

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

EVALUACION DE CUATRO ARREGLOS ESPACIALES Y DOS
EPOCAS DE APLICACION DE FERTILIZANTE NITROGENADO
EN EL SISTEMA CAÑA DE AZUCAR-MAIZ
(*Saccharum officinarum* L. -*Zea mays* L.)

TESIS

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

POR

ORESTES EFRAIN CERNA TOBAR

En el Acto de Investidura como

INGENIERO AGRONOMO

En el Grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, marzo 1988.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DL
01
T(1151)

RECTOR

Lic. Roderico Segura Trujillo

JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Aníbal Martínez.
VOCAL I	Ing. Agr. Gustavo Méndez Gómez.
VOCAL II	Ing. Agr. Jorge Sandoval.
VOCAL III	Ing. Agr. Mario Melgar.
VOCAL IV	Br. Marco Antonio Hidalgo.
VOCAL V	T.U. Carlos E. Méndez.
SECRETARIO	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio.



Referencia
Fecha

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1945

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

16 de octubre de 1987

Ingeniero
Anibal B. Martínez
Decano Facultad de Agronomía
Presente

Señor Decano:

De manera atenta informo a usted, que he concluido el asesoramiento y revisión del trabajo de tesis del estudiante ORESTES EFRAIN CERNA TOBAR, carnet No. 81-10026 titulado: "Evaluación de cuatro arreglos espaciales y dos épocas de aplicación de fertilizante nitrogenado en el sistema cane de azúcar-maíz (Baccharum officinarum L. - Lea maya L.).

Dicho trabajo, deja las bases para establecer otras investigaciones que coadyuven al aumento de la productividad en los sistemas de cultivos asociados.

Por lo anteriormente expuesto, considero que el trabajo del señor Cerna Tobar cumple con los requisitos que debe llenar una tesis de grado de nivel superior y en consecuencia recomiendo que el mismo sea aprobado por el Decanato a su cargo, para su defensa y discusión que el autor debe sostener en el Examen General Público.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted, con muestras de consideración y respeto.

Atentamente,


Ing. Agr. Edgar A. Martínez T.
ABEBOA

KAMT/cdev.

Guatemala,
octubre de 1987.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, someto a vuestra consideración el trabajo de Tesis, titulado:

EVALUACION DE CUATRO ARREGLOS ESPACIALES Y DOS EPOCAS DE APLICACION DE FERTILIZANTE NITROGENADO EN EL SISTEMA CANA DE AZUCAR-MAIZ (*Saccharum officinarum* L. -*Zea mays* L.)

Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Deferentemente,

Orestes Efraín Cerna Tobar.

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES

MAX A. CERNA (Q.E.P.D.)
ADILIA TOBAR VDA. DE CERNA

A MIS HERMANOS

MARKO ANTONIO, CINDY, Y ARMIDA

A MI AHIJADO

MAX ALEJANDRO

TESIS QUE DEDICO

A La Universidad de San Carlos de Guatemala.

A La Facultad de Agronomía.

Al Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá.

AGRADECIMIENTOS

A mi Asesor Ing. Agr. Edgar Martínez Tambito, por su acertada conducción, sugerencias, revisión y corrección del presente trabajo.

Al coordinador y personal de campo del Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá, por todo su apoyo brindado.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág. No.
RESUMEN	
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Generales	3
2.2 Específicos	3
3. HIPOTESIS	5
4. REVISION DE LITERATURA	7
4.1 Sistema	7
4.2 Sistema de cultivos	7
4.3 Arreglos especiales	7
4.4 Fertilización en sistemas de cultivos	8
4.5 Algunos resultados de caña de azúcar asociada con cultivos anuales	9
5. MATERIALES Y METODOS	11
5.1 Descripción del sitio experimental	11
5.2 Cultivos por estudiar	11
5.3 Factores por estudiar	12
5.4 Nivel, fuente y método de aplicación de fertilizante	15
5.5 Diseño de tratamientos y experimental	15
5.6 Modelo estadístico	15
5.7 Tamaño de la unidad experimental	17

	Pág. No.
5.8 Manejo del ensayo	17
5.9 Variables a estudiar	18
5.10 Análisis de información	20
6. RESULTADOS Y SU DISCUSION	21
6.1 Condiciones de clima y suelo	21
6.2 Rendimiento de los cultivos	24
6.3 Índice de área foliar	29
6.4 Indicadores económicos	29
7. CONCLUSIONES	31
8. RECOMENDACIONES	33
9. BIBLIOGRAFIA	35

INDICE DE CUADROS

	Pág. No.
CUADRO 1. Factores y niveles de los factores bajo estudio en maíz asociado con caña de azúcar en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá	13
CUADRO 2. Precipitación y temperaturas registradas durante el período experimental en la estación Bulbuxyá	21
CUADRO 3. Análisis químico del suelo donde se instaló el experimento	24
CUADRO 4. Análisis de varianza para la variable rendimiento de caña de azúcar en peso (ton/ha) bajo cuatro arreglos espaciales y dos épocas de aplicación de fertilizante nitrogenado en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá	25
CUADRO 5. Rendimiento promedio de tres repeticiones de caña de azúcar (ton/ha) asociada con maíz en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá	25
CUADRO 6. Rendimiento de maíz y caña de azúcar en peso y en azúcar bajo cuatro arreglos espaciales de maíz y dos épocas de fertilización nitrogenada en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá	26
CUADRO 7. Análisis de varianza para la variable rendimiento de azúcar (ton/ha)	27
CUADRO 8. Análisis de varianza para la variable rendimiento de azúcar en (Lbs/ton)	27

- CUADRO 9. Análisis de varianza para la variable rendimiento de maíz en Kg/ha bajo cuatro arreglos espaciales y dos épocas de aplicación de fertilizante nitrogenado en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá 28
- CUADRO 10. Rendimiento promedio de tres repeticiones de maíz en (Kg/ha) bajo cuatro arreglos espaciales asociado con caña de azúcar en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá 28
- CUADRO 11. Índice de área foliar de maíz bajo cuatro arreglos espaciales, asociado con caña de azúcar en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá 29
- CUADRO 12. Análisis económico del sistema caña de azúcar asociado con maíz, bajo cuatro arreglos espaciales y dos épocas de aplicación de fertilizante nitrogenado 30

INDICE DE FIGURAS

	Pág. No.
FIGURA 1. Arreglos espaciales del sistema caña de azúcar-maíz.	14
FIGURA 2. Disposición de los tratamientos en cada bloque.	16
FIGURA 3. Tamaño de la unidad experimental y de la parcela útil.	19
FIGURA 4. Precipitación (mm) durante el período experimental y promedio de 4 años de registro en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá, San Miguel Panán, Suchitepéquez.	22
FIGURA 5. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) durante el período experimental y promedio de 4 años de registro en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá, San Miguel Panán, Suchitepéquez, 1985.	23

RESUMEN

EVALUACION DE CUATRO ARREGLOS ESPACIALES Y DOS EPOCAS DE APLICACION DE FERTILIZANTE NITROGENADO EN EL SISTEMA CAÑA DE AZUCAR-MAIZ (*Saccharum officinarum* L. -*Zea mays* L.)

El presente estudio se llevó a cabo en el Centro de Agricultura Tropical Bulhuxyá, ubicado en el municipio de San Miguel Panán, Suchitepéquez.

