y la producción azucarera ha aumentado en los últimos años, siendo hoy en día actividad importante para la economía de Guatemala.

Para aumentar la productividad de caña de azúcar, se requiere la conjugación de varios factores que actúan simultáneamente, siendo la fertilización, así como también las prácticas de campo las de mayor relevancia.

En Guatemala, la mayoría de los cañicultores que aplican fertilizantes lo hacen en una forma tradicional; el criterio que utilizan es la que el vendedor de agroquímicos sugiere y los pocos que hacen análisis de suelos, aplican el fertilizante de acuerdo con los lineamientos dados por el laboratorio de suelos. El análisis de suelos, por un lado, no provee una guía completa para la fertilización de las plantas y por otro lado, el análisis foliar es un método efectivo para diagnosticar problemas nutricionales, pero no acertado en su totalidad (21). De tal forma que el uso de ambos análisis es el que más elementos aporta para la aplicación de fertilizantes al suelo.

El sistema integrado de diagnóstico y recomendación DRIS, es un enfoque relativamente nuevo, que usa el principio de las interrelaciones entre los nutrientes para determinar cuáles son los más limitantes, para lo cual se expresan las concentraciones de los nutrientes en forma especial de calibración, que sirve para ordenar los nutrientes comenzando por los más limitantes hasta el menos limitante.

En este trabajo se determinó los requerimientos de N-P-K en el cultivo de caña de azúcar en base al sistema DRIS, en la Unidad Docente Productiva Sabana Grande, mediante los instrumentos de diagnóstico como lo son: el análisis de suelo y del tejido foliar, haciendo énfasis en el análisis del tejido foliar.

## 2. HIPOTESIS

- 2.1 Existe relación entre la concentración de N, P y K del suelo y del tejido foliar con el rendimiento de caña de azúcar.
  
- 2.2 La relación entre la concentración de N, P y K del suelo y del tejido foliar de la caña de azúcar, puede utilizarse como un indicador para recomendar la aplicación de fertilizantes.



3. OBJETIVOS

- 3.1 Relacionar las concentraciones de N, P y K del suelo y del tejido foliar con el rendimiento de caña de azúcar.
- 3.2 Determinar los requerimientos de N, P y K en el cultivo de caña de azúcar en base al Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación DRIS .

#### 4. REVISION DE LITERATURA

##### 4.1 Antecedentes

Las técnicas de diagnóstico, incluyendo la identificación de síntomas de deficiencia mediante el análisis de suelo y planta, constituyen una ayuda para determinar el momento necesario del abonado (2).

Bowen (3), indica que el análisis del contenido de nutrientes en tejidos vegetales, proporciona información sobre la nutrición vegetal.

Sandoval (19), menciona que el análisis nutricional de la planta, tiene como fin inmediato, el determinar el nivel crítico de un nutrimento a partir de una curva de calibración que se obtiene en función con la cosecha.

Howeler (9), afirma que el análisis foliar es un método para diagnosticar el estado nutricional de la planta, midiendo el contenido total del nutrimento. Mientras que el análisis de suelo determina el contenido del nutrimento disponible para la planta.

Carvajal (4), indica que los datos obtenidos del análisis foliar reflejan una correspondencia de la capacidad de suministro del nutrimento por parte del suelo con la influencia de factores externos. Dow y Roberts citados por Medina (15), mencionan cuatro sistemas o criterios para interpretar resultados de análisis foliar, los cuales son: el nivel crítico, rango crítico, valores estandar y el sistema de diagnóstico y recomendación integrado - DRIS .

El más común es el nivel crítico y rango crítico, éstos sistemas no consideran las interacciones sinérgicas o antagónicas entre nutrimentos.

En tanto que el valor estándar y el DRIS, que son más recientemente desarrollados, sí incluyen el desbalance entre nutrimentos.

Como se ha mencionado, la composición química de la hoja ha sido ampliamente usada como un índice para determinar el estado nutricional de la planta (7). Sin embargo, el éxito del diagnóstico depende de la correcta interpretación de las necesidades de la planta, del suelo y de la interpretación de los datos (16).

#### 4.2 La nutrición de la caña de azúcar

La nutrición balanceada de la caña tiene como consecuencia un crecimiento vigoroso y saludable. Las plantas con deficiencias, primeramente muestran un desarrollo retardado, característica del "hambre oculta" como se observa en la figura 1 (10).

A medida que la deficiencia se agudiza, el desarrollo se reduce, la planta se achaparra y frecuentemente desarrolla los síntomas de deficiencia. La proporción de crecimiento es baja y varía con el abastecimiento de los elementos limitantes (10).

#### 4.3 Sistema integrado de diagnóstico y recomendación DRIS

La precisión y flexibilidad de metodologías analíticas de tejidos vegetales, han hecho posible el diagnóstico del balance de minerales en la planta.

El DRIS consiste en hacer diagnósticos sobre un amplio rango, a través del desarrollo de la planta hasta la madurez fisiológica. Además, determina el orden de requerimiento de los nutrimentos con independencia de la posi\_

ción de la hoja y la porción analizada (12).

El DRIS ha sido aplicado con éxito en caña de azúcar. El sistema es un enfoque holístico del aspecto minero-nutricional de los cultivos y de hecho, constituye un conjunto integrado de normas que representan determinaciones precisas de la composición de los tejidos vegetales y del suelo, parámetros ambientales y prácticas agrícolas; todos estos componentes del rendimiento de un cultivo en particular (21).

#### 4.3.1. Ventajas del método DRIS

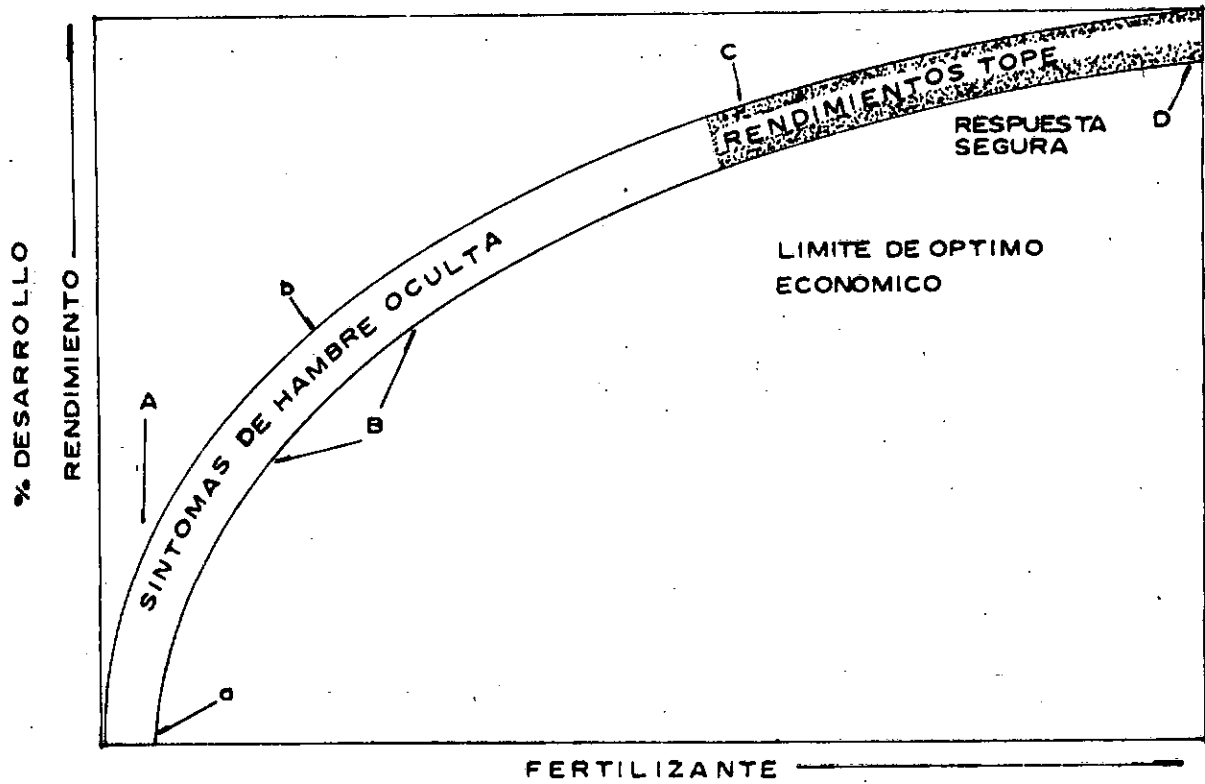
- a) Es posible efectuar un diagnóstico en cualquier etapa del desarrollo del cultivo; y
- b) Permite enumerar los nutrimentos en orden de importancia, de acuerdo a su impacto en el rendimiento (21).

#### 4.3.2 El enfoque del método DRIS

El rendimiento y la calidad de un cultivo son el resultado de la eficiencia con que los procesos bioquímicos vitales tienen lugar dentro de las - células vegetales. Los procesos que tienen por objeto acumular materia seca en la planta y por consiguiente, rendimiento, dependen de una serie de factores ambientales, agronómicos y genéticos, que en cierto grado pueden o no ser controlados por el hombre. Las interrelaciones entre estos factores y el rendimiento final de un cultivo se ilustra en la figura 2 (21).

