

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
DEPARTAMENTO DE CULTIVOS Y SUELOS TROPICALES

PRODUCTIVIDAD DE MAIZ (Zea mays L.) Y FRIJOL DE COSTA  
(Vigna sinensis Endl) ASOCIADOS DENTRO DE UNA  
PLANTACION FORESTAL EN TURRIALBA, COSTA RICA

TESIS SOMETIDA A LA CONSIDERACION DE LA COMISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
DEL PROGRAMA CONJUNTO UCR—CATIE PARA OPTAR AL GRADO DE

Magister Scientiae

RICARDO F ESPINO CABALLERO


Turrialba, Costa Rica

1975

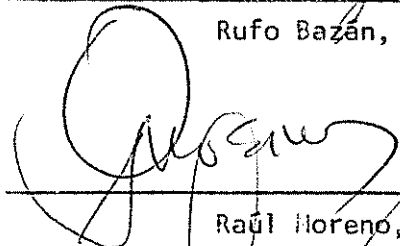
Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la Comisión de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto UCR-CATIE, como requisito parcial para optar al grado de

*Magister Scientiae*

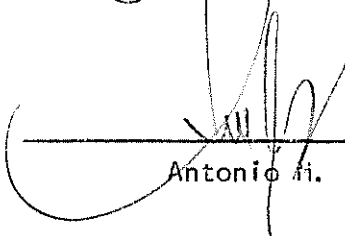
JURADO:

  
\_\_\_\_\_  
Rufo Bazán, Ph.D.

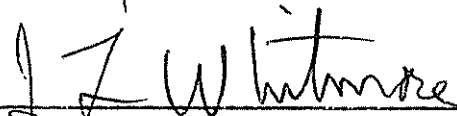
Consejero

  
\_\_\_\_\_  
Raúl Horeno, Ph.D.


Comité

  
\_\_\_\_\_  
Antonio H. Pinchínat, Ph.D.

Comité

  
\_\_\_\_\_  
Jacob L. Whitmore, H. For.

Comité

  
\_\_\_\_\_

Coordinador  
Sistema de Estudios de Posgrado  
de la Universidad de Costa Rica

DEDICATORIA

A mis padres Víctor y María Escolástica

A César Augusto, Delia y Victoria

A mis familiares

## AGRADECIMIENTO

Deseo dejar constancia de mi gratitud:

- Al Dr. Rufo Bazán, Profesor Consejero, por brindarme su desinteresada colaboración y ayuda en la dirección del presente estudio.

- A los Doctores Raúl Moreno, Antonio M. Pinchinat e Ing. Jacob L. Whitmore, miembros del Comité, por sus atinadas sugerencias, consejos, orientación y amistad.

- Al Gobierno de la República Federal de Alemania y a los Doctores Waldemar Albertín y Jorge Soria, por haber hecho posible mis estudios de posgrado.

- A mis profesores y compañeros de estudios en este Centro, de quienes recibí estima y consideración.

- A los Ingenieros Nicolás Mateo, Víctor Quiroga y señores Mario Mata, Fernando López, Eduardo Tencio, Alfredo Picado, Arnoldo Barrantes, José Córdoba, Guillermo Salazar, Olman Dennis, Rafael Agüero y señorita Lidiette Marín, por la ayuda prestada en los trabajos de campo, laboratorio y mecanografiado, además de sus amabilidades y simpatía.

- Al personal de Cultivos y Suelos, Ciencias Forestales, Unidad de Estadística y Computación del IICA, Transportes, Secretaría de Enseñanza y a todas aquellas personas que con gentileza me prestaron colaboración.

## BIOGRAFIA

El autor nació en Ica, Perú, el 20 de octubre de 1947. Realizó sus estudios primarios y secundarios en los colegios San Miguel y San Luis Gonzaga de su ciudad natal, y los profesionales en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica, graduándose como Ingeniero Agrónomo en enero de 1973.

Prestó sus servicios profesionales en el Sistema Nacional de Apoyo a la Movilización Social (SINAMOS) en Chote, Cajamarca como promotor especialista i y en el Comité Especial de Administración del Valle de Pisco, Ica, como asistente de gerencia desde abril de 1973 a enero de 1974.

En enero de 1974 ingresó al Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR-CATIE), en Turrialba, Costa Rica, graduándose de *Magister Scientiae* en el Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales en diciembre de 1975.

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	3
2.1 Sistema de agricultura para el trópico .....	3
2.2 Cultivos intercalados de leguminosas con otras especies .....	4
2.3 Competencia de malas hierbas con los cultivos .....	5
3. MATERIALES Y METODOS .....	9
3.1 Area experimental .....	9
3.2 Labores preliminares .....	9
3.3 Caracterización física y química del suelo del área experimental .....	10
3.4 Análisis de laboratorio .....	11
3.5 Selección de cultivos, densidad, espacia- miento y modalidad de siembra .....	11
3.6 Control de plagas y enfermedades .....	13
3.7 Diseño experimental .....	15
3.7.1 Diseño de sistemas .....	15
3.7.2 Diseño de tratamientos .....	17
3.7.3 Diseño de campo .....	18
3.8 Variables analizadas .....	19
3.8.1 Rendimiento en grano .....	19
3.8.2 Ingreso bruto total .....	20
3.8.3 Biomasa aérea de los cultivos y consumo de nutrimentos .....	21
3.8.4 Producción de malas hierbas .....	22
3.9 Análisis estadístico .....	22
4. RESULTADOS .....	23
4.1 Condiciones climáticas .....	23
4.2 Aspectos generales de los cultivos .....	23
4.2.1 Condiciones fitosanitarias de los cultivos .....	25

	<u>Página</u>
4.3 Caracterización del suelo del área experimental .....	26
4.3.1 Caracterización física .....	26
4.3.2 Caracterización química .....	28
4.3.3 Análisis químico al final del ciclo anual de los sistemas .....	31
4.4 Rendimiento en grano .....	34
4.5 Rendimiento energético de alimentos .....	38
4.6 Aspecto económico .....	41
4.6.1 Ingreso bruto total .....	41
4.7 Producción de biomasa y consumo de nutrimentos .....	43
4.8 Producción de malas hierbas .....	49
5. DISCUSION .....	52
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	57
7. RESUMEN .....	58
7a. SUMMARY .....	60
8. LITERATURA CITADA .....	62
9. APENDICE .....	67

## LISTA DE CUADROS

<u>TEXTO</u>	<u>Página</u>
<u>Cuadro N°</u>	
1 Metodología empleada en los análisis físicos y químicos de suelos y de tejidos de plantas .....	12
2 Densidad y espaciamento de maíz y frijol de costa en tres sistemas de producción agrícola en dos épocas de siembra .....	14
3 Algunas características físicas del suelo del área experimental .....	27
4 Características químicas del suelo del área experimental .....	29
5 Patrones de comparación (Provisional, según Hardy) .....	30
6 Características químicas del suelo al final del ciclo anual de los sistemas .....	32
7 Rendimiento de grano (kg/ha) de los sistemas ..	35
8 Rendimiento (kg) de producto útil por unidad de elemento fertilizante (kg) .....	39
9 Energía de proteínas, carbohidratos y grasa (Kcal/ha) contenida en los alimentos producidos .....	40
10 Ingreso bruto total (£/ha) de los sistemas ....	42
11 Rendimiento de biomasa aérea (kg/ha) de los sistemas .....	44
12 Consumo de nutrimentos (kg/ha) por los sistemas agrícolas .....	46
13 Biomasa de malas hierbas (kg/ha) en los sistemas .....	50
 <u>APENDICE</u>	
A14 Malezas observadas durante el período experimental .....	70