Los objetivos generales fueron estudiar el comportamiento y generar tecnología para el sistema de caña de azúcar-maíz. Los objetivos específicos fueron: a) Determinar el mejor arreglo espacial de maíz asociado con caña de azúcar; b) Determinar la mejor época de aplicación de fertilizante nitrogenado en el sistema de caña de azúcar-maíz; y c) Presentar los cultivos asociados como una alternativa económica para el mediano y pequeño cañicultor.

Se probaron ocho tratamientos, los cuales consistieron en la combinación de dos épocas de aplicación de Fertilizante nitrogenado y cuatro arreglos espaciales de maíz (*Zea mays* L.) asociado con caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). La disposición de los tratamientos se hizo en un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones. La variedad de caña utilizada, fue la Q-102 y de maíz se utilizó el híbrido HS-3.

Se efectuaron análisis de varianza para las variables rendimiento de caña y azúcar y rendimiento de maíz. Asimismo, se realizaron pruebas entre promedios.

De acuerdo con los resultados se encontró diferencia significativa para la variable rendimiento de caña de azúcar en peso, debido al efecto de la época de aplicación de nitrógeno, obteniéndose 54 ton. de caña/ha., cuando se aplicó 1/3 y 2/3 de nitrógeno al momento de la siembra y 35 días después de la siembra, respectivamente; y 62 ton. de caña/ha. cuando se aplicó 1/3, 1/3 y 1/3 de nitrógeno al momento de la siembra, 35 y 120 días después de la siembra, respectivamente.

La calidad de la caña de azúcar en términos de Lbs./ton. de caña no fue afectada por los tratamientos.

El rendimiento de maíz fue afectado significativamente por los factores arreglo espacial y época de aplicación de nitrógeno. El máximo rendimiento se obtuvo cuando se aplicó $1/3$ y $2/3$ del nitrógeno al momento de la siembra y 35 días después de la siembra, respectivamente, combinado con el arreglo espacial de surco doble 0.5 m. y 0.25 m. entre surco y planta respectivamente; con valor de 1521 kg. de maíz/ha.

El mayor ingreso neto e ingreso familiar en efectivo, se obtuvo con el tratamiento de a_2 b_2 con valor de 319.87 y 729.67 Q./ha. respectivamente.

De acuerdo con los resultados se concluyó que la calidad de la caña de azúcar no fue afectada por el arreglo espacial, ni por la época de aplicación de nitrógeno; asimismo, la asociación caña-maíz, representa una alternativa económica para el cañicultor en general.

EVALUATION OF FOUR SPACIAL ARRENGMENTS AND TWO TIMES OF APPLICATION OF NITROGEN FERTILIZER IN THE SUGAR CANE-CORN SYSTEM (*Saccharum officinarum* L. -*Zea mays* L.)

Orestes Efraín Cerna Tohar.

ABSTRACT

The main objectives that were persued with this work were: To determine the best spacial arrengment of corn with sugar cane, and to determine the best time of application of nitrogen fertilizer in the corn-sugar cane system.

For the making of this work, eight treatments were tested, which consisted on the combination of two times of application of nitrogen fertilizer, and four spacial arrengments of corn associated with sugar cane. The design used was a random blocks with three repetitions. The varieties used were, of sugar cane, the Q-102; and of corn, the hibrid HS-3. Analysis of variance for the variables of output of sugar cane and corn were made, as well as tests between avarages.

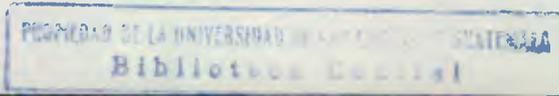
According to the results, a significant difference for the output variable of sugar cane in weight was found. That is due to the effect of the time of application of nitrogen fertilizer. The greatest output was obtained when 1/3, 1/3, 1/3 of nitrogen at the moment of sowing was applied, and when it was applied 35 and 120 days after sowing.

The quality of the sugar cane wasn't affected by the treatments.

The output of corn was affected by the spacial arrengment as well as by the time of application of nitrogen fertilizer.

The greatest economic profit was obtained with the $a_2 b_2$ treatment.

According to the results, it was concluded that the quality of the



sugar cane wasn't affected neither by the spacial arrengment of the plantation, nor by the time of application of nitrogen.

1. INTRODUCCION

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), constituye una de las especies de mayor importancia económica y social para el país, por ser un cultivo de exportación, generador de divisas y de fuente de trabajo para una gran cantidad de personas.

En la zafra 1983-84, se cultivaron en Guatemala 84,000 has. con una producción de 11,000,000 de quintales de azúcar. El fomento de la producción se ha debido básicamente, primero, para el consumo interno, y segundo, para disponer de excedentes destinados a la exportación en el mercado mundial (3).

En el campo de la investigación agrícola, constantemente se están generando nuevas investigaciones, cuyo objetivo es mejorar las condiciones en que se desarrolla principalmente el pequeño y mediano agricultor. Dentro de este marco de investigación, actualmente se está haciendo mucho énfasis en los cultivos asociados, que reducen los riesgos en relación a los monocultivos y generan ingresos extras para el agricultor.

Enmarcado dentro de las asociaciones de cultivos, se encuentra la caña de azúcar, asociada con cultivos anuales, la cual con base en experimentos anteriores, se considera una alternativa económica para el pequeño y mediano agricultor, ya que, en los actuales momentos, los cultivos de exportación están regidos por la constante fluctuación de nuestra moneda, la escasez de divisas, nuevas cargas impositivas y la situación de oferta y demanda en el mercado internacional.

Por lo anteriormente expuesto, se diseñó este trabajo como una alternativa tecnológica para el pequeño cañicultor guatemalteco. En el cual se evaluaron cuatro arreglos espaciales de maíz y dos épocas de aplicación de fertilizante nitrógenado en la asociación caña de azúcar-maíz.

Dicho trabajo se encuentra dentro del programa de investigación

en caña de azúcar que actualmente está desarrollando el Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía.

2. OBJETIVOS

Los objetivos que se persiguen con el presente trabajo son:

2.1 Generales:

- a. Estudiar el comportamiento del sistema de caña de azúcar asociado con maíz.
- b. Generar tecnología para el sistema caña de azúcar asociado con maíz.

2.2 Específicos:

- a. Determinar el mejor arreglo espacial de maíz asociado con caña de azúcar.
- b. Determinar la mejor época de aplicación de fertilizante nitrogenado en el sistema de caña asociado con maíz.
- c. Presentar los cultivos asociados como una alternativa económica para el mediano y pequeño cañicultor.

3. HIPOTESIS

- a) El rendimiento de caña de azúcar y de maíz es afectado por el arreglo espacial de los cultivos.
- b) El rendimiento de caña de azúcar y de maíz es afectado por la época de aplicación de fertilizante nitrogenado.

4. REVISION DE LITERATURA

4.1 Sistema:

Becht citado por Hart (8), después de revisar 24 definiciones en la literatura sobre sistemas, llegó a la siguiente definición: "Sistema es un arreglo de componentes físicos, un conjunto o colección de cosas, unidad unida o relacionada de tal manera que forman y/o actúan como una unidad, entidad o un todo."

El sistema se compone de ciertos elementos, tales como componentes, interacción entre componentes, entradas, salidas y límites (8).