Las interrelaciones ilustradas en la figura 2, describen el sistema o conjunto de factores que necesitan medirse adecuadamente para efectuar diagnóstics lógicos y confiables de la aplicación de fertilizantes y otros tratamientos

ASEGURENSE CONTRA EL HAMBRE OCULTA



CONCENTRACION DEL NUTRIENTE EN EL TEJIDO.

- A ZONA DE DEFICIENCIA
- B ZONA DE TRANSICION
- C ZONA ADECUADA
- D ZONA DE TOXICIDAD
- a. CONCENTRACION CRITICA
- b. 10% DE RENDIMIENTO SE REDUCE

FIGURANo1 ZONA DE HAMBRE OCULTA EN EL RENDIMIENTO, Y EL CRECIMIENTO COMO UNA FUNCION DE LA CONCENTRACION DE UN NUTRIMENTO EN EL TEJIDO DE LA PLANTA.

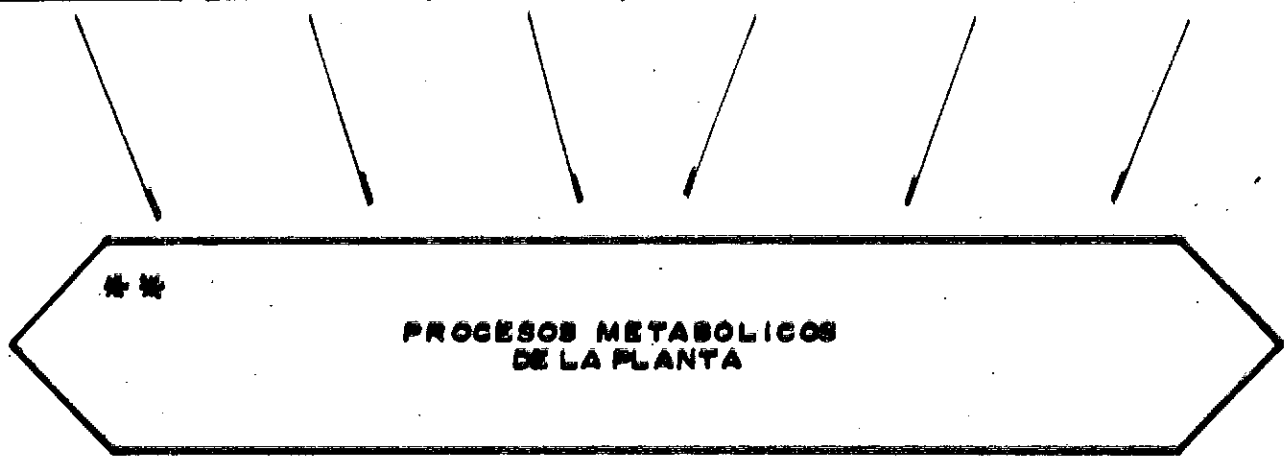
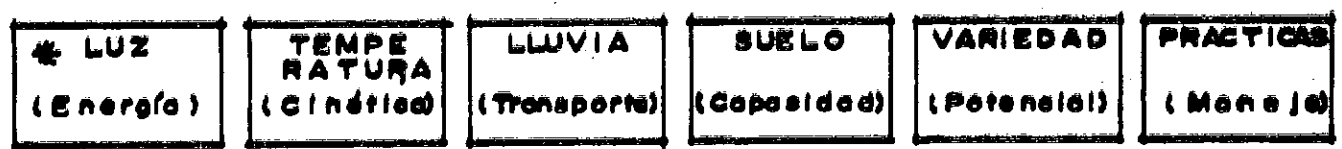
tos necesarios para aumentar las posibilidades de obtener mayores rendimientos y mejorar la calidad del cultivo (21).

Las prácticas agrícolas son en gran medida controlables por el hombre. No obstante, influyen en el estado nutricional del cultivo, por lo que se consideran al elaborar las recomendaciones. Por ejemplo: el fósforo aplicado al voleo no es el mismo que incorporado al surco de la siembra, ya que las plantas responden en forma diferente; por esto, la forma de aplicación del fertilizante se debe tomar en cuenta al hacer las recomendaciones. La selección de la variedad que se adapte satisfactoriamente es esencial para obtener buenos resultados. El hombre puede controlar este aspecto, produciendo mediante hibridación, variedades con resistencia a enfermedades y adaptabilidad, y posteriormente, seleccionar la que mejor se adapte a un área específica. Los resultados individuales de una variedad determinada deben considerarse al elaborar las recomendaciones (21).

En lo que respecta al suelo, el hombre puede fácilmente modificar algunas de sus propiedades químicas, agregando fertilizantes; pero las propiedades físicas son mucho más difíciles de alterar. Por eso al hacer recomendaciones se deben tener en mente las condiciones físicas adversas al crecimiento de un determinado suelo. Los factores ambientales restantes (luz, temperatura y lluvia) no pueden ser controlados a nivel de campo. No obstante, deben ser tomados en cuenta porque pueden ser limitantes de la productividad del cultivo (21).

Dependiendo de hasta qué punto la situación observada puede ser interpretada, se podrá determinar los factores controlables, necesarios para remediar la situación, o sea, los elementos nutricionales y/o las prácticas agronómicas (21).

NO CONTROLABLES      PARCIALMENTE CONTROLABLES      CONTROLABLES



\* CAUSAS PRIMARIAS  
 \*\* EFECTOS RESULTANTES Y POSIBLES CAUSAS SECUNDARIAS  
 \*\*\* EFECTO FINAL RESULTANTE

Figura: 2, Representación Esquemática de las Interrelaciones entre el Rendimiento y la Calidad de un Cultivo, los Procesos Metabólicos, Factores Externos y Genéticos.

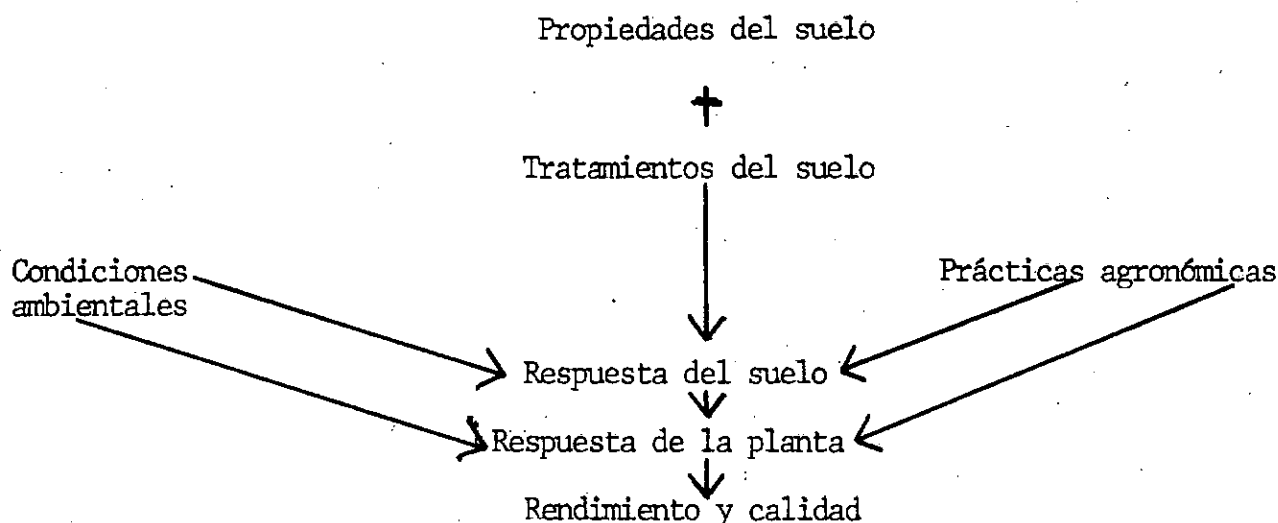


Figura 3. Relaciones entre el tratamiento del suelo, las condiciones ambientales, las prácticas agronómicas y la calidad y rendimiento del cultivo.

Debe tomarse en cuenta que la planta no responde directamente al tratamiento del suelo, sino más bien responde a la respuesta del suelo al tratamiento. Tomando en cuenta lo anterior, tenemos que cualquier cambio en las condiciones bajo las cuales crece un cultivo, ya de por sí constituye un tratamiento. Por lo tanto, es necesario estudiar el efecto que tienen los tratamientos inducidos como los naturales en la productividad de los cultivos (21).