<u>Cuadro N°</u>		<u>Página</u>
A15	Análisis de varianza de rendimiento (kg/ha) de maíz de los sistemas agrícolas en dos épocas de siembra .....	72
A16	Análisis de varianza de rendimiento (kg/ha) de frijol de costa, de los sistemas agrícolas en dos épocas de siembra .....	72
A17	Análisis de varianza de ingresos brutos totales (¢/ha) de los sistemas agrícolas en dos épocas de siembra .....	73
A18	Análisis de varianza de producción de biomasa (kg/ha) de maíz, en dos épocas de siembra .....	74
A19	Análisis de varianza de producción de biomasa (kg/ha) de frijol de costa, en dos épocas de siembra .....	74
A20	Análisis de varianza de extracción de N (kg/ha) por los sistemas agrícolas, en dos épocas de siembra .....	75
A21	Análisis de varianza de extracción de P (kg/ha) por los sistemas agrícolas, en dos épocas de siembra .....	75
A22	Análisis de varianza de extracción de K (kg/ha) por los sistemas agrícolas, en dos épocas de siembra .....	76
A23	Análisis de varianza de extracción de Ca (kg/ha) por los sistemas agrícolas, en dos épocas de siembra .....	76
A24	Análisis de varianza de la extracción de Mg (kg/ha) por los sistemas agrícolas, en dos épocas de siembra .....	77
A25	Análisis de varianza de la extracción de S (kg/ha) por los sistemas agrícolas, en dos épocas de siembra .....	77

<u>Cuadro II°</u>		<u>Página</u>
A26	Análisis de varianza de la extracción de Al (kg/ha) por los sistemas agrícolas, en dos épocas de siembra .....	78
A27	Análisis de varianza de la producción de biomasa (kg/ha) de malezas entre los sistemas agrícolas, en dos épocas de siembra .....	78

### LISTA DE FIGURAS

#### TEXTO

#### Figura II°

1	Diseño de sistemas de producción agrícola .....	16
2	Rendimiento promedio (kg/ha) de los sistemas ..	36
3	Producción de biomasa de los sistemas .....	45
4	Producción de biomasa de malezas por sistemas..	51

#### APENDICE

A5	Distanciamiento de siembra en los sistemas de cultivo .....	68
A6	Condiciones climatológicas .....	69

## INTRODUCCION

Una de las metas de la investigación agrícola moderna, es el incremento de la producción de alimentos, para satisfacer las demandas de una población en constante aumento especialmente en los países en vías de desarrollo. Posiblemente, una de las técnicas más adecuadas para lograr esta meta constituya la producción sistemática del mayor número de cultivos en una misma área de terreno al mismo tiempo, lo que significa hacer un uso intensivo del suelo en tiempo y espacio.

Esta práctica la han venido realizando algunas civilizaciones pasadas (Inca, Azteca, Maya), y ha sido continuada por los pequeños agricultores en América Latina; con el correr de los años se lograron técnicas adecuadas y eficientes para muchos cultivos, especialmente para aquellos económicamente más rentables como café, cacao, caña de azúcar, maíz y otros. Sin embargo, esta tecnología no ha sido utilizada por el pequeño agricultor porque no dispone de los medios necesarios como capital y tierra suficiente que demanda dicha tecnología.

La sola producción de alimentos no es la solución completa del problema, si acaso no se considera al mismo tiempo la calidad alimenticia del producto, o sea la producción de alimentos de un mejor balance dietético. De este modo se hace necesario incrementar la producción de fuentes baratas de proteínas, entre las que se destacan las leguminosas de grano comestible como el frijol común (*Phaseolus vulgaris*) o el frijol de costa (*Vigna sinensis*). Estas leguminosas constituyen la base de la dieta

de la población rural y urbana en el área centroamericana así como el maíz entre unas de las fuentes de carbohidratos.

Es conocido el hecho de que el maíz y frijol común conforman uno de los sistemas de policultivos más comunes en el área centroamericana, pero se conoce poco de las posibilidades del incremento del cultivo de maíz y frijol de costa en áreas propias del pequeño agricultor como ser aquellas de terreno en pendiente y menos aún en terrenos ocupados por plantaciones forestales.

Teniendo como componentes el maíz y frijol de costa cultivados dentro de una plantación forestal y bajo las condiciones de terreno en pendiente, se diseñó el presente estudio, cuyos objetivos son evaluar en tres sistemas de producción agrícola los siguientes aspectos:

- a. El rendimiento de grano y consumo de nutrimentos en sistemas puros de maíz y frijol de costa y en un sistema bicultural maíz-frijol de costa, con tres niveles de fertilización.
- b. La producción de malas hierbas en los tres sistemas nombrados.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Sistemas de agricultura para el trópico

La demanda de alimentos y el mantenimiento de la productividad de los suelos tropicales, nos conducen a buscar sistemas de producción agrícola en los que puedan establecerse tecnologías fáciles de adaptarse.

Thurston (52) indica que el método más realista a corto plazo para ayudar a resolver la crisis mundial de alimentos, es mediante el incremento de la producción a través de la agricultura tradicional de los trópicos.

Esto ha hecho pensar en la necesidad de reexaminar conceptos y objetivos, y las prioridades establecidas tanto en las naciones en vías de desarrollo como en las desarrolladas según lo afirma Igbozurike (32).

Janzen (34) considera los siguientes puntos para aprovechar en mejor forma los recursos de los trópicos; primero, educación en sistemas e incorporación de lo ya conocido de los trópicos en esa educación; segundo, disponibilidad de recursos humanos y físicos por los gobiernos que muestren interés acerca del desarrollo en un "rendimiento sostenido del agroecosistema tropical" (RSAT); tercero, necesidad de una investigación intensiva para generar y establecer reglas en cada lugar específico.

Hildebrand y French (27) mencionan que el sistema salvadoreño de multicultivos se puede adaptar a las condiciones del agricultor

tradicional y a terrenos con pendiente, pero a la vez se requiere del uso de una tecnología moderna. Anderson y Whan (2) afirman que sería engañoso decir que el desarrollo de cultivos múltiples no es un proceso complejo y lento; es necesario que se planee una cooperación entre la investigación y los trabajos de extensión, y además que los agricultores muestren interés. Por tanto, los cultivos múltiples deberían estar basados en parámetros que sean técnicamente correctos y de uso práctico para el agricultor.