La estructura de un sistema depende del número de componentes, tipo de componentes e interacción (8).

La función de un sistema está relacionada con el proceso de recibir entradas y producir salidas y se caracteriza por productividad, eficiencia y variabilidad (8).

4.2 Sistema de Cultivos:

Es un arreglo espacial y cronológico de poblaciones de cultivos con entradas de radiación solar, agua y nutrientes y salidas de biomasa con valor agronómico (8).

Los límites de un sistema de cultivos se definen bajo el criterio de la existencia o no existencia de competencia dentro del terreno de cultivo en el espacio (8). Este sistema posee como componentes las poblaciones de cultivos que interactúan para formar el sistema (8,11).

4.3 Arreglos espaciales:

Son distribuciones de especies agrícolas en el espacio, es decir, en un

terreno de cultivo y/o producción. Estos arreglos pueden incluir una especie, o dos o más especies (2,8).

4.3.1 Arreglos especiales en cultivos asociados:

Es aquel en el que un cultivo se encuentra sembrado entre hileras intercaladas con otro cultivo, con el fin de utilizar el espacio y los nutrimentos disponibles, que de otra forma serían utilizados por malas hierbas. Además el cultivo intercalado sirve como cobertura, minimiza el crecimiento de malezas, previene el lavado del suelo y la propagación de enfermedades, mejora la condición del suelo y proporciona ingresos adicionales (5,8).

4.4 Fertilización en sistemas de cultivos:

No existen métodos adecuados para determinar dosis correctas de fertilizante en sistemas de cultivos intercalados. Sin embargo, existe cierta información básica disponible de monocultivos, la cual puede ser aplicada a situaciones de cultivos múltiples (12).

En el cálculo de requerimientos de fertilizantes para sistemas de cultivos: Hart (8), recomienda tomar en cuenta la interacción entre especies de cultivos. El mismo autor indica que existe concordancia en que los cultivos asociados extraen más nutrimentos del suelo que los monocultivos por unidad de superficie. Dentro de un sistema de cultivos la curva de absorción de nutrimentos también puede diferir entre cultivos (12).

La información sobre fertilización en caña de azúcar es extensa; sin embargo, para el área de San Miguel Panán se determinó adecuado para caña de azúcar en monocultivo aplicar 100, 40 y 60 Kg. de N, P₂O₅, y K₂O/ha. respectivamente (13). Asimismo, Mas López (13) recomienda aplicar el nitrógeno 1/3, 1/3 y 1/3 al momento de la siembra, a los 60 y 120 días después.

4.5 Algunos resultados de caña de azúcar asociada con cultivos anuales:

En Colombia, Arboleda y Granada (1), trabajando con caña de azúcar asociada con maíz, no encontraron diferencias significativas, en el rendimiento en peso y en azúcar de caña para los sistemas monocultivos y asociada. Los valores encontrados fueron de 151.8 y 151.5 de caña/ha. en monocultivo y asociada respectivamente; y 17 y 17.3 ton. de azúcar/ha. para caña de monocultivo y asociada con maíz respectivamente.

Una estrategia usada en sistemas de caña de azúcar asociada con cultivos anuales para disminuir el efecto competitivo del cultivo anual sobre la caña de azúcar, ha sido la utilización de variedades precoces. Esta estrategia fue usada por Pillay y Mamet (15) en Mauritius evitando de esta manera el efecto adverso de maíz con densidades de población de plantas de 19,000 plantas ha., sobre el rendimiento de caña de azúcar.

En la India se observaron efectos negativos del maíz sobre la calidad del jugo de caña de azúcar, cuando éstos se cultivaron en forma asociada; sin embargo, cuando se aplicó 112 Kg. de N/ha. se dedujeron significativamente las pérdidas en el rendimiento de caña (4).

El efecto adverso del cultivo anual sobre el rendimiento de caña de azúcar ha disminuido cuando ésta se ha asociado con leguminosas, tales como frijol, frijol común, frijol soya, maní, práctica utilizada en muchos países del mundo (8, 9, 10, 17, 18).

Uno de los efectos positivos de cultivar la caña con otros cultivos ha sido el control de las malezas, aprovechando en forma más eficiente el uso de la tierra.

En Guatemala la caña de azúcar se ha asociado con una gran cantidad de cultivos dentro de los cuales se pueden mencionar: la soya, el caupi, el maíz, el sorgo, el arroz, el frijol común, el ajonjolí, el camote y

el maní (11); sin embargo, se desconoce el manejo que debe dársele a cada asociación en especial.

5. MATERIALES Y METODOS

5.1 Descripción del sitio experimental:

5.1.1 Localización:

El sitio experimental se encuentra localizado en el municipio de San Miguel Panán, Suchitepéquez; en la finca Bulbuxyá de la Facultad de Agronomía, USAC. En las coordenadas 14°39' 39" latitud norte y 91°22' longitud oeste (11).

5.1.2 Condiciones climáticas:

Las condiciones climáticas de acuerdo con la estación meteorológica tipo "C", El Carmen Santa Bárbara Suchitepéquez 1/, son: temperatura promedio anual de 25°C., precipitación 4192 mm. anuales y altitud de 325 msnm.; y de acuerdo con la estación meteorológica de la Finca Bulbuxyá 2/, son: temperatura de 27.6°C. y precipitación de 3838 mm.

5.1.3 Condiciones de suelo:

Los suelos de la finca pertenecen a las series Cutzán y Panán, con características de PH 6.65, estructura granular, textura franco limosa, y una profundidad de más o menos 15 cm. (7, 15).

5.2 Cultivos Estudiados

a. Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) variedad Q-102:

-
- 1/ 10 años de registro
 - 2/ Registro desde 1983 hasta la fecha.



Variedad de tallos grandes de 3.3 a 3.5 m. de altura de color rojizo con manchones verde amarillentos, entrenudo cilíndrico, yema redonda poco abultada y hoja aserrada y curva.

- b. Maíz (*Zea mays* L.) Híbrido HS-3: Planta de porte bajo, posición también baja de la mazorca, precocidad y alto rendimiento, su grano es de color blanco.

5.3 Factores Estudiados.

5.3.1 Arreglos espaciales:

Los arreglos espaciales que fueron estudiados son los siguientes: los cuales se ilustran en la figura 1 y cuadro 1.

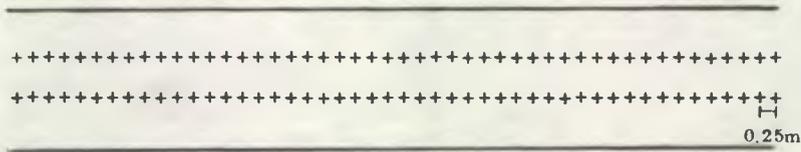
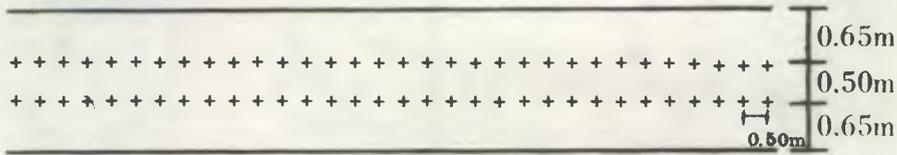
- a. Surco doble de maíz, 0.5 m. entre surcos y 0.5 m. entre plantas;
- b. Surco doble de maíz 0.5 m. entre surcos y 0.25 m. entre plantas;
- c. Surco sencillo de maíz 0.25 entre plantas;
- d. Surco sencillo de maíz 0.5 m. entre plantas.