La metodología clásica de las investigaciones sobre fertilidad hace uso de las parcelas de campo para estudiar las relaciones anteriores. Sin embargo, los experimentos de campo presentan ciertas desventajas en este sentido. Las más notorias son: el relativamente bajo número de factores que pueden variarse simultáneamente y la aplicabilidad a nivel local de los datos obtenidos en un experimento dado. Con el objeto de superar estas dificultades, Beaufilet (1971-1973), generó el sistema de recomendación denominado "Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación DRIS". Antes de proceder a explicar los principios básicos de este sistema y describir la forma en que se derivan las nor-



mas, es necesario definir lo que es diagnóstico. De acuerdo al Diccionario de Oxford, es un "informe formal, objetivo y confiable, sobre una situación dada" o "la determinación e identificación de la naturaleza de una condición patológica, por medio de la investigación de los síntomas y antecedentes". El propósito inicial del DRIS es el diagnóstico, o sea, identificar y establecer los parámetros del problema, aunque no necesariamente se resuelva automáticamente. La segunda fase del sistema es la de recomendar la solución. Para llenar el espacio entre estas dos fases, deben considerarse otros factores, muchos de los cuales son de tipo subjetivo, tales como el conocimiento, la experiencia y las cualidades de observación del especialista o agrónomo que hace la recomendación.

#### 4.3.3 Establecimiento de normas DRIS

El DRIS utiliza una técnica de muestreo representativa del área cañera para la cual se establecen las normas. En dicho muestreo se seleccionan un gran número de sitios distribuidos al azar, en toda el área. Cada sitio equivale a la parcela de un experimento de campo, de manera que el método de muestreo proporciona innumerables series de observaciones, cada una de las cuales constituyen parcelas de un gran experimento de campo, replicado en tiempo y espacio. De cada sitio se toman muestras de suelo y tejido de la hoja para análisis. Se llenan tarjetas de registro con los datos sobre prácticas agronómicas, variabilidad del clima, variedad, irrigación, tipo y cantidades de fertilizantes usados y otros. Usando los métodos convencionales se determinan ciertos elementos en las muestras de suelo y follaje. Toda esta información constituye un banco de datos que se almacena en una computadora para tener más fácil acceso a éste. Una vez se cuente con un banco de esta naturaleza es posible estudiar y calibrar las interrelaciones ilustradas en la figura 3, utilizando las siguientes relaciones causativas (21).

- a) Propiedades del suelo  $\rightarrow f_1$  (respuesta de la planta)  $\emptyset_1$  (rendimiento).
- b) Condiciones climáticas  $\rightarrow f_2$  (respuesta de la planta)  $\emptyset_2$  (rendimiento).
- c) Prácticas culturales  $\rightarrow f_3$  (respuesta de la planta)  $\emptyset_3$  (rendimiento).
- d) Tratamiento del suelo + propiedades del suelo + condiciones climáticas + prácticas culturales  $\rightarrow f_4$  (respuesta del suelo).
- e) Respuesta del suelo + condiciones climáticas + prácticas culturales  $f_5$  (respuesta de la planta)  $\emptyset$  (rendimiento).

La calibración de estas relaciones causativas produce índices diagnóstics que miden la magnitud de la desviación fuera del rango deseado, de los - valores de un parámetro determinado.

Para elaborar un sistema DRIS, se deben llenar los siguientes requisitos.

1. Definir todos los factores que se sospechen inciden en el rendimiento del cultivo;
2. Describir la relación entre estos factores y el rendimiento;
3. Establecer las normas precisas;
4. Mejorar continuamente las recomendaciones adecuadas para una serie de condiciones en particular, usando las normas.

#### 4.3.4 Índices DRIS

Valores y coeficientes de variación para el rango de las normas en los índices DRIS, en caña de azúcar.

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

Relaciones	Indice para población de bajo rendimiento		Indice para población de alto rendimiento	
	Media	CV %	Media	CV %
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. (21).

#### 4.3.5 Cálculo de los índices DRIS

El DRIS utiliza índices para calcular el balance de los nutrimentos - en su orden de requerimiento por la planta y se calculan de las ecuaciones siguientes, según Sumner, M.E. (21):

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

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

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

donde:

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

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

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 esta fórmula 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 de balance nutricional que mide el balance nutricional 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 éste índice, mejor será el balance entre los nutrientes considerados (21).

El resto de los términos  $f(P/Mg)$ ,  $f(K/P)$ ,  $f(Ca/N)$ , y  $f(Mg/N)$  se obtienen en forma similar. Los valores promedio de los coeficientes de variancia de las poblaciones de plantas de alto y bajo rendimiento, se presentan en el cuadro 1; la concentración de nutrientes en las láminas sin nervadura central de hoja de caña de azúcar se presenta en el cuadro 2 (21).

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

Concentración de nutrientes en hojas	Concentraciones de Nutrientes		
	Crítica	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. (21).

## 5. MATERIALES Y METODOS

### 5.1 Descripción del Sitio Experimental

La Unidad Docente Productiva "Sabana Grande" (UDPSG) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Esta situada en la aldea El Rodeo del municipio y departamento de Escuintla. Dista 70 kilómetros de la ciudad capital y 12 kilómetros de la cabecera departamental de Escuintla. Se localiza en las coordenadas Latitud Norte 14°23' y Longitud Oeste 90°49'. La altitud promedio es de 770 msnm.

La zonificación ecológica según la clasificación de Zonas de Vida de Guatemala a nivel de reconocimiento de De la Cruz (5), es un Bosque muy Húmedo subtropical cálico, con una precipitación media anual de 3,108 mm, con 172 días de lluvia.

### 5.2 Características del suelo

De acuerdo con el estudio de reconocimiento de suelos realizado por Simmons, Tárano y Pinto (20), la serie de suelos predominante es Alotenango y se caracteriza por ser profundos, bien drenados, desarrollados sobre cenizas volcánicas recientes, sueltos y de color oscuro con textura franco, franco-arcillosa, con una profundidad media y un pH ligeramente ácido. En el cuadro 3 y 4 observamos la disponibilidad de los nutrientes en el área experimental.

Cuadro 3. Disponibilidad de nutrientes en el suelo del área experimental

Determinación	Valor	Interpretación
pH	6.3	Ligeramente ácido
P (microgramos/ml)	1.67	Deficiente
K (microgramos/ml)	31.33	Deficiente
Ca (meq/100 ml. de suelo)	4.41	Medianamente bajo
Mg (meq/100 ml. de suelo)	0.97	Adecuado

FUENTE: Análisis efectuados en Laboratorio de Suelos de ICTA, marzo 1987.

Cuadro 4. Propiedades físicas y químicas del área experimental

Determinación	Profundidad (cm) 0 - 30
Materia orgánica (%)	10.16
K intercambiable (meq/100 grs)	0.11
Ca intercambiable (meq/100 grs)	6.67
Mg intercambiable (meq/100 grs)	1.94
Na intercambiable (meq/100 grs)	0.18
H intercambiable (meq/100 grs)	19.36
Saturación de bases (%)	23.25
C.I.C. (meq/100 grs)	38.25
Sumatoria de cationes (meq/100 grs)	8.89
Capacidad de campo (1/3 atm (%))	49.32
Punto de marchitez permanente (15 atm (%))	28.95
Densidad aparente	0.90
pH	5.20
Arcilla (%)	12.61
Limo (%)	37.36
Arena (%)	50.03
Textura	Franca
Color	10 YR 4/3 Pardo y pardo oscuro

FUENTE: Análisis efectuado en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la Dirección Técnica de Riego y Avenamiento, marzo 1987.

### 5.3 Metodología Experimental

#### 5.3.1 Diseño experimental

El diseño experimental usado es de bloques al azar con arreglo factorial de  $3 \times 2 \times 2$  con tres repeticiones.

La unidad experimental ocupó una dimensión de  $9 \times 7 \text{ m} = 63 \text{ m}^2$  y la parcela neta  $6 \times 5 \text{ m} = 30 \text{ m}^2$ ; el área total del experimento es de  $2,394 \text{ m}^2$ .

#### 5.3.2 Modelo estadístico

El modelo estadístico lineal para el análisis de las variables evaluadas es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = M + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + ABC_{ijk} + B_l + E_{ijkl}$$

$i$  = 1, 2, 3 niveles de N

$j$  = 1, 2 niveles de P

$k$  = 1, 2 niveles de K

$l$  = 1, 2, 3 bloques

$M$  = efecto de la media general

$A_i$  = efecto del  $i$ -ésimo nivel de N

$B_j$  = efecto del  $j$ -ésimo nivel de P

$C_k$  = efecto del  $k$ -ésimo nivel de K

$AB_{ij}$  = efecto de la interacción del  $i$ -ésimo nivel de N con el  $j$ -ésimo nivel de P

$AC_{ik}$  = efecto de la interacción del  $i$ -ésimo nivel de N con el  $k$ -ésimo nivel de K

BCjk = efecto de la interacción del j-ésimo nivel de p con el k-ésimo nivel de K

ABCijk = efecto de la interacción del i-ésimo nivel de N con el j-ésimo nivel de P y el k-ésimo nivel de K

Bl = efecto de la l-ésima repetición

Yijkl = variable respuesta de la ijkl-ésima unidad experimental

Eijkl = error de la ijkl-ésima unidad experimental

### 5.3.3 Factores y niveles estudiados

La combinación de los niveles de cada factor dio doce tratamientos:

Con base en las características del análisis de suelos, que aparece en el cuadro 3 y 4 se determinó los niveles evaluados, que se incluyen en el cuadro 5.