En Turrialba, Costa Rica, el Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del CATIE (13), desde junio de 1973, ha concentrado sus actividades en el "Proyecto de Desarrollo de Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico" y particularmente para los países del área centroamericana y del Caribe, estudiando en condiciones de campo una amplia gama de sistemas, que permitirán encontrar la explotación que optimice el sistema en términos de rentabilidad y productividad sostenida.

## 2.2 Cultivos intercalados de leguminosas con otras especies

El intercalar una leguminosa con una especie no leguminosa ha sido una práctica tradicional de los pequeños agricultores en los países tropicales y subtropicales.

Dalal (15) observó que los rendimientos del maíz fueron menores al asociarse el cultivo del maíz con el frijol de palo (*Cajanus*), en comparación con el rendimiento de los cultivos puros; la causa fue obviamente la competencia por luz y nutrimentos que fue mayor cuando

los cultivos se desarrollaron en el mismo lugar. Sin embargo, sumados los rendimientos individuales de los cultivos en asocio, la producción fue mayor en el sistema de cultivo asociado que en el cultivo puro, con cualquiera de las especies estudiadas.

Akinola y Adeboyejo, citados por Dalal (15), mencionan que el rendimiento de las leguminosas en los cultivos intercalados se ve disminuído más que el de las no leguminosas, pero es posible que esta disminución pueda ser superada si se seleccionan cultivos de hábitos de desarrollo diferentes.

Enyi (20) encontró que frijol común y frijol de costa tenían un efecto más adverso en el rendimiento de grano de maíz que el frijol de palo cuando se asociaban estos con maíz. Atribuyó esto al hecho de que el insumo elevado de nutrimentos por las dos leguminosas coincidieron con las del maíz, mientras que la mayor demanda en el frijol de palo ocurrió después que el cultivo de maíz había sido cosechado.

Andrews (2) encontró que los cultivos intercalados de maíz con frijol de costa y sorgo con frijol de costa produjeron mayores rendimientos que un solo cultivo en rotación, y que los mayores rendimientos provinieron de los cereales. Agregando a esto, comenta que donde la fertilidad de los suelos es baja el uso de cultivos de leguminosas puede ser una necesidad en la rotación de cultivos.

### 2.3 Competencia de malas hierbas con los cultivos

Se han realizado experimentos en diferentes partes, para determinar la importancia que tienen las malas hierbas o malezas en la

competencia con las plantas cultivadas; así Ashby y Pfeiffer (4) mencionan que cuando se realizan métodos apropiados de control de malezas en las zonas templadas los rendimientos pueden alcanzar un aumento del orden del 25 por ciento mientras que en los trópicos y subtrópicos pueden aumentar en un 100 por ciento o más.

Se realizaron repetidos intentos (14) para disminuir la competencia entre el maíz y malezas, llegando a la conclusión de que es esencial: (a) que las medidas de control se tomen cuando las malezas pueden controlarse fácilmente, y eso es en el estado de plántula, y que (b) las tierras se mantengan libres de malezas en esos períodos de mayor peligro. Las pruebas demostraron que las malezas tienen el efecto más adverso un mes antes de la formación de la panoja; este período coincide con el estado en el cual las plantas de maíz están desarrollándose más vigorosamente y cuando la absorción de fosfatos es más rápida.

De igual manera Eddowes (19) considera que uno de los problemas más serios en el cultivo del maíz es el control de malezas por la competencia de éstas por agua, nutrimentos, luz y espacio, lo que puede afectar severamente el desarrollo del cultivo en la fase temprana de su establecimiento.

Blanco, Oliveira y Araujo (7), en un estudio sobre la competencia de malezas con el cultivo de maíz encontraron: (a) Reducción del 36 por ciento del crecimiento de plantas y el 83 por ciento en su producción en comparación con las plantas cultivadas en áreas sin competencia;



(b) Para un mejor rendimiento del cultivo, la competencia debe evitarse en el tiempo comprendido entre los 30 y 60 días después de la emergencia del maíz.

Blanco, Haag y Oliveira (8) encontraron que las malezas interfirieron en la nutrición del maíz en relación con los macronutrientos N y K, pero los análisis foliares no evidenciaron alteraciones en las concentraciones de P y Zn.

Ramírez (44), en un estudio sobre el efecto de los diferentes métodos de control de malezas en el rendimiento del maíz, indica que haciendo la operación mecánica de cultivo dos veces, más una limpieza manual de la maleza que creció posteriormente, fue consistentemente el mejor tratamiento. El herbicida usado como una forma de control aún cuando eliminó las malezas tuvo un efecto desfavorable sobre el rendimiento del maíz.

Para Medrano, Avila y Villasmil (38) el período crítico de competencia de las malezas con el frijol de costa está entre los primeros 40 días de crecimiento del cultivo. Cuando las malezas crecieron junto con el cultivo durante todo su ciclo, ocasionaron una reducción del 69 por ciento en rendimiento en comparación con el cultivo libre de competencia. A su vez las malezas que crecieron después de mantener el cultivo sin competencia durante los primeros 40 días, sólo ocasionaron una reducción del 19 por ciento.

La literatura referente al comportamiento de las malas hierbas entre las asociaciones de maíz con el frijol de costa es escasa, pero es de esperar que las asociaciones muestren ventajas en la reducción

de las malas hierbas en relación con los cultivos puros.

Soria et al. (50) encontraron que muchas de las formas de policultivos son más eficientes en reducir la producción de malas hierbas.

Harwood y Bantilan (25) concluyen que la alta densidad de cultivos y tipo de planta que sean más eficientes en el sombreamiento de malezas, incrementan la eficiencia de los métodos de control tanto químico como mecánico, pudiéndose eliminar las especies más sensitivas. Complementando estos estudios Bantilan, Palada y Harwood (5) concluyen que el balance cultivo-malezas depende del cultivo, del tipo de planta, densidad, nivel de fertilidad y método de control de malezas.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Area experimental

El área experimental se encuentra localizada en el lugar denominado "Bajo San Lucas" del Departamento de Ciencias Forestales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, situado a  $9^{\circ}53'$  latitud norte y  $83^{\circ}39'$  longitud oeste, a una altura aproximada de 600 m.s.n.m.

El clima es húmedo-caliente, con una temperatura media mensual de  $22,3^{\circ}\text{C}$  (máxima  $27,1^{\circ}\text{C}$  y mínima  $17,0^{\circ}\text{C}$ ) y una precipitación media anual de 2682 mm, con un promedio de 251 días anuales de lluvia, el brillo solar diario es de 4,5 horas, radiación solar  $413 \text{ cal/cm}^2$  y humedad relativa diaria de 88 por ciento en promedio (6). De acuerdo con la clasificación de zonas de vida de Holdridge (29), el área está clasificada como Bosque muy Húmedo Premontano Subtropical.

Según Aguirre (1), los suelos del área experimental pertenecen a la serie "suelos misceláneos" que ocupan áreas empinadas y pedregosas, situadas en las pendientes escarpadas del río Turrialba. Son suelos muy superficiales heterogéneos, que no presentan perfil definido y están caracterizados como litosoles, siendo su material parental aglomerado.