5.3.2 Epoca de aplicación de fertilizante nitrogenado:

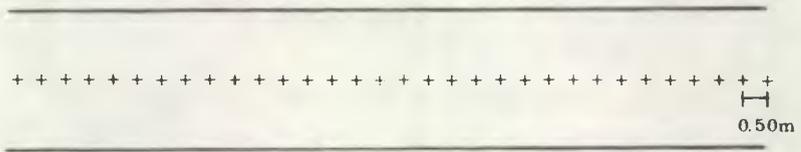
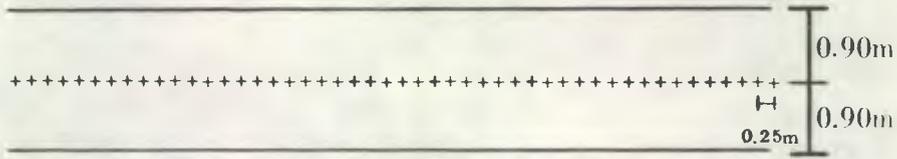
- a. 1/3 de N, todo el P_2O_5 , y K_2O al momento de la siembra; y 2/3 de N a los 35 días después de la siembra;

CUADRO 1. Factores y niveles de los factores bajo estudio en maíz asociado con caña de azúcar en el Centro de Agricultura Tropical "Bulbuxyá"

Epoca de Fertilización Nitrogenada	Arreglo Espacial Tipo de Surco de Maíz	Distancia entre surcos y entre plantas de maíz Respectivamente
b ₁ 1/3 de N al momento de la siembra y 2/3 de N a los 35 días	a ₁ surco doble a ₂ surco doble a ₃ surco sencillo a ₄ surco sencillo	0.5 m y 0.5 m 0.5 m y 0.25 m 0.25 m 0.50 m
b ₂ 1/3 de N al momento de la siembra, 1/3 a los 35 días t 1/3 a los 120 días después de la siembra	a ₁ surco doble a ₂ surco doble a ₃ surco sencillo a ₄ surco sencillo	0.5 m y 0.5 m 0.5 m y 0.25 m 0.25 m 0.50 m



SURCOS DOBLES



SURCOS SENCILLOS

Referencia:

Caña de azúcar.

+ Maíz.

Fig. 1 ARREGLOS ESPACIALES DEL SISTEMA CAÑA DE AZUCAR- MAIZ.

- h. 1/3 de N, todo el P_2O_5 K_2O al momento de la siembra, 1/3 de N a los 35 días después de la siembra y 1/3 de N a los 120 días después de la siembra (cuadro 1).

5.4 Nivel, fuente y método de aplicación de fertilizante:

- a. Nivel: 160-90-150 Kg. de $N-P_2O_5-K_2O$ /ha.
- b. Fuente: Las fuentes utilizadas fueron: para nitrógeno Urea (46% N); para fósforo: triple superfosfato (46% P_2O_5) y para potasio: Muriato de potasio (60% K_2O).
- c. Método de aplicación: El fertilizante es aplicado en banda lateral a 0.10 m. de la base del tallo y a 0.10 m. de profundidad incorporada al suelo.

5.5 Diseño de tratamientos y experimental:

El diseño de tratamientos usado fue un factorial 2 x 4, dispuesto en bloques al azar con tres repeticiones como se ilustra en la figura 2.

5.6 Modelo estadístico:

El modelo estadístico fue:

$$Y_{ijk} = M + B_i + j + k + jk + E_{ijk}$$

En donde:

Y_{ijk} : variable respuesta observada en el bloque i con tratamientos j y k.

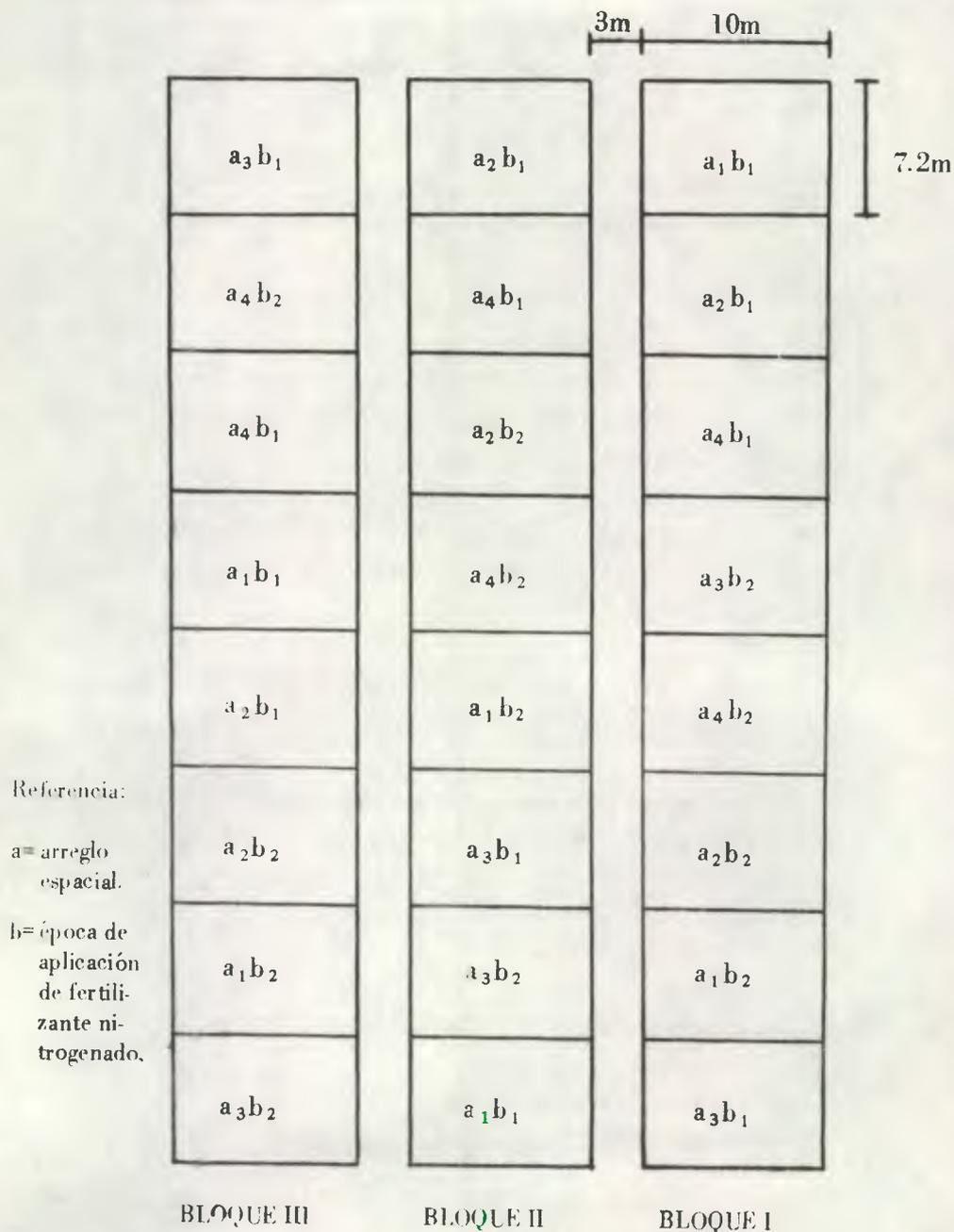


Fig. 2. DISPOSICION DE LOS TRATAMIENTOS EN CADA BLOQUE.