Cuadro 5. Niveles de los factores a evaluar

Factor	Niveles		
	1	2	3
Nitrógeno (kg/ha)	0	60	120
Fósforo (kg/ha)	0	100	-
Potasio (kg/ha)	0	160	-

### 5.4 Variedad de caña utilizada

Se utilizó la variedad de caña de azúcar "Cubana 8751", con las siguientes características: Variedad de maduración intermedia; resistente al viento; despaja sola; sus rendimientos agroindustriales son 75 ton/ha y 90 kg/ton de azúcar; resistente a la Roya, carbón y plagas; fibra 13%, y posee un



rango aceptable de adaptación.

## 5.5. Manejo del ensayo

### 5.5.1 Preparación del terreno

La preparación del terreno consistió en una pasada de arado de disco a una profundidad de 0.30 m y posteriormente, se rastreó en pasadas en forma perpendicular, y por último, se surqueó a una distancia de 1.5 m y 0.30 m de profundidad.

### 5.5.2 Siembra

La siembra se realizó utilizando el "paqueteado", que consiste en sembrar 12 yemas/m lineal, con esquejes de 3 yemas cada uno.

### 5.5.3 Fertilización

Los niveles de fertilización aplicados son según los tratamientos que se indicaron anteriormente. Las fuentes que se utilizaron son: Urea al 46%N; Fósforo triple superfosfato al 46% de  $P_2O_5$ , y Muriato de potasio al 60% de  $K_2O$ . La forma de aplicación fue: 50% de N al momento de la siembra; todo el fósforo y todo el potasio, y el 50% restante de N a los 90 días después de la siembra.

### 5.5.4 Control de malezas

El control de malezas se realizó en forma manual y química. En la forma química se aplicó el herbicida pre-emergente 3-(3,4 diclorofenil)-1,1-dimetilurea (Diuron). En la forma manual se realizó con machete, procurando siempre que la maleza no ejerciera competencia con el cultivo.

### 5.5.5 Control de plagas y enfermedades

El control de plagas del suelo se realizó al momento de la siembra - aplicando 2,3-dihidro-2,2-dimetil-7-bensofurametil-3-carbonato (Furadán 5G).

### 5.6 Metodología del análisis de laboratorio

Los análisis de laboratorio se llevaron a cabo de la forma siguiente:

#### 5.6.1 Análisis del suelo

El P, K, Ca y Mg se extrajeron con la solución de  $H_2SO_4$  al 0.025 N y - HCl al 0.05N, la lectura se obtuvo con el colorímetro para el P, y el espectrofotómetro de absorción atómica para el K, Ca y Mg. El pH se midió en el potenciómetro en una relación suelo-agua de 1:2.5 (6).

#### 5.6.2 Análisis de la hoja

El análisis de nitrógeno se determinó mediante el método microkjeldhal. El P, K, Ca y Mg por el método de incineración en seco, las lecturas se realizaron en el colorímetro para P y en el espectrofotómetro de absorción atómica para K, Ca y Mg (12).

### 5.7 Variables respuestas

Para medir el efecto de los diferentes niveles de fertilizantes aplicados al suelo sobre las variables respuesta, se utilizó para ambos muestreos en forma independiente, los siguientes análisis (12):

#### 5.7.1 Análisis de varianza

Se practicó las siguientes variables:

a) N, P, K, Ca y Mg de la hoja

- b) P, K, Ca y Mg del suelo; y
- c) rendimiento de caña de azúcar.

#### 5.7.2 Comparación múltiple de medias

Se llevó a cabo por medio de la prueba de Tukey (DSH = diferencia - significativa honesta al 0.01 - 0.05) a las variables que mostraron diferencia significativa en el ANDEVA.

#### 5.7.3 Análisis de correlación

A las variables respuesta consideradas, se les efectuó análisis de correlación:

##### 5.7.3.1 Correlación lineal simple

- a) N, P, K, Ca y Mg de la hoja con el rendimiento de caña de azúcar.
- b) pH, P, K, Ca y Mg del suelo con el rendimiento de caña de azúcar.
- c) pH, P, K, Ca y Mg del suelo con N, P, K, Ca y Mg de la hoja.
- d) rendimiento de caña en ton/ha con las 12 dosis de fertilizantes que se aplicó al suelo.

#### 5.8 Análisis de diagnóstico y recomendación

Para evaluar el estado nutricional de la planta, se hizo el análisis con base en los elementos determinados y contenidos en la hoja; para ambos -- muestreos en forma independiente, mediante el uso del sistema integrado de -- diagnóstico y recomendación DRIS .

## 6. RESULTADOS Y DISCUSION

## 6.1 Primer muestreo

## 6.1.1 Nitrógeno foliar

El contenido de nitrógeno foliar fue afectado por los tratamientos de N-P-K aplicados al suelo, como se observa en el Cuadro 5A <sup>1/</sup>.

De acuerdo con la prueba de medias (Cuadro 6) la aplicación de K en dosis de 160 kg/K<sub>2</sub>O por ha redujo significativamente la concentración de N foliar en relación al tratamiento sin K, con valores de 2.18 y 2.42% de N, respectivamente.

Cuadro 6. Concentración de N foliar a los 120 días del ciclo vegetativo de la caña, bajo dos niveles de aplicación de potasio al suelo

K kg/ha	% de N en la hoja
0	2.42 a *
160	2.18 b
DHS 5%	0.19

\* Letras distintas indican diferencia significativa al 5%, según prueba de medias.

Sin embargo, cuando se aplicó N aún en niveles bajos de 60 de N/ha la concentración foliar de N aumentó, como se ilustra en el Cuadro 7.

Cuando se incrementó la dosis de N aplicado hasta 120 kg de N/ha la concentración de N foliar disminuyó, lo cual podría interpretarse como que la

<sup>1/</sup> la letra A indica que el cuadro se encuentra en el apéndice.

planta no absorbió todo el N aplicado al suelo y que podría coincidir con una lixiviación y pérdida por percolación profunda de N. Sin embargo, según Sumner (21), la concentración de N foliar de los tratamientos puede considerarse dentro del rango normal (Cuadro 7), es decir, arriba del nivel crítico, según el Cuadro 2.

Cuadro 7. Concentración de N foliar a los 120 días del ciclo vegetativo de la caña bajo diferentes niveles de N y K aplicados al suelo

N kg/ha	K	% de N en la hoja
60	0	2.655
0	0	2.495
120	160	2.225
0	160	2.155
60	160	2.155
120	0	2.150
DHS 5%		0.50

#### 6.1.2 Fósforo foliar

La concentración de fósforo foliar fue afectada por la aplicación de fósforo al suelo, según lo demuestra el ANDEVA (Cuadro 5A). Cuando se aplicó 100 kg de  $P_2O_5$ /ha el contenido de P foliar aumentó en relación al tratamiento sin aplicación de P (Cuadro 8), siendo la diferencia significativa según la prueba de medias. Según Sumner (21), el valor 0.151% de P foliar obtenido cuando se aplicó 100 kg de  $P_2O_5$ /ha se considera crítico, esto se debió a los niveles extremadamente bajos de P en el suelo como lo demuestra el análisis de suelo realizado a los 120 DDS (Cuadro 1A). Dichos valores oscilan entre

3 y 3.6 ppm de fósforo en el suelo, lo cual se considera abajo del nivel crítico. Por lo tanto puede indicarse que la concentración de P en el suelo, afectó la absorción de fósforo por la planta.

Cuadro 8. Concentración de P foliar a los 120 días del ciclo vegetativo de caña bajo dos niveles de aplicación de fósforo al suelo

P kg/ha	% de P en la hoja
100	0.151 a *
0	0.137 b
DHS 5%	0.012

\*Letras distintas indican diferencia significativa al 5%, según la prueba de medias.

Tomando en cuenta la interacción fósforo-nitrógeno, puede observarse en el Cuadro 9, que también los tratamientos sin aplicación de fósforo fueron los que presentaron los valores más bajos de P foliar, aún con aplicaciones de nitrógeno.

Cuadro 9. Concentración de P foliar a los 120 días del ciclo vegetativo de la caña bajo diferentes niveles de N y P aplicados al suelo

N kg/ha	P kg/ha	% de P en la hoja
120	100	0.165
60	0	0.145
0	100	0.145
60	100	0.142
0	0	0.138
120	0	0.128
DHS 5%		0.026

### 6.1.3 Interrelación de variables de la hoja

#### 6.1.3.1 Potasio-calcio

Según la matriz de correlación (Cuadro 10), puede observarse que entre el potasio y el calcio existió una relación inversa, con un valor de  $r^2$  de -0.70 y significativo al 5%. Esta relación puede apreciarse en el Cuadro 14, el cual indica que donde se aplicó potasio, la concentración de Ca foliar fue de 0.69% y cuando no se aplicó K la concentración aumentó a 0.71% de Ca foliar. Lo anterior debe de considerarse en los programas de fertilización, especialmente si se van a aplicar fertilizantes cálcicos en suelos deficientes en potasio, lo cual podría influir en la absorción del potasio, cuyo elemento es esencial para la síntesis de azúcares (16). Estos elementos son esenciales en la caña de azúcar y son necesarios para la estructuración celular y ayudan a la asimilación de los nutrientes; también ayudan a la formación y síntesis de las proteínas. (1) La excesiva asimilación de calcio limita la absorción del potasio y reduce la movilidad de ciertos micronutrientes (9).