#### 3.2 Labores preliminares

Para habilitar el área experimental se efectuaron operaciones de chapía, paleo y rastrillado. Muchas parcelas quedaron con porciones de árboles enraizados cuya eliminación era difícil por la pendiente del

terreno (45 a 85%). La limpieza fue dirigida hacia malezas y pequeños troncos que se pudieron cortar con facilidad.

Con la finalidad de reducir el grado de posible erosión, las parcelas se trazaron en curvas de nivel, empleándose para esto un nivel Leupold de uso simple. Se notaron algunos sectores encharcados y salientes rocosas, los que no se cuantificaron al momento de ubicar las parcelas.

El área experimental se encuentra entre una plantación forestal (*Valbergia retusa* Hemsl.), plantada en enero de 1974 por el Departamento de Ciencias Forestales, cuyo establecimiento y crecimiento fue irregular, notándose fallas en la plantación, las mismas que no fueron corregidas.

### 3.3 Caracterización física y química del suelo del área experimental

Para efectuar una caracterización física y química del suelo del área experimental se abrieron dos calicatas de 1m x 1m x 1,40m al inicio del estudio.

Se demarcaron los horizontes por diferencia en la coloración del perfil del suelo, y se procedió a obtener muestras del suelo de volumen conocido para la caracterización física, mediante el uso de pequeños cilindros metálicos con uno de sus extremos afilados, en cada horizonte se obtuvieron tres muestras con un total de 12 por calicata. Para fines de caracterización química, se obtuvo una muestra adicional por cada horizonte de aproximadamente tres libras de suelo (1,38 kg) y que

fueron procesadas debidamente para el análisis de laboratorio.

Al concluir el ciclo de los cultivos de la segunda época de siembra, se obtuvieron muestras de suelo a dos profundidades, 0-15 cm y 15-30 cm, para el análisis químico en cada una de las parcelas experimentales, tratando de incluir la zona de mayor desarrollo radical. Para ésto se utilizó un barreno de gusano y se tomaron tres submuestras por profundidad en tres puntos de cada parcela. Las submuestras de cada profundidad y de cada parcela se homogenizaron en un recipiente y se formó una sola muestra (aproximadamente 1 kg), en total se obtuvieron 72 muestras, las que también fueron procesadas debidamente para el análisis de laboratorio.

#### 3.4 Análisis de laboratorio

Para los análisis físicos y químicos de suelos, y de tejidos de plantas, se utilizaron los métodos de rutina que se dan en el Cuadro 1.

#### 3.5 Selección de cultivos, densidad, espaciamiento y modalidad de siembra

Las especies y variedades seleccionadas para el experimento fueron: maíz (*Zea mays* L. var. Eladio Hernández y Tuxpeño-1) y frijol de costa (*Vigna sinensis* Endl. var. v-44); materiales que fueron proporcionados por el Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del CATIE.

La variedad de maíz Tuxpeño-1, planta baja fue sembrada en la segunda época debido a que en la primera época la variedad Eladio Hernández mostró mucha tendencia al volcamiento, causado principalmente por

Cuadro 1. Metodología empleada en los análisis físicos y químicos de suelos y de tejidos de plantas.

Característica	Método
<u>Análisis químico del suelo</u>	
pH	Peech (43)
Materia orgánica	Sáiz del Río y Bornemisza (46)
N	Micro-Kjeldahl de Bremner (9)
P	Hunter (31)
S	Hoeft (28)
CIC	Díaz-Romeu y Balerdi (18)
Ca, Mg, K	Díaz-Romeu y Balerdi (18)
Al	Kamprath (35)
Fe, Mn, Cu, Zn	Hunter (31)
<u>Análisis físico</u>	
Textura	Forsythe (21)
Densidad aparente	Forsythe (21)
Densidad de partículas	Forsythe (21)
<u>Análisis de tejidos de plantas</u>	
N	Muller (41)
P	Jackson (33) y Olsen modificado (42)
S	Jackson (33) y Hoeft <u>et al.</u> (28)
Ca, Mg, K, Fe, Mn, Zn, Cu, Ila, Al	Jackson (33)

su gran desarrollo vertical, por lo que las plantas fueron muy afectadas por los vientos ocurrentes durante esa época.

Se desconocen los distanciamientos de siembra óptimos para las condiciones del experimento por lo que se usaron criterios agronómicos prácticos, como se indican en el Cuadro 2 y Figura A5.

Al momento de la siembra se usaron cuatro y tres semillas de maíz y frijol de costa por golpe respectivamente; la siembra fue manual hecha con ayuda del chuzo o macana.

### 3.6 Control de plagas y enfermedades

Las plagas que se presentaron fueron controladas oportunamente con la aplicación de insecticidas (Elokron, Sevin, Aldrin, DDTOX, Cytrolane y Mirex) en las dosificaciones sugeridas por las casas comerciales.

Para el control de babosas (*Vaginulus* sp.) a los 10 días de la siembra en la primera época se aplicó un babocida (Orto B) ya que fue notoria la presencia de esta plaga y por tener referencia (37) de que ataca al frijol común, se aplicaron, con fines de prevención, porciones del producto (5 g) distanciados a un metro sobre el surco y se cubrió con hojas de platanillo (*Canna* sp.), una de las malas hierbas del área, para evitar que el cebo fuera lavado por la lluvia.

Otra medida de prevención fue la desinfección de la semilla en las dos épocas de siembra, para lo cual se preparó una mezcla de insecticida y fungicida (Aldrin + Semesan), luego se humedeció levemente las semillas para una mejor adherencia de la mezcla tratándose de que fueran

Cuadro 2. Densidad y espaciamiento de maíz y frijol de costa en tres sistemas de producción agrícola, en dos épocas de siembra.

Sistema de producción	Variedades	Distanciamiento (cm)		Plantas por golpe	Densidad de siembra (plantas/ha)
		Entre surcos	Sobre surcos		
Maíz puro	Eladio Hernández (1a Ep.)	80	50	2	57.142
	Tuxpeño-1 (2a Ep.)	80	50	2	57.142
Frijol de costa puro	V-44 (1a y 2a Ep.)	40	20	1	137.142
	Eladio Hernández + V-44 (1a Ep.)	80 y 40	50 y 20	2 + 1	57.142 + 120.000
Maíz + Frijol de costa	Tuxpeño-1 + V-44 (2a Ep.)	80 y 40	50 y 20	2 + 1	57.142 + 120.000



cubiertas por los productos usados. Esta operación se hizo momentos antes de la siembra en bolsas de polietileno. No se realizó control de enfermedades una vez que los cultivos estuvieron establecidos.

### 3.7 Diseño experimental

#### 3.7.1 Diseño de sistemas

La distribución espacial de los cultivos en el período de un año, fue en tres sistemas de producción como se indica en la Figura 1.