- M: Efecto de la media general
- B_i : Efecto del bloque
- j: Efecto del factor "A" (arreglo espacial de los cultivos)
- K: Efecto del factor "B" (época de aplicación de fertilizante nitrogenado)
- jK : Efecto de la interacción j y K
- E_{ijk} : Error experimental

5.7 Tamaño de la unidad experimental:

Esta fue de 10 m. de largo por 7.2 m. de ancho, para un total de 72 m. cuadrados con una parcela útil de 41.6 m. cuadrados, como se ilustra en la figura 3.

5.8 Manejo del ensayo:

5.8.1 Preparación del terreno:

La preparación consistió en arado, rastreado y surqueado con maquinaria agrícola.

5.8.2 Siembra:

La siembra de los cultivos se realizó en forma simultánea y en forma manual según arreglos espaciales.

5.8.3 Control de malezas:

Control consistió básicamente en control manual de las malezas.

5.8.4 Control de plagas y enfermedades:

Para la protección de los cultivos se desinfectó la caña con cupravit y malathión en una dosis de 4 onzas y 16 cc. de producto comercial por bomba respectivamente. Y se aplicó furadán (Carbofurán) al momento de la siembra en una dosis de 2 Kg/ha. de producto comercial.

5.9 Variables Estudias.

5.9.1 Rendimiento de la caña en peso y azúcar.

5.9.2 Rendimiento y componentes en el cultivo anual (rendimiento de maíz en peso y número de mazorcas cosechadas por parcela)

5.9.3 Índice del área foliar del cultivo anual: Es la proporción entre la superficie del follaje y la del suelo ocupado por la planta, y se determina por la fórmula:

$$LAF = \frac{\text{área foliar total de una planta (dm}^2\text{)}}{\text{Superf. del suelo ocupado por la planta}}$$

Superf. del suelo ocupado por la planta

5.9.4 Indicadores económicos:

5.9.4.1 Ingreso Neto.

Es la labor de planificar y organizar las actividades en el tiempo y el espacio.

$$IN - VP = CT$$

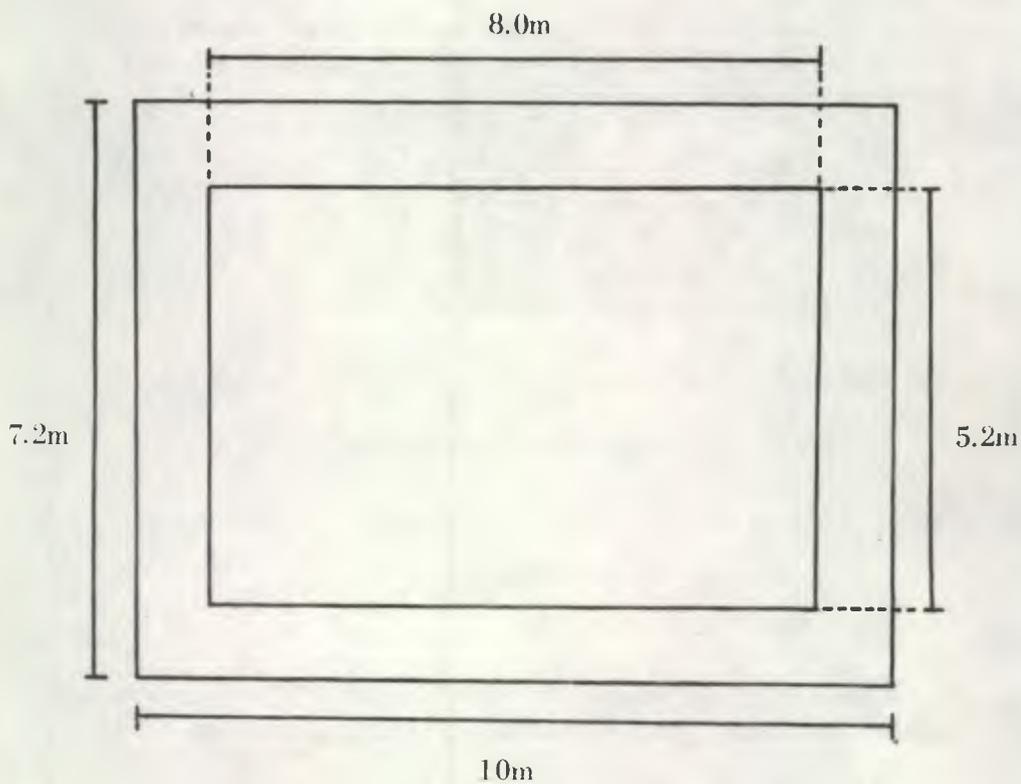


Fig. 3 TAMAÑO DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL Y DE LA PARCELA UTIL.

VP: Valor de la producción

CT: Costos totales.

5.9.4.2 Ingreso familiar en efectivo:

Se utiliza en la evaluación de sistemas de producción, que van a ser mejorados por el agricultor y su familia, especialmente para aquellos productores que tienden a comprar pocos insumos comerciales y a no considerar el costo de oportunidad.

$$\text{IFE} = \text{VPV} - \text{CE}$$

VPV: Valor de la producción vendida

CE: Costos en efectivo.

5.10 Análisis de varianza:

5.10.1 Análisis de información:

Esto se usó para analizar las variables respuesta del experimento.

5.10.2 Prueba de medias:

Se usó la prueba de Tukey por existir diferencia significativa en las variables respuesta después de realizado el análisis de varianza.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Condiciones de clima y suelo:

De acuerdo con los datos de precipitación y temperatura se puede observar que la curva de distribución de lluvia durante el período experimental es bastante similar a la curva de distribución promedio de cuatro años de registro de la estación Bulbuxyá, variando únicamente en el mes de junio, en donde llovió 210 mm. más en el período experimental (Fig. 4 y cuadro 2); es decir que en junio llovió 832.6 mm., lo cual representa el 21.27 por ciento de la precipitación total durante 1985 en Bulbuxyá. Debido a lo anterior, el cultivo de maíz sufrió daños, por anegamiento, lo que incidió en los resultados que fueron obtenidos al final del ciclo vegetativo del cultivo.

CUADRO 2. Precipitación y temperatura registradas durante el período experimental en la estación Bulbuxyá.

MES	(mm.) PRECIPITACION	(°C) TEMPERATURA
Mayo	281.7	29.9
Junio	832.6	26.83
Julio	367.2	26.3
Agosto	460.9	26.46
Septiembre	480.8	25.95
Octubre	809.1	25.76
Noviembre	301.6	25.74
Diciembre	90.7	25.04
Enero	65.1	25.36
Febrero	64.0	24.85
Marzo	20.1	25.21
Abril	59.5	26.75
Mayo	502.8	26.72

Fuente: Registros meteorológicos del Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá. San Miguel Panán, Suchitépéquez.