#### 6.1.3.2 Calcio-Magnesio

Estos nutrientes en la hoja mostraron una relación positiva y significativa, según se observa en el Cuadro 10, con un valor de  $r^2$  de 0.78, es decir que la absorción y concentración de Ca foliar favoreció la concentración de Mg foliar. Este efecto también encontrado por Marroquín (12) trabajando con maíz y fue demostrado por Teucher (18), quien indica que el calcio tiende a incrementar y estabilizar la concentración de magnesio dentro de la planta.

Cuadro 10 Coeficiente de correlación y niveles de significancia para las variables determinadas a los 120 días del ciclo vegetativo en caña

Variable Respuesta	pHs	Ps	Ks	Cas	Mgs	R	Nf	Pf	Kf	Caf	Mgf
pHs	1.00	0.20	0.50	-0.21	-0.20	0.32	0.07	0.29	0.03	-0.22	-0.08
Ps		1.00	0.02	-0.34	-0.18	0.10	-0.13	-0.19	0.36	-0.59*	-0.77**
Ks			1.00	-0.27	-0.17	0.29	-0.34	0.27	0.29	-0.32	-0.15
Cas				1.00	0.86**	0.23	0.29	0.38	0.26	0.15	0.47
Mgs					1.00	0.02	0.19	0.17	0.03	0.06	0.26
R						1.00	0.19	0.71**	0.09	-0.001	0.34
Nf							1.00	0.03	-0.17	0.26	0.49
Pf								1.00	0.20	0.02	0.41
Kf									1.00	-0.70*	-0.45
Caf										1.00	0.78**
Mgf											1.00

\* 0.576 coeficiente de correlación al 5% de significancia.

\*\* 0.708 coeficiente de correlación al 1% de significancia.

s Distintivo de la variable correspondiente al suelo.

f Distintivo de la variable correspondiente al tejido foliar.

R Rendimiento.



## 6.1.4 Interrelaciones entre variables del suelo y foliar

## 6.1.4.1 Fósforo del suelo, calcio y magnesio foliar

Entre el fósforo del suelo y el Ca foliar se determinó una correlación negativa y significativa al 5% con un  $r^2$  de -0.59 (Cuadro 10), lo cual indica que a mayor concentración de fósforo en el suelo disminuye la concentración de Ca foliar y por ende la absorción del mismo por la planta. En cuanto a la relación del P en el suelo y el Mg foliar se obtuvo el mismo efecto con un valor de  $r^2$  de -0.77 y significancia al 1% (Cuadro 10).

## 6.2 Segundo muestreo

## 6.2.1 Nitrógeno foliar

Durante el segundo muestreo la única variable que fue afectada significativamente por los tratamientos según el ANDFVA (Cuadro 7A) fue el nitrógeno foliar. La aplicación de 100 kg de  $P_2O_5$ /ha aumentó la concentración de N foliar con valor de 2.34% en relación al tratamiento testigo sin fósforo, con valor de 2.01 (Cuadro 11), siendo ésta diferencia significativa al 5%.

Lo anterior indica que el fósforo debido a su mecanismo de disponibilidad a los 180 DDS favoreció la absorción de nitrógeno del suelo.

Cuadro 11. Concentración de N foliar a los 180 días del ciclo vegetativo de caña bajo dos niveles de aplicación de P al suelo

P kg/ha	% de N en la hoja
100	2.342 a *
0	2.010 b
DHS 5%	0.215

\*Letras distintas indican diferencia significativa al 5%, según la prueba de medias.

## 6.2.2 Interrelación de las variables de la hoja

### 6.2.2.1 Calcio-magnesio

El efecto encontrado en el primer muestreo de la relación calcio-magnesio foliar se mantuvo hasta en el segundo muestreo, según la matriz de correlación (Cuadro 13); es decir, que la absorción de calcio favoreció la absorción de magnesio con un  $r^2$  de 0.59 significativo al 5%.

## 6.3 Rendimiento de caña de azúcar en peso

El rendimiento de caña en peso sólo fue afectado por el factor fósforo (Cuadro 8A). Cuando se aplicó 100 kg de  $P_2O_5$ /ha se obtuvo 52 ton/ha. y cuando no se aplicó P, el rendimiento se redujo en casi 9 ton/ha. (Cuadro 12); lo anterior se debió a los niveles bajos de P en el suelo. Estos niveles favorecieron la respuesta a la aplicación de P. Según el análisis foliar la aplicación de P favoreció la absorción de N, lo cual se reflejó en un aumento en la producción de caña en peso.

El máximo rendimiento se obtuvo con el tratamiento 120 y 100 kg de N y  $P_2O_5$ /ha, respectivamente, con un valor de 62.58 ton/ha. (Cuadro 14).

## 6.4 Rendimiento de azúcar

Esta variable de calidad no fue afectada por ninguno de los tratamientos (Cuadro 8A); sin embargo, el máximo rendimiento se obtuvo cuando se aplicó 60 y 160 kg de N y  $K_2O$ /ha, respectivamente, con valor de 84.4 kg/ton equivalente a 186 libras de azúcar/ton de caña (Cuadro 14).

Cuadro 12. Rendimiento de caña de azúcar bajo dos niveles de P aplicados al suelo en ton/ha

P Kg/ha	Rendimiento de caña en peso ton/ha
100	52.036 a *
0	43.331 b
DHS 5%	7.33

\* Letras distintas indican diferencia significativa al 5%, según la prueba de medias.

#### 6.5 Sistema integrado de diagnóstico y recomendación (DRIS)

Según los índices DRIS del Cuadro 14, los valores más negativos correspondieron al elemento más limitante, en este caso el fósforo. En los tratamientos en que se aplicó P el índice DRIS aumento, esto denota que la planta absorbió parte del P aplicado, pero aún así, fue el factor responsable del bajo rendimiento. Es importante indicar que el suelo donde se instaló el experimento es de origen volcánico (11), con alta reacción al NaF, por lo tanto es altamente fijador de fósforo, lo cual hace que el fósforo que se aplicó se fijó en un buen porcentaje y el resto fue absorbido por la planta, pero no lo suficiente como para dejar de ser limitante.

El segundo elemento más limitante fue el potasio, según los índices DRIS, lo cual también concuerda con los bajos niveles de K en el suelo, determinado en el análisis de suelo y por último, el nitrógeno fue el menos limitante, esto se debió a los altos niveles de materia orgánica que posee este suelo, con valor de 10% (Cuadro 14). El comportamiento anterior se obtuvo tanto a los 120 DDS como a los 180 DDS (Cuadros 14 y 15).

Cuadro 13 Coeficiente de correlación y niveles de significancia para las variables determinadas a los 180 días del ciclo vegetativo de caña

Variable Respuesta	pHs	Ps	Ks	Cas	Mgs	R	Nf	Pf	Kf	Caf	Mgf
pHs	1.00	0.06	0.19	0.38	0.08	-0.25	-0.20	0.07	-0.41	-0.19	-0.06
Ps		1.00	0.12	-0.12	0.24	0.08	0.51	0.35	0.30	-0.18	-0.30
Ks			1.00	0.13	0.56	-0.30	0.21	-0.09	0.20	-0.50	0.01
Cas				1.00	0.73**	0.26	-0.21	0.01	0.01	0.01	0.18
Mgs					1.00	0.02	0.28	-0.24	0.23	0.03	0.12
R						1.00	-0.08	0.52	0.25	0.04	0.13
Nf							1.00	-0.39	0.46	-0.20	-0.14
Pf								1.00	0.06	-0.11	-0.16
Kf									1.00	0.21	0.50
Caf										1.00	0.59**
Mgf											1.00

\* 0.576 coeficiente de correlación al 5% de significancia.

\*\* 0.708 coeficiente de correlación al 1% de significancia.

s Distintivo de la variable correspondiente al suelo.

f Distintivo de la variable correspondiente al tejido foliar

R Rendimiento.

### 6.5.1 Primer muestreo

En el Cuadro 14 se observa la concentración de nutrientes en la hoja de caña de azúcar a los 120 DDS y también se presentan los índices DRIS, notándose que el elemento más limitante es el fósforo con valores negativos en los siguientes tratamientos: 0-0-160, 0-0-0, 120-0-160 kg de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O/ha, respectivamente, con índices DRIS para fósforo de -66, -44, -38, respectivamente; asimismo la concentración de P foliar sólo varió de 0.13 a 0.17 según el Cuadro 2; dichas concentraciones de fósforo foliar son críticas.