El estudio de estos tres sistemas en su fase de campo, tuvo una duración de aproximadamente 11 meses, desde noviembre de 1974 a abril de 1975 (primera época de cultivo), y de mayo a setiembre de 1975 (segunda época de cultivo), empleándose los mismos lugares y niveles de fertilización en ambas épocas.

La descripción de los sistemas es como sigue:

a. Cultivo puro de maíz (M). Se sembró el maíz en forma secuencial, habiéndose estimado su ciclo vegetativo entre 4 1/2-5 meses. Se dejó un período de barbecho de alrededor de un mes entre las dos épocas de siembra.

b. Cultivo puro de frijol de costa (Fc). Como en el caso del maíz la siembra fue de tipo secuencial, estimándose su ciclo vegetativo entre 3-3 1/2 meses, y dejándose un período de barbecho de dos meses.

c. Cultivo asociado de maíz + frijol de costa (M+Fc). Las dos especies se sembraron en forma simultánea y secuencial, con un período de barbecho de aproximadamente un mes entre cada siembra.

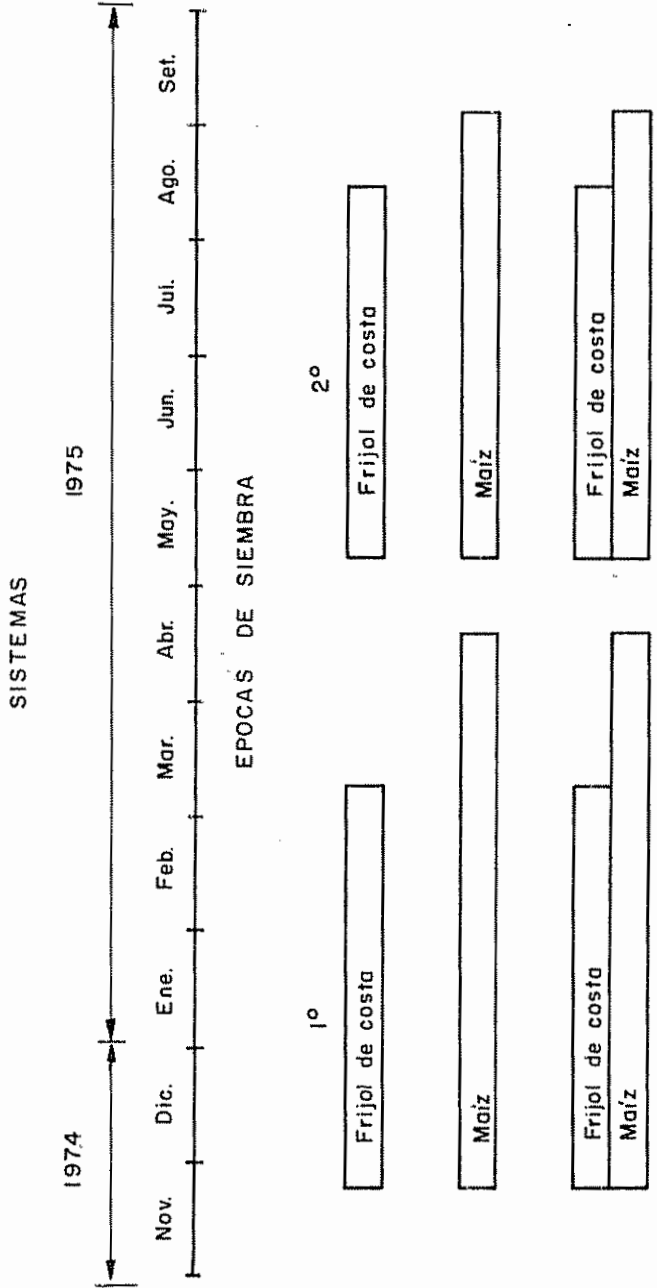


Fig.1 Diseño de sistemas de producción agrícola

### 3.7.2 Diseño de tratamientos

El experimento comprendió nueve tratamientos con cuatro repeticiones por tratamiento. Los tratamientos básicamente representan variantes en el nivel de fertilización de cada uno de los sistemas en estudio.

Los niveles de fertilización aplicados tanto en la primera como segunda época de siembra fueron:

Nutrimento	Niveles (kg/ha)		
	1	2	3
N	0	50	100
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	100	100
K <sub>2</sub> O	0	25	50

Los niveles dos y tres se fraccionaron en dos partes y se aplicaron parte a la siembra y el restante 25 días después de la siembra, en las dosificaciones siguientes:

Nutrimento	Niveles (kg/ha)			
	2		3	
	1a parte	2a parte	1a parte	2a parte
N	45	5	45	55
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	90	10	90	10
K <sub>2</sub> O	20	5	20	30

Los fertilizantes utilizados fueron de tipo de mezcla química de uso comercial, además de nitrato de amonio y muriato de potasio en las siguientes proporciones:

- Mezcla 15-30-8 a razón de 300 kg/ha
- Mezcla 20-10-6-5 a razón de 25 y 100 kg/ha
- Nitrato de amonio (33,5% N) a razón de 105 kg/ha
- Muriato de potasio (61%  $K_2O$ ) a razón de 40 kg/ha

La aplicación del fertilizante en la primera época de siembra fue al voleo, previamente se labró el suelo en forma leve para evitar pérdida por gravedad; la segunda fracción se aplicó a los 25 días siguiendo el mismo procedimiento anterior, teniendo cuidado de no afectar las hojas para evitar quemaduras en el follaje de los cultivos.

En la segunda época de siembra la distribución del fertilizante se hizo en bandas, aproximadamente a 20 cm del surco de plantas y a una profundidad de unos 15 cm, e inmediatamente se le cubrió con parte del suelo; esta primera fracción se mezcló con un insecticida (Aldrin) a razón de 5 kg/ha, para prevenir el ataque de insectos al sistema radical de los cultivos; la segunda fracción del fertilizante se aplicó a los 25 días de la siembra también en bandas.

### 3.7.3 Diseño de campo

El diseño de campo fue de bloques completos randomizados. Las parcelas experimentales fueron de dimensiones de 7m x 6m; los bloques de 378 m<sup>2</sup>; el área experimental total fue de 1512 m<sup>2</sup>.

### 3.8 Variables analizadas

#### 3.8.1 Rendimiento en grano

Para la evaluación de los sistemas, se cosecharon en cada parcela experimental, seis surcos centrales ( $24 \text{ m}^2$ ), en el caso del maíz; catorce surcos centrales ( $32 \text{ m}^2$ ) en el caso del frijol de costa; y los seis y catorce surcos centrales ( $24 \text{ m}^2$ ) para maíz y frijol de costa en la asociación.