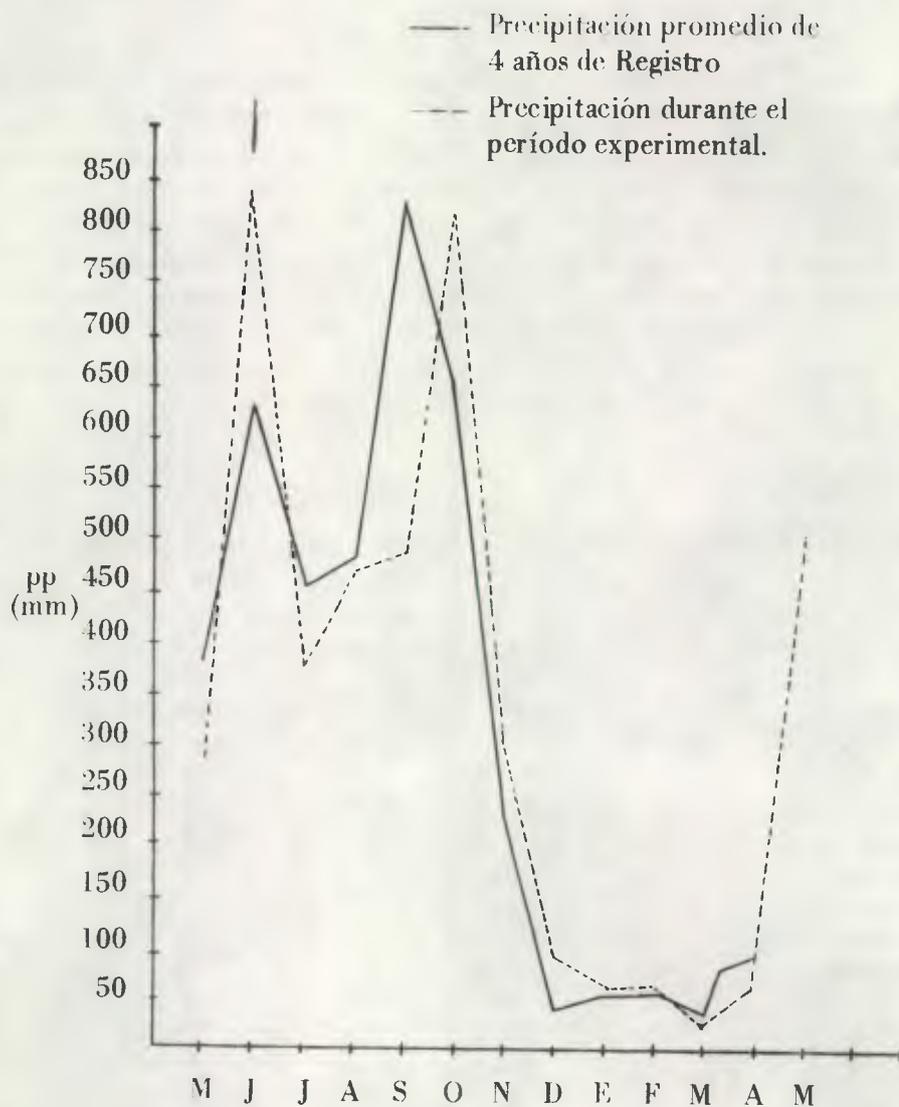


Fig. 4 Precipitación (mm) durante el Período experimental y Promedio de 4 años de Registro en el Centro de Agricultura Tropical Bullbuxyá, San Miguel Panán, Suchitepéquez, 1985.

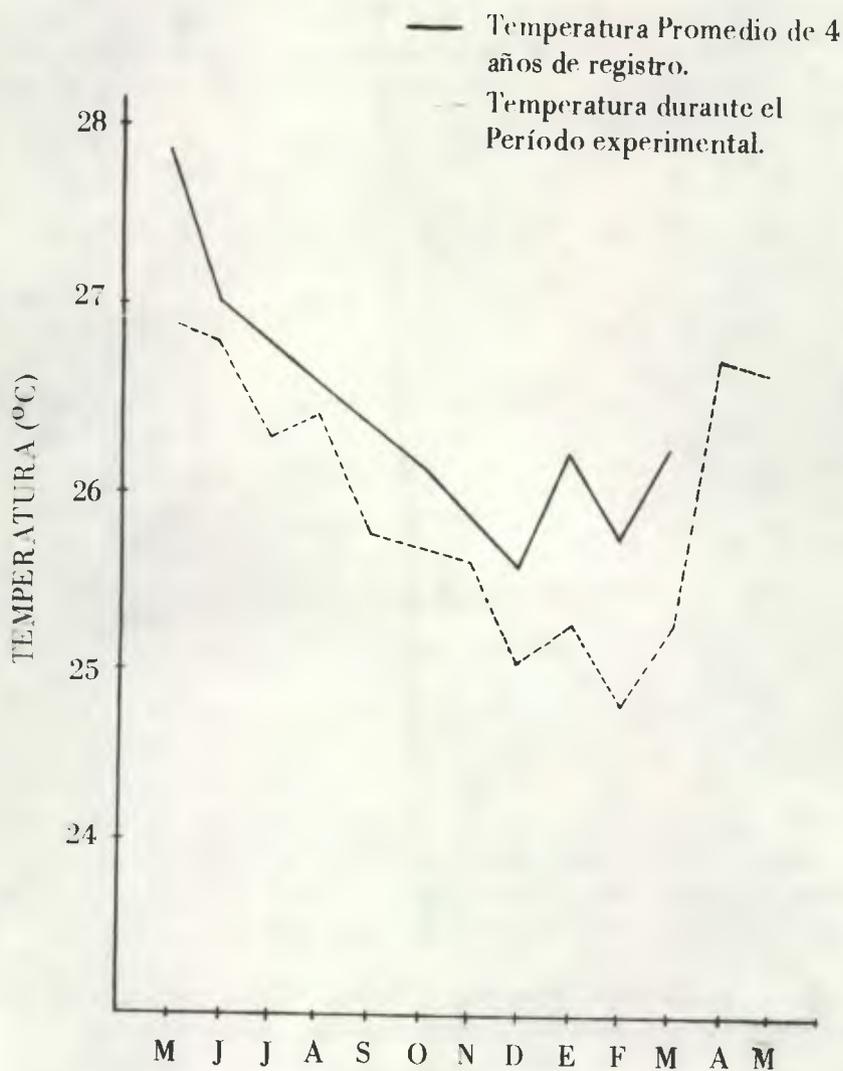


Fig. 5 Temperatura (°C) durante el Período experimental y Promedio de 4 años de Registro en el Centro de Agricultura Tropical Bulboxyá. San Miguel Panán, Suchitepéquez 1985.

En cuanto a las condiciones de suelo, se puede observar que los elementos potasio y magnesio se encontraban en un nivel bajo, o sea, estaban presentes en forma limitante. Por el contrario el pH y el resto de nutrimentos estaban presentes en cantidad adecuada para el desarrollo de los cultivos (Cuadro 3).