### 6.5.2 Segundo muestreo

En el Cuadro 15 se observa la concentración de nutrientes en la hoja de caña de azúcar a los 180 DDS<sup>2/</sup>, donde se evidencia el requerimiento de fósforo en su orden de deficiencia, estimado por el DRIS.

---

<sup>2/</sup> DDS Días después de la siembra.

Cuadro 14. Índice DRIS como criterio de diagnóstico en tejido foliar a los 120 días del ciclo vegetativo de caña

Tratamientos			Composición de la hoja					Índices DRIS			Rendimiento		Orden de requerimiento DRIS
N	P	K	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Azúcar kg/ton	Caña/peso ton/ha	
kg/ha			%										
0	0	0	2.59	0.13	0.75	0.70	0.29	67	-44	23	76.04	33.88	P > K > N
0	0	160	2.68	0.14	0.91	0.57	0.29	60	-66	24	77.61	47.00	P > K > N
0	100	0	2.58	0.15	0.59	0.83	0.33	70	-27	33	80.08	37.54	P > K > N
0	100	160	1.86	0.14	0.65	0.73	0.29	36	-17	16	80.84	43.59	P > K > N
60	0	0	2.61	0.15	0.72	0.80	0.33	89	-32	27	75.56	54.68	P > K > N
60	0	160	2.05	0.14	0.78	0.70	0.28	52	-26	17	84.40	39.25	P > K > N
60	100	0	2.72	0.14	0.59	0.80	0.31	81	-37	38	79.38	53.99	P > K > N
60	100	160	2.26	0.14	0.72	0.73	0.31	50	-29	23	76.16	54.55	P > K > N
120	0	0	2.26	0.13	0.78	0.53	0.27	51	-31	16	81.20	37.24	P > K > N
120	0	160	2.54	0.13	0.59	0.70	0.29	77	-38	35	79.41	48.20	P > K > N
120	100	0	2.04	0.17	0.85	0.57	0.29	25	-14	11	75.99	62.58	P > K > N
120	100	160	2.67	0.16	0.72	0.70	0.31	72	-35	33	78.11	60.70	P > K > N

Cuadro 15 Índice DRIS como criterio de diagnóstico en tejido foliar a los 180 días del ciclo vegetativo de caña

Tratamientos			Composición de la Hoja					Índices DRIS			Rendimiento		Orden de requerimiento DRIS
N	P	K	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Azúcar kg/ton	Caña/peso ton/ha	
kg/ha			%										
0	0	0	2.29	0.11	1.04	0.50	0.24	50	-60	23	76.04	33.88	P > K > N
0	0	160	2.45	0.11	1.11	0.50	0.23	55	-68	26	77.61	47.00	P > K > N
0	100	0	1.94	0.10	0.95	0.65	0.23	45	-55	23	80.08	37.54	P > K > N
0	100	160	1.93	0.11	1.14	0.73	0.55	34	-53	22	80.84	43.51	P > K > N
60	0	0	2.58	0.09	1.11	0.73	0.33	80	-96	37	75.56	54.68	P > K > N
60	0	160	2.22	0.10	1.08	0.66	0.23	55	-70	28	84.40	39.25	P > K > N
60	100	0	1.82	0.11	0.95	0.60	0.23	34	-43	18	79.38	53.91	P > K > N
60	100	160	2.16	0.11	1.08	0.63	0.21	45	-57	24	76.16	54.55	P > K > N
120	0	0	2.22	0.10	0.98	0.60	0.23	58	-67	27	81.20	37.24	P > K > N
120	0	160	2.29	0.10	1.05	0.50	0.22	58	-71	29	79.41	48.20	P > K > N
120	100	0	2.04	0.12	1.08	0.63	0.23	35	-46	19	75.99	65.28	P > K > N
120	100	160	2.08	0.14	1.05	0.63	0.20	29	-33	15	78.11	60.70	P > K > N

## 7. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados y condiciones de clima y suelos del sitio experimental, se concluyó que:

- 1) Existen diferentes relaciones entre las variables del suelo y del tejido foliar con el rendimiento.
  - Entre el fósforo y potasio aplicados al suelo con la concentración de nitrógeno foliar.
  - Entre el nitrógeno y el fósforo aplicados al suelo con su concentración de fósforo foliar.
  - Entre el fósforo aplicado al suelo y el rendimiento de caña de azúcar en peso.
  
- 2) El orden de requerimiento de N - P - K por la caña de azúcar en base al DRIS fue:  $P > K > N$

Siendo crítica la concentración de fósforo foliar en ambos muestreos aún cuando se aplicó fósforo al suelo, siendo este limitante en el rendimiento de caña en peso. La calidad de caña de azúcar en términos de rendimiento de azúcar por tonelada de caña no fue efectuada por ningún tratamiento.



## 8. RECOMENDACIONES

1. Para el diseño de planes de fertilización de caña de azúcar en Sabana Grande, considerar el orden de requerimiento de N-P-K determinado por el DRIS, es decir, priorizar en el orden de P-K-N para fertilizar la caña de azúcar.
  
2. Realizar análisis de suelo y análisis de tejido foliar para la fertilización de caña de azúcar, ya que proveen elementos indispensables para el diagnóstico y recomendación de fertilizantes.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. AGUILAR, J, de D. 1975. La caña de azúcar en Guatemala. Guatemala, Landivar. 212 p.
2. ARMON. I. 1975. Mineral nutrition of maize. Bern-Worblaufen, Switzerland, International Potash Institute. 452 p.
3. BOWEN, J.E. 1979. Análisis de tejido vegetal, guía precisa para fertilización. Agricultura de las Américas. (EE. UU.) 28(12):26.
4. CARVAJAL C., L.F. 1976. La fertilización científica del cafeto. In Seminario sobre la Fertilización Efectiva en Café (segunda etapa) (2., 1976, Gua.). Trabajos presentados. Guatemala, Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. p. 32-45.
5. CRUZ, J.R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
6. DIAZ-ROMEU, R. 1982. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigaciones de invernadero. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 51 p.
7. DUMENIL, L. 1961. Nitrogen and phosphorus composition af corn leaves and corn yields en relation to critical levels and nutrient balance. Soil Sci. Soc. Proc. 4:295-298.
8. ELVALT, A.M.; GASCHO, C.J. 1981. Niveles críticos de nutrientes en la hoja y normas DRIS como guía de fertilización de caña de azúcar. Georgia, EE. UU., Universidad de Georgia, Coastal Plain Experiment Station Tifton. p. 313-327.
9. HOWELER, R.H. 1983. Análisis de tejido vegetal en el diagnóstico de problemas nutricionales, algunos cultivos tropicales. Cali, Colombia, Centro Internacional de Aguas y Tierras. 29 p.
10. HUMBERT, R.H. 1974. El cultivo de la caña de azúcar. México, Continental. 719 p.
11. LAVARREDA, P.A. 1987. Levantamiento semidetallado de suelos de la cuenca del río Achiguate II. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 130 p.
12. MARROQUIN FLORES, H.E. 1987. Relación entre algunas concentraciones de N, P, K, Ca y Mg del suelo y del tejido foliar con el rendimiento y el diagnóstico del requerimiento nutricional del maíz (*Zea mays* L.). Tesis Ing, Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 82 p.
13. MARTIN, J.P. 1934. Symptoms of malnutrition manifested by the sugar cane plant when grown in culture solutions from wich certain essential elements are limited. Hawaiian Plant Record. 5:30.

14. MARTINEZ T., E.A. 1981. Fisiología de la producción de caña de azúcar. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 28 p.
15. MEDINA, G.E. 1983. Relationship of the composition of plant tissue in mesquite (*Prosopis velutina*) and grapefruit (*Citrus paradisi*) to soil composition. Thesis Mag. Sc., Texas University. 62 p.
16. NASON, A.; MCELROY, W.D. 1963. Model of action of the essential mineral elements. New York, EE. UU., Stewrd. p. 451-536.
17. NELSON, W.L.; TISDALE, S.L. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Trad. Jorge Balasch y Carmen Piña. México, Uthea. 760 p.
18. TEUSCHER, H.; ADLER, R. 1980. Suelo y su fertilidad. Trad. Rodolfo Vera Zapata. 5 ed. México, CECSA. 510 p.
19. SANDOVAL, J.L. 1971. El nivel crítico del nitrógeno en maíz (*Zea mays* L.). Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Iniversidad Nacional, Facultad de Agronomía. 71 p.
20. SIMMONS, Ch.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Tard. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
21. SUMNER, M.E. 1981. Sistema integrado de diagnóstico y recomendación (DRIS) aplicado a caña de azúcar. Georgia, EE. UU., University of Georgia. p. 299-311.



Vo. Bo.