Los datos de rendimiento, kg/ha, fueron corregidos al 14 por ciento de contenido de humedad para el maíz y al 13 por ciento para el frijol de costa (53). La corrección se hizo aplicando la fórmula:

$$Pf = \frac{Po (100 - Ho)}{(100 - Hf)}$$

donde: Pf = peso inicial de grano (corregido al porcentaje de humedad deseado)

Po = peso inicial del grano (al momento de registrarse el peso de la cosecha)

Ho = porcentaje de humedad en el grano (al momento de registrarse el peso de la cosecha)

Hf = porcentaje de humedad deseado

El porcentaje de humedad en el grano al momento de registrar el peso de la cosecha se determinó según la fórmula:

$$Ho = \frac{Ph - Ps}{Ph} \times 100$$

donde: Ho = humedad en el grano expresada en porcentaje

$P_i$  = peso de la muestra de grano al momento de registrar el peso de la cosecha

$P_s$  = peso de la muestra de grano después de mantenerla en la estufa a 70°C hasta alcanzar un peso constante

### 3.8.2 Ingreso bruto total

El ingreso bruto total se evaluó con base en el peso de granos obtenidos con 14 y 13 por ciento de humedad para el maíz y frijol de costa respectivamente. Estos ingresos se obtuvieron considerando precios de \$1,59 y \$2,72 por kg de maíz y frijol de costa; precios en el mercado local en la época en que se cosecharon estos productos.

Para comparar los sistemas por sus rendimientos, se uniformizaron los mismos, expresándolos en términos de sus componentes nutricionales (proteínas, carbohidratos, grasas) haciendo uso de porcentajes que da el Instituto de Nutrición y Alimentación del Caribe (12) para los cultivos utilizados (maíz: proteína 9,4%, carbohidrato 74,4%, grasa 4,3%; y frijol de costa: proteína 22%, carbohidrato 60,6% y grasa 1,6%). Estos contenidos se encuentran próximos a los promedios encontrados por García (22) y Rocabado y Pinchínat (45) en estos cultivos en Turrialba.

A su vez los componentes nutricionales se expresaron en función de las cantidades de calorías que aportan cada uno de los componentes nutricionales; cantidades que son diferentes en los cultivos y que se han estimado (26) para el maíz en 2,73 cal/g de proteína, 4,03 cal/g de grasa, 3,34 cal/g de carbohidrato; y para leguminosas (frijol de costa) 3,47 cal/g de proteína, 4,07 cal/g de grasa, y 8,37 cal/g de carbohidrato.

Por consiguiente, los datos de este estudio se deben considerar como provisionales y aproximados, desde el momento que los valores de conversión no corresponden a determinaciones de los productos obtenidos en el experimento, sino a guías generales establecidas en otros lugares.

### 3.8.3 Biomasa aérea de los cultivos y consumo de nutrimentos

Para la evaluación de biomasa aérea (parte aérea completa menos raíces), se seleccionaron por cultivo y por parcela cinco plantas al azar, seccionadas a nivel del cuello de la planta. En el caso del maíz, de las dos plantas por golpe se seleccionó una como muestra.

La determinación de biomasa aérea se efectuó cuando las plantas alcanzaron el máximo desarrollo vegetativo que para el frijol de costa y maíz se estimó a los 90 y 110 días respectivamente.

El material seleccionado se secó a 70 C durante 96 horas para determinar materia seca. Los datos de biomasa aérea se calcularon con base en el peso promedio de una planta, multiplicando por el número de plantas en una hectárea y ajustando el producto a kg/ha.

Alicuotas de las muestras usadas para el cálculo de biomasa aérea constituyeron las muestras para el análisis químico de tejidos de plantas; primeramente se quitaron los frutos y el resto del material se trituroó en una picadora mecánica, luego se molieron en dos molinos marca Wiley.

El cálculo para determinar la absorción de nutrimentos se hizo en función de la biomasa aérea producida por los cultivos ajustando

los datos a kg/ha.

#### 3.8.4 Producción de malas hierbas

Para determinar la producción de malas hierbas en los diferentes sistemas se demarcó al azar  $0,5 \text{ m}^2$  dentro de cada parcela experimental y se cosecharon en forma manual cada 30 días a partir de la siembra hasta el final del ciclo de cada cultivo. En el caso de la asociación de maíz con frijol de costa se consideró el ciclo del maíz que es el mayor. Luego se secaron a  $70 \text{ C}$  durante 96 horas y por último se pesaron para determinar materia seca.

La producción total de biomasa, se calculó sumando los pesos secos obtenidos cada 30 días. Al finalizar la cosecha de los cultivos de cada siembra, se muestrearon las diferentes especies de malezas que se pudieron observar.

#### 3.9 Análisis estadístico

El análisis estadístico de la información se efectuó empleando el modelo estadístico de Bloque Completo Randomizado (11), siguiendo el modelo:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

donde:  $Y_{ij}$  = observación individual

$U$  = media común

$T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$B_j$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque o repetición

$E_{ij}$  = error experimental

Los resultados experimentales fueron procesados en la computadora IBM, modelo 1130 del IICA.



## 4. RESULTADOS

### 4.1 Condiciones climáticas

Los datos de las condiciones climáticas que predominaron durante el período del experimento, se representan en la Figura A6, así como las condiciones promedio de los últimos 15 años (1960-1975).

Las condiciones ambientales fueron parecidas al promedio de los últimos 15 años, a excepción de la precipitación, que mostró variaciones marcadas. Alcanzó su más alto valor (402,9 mm) en promedio mensual en diciembre de 1974 y su menor valor (19,7 mm) en febrero de 1975, mes que coincidió con el inicio de la floración del maíz e inicio de maduración de los primeros granos del frijol de costa (en la época de siembra). Los valores promedios continuaron bajos en marzo y abril, para posteriormente mostrar tendencia a aumentar acercándose a los promedios mensuales de los últimos 15 años.

### 4.2 Aspectos generales de los cultivos

El frijol de costa germinó alrededor del sexto día después de la siembra, las primeras flores aparecieron a los 49 días y la maduración fisiológica de los primeros granos ocurrió a los 66 días de la siembra. Durante los primeros 20 días, el crecimiento del frijol de costa fue más rápido y luego el maíz empezó a sobrepasarlo en altura.

Las semillas de maíz empezaron a germinar alrededor del octavo día de la siembra. La floración ocurrió a los 63 días, y la madurez fisiológica a los 122 días aproximadamente. Durante los primeros

60 días, se volcaron muchas plantas por acción de la lluvia y viento. En adelante, el maíz emitió raíces secundarias adhiriéndose mejor al suelo. Esto se notó en forma clara en las parcelas de maíz en cultivo puro.

En la asociación de maíz y frijol de costa el período de germinación de las semillas fue el que correspondió a cada cultivo puro pero el inicio de la floración en ambos cultivos ocurrió de 3 a 5 días más tarde y la maduración fisiológica alrededor de 8 días después de los cultivos puros. Se observó que en estas asociaciones se tuvo menos problemas de caída de plantas de maíz hasta el inicio de la formación de la mazorca; sin embargo, el crecimiento vegetativo en la asociación fue exuberante de manera que las plantas fueron más susceptibles al volcamiento que en los cultivos puros. El crecimiento de los cultivos fue más o menos uniforme hasta los 15 días, notándose en adelante el efecto de los tratamientos por la aparición de plantas cloróticas y de menor tamaño en el tratamiento sin fertilización.