CUADRO 3. Análisis del suelo donde se instaló el experimento.

pH	P microgramos/ml. de suelo	K	Ca Meq/100 ml de Suelo	Mg.
6.2	20.0	106.0	2.98	0.62

Fuente: Laboratorio de Suelos, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA)

6.2 Rendimiento de los cultivos:

6.2.1 Caña de Azúcar:

En cuanto al rendimiento de caña de azúcar en peso sólo se encontró significancia al 5 por ciento, debido al efecto de aplicación de fertilizante nitrogenado, obteniéndose 54 y 62 ton. de caña/ha. en la época b_1 y b_2 respectivamente (Cuadros 4 y 5).

Resultados similares fueron obtenidos en caña monocultivos por Mas López (13) bajo las mismas condiciones de clima y suelo.

En cuanto al arreglo espacial de maíz asociado con caña, puede indicarse que no hubo significancia estadística; es decir, que la presencia del cultivo anual no afectó la producción de caña en peso (Cuadro 4).

CUADRO 4. Análisis de varianza para la variable rendimiento de caña de azúcar en peso (ton/ha) bajo cuatro arreglos espaciales de maíz asociado con caña y dos épocas de aplicación de fertilizante nitrogenado en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá.

F.V	G.L.	C.M.	F.C.	Signifi.
Bloque	2	45.52	0.381	0.694
Tratamiento	7	108.25	0.906	0.529
A	3	4.22	0.035	0.990
B	1	720.68	6.029	0.026
AB	3	8.130	0.068	0.9755
Error	14	119.54		
Total	23			

CUADRO 5. Rendimiento promedio de tres repeticiones de caña de azúcar (ton/ha) asociada con maíz en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá:

NIVEL DE FERTILIZACION	RENDIMIENTO DE CAÑA DE AZUCAR
b ₂	62 a ^{1/}
b ₁	54 b

1/ Letra distinta indica diferencia significativa al 5 por ciento según la prueba de Tukey.

Lo anterior demuestra que manejando adecuadamente un buen programa de fertilización, especialmente la nitrogenada, ambas especies pueden cultivarse en forma asociada sin afectar el rendimiento de caña de azúcar como fue demostrado por Bhoj y Kapoor (4) en la India y Arboleda (1) en Colombia. El máximo rendimiento se obtuvo en los tratamientos a₂b₂ y a₄b₂ con valor de 66 ton/ha en ambos (cuadro 6).

CUADRO 6. Rendimiento de maíz y caña de azúcar en peso y en azúcar bajo cuatro arreglos espaciales de maíz y dos épocas de fertilización nitrogenada en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá.

Tratamiento	Kg/ha	MAIZ	CAÑA DE	AZUCAR	
		No. Mazorc por parcela	AZUCAR ton/ha	ton/ha	lbs/ton
a ₁ b ₁	824	57	54	4.7	190
a ₁ b ₂	515	51	63	4.94	171
a ₂ b ₁	1521	108	51	4.17	177
a ₂ b ₂	1340	88	66	5.86	195
a ₃ b ₁	544	35	54	4.37	177
a ₃ b ₁	588	35	54	5.06	173
a ₃ b ₂	422	25	65	4.88	195
a ₄ b ₂	398	21	66	5.60	186

6.2.2 Azúcar:

Las variables de producción de azúcar por unidad de área y rendimiento de azúcar, no fueron afectadas por los tratamientos aplicados, según el análisis de varianza (cuadros 7 y 8).

La máxima producción de azúcar se obtuvo en el tratamiento a₂b₂, con valor de 5.86 ton. de azúcar/ha. (Cuadro 6) y el rendimiento de azúcar en el mismo tratamiento fue de 195 lbs. de azúcar por tonelada de caña (Cuadro 5), lo cual se considera bueno en términos de requerimientos de calidad por parte de los ingenios azucareros del país. Los anteriores rendimientos fueron obtenidos con el tratamiento donde supuestamente había mayor competencia ejercida por el maíz hacia la caña de azúcar, lo cual evidencia la factibilidad de asociar maíz con caña de azúcar sin afectar la calidad de la misma. Resultados similares fueron obtenidos por Maldonado Muñoz (11) en caña de azúcar asociada con leguminosas de grano, bajo las mismas condiciones de suelo y clima. Asimismo, Montoya Castañeda (14) obtuvo mayor rendimiento de azúcar en caña asociada con frijol común en comparación con caña de monocultivo.

CUADRO 7. Análisis de varianza para la variable rendimiento de azúcar (ton/ha).

F.V.	G.L.	C.M.	F.C.	SIGNIFI.
Bloques	2	0.554	0.518	0.611
Tratamientos	7	0.979	0.915	0.523
A	3	0.324	0.303	0.824
B	1	4.192	3.920	0.065
AB	3	0.562	0.526	0.675
Error	14	1.069		
Total	23			

CUADRO 8. Análisis de varianza para la variable rendimiento de azúcar en Lbs./ton.

F.V.	G.L.	C.M.	F.C.	SIGNIFI.
Bloques	2	66.668	0.421	0.669
Tratamientos	7	280.438	1.769	0.172
A	3	266.021	1.678	0.216
B	1	67.00	0.423	0.532
AB	3	366.000	2.309	0.120
Error	14	158.540		
Total	23			

6.2.3 Maíz:

De acuerdo con el análisis de varianza, el rendimiento de maíz fue afectado al 1 por ciento de significancia estadística por el factor época arreglo espacial y al 5 por ciento por el factor de aplicación de fertilizante nitrogenado (Cuadro 9).

En los tratamientos a_2b_1 y a_2b_2 se obtuvo 1521 y 1340 Kg/ha.,

respectivamente (Cuadro 6) entre ambos tratamientos no existió diferencia estadística, pero con el resto de tratamientos sí hubo diferencia (Cuadro 9). Lo anterior, demuestra el efecto interactivo que hubo entre ambos factores, por lo que se hace necesario para la obtención de buenos rendimientos de maíz, tomar en cuenta tanto el arreglo espacial, como la época de fertilización nitrogenada.

CUADRO 9. Análisis de varianza para la variable rendimiento de maíz en Kg/ha. bajo cuatro arreglos espaciales y dos épocas de aplicación de fertilizante nitrogenado en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá.

F.V.	G.L.	C.M.	F.C.	SIGNIFI.
Bloques	2	5590.00	0.478	0.635
Tratamientos	7	566667.50	48.446	0.000
A	3	1250531.00	106.912	0.000
B	1	94878.00	8.111	0.012
AB	3	40067.00	3.428	0.046
Error	14	11696.86		
Total	23			

CUADRO 10. Rendimiento promedio de tres repeticiones de maíz en Kg/ha. bajo cuatro arreglos espaciales asociado con caña de azúcar en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO DE MAIZ (Kg/ha.)
a ₂ b ₁	1521 a ^{1/}
a ₂ b ₂	1340 a
a ₁ b ₁	824 b
a ₃ b ₂	558 bc
a ₃ b ₁	554 bc
a ₁ b ₂	515 bc
a ₄ b ₁	422 c
a ₄ b ₂	398 c

1/ Letra distinta indica diferencia significativa al 5 por ciento según la prueba de Tukey.

6.3 Índice de área foliar:

El mayor índice de área foliar se obtuvo con el arreglo espacial de maíz de surco doble con 0.25 m. entre plantas y 0.5 m. entre surcos (nivel a₂) Cuadro 11, por lo que se cree que fue el tratamiento que ejerció la mayor competencia por luz con caña de azúcar, sin embargo, este efecto no fue estadísticamente significativo, considerando el rendimiento de caña de azúcar. Por el contrario, este nivel de arreglo espacial produjo el mayor rendimiento en peso y azúcar de caña (Cuadro 5) conjuntamente con la segunda época de aplicación de fertilizante nitrogenado.