*Patualle*

APENDICE

Cuadro 1.A. Resultados del análisis de suelo a los 120 días del ciclo vegetativo de caña

Tratamientos			pH	p, p, m		meq/100 gr	
N	P	K		P	K	Ca	Mg
kg/ha							
0	0	0	6.07	3.61	57.66	5.40	1.05
0	0	160	6.07	3.61	36.33	6.65	1.29
0	100	0	6.3	3.05	37.66	6.43	1.22
0	100	160	5.90	3.61	32.66	5.19	0.86
60	0	0	5.96	3.33	36.00	6.50	1.36
60	0	160	6.03	3.61	35.33	5.67	1.18
60	100	0	5.90	3.61	33.00	6.29	1.31
60	100	160	5.93	3.33	66.00	5.23	0.84
120	0	0	5.80	3.61	37.66	5.40	1.08
120	0	160	6.43	3.61	51.00	4.69	0.82
120	100	0	6.33	3.61	84.33	5.98	1.21
120	100	160	6.10	3.61	30.33	5.40	0.91

FUENTE: Laboratorio de Suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, noviembre 1987.

Cuadro 2.A. Resultados del análisis de suelos a los 180 días del ciclo vegetativo en caña

Tratamientos			pH	p.p.m.		meq/100 gr	
N	P	K		P	K	Ca	Mg
kg/ha							
0	0	0	6.13	3.89	60.00	4.83	1.28
0	0	160	6.07	3.61	42.00	5.69	1.61
0	100	0	6.13	2.50	30.00	5.24	1.21
0	100	160	6.07	2.77	38.00	5.48	1.23
60	0	0	6.03	3.33	24.66	5.33	1.50
60	0	160	6.07	3.33	34.66	5.45	1.45
60	100	0	6.23	3.06	29.33	5.61	1.46
60	100	160	6.00	3.33	29.66	4.48	0.97
120	0	0	6.00	3.06	19.00	3.86	1.03
120	0	160	6.13	2.78	62.00	5.11	1.08
120	100	0	5.83	3.05	34.33	5.32	1.31
120	100	160	6.17	3.61	24.00	4.90	1.08

FUENTE: Laboratorio de Suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, febrero 1988.

Cuadro 3.A. Resultados del análisis de tejido foliar a los 120 días del ciclo vegetativo en caña

Tratamientos			Composición de la Hoja en (%)				
N	P	K	N	P	K	Ca	Mg
kg/ha							
0	0	0	2.59	0.13	0.75	0.70	0.29
0	0	160	2.68	0.14	0.91	0.57	0.29
0	100	0	2.58	0.15	0.59	0.83	0.33
0	100	160	1.86	0.14	0.65	0.73	0.29
60	0	0	2.61	0.15	0.72	0.80	0.33
60	0	160	2.05	0.14	0.78	0.70	0.28
60	100	0	2.72	0.14	0.59	0.80	0.31
60	100	160	2.26	0.14	0.72	0.73	0.34
120	0	0	2.80	0.13	0.78	0.53	0.27
120	0	160	2.54	0.13	0.59	0.70	0.29
120	100	0	2.04	0.17	0.85	0.57	0.29
120	100	160	2.97	0.16	0.72	0.70	0.31

FUENTE: Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar, Asociación Nacional del Café, diciembre 1987.

Cuadro 4.A. Resultados del Análisis de tejido foliar a los 180 días del ciclo vegetativo en caña

Tratamientos			Composición de la hoja (%)				
N	P	K	N	P	K	Ca	Mg
kg/ha							
0	0	0	2.29	0.11	1.04	0.60	0.24
0	0	160	2.45	0.11	1.11	0.50	0.23
0	100	0	1.94	0.11	0.95	0.66	0.23
0	100	160	1.93	0.11	1.14	0.73	0.55
60	0	0	2.58	0.10	1.11	0.73	0.33
60	0	160	2.22	0.11	1.08	0.66	0.23
60	100	0	1.82	0.11	0.95	0.60	0.23
60	100	160	2.16	0.11	1.08	0.63	0.21
120	0	0	2.22	0.11	0.98	0.60	0.23
120	0	160	2.29	0.10	1.05	0.50	0.22
120	100	0	2.04	0.12	1.08	0.63	0.23
120	100	160	2.08	0.14	1.05	0.63	0.20

FUENTE: Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar, Asociación Nacional del Café, febrero 1988.



Cuadro 5.A. F calculada para N, P, K, Ca y Mg foliar en la hoja de caña de azúcar sin nervadura central en el primer muestreo (120 DDS).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	F Calculada					F Tabulada	
		Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	5%	1%
Bloque	2	4.958	1.551	3.879	3.626	6.494	3.44	5.72
Tratamiento	11	2.945*	1.447ns	1.576ns	1.525ns	1.385ns	2.27	3.20
N	21	1.616ns	0.248ns	0.168ns	2.949ns	1.899ns	3.44	5.72
P	1	1.847ns	5.105*	2.172ns	1.821ns	2.490ns	4.30	7.95
K	1	5.846*	0.142ns	0.113ns	0.135ns	0.143ns	4.30	7.95
NP	2	2.899ns	4.4148*	3.551*	0.943ns	0.368ns	3.44	5.72
NK	2	3.609*	0.248ns	3.457*	3.431ns	1.635ns	3.44	5.72
PK	1	3.997ns	0.036ns	0.016ns	0.015ns	0.012ns	4.30	7.95
NPK	2	2.249ns	0.674ns	0.344ns	0.060ns	1.871	3.44	5.72
Erros	22							
Total	35							
C.V.		12.30	12.30	19.93	19.49	9.11		

\* Significancia al 5% de probabilidad.

\*\* Significancia al 1% de probabilidad

ns No significativo.

DDS Días después de la siembra.

Cuadro 6.2. F calculada para N, P, K, Ca y Mg en el suelo al primer muestreo del ciclo vegetativo en caña de azúcar (120 DDS).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	F Calculada				F Tabulada	
		Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	5%	1%
Bloque	2	5.765	1.994	11.895	6.838	3.44	5.72
Tratamiento	11	0.322ns	1.108ns	1.109ns	0.896ns	2.27	3.20
N	2	0.248ns	0.440ns	1.122ns	0.682ns	3.44	5.72
P	1	0.252ns	0.299ns	0.433ns	0.333ns	4.30	7.95
K	1	0.252ns	0.400ns	5.292**	3.405ms	4.30	7.95
NP	2	0.253ns	0.849ns	0.874ns	0.601ns	3.44	5.72
NK	2	0.253ns	1.493ns	0.191ns	0.518ns	3.44	5.72
PK	1	0.002ns	0.100ns	0.765ns	1.643ns	4.30	7.95
NPK	2	0.765ns	2.911ns	0.662ns	0.435ns	3.44	5.72
Erros	22						
Total	35						
C.V.		15.72	61.15	16.05	32.39		

\* Significancia al 5% de probabilidad

\*\* Significancia al 1% de probabilidad

ns No significativo.

DDS Días después de la siembra.

Cuadro 7.A. F calculada para N, P, K, Ca y Mg foliar en la hoja de caña de azúcar sin marcadura central en el segundo muestreo (180 DDS).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	F Calculada					F Tabulada	
		Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	5%	1%
Bloque	2	0.275	5.888	3.596	6.020	1.72	3.44	5.72
Tratamiento	11	1.537ns	0.939ns	0.858ns	0.893ns	0.85ns	2.27	3.20
N	2	0.175ns	1.131ns	0.117ns	0.724ns	0.82ns	3.44	5.72
P	1	10.121**	2.887ns	0.309ns	1.222ns	0.25ns	4.30	7.95
K	1	0.298ns	0.891ns	2.787ns	0.377ns	0.15ns	4.30	7.95
NP	2	0.467ns	1.523ns	0.949ns	2.354ns	1.19ns	3.44	5.72
NK	2	0.010ns	0.009ns	0.755ns	0.061ns	1.16ns	3.44	5.72
PK	1	0.930ns	0.142ns	0.608ns	1.826ns	1.13ns	4.30	7.95
NPK	2	2.129ns	0.544ns	1.045ns	0.060ns	0.76ns	3.44	5.72
Erros	22							
Total	35							
V.C.		14.30	15.89	11.40	21.71	13.87		

\* Significancia al 5% de probabilidad

\*\* Significancia al 1% de probabilidad

ns No significativo.

DDS Días después de la siembra.

Cuadro 8.A. F calculada para N, P, K, Ca y Mg en el suelo en el segundo muestreo del ciclo vegetativo en caña de azúcar (180 DDS). y Rendimiento de caña de azúcar en peso de azúcar (kg/ha)

Fuente de Variación	G.L.	Rendimiento	Contenido Azúcar	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	F Tabulada	
								5%	1%
Bloque	1	5.950	11.69	12.035	4.123	3.186	6.129	3.44	5.72
Tratamiento	11	1.913ns	0.392ns	0.677ns	2.240ns	0.724ns	0.787ns	2.27	3.20
N	2	3.299ns	0.004ns	0.081ns	2.080ns	0.780ns	1.141ns	3.44	5.72
P	1	4.714*	0.06 ns	0.980ns	3.343ns	0.187ns	0.741ns	4.30	7.95
K	1	0.270ns	0.315ns	0.107ns	1.111ns	0.189ns	0.213ns	4.30	7.95
NP	2	1.918ns	0.757**	2.505ns	0.901ns	0.619ns	0.916ns	3.44	5.72
NK	2	1.651ns	0.098ns	0.028ns	1.444ns	0.872ns	0.936ns	3.44	5.72
PK	1	0.036ns	0.369ns	0.973ns	1.399ns	2.742ns	1.651ns	4.30	7.95
NPK	2	1.142ns	0.926ns	0.081ns	4.970*	0.184ns	0.034ns	3.44	5.72
Erros	22								
Total	35								
C.V.		25.14	9.39	26.45	43.52	20.88	31.62		

\* Significancia al 5% de probabilidad

\*\* Significancia al 1% de probabilidad

ns No significancia.