Durante la primera época de siembra, en los primeros 30 días ocurrió un breve período de intensas lluvias, y posteriormente durante los meses de enero, febrero y marzo hubo un período de verano intenso, afectando a los cultivos, especialmente al maíz, por la falta de humedad en la época en que se iniciaba la floración.

Con referencia a la especie forestal, se notó una intensa ramificación, sus ramas terminales fueron colgantes llegando en algunos casos a extenderse sobre la superficie del suelo. Durante el verano

(período de leves lluvias), se observó una defoliación completa, para volver a formar hojas al iniciarse el invierno (período de intensas lluvias).

#### 4.2.1 Condiciones fitosanitarias de los cultivos

De acuerdo con las observaciones registradas en el curso del experimento (40) en el frijol de costa el mildew polvoso (*Erysiphe polygoni*) fue la enfermedad que mayor daño causó durante la primera época de siembra; apareció al inicio de la floración cubriendo el follaje y tallos. Le siguieron en importancia las enfermedades virosas, mosaico clorótico y mosaico común.

Durante la segunda época, la enfermedad más importante fue la mancha de la hoja (*Ascochyta phaseolorum*) que apareció al inicio de la floración, notándose que progresaba con mayor rapidez después de los días lluviosos; sin embargo, en las asociaciones con maíz el progreso de la enfermedad se vio enormemente reducido. En esta segunda época a los 13 días de la siembra se observaron plantas de frijol de costa afectadas a nivel radical por *Rhizoctonia* sp. pero la enfermedad no tuvo mayor incidencia en el resto de la población.

Las plagas más importantes en el frijol de costa fueron las "vaquitas" (*Diabrotica* sp.) y hormigas rojas (*Atta* sp.) las que revisitaron importancia durante la primera etapa de crecimiento de los cultivos por el escaso follaje.

En cuanto al maíz, las enfermedades más importantes fueron: tizón de la hoja (*Helminthosporium turcicum*), roya tropical (*Physopella zae*), rayado fino (Virus). La que mayor daño causó fue el tizón de la

hoja, presentándose en la primera época de siembra a los 43 días y en la segunda alrededor de los 30 días. Se observó que las tres hojas inferiores se afectaron totalmente, tanto en el cultivo puro como en la asociación, viéndose favorecido el desarrollo de la enfermedad por los días lluviosos.

La plaga que revistió mayor importancia en el maíz fue la "vaquita" (*Diabrotica* sp.), especialmente durante los primeros 30 días de crecimiento por el escaso follaje de los cultivos en las dos épocas de siembra. También se observaron plantas de maíz afectadas a nivel del cuello por larvas de "vaquitas", siendo más notorio los daños a los 25 días de la siembra.

Además, fueron de importancia los daños causados por pájaros y pizotes a partir de la formación de la mazorca (más o menos a los 75 días de la siembra) en el maíz tanto en la primera como segunda época de siembra.

#### 4.3 Caracterización del suelo del área experimental

##### 4.3.1 Caracterización física

Los resultados de los análisis físicos de las muestras de suelo tomadas en las dos calicatas se presentan en el Cuadro 3.

La densidad aparente en los dos primeros horizontes en ambas calicatas presentan valores próximos a 1 g/cc de suelo y aumentan con la profundidad como era de esperar. En la calicata II la presencia de piedras impidió la toma de muestras en el tercer horizonte (71-100 cm).

Cuadro 3. Algunas características físicas del suelo del área experimental.

Profundidad de horizonte (cm)	Densidad aparente	Densidad de partículas	Porosidad total	Arena	Limo	Arcilla	Textura
	g/cc			%			
CALICATA I							
0 - 14	0,868	2,56	66,09	25,53	35,10	39,37	Fco-Arc.
14 - 67	0,945	2,65	64,34	21,28	41,49	37,23	Fco-Arc.
67 - 97	1,375	2,73	49,63	21,50	39,78	38,72	Fco-Arc.
97 - 140	1,203	2,73	55,93	33,16	28,42	38,42	Fco-Arc.
CALICATA II							
0 - 23	0,859	2,56	66,44	24,73	37,63	37,64	Fco-Arc.
23 - 71	1,003	2,63	61,86	21,50	37,63	40,87	Fco-Arc.
71 - 100	*	2,68	**	53,68	16,84	29,48	Fco-Arc. Ao
100 - 140	1,040	2,74	62,04	28,74	29,79	41,49	Arc.

\* No se determinó en este horizonte por ser sumamente pedregoso y no se pudo obtener la muestra respectiva.

\*\* Faltó densidad aparente.

Fco = franco

Arc. = arcilloso

Ao = arenoso

En general, a juzgar por los resultados obtenidos, el suelo del área experimental no presenta condiciones críticas para el desarrollo de raíces y crecimiento de las plantas.

Los valores de densidad de partículas están próximos al valor

de 2,65 g/cc aumentando con la profundidad del perfil, indicando la posible presencia de minerales más pesados, pero que no fueron identificados en este estudio.

El espacio poroso total en ambas calicatas muestra valores inferiores a 60 por ciento, y disminuyen con la profundidad posiblemente debido al incremento de material fino (arcilla y limo), especialmente en la calicata I. En efecto, los análisis de textura muestran predominio de limo y arcilla, y presentan en ambas calicatas horizontes de textura franco-arcillosa, a excepción de los dos últimos horizontes de la calicata II (71-100 cm y 100-140 cm) cuya textura es franco-arcillo-arenosa y arcillosa, respectivamente.

#### 4.3.2 Caracterización química

Los resultados del análisis químico de las muestras de suelo tomadas en las dos calicatas se muestran en el Cuadro 4, y se comparan con los patrones establecidos por Hardy (23) que se dan en el Cuadro 5.

El pH es bajo en los dos primeros horizontes de ambas calicatas, su valor tiende a aumentar en los horizontes inferiores. El contenido de materia orgánica en los horizontes superiores varía de medio a alto, característica que puede influir en la mejora de la estructura física de los suelos y propiedades químicas en general.

El contenido de N total varía en forma similar al de la materia orgánica siendo apenas detectable a profundidades mayores de 65 cm. En cuanto al P disponible los valores están aún por debajo de los considerados bajos, no siendo detectable a profundidades mayores de 65 cm en

Cuadro 4. Características químicas del suelo del área experimental.