CUADRO 11. Índice de área foliar de maíz bajo cuatro arreglos espaciales, asociado con caña de azúcar en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá.

NIVEL DEL FACTOR ARREGLO ESPACIAL (A)	INDICE DE AREA FOLIAR
a ₁	0.63
a ₂	1.38
a ₃	0.59
a ₄	0.35

6.4 Indicadores económicos:

6.4.1 Ingreso Neto (IN) e Ingreso Familiar en Efectivo (IFE):

En cuanto a los indicadores económicos, los mayores valores de ingreso neto e ingreso familiar en efectivo, fueron obtenidos con el tratamiento a₂b₂ con valor de 319.87 y 729.67 Q./ha., respectivamente (Cuadro 12). En cuanto al resto de tratamientos, tanto los valores de ingreso

neto como los de ingreso familiar en efectivo, fueron bastante bajos, incluso algunos de los valores de ingreso neto resultaron negativos; ésto se debió principalmente, a los bajos rendimientos de maíz obtenidos, probablemente debido a los daños que este cultivo sufrió a consecuencia de la alta precipitación caída durante el mes de que iniciaba su ciclo vegetativo.

CUADRO 12. Análisis económico del sistema caña de azúcar asociado con maíz, bajo cuatro arreglos espaciales y dos épocas de aplicación de fertilizante nitrogenado.

TRATAMIENTO	IN	Q./ha.	IFE
a ₁ b ₁	52.92		462.62
a ₁ b ₂	71.83		481.63
a ₂ b ₁	92.16		501.96
a ₂ b ₂	319.87		729.67
a ₃ b ₁	- 44.90		364.90
a ₃ b ₂	95.49		505.29
a ₄ b ₁	- 37.66		308.87
a ₄ b ₂	94.09		492.20

7. CONCLUSIONES:

- 7.1 La calidad de la caña de azúcar no es afectada por la presencia de uno o dos surcos de maíz entre los surcos de caña de azúcar.
- 7.2 La época de aplicación de fertilizante nitrogenado es determinante para la obtención de buenos resultados de caña de azúcar en peso, siendo para las condiciones de este estudio la época más adecuada la de aplicar $1/3$ N al momento de la siembra, $1/3$ a los 35 días después y $1/3$ a los 120 días.
- 7.3 La asociación maíz con caña de azúcar en ciclo de plantilla representa una alternativa económica para el cañicultor en general y especialmente para el pequeño cañicultor.
- 7.4 El maíz con caña de azúcar en forma asociada, podría representar una estrategia para incrementar la producción total de maíz en el país.

8. RECOMENDACIONES:

- A. Para obtener buenos resultados de Maíz y Caña en peso y en azúcar, es necesario tomar en cuenta la época de aplicación de fertilizante nitrogenado, siendo la más adecuada para la asociación maíz-caña en ciclo de plantilla la de aplicar $1/3$, $1/3$, $1/3$, de N al momento de la siembra a los 35 y 120 días después.
- B. Con base a los resultados de este estudio, se recomienda probar diferentes niveles de nitrógeno en la asociación maíz-caña.
- C. Realizar estudios con distintas variedades tanto de caña como de maíz, para determinar cual o cuales responden mejor a este tipo de asociación.

9. BIBLIOGRAFIA:

1. ARBOLEDA, R. 1979. Cultivo de maíz intercalado en siembras de caña de azúcar. In Congreso de Ingenieros Agrónomos (8., 1979, BOGOTA). Bogotá, CENICAÑA. P. 10-16.
2. ARRIOLA RUIZ, J. 1984. Evaluación de la asociación soya-maíz (*Glycine max-Zea mays* L.) en diferentes arreglos espaciales bajo dos condiciones de laboreo del suelo. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 97 p.
3. ASOCIACION DE TECNICOS AZUCAREROS DE GUATEMALA. 1984. Datos estadísticos producción de caña. Boletín Técnico (Gua.) no. 11:87.
4. BHOJ, R.L.; KAPOOR, P.C. 1971. Intercropping of maize in spring planted sugar cane gives big profits with adequate nitrogen use. Indian Journal of Agronomy (India) 15(3):242-246.
5. COLETO, V.S. 1964. Let us practice catcha cropping. Agricultural and Industrial Life (E.E.U.U.) 26(2):30.
6. DESHPANDE, P.M.; NANKAR, J.I. 1977. Effect of intercropping on yield seasonal sugar cane and on net returns in Marathwada region. Indian Sugar (India) 27(5):261-263.
7. FLORES AUCEDA, C.A. 1981. Estudio agrológico a nivel detallado de la finca Bulbuxyá, San Miguel Panán, Suchitepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 116 p.
8. HART, R.D. 1980. Agroecosistemas conceptos básicos. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 357 p.

9. KANWAR, R.S. 1972. Some aspects of sugar cane research in the punjab. *International Sugar Journal* (E.E.U.U.) 4(3): 35-37.
10. LEDESMA, F.I.; VILLARICO, E.S. s.f. Intercropping sugar cane with mungbean, soybean, rice and corn. *Philippines Victorias Agricultural Research* (Philippines) no. 14:35.
11. MALDONADO MUÑOZ, S.I. 1984. Evaluación agronómica del sistema caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) asociado con leguminosas de grano, frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), caupi (*Vigna unguiculata walp*) y soya (*Glycine max*). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 48 p
12. MARTINEZ TAMBITO, E.A. 1982. Interacción de plagas con niveles de fertilización en la asociación maíz-caupi (*Zea mays* L. -*Vigna unguiculata walp*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, programa UCR/CATIE. 87 p.
13. MAS LOPEZ, C.E. 1983. Evaluación de N, P₂O₅, K₂O y época de aplicación sobre el rendimiento de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la finca Bulbuxyá. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 70 p.
14. MONTOYA CASTAÑEDA, A.O. 1985. Análisis agroeconómico de la asociación frijol-caña de azúcar (*Phaseolus vulgaris* L. -*Saccharum officinarum* L.) bajo las condiciones de la Unidad Docente Productiva Sabana Grande, Escuintla. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 87 p.
15. PILLAY, A.R.; MANET, J.R. 1978. Intercropping sugar cane with maize. *Experiment Agriculture* (E.E.U.U.) 14(2): 161-166.

16. SIMMONS, C.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. Pedro Tirado. Guatemala, Editorial José de Pineda Ibarra. 1000 p.
17. SRINIVES, P. 1976. Effect of intercropping and row sparing on two sugar cane varieties. The Journal of Agricultural Science (E.E.U.U.) no. 11:221-227.
18. TURENNE, H. 1984. Cultivos asociados con caña de azúcar para el control de malezas en la región de Leogane, Haití. In International Sugar Cane Seminars (5., 1984, MEXICO). México, Secretaría de Agricultura y Agronomía. P. 5.
19. YANG, S.J. 1976. Thirty years research and development in sugar cane cultivation. Taiwan Sugar (Taiwan) no. 8(3): 89-92.

V. Ro.

Patruall



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1948

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Recepcion
Fecha
Atty

IMPRIMASE


ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M.
DECANO



PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
Biblioteca Central