DDS Días después de la siembra.

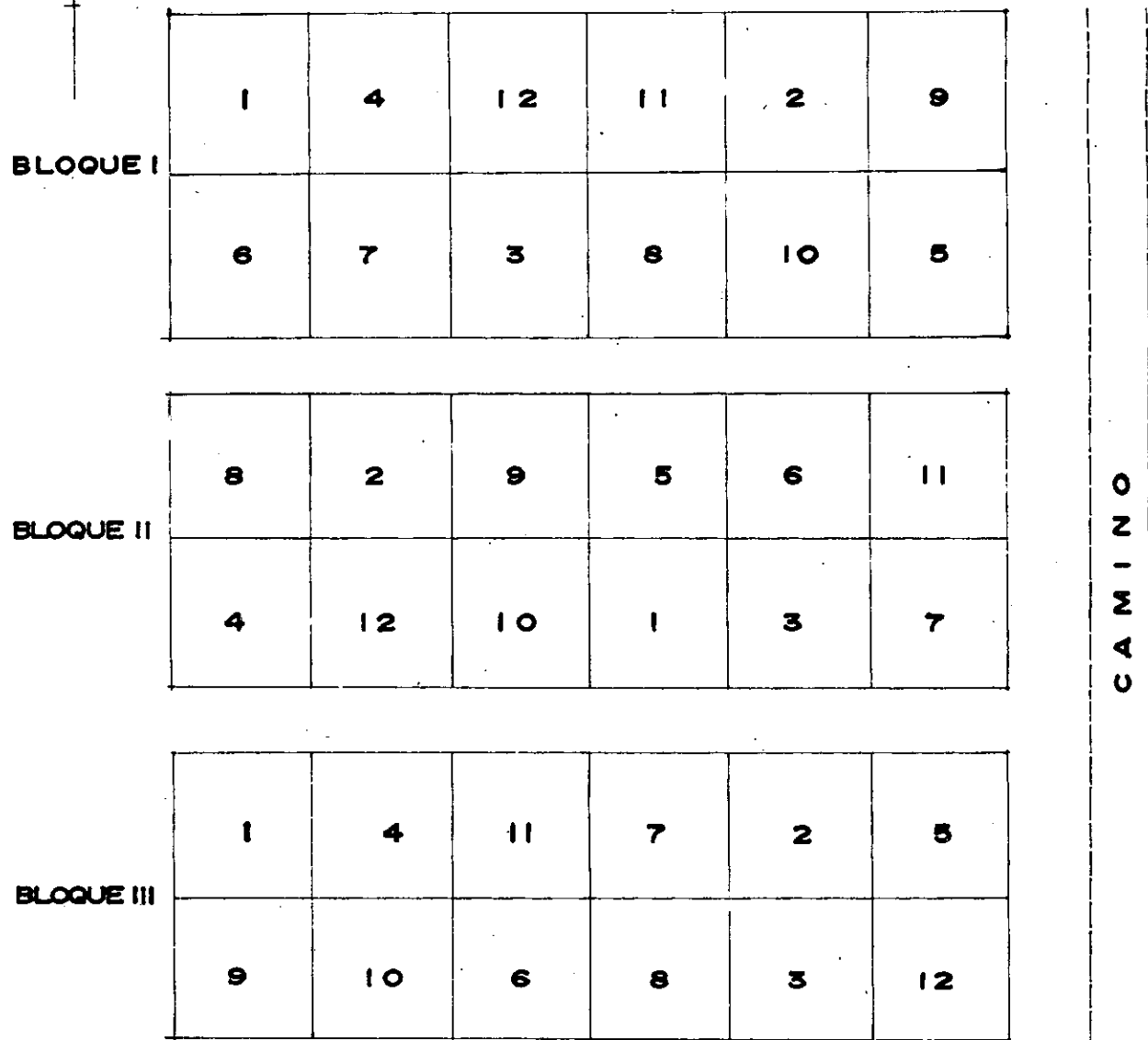
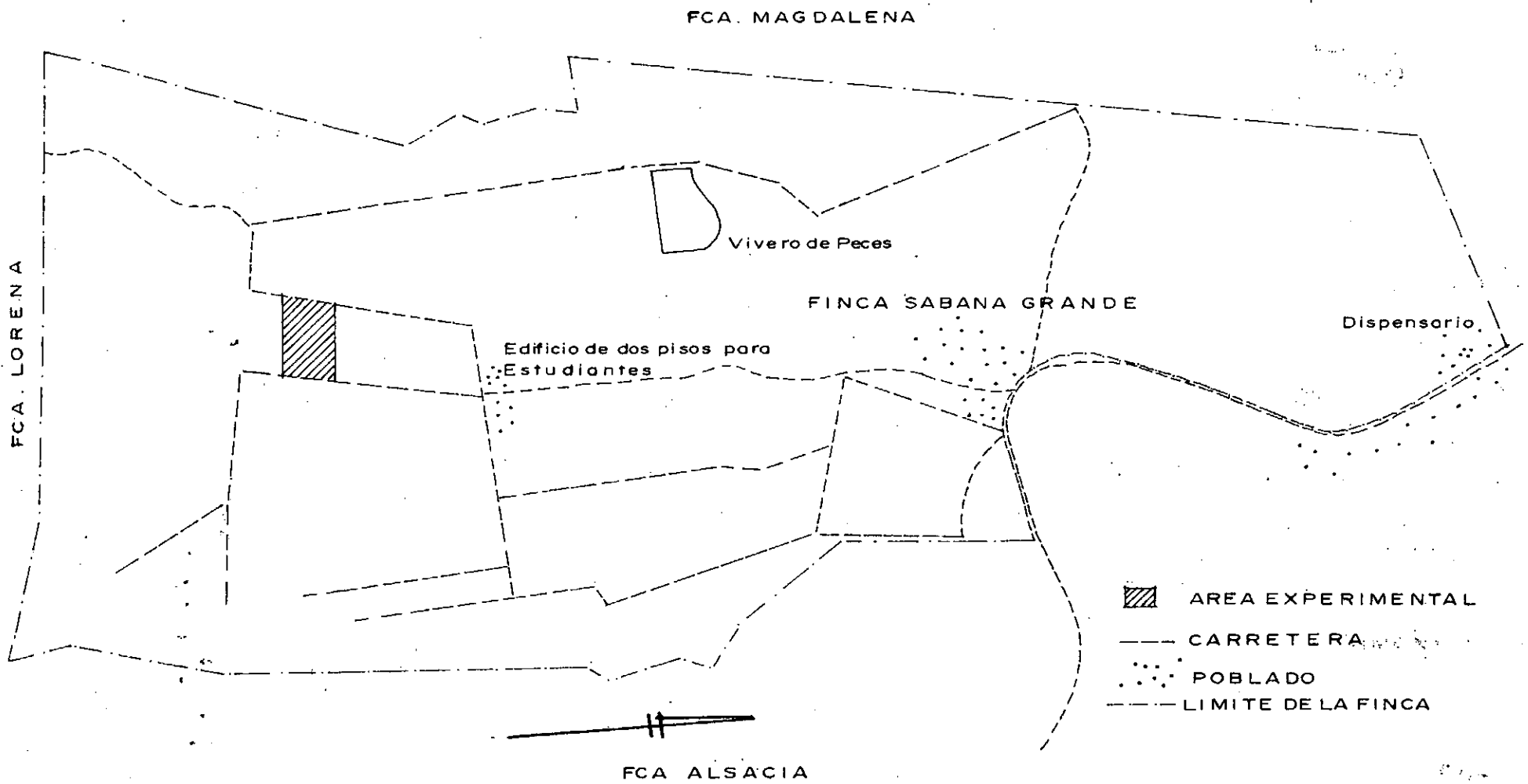


FIGURA 4. CROQUIS DE CAMPO DEL AREA EXPERIMENTAL



**FIGURA N.5 FINCA SABANA GRANDE**  
**LOCALIZACION AREA EXPERIMENTAL**

FCA. MAGDALENA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

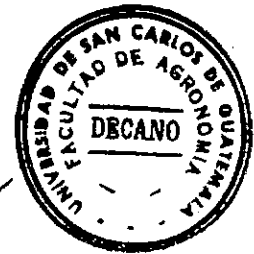
Apartado Postal No. 1545


GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto 3 de noviembre, 1988

"IMPRIMASE"



  
ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M.  
DECANO

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central