Profundidad de horizonte (cm)	pH	M.O. %	C*	N total	C/N	P disponible ppm	C.I.C.	Bases intercambiables		Relaciones		Elementos disponibles																																					
								Ca meq/100 g	Mg K	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg K	Al	Zn	Cu	Fe	Mn																																
CALICATA I																																																	
0 - 14	5,6	5,0	8,76	5,08	0,29	17,52	9	18,68	8,75	5,70	1,76	1,53	3,24	8,21	128	291	79	335	3152																														
14 - 65	5,6	4,7	4,70	2,73	0,13	21,00	2	18,57	4,57	1,57	0,48	2,91	3,27	12,79	23	255	41	310	645																														
65 - 97	6,1	4,8	**	--	0,08	--	0	17,25	3,97	1,36	0,42	2,92	3,24	12,69	25	350	76	569	500																														
97 - 140	6,2	4,8	**	--	0,04	--	18	10,45	2,17	1,34	0,41	1,62	3,27	8,56	16	170	60	734	129																														
CALICATA II																																																	
0 - 23	5,3	4,6	7,58	4,39	0,26	16,88	9	23,14	6,12	3,47	1,07	1,76	3,24	8,96	25	193	137	391	1944																														
23 - 71	5,8	4,9	5,70	3,30	0,18	18,33	2	21,62	6,92	0,91	0,28	7,60	3,25	27,96	127	189	70	301	1057																														
71 - 100	6,2	4,9	**	--	0,04	--	0	14,21	2,62	1,36	0,42	1,93	3,24	9,48	21	801	38	296	159																														
100 - 140	6,1	4,6	**	--	0,02	--	17	18,27	3,77	2,07	0,64	1,82	3,23	9,12	23	252	41	1452	140																														

\* Se obtuvo dividiendo la M.O. por el factor 1,724 (46).

\*\* No se determinó.

Cuadro 5. Patrones de comparación (Provisional, según Hardy).

pH H <sub>2</sub> O	M.O. ----- %	N total ----- %	C/N	Bases cambiabiles			P disponible ppm	Relaciones		
				Ca --- meq/100	Mg K	K g---		Ca/Mg MG/K	Ca+Mg K	
Alto	7,5	7,0	0,35	11,5	24,0	6,0	0,55	120	--- ---	55,0
Medio	6,5	3,3	0,20	9,5	12,0	3,0	0,35	60	4,0 8,0	43,0
Bajo	5,0	0,6	0,05	7,5	4,0	1,0	0,20	20	---	25,0



ambas calicatas.

En lo referente a las bases intercambiables (K, Ca, Mg), en general los suelos presentan contenidos bajos, a excepción del K que presenta valores muy altos aunque con tendencia a disminuir con la profundidad del perfil. Los elementos menores disponibles Al, Zn, Cu, Fe y Mn muestran mucha variabilidad en ambas calicatas, aunque sus concentraciones pudieron ser adecuadas. Las relaciones entre los cationes están en general por debajo de las consideradas medias indicando que los suelos presentan un gran desbalance nutricional, causado principalmente por las altas concentraciones de potasio. En general los suelos del área experimental pueden ser caracterizados como de baja fertilidad natural.

#### 4.3.3 Análisis químico al final del ciclo anual de los sistemas

Comparando los resultados que se presentan en el Cuadro 6, con los obtenidos al inicio del experimento y que fueron generalizados para toda el área experimental, se observan algunos aspectos relevantes, que podrían tener un efecto futuro si acaso el experimento tuviera que ser continuado en el mismo lugar.

Así por ejemplo, el incremento en el contenido de P disponible es significativo, especialmente en las parcelas que recibieron el mayor nivel de fertilización, lo cual podría anticipar un posible efecto residual positivo en el caso de nuevas resiembras, dando lugar a disminución en las cantidades de fertilizante fosforado a ser utilizado.

Igualmente se observa un incremento en el contenido de N total,

Cuadro 6. Características químicas del suelo al final del ciclo anual de los sistemas\*.

Símbolos	pH		M.O. (%)		N total (%)		P disponible (ppm)		Bases de Intercambio (meq/100 g)							
	30 cm		15 cm		30 cm		15 cm		K		Ca		Mg			
	H <sub>2</sub> O	CLK	H <sub>2</sub> O	CLK	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm		
M <sub>1</sub>	5,5	4,9	5,5	4,7	4,73	3,72	0,27	0,21	38	36	1,13	0,78	5,07	4,80	2,94	2,63
M <sub>2</sub>	5,3	4,9	5,4	4,8	5,91	3,77	0,34	0,21	45	40	1,26	0,85	5,80	4,55	2,61	2,00
M <sub>3</sub>	5,4	5,0	5,4	4,7	6,71	3,86	0,38	0,22	52	34	1,40	1,16	6,35	4,17	2,38	1,42
Fc1	5,6	5,2	5,5	5,0	6,09	4,56	0,35	0,26	39	33	1,54	1,47	6,12	5,00	2,78	1,94
Fc2	5,4	4,9	5,4	4,8	6,31	4,73	0,36	0,27	47	34	1,45	1,16	8,17	4,60	3,07	2,36
Fc3	5,3	4,8	5,3	4,7	5,65	4,25	0,32	0,24	50	37	1,35	0,92	5,20	4,17	2,17	1,77
M <sub>1</sub> + Fc1	5,3	4,9	5,4	4,8	5,39	3,68	0,31	0,21	29	38	1,18	0,79	5,10	4,25	2,44	1,71
M <sub>2</sub> + Fc2	5,3	4,7	5,3	4,7	5,12	4,16	0,29	0,24	28	29	1,02	0,76	4,35	3,90	2,50	2,08
M <sub>3</sub> + Fc3	5,4	5,0	5,5	4,7	5,83	3,81	0,33	0,22	50	36	1,49	0,87	6,32	4,60	2,96	2,00

\* Datos promedios de cuatro repeticiones.

continúa....

Cuadro 6 (continuación)

Símbolos	S extraíble		C.I.C.		Elementos disponibles (ppm)						Relaciones							
	(meq/100 g)		(meq/100 g)		Mn		Cu		Fe		Al		Ca/Mg		Mg/K		Ca + Mg K	
	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm
M <sub>1</sub>	1,25	1,25	20,70	18,42	17	18	18	16	120	124	284	350	1,72	1,82	2,60	3,37	7,08	9,52
M <sub>2</sub>	0,94	0,62	19,87	17,08	20	13	13	12	149	134	466	535	2,22	2,27	2,07	2,35	6,67	7,70
M <sub>3</sub>	1,25	1,25	21,01	15,94	16	11	11	7	104	131	315	756	2,67	2,94	1,70	1,22	6,23	4,82
Fe <sub>1</sub>	0,62	0,31	18,42	16,93	22	15	15	10	116	132	334	466	2,20	2,58	1,80	1,30	5,78	4,66
Fe <sub>2</sub>	1,25	0,94	22,25	19,66	20	17	17	16	134	165	417	712	2,60	1,95	2,12	2,03	7,75	6,00
Fe <sub>3</sub>	0,94	0,62	19,35	17,59	20	10	10	10	166	161	554	716	2,40	2,35	1,60	1,92	5,46	6,46
M <sub>1</sub> + Fe <sub>1</sub>	1,25	0,94	19,87	17,28	15	11	11	10	136	144	492	645	2,09	2,48	2,07	2,16	6,39	7,54
M <sub>2</sub> + Fe <sub>2</sub>	1,56	1,25	20,49	19,77	18	17	17	19	180	171	605	714	1,74	1,87	2,45	2,74	6,71	7,87
M <sub>3</sub> + Fe <sub>3</sub>	1,87	0,62	20,86	17,78	24	13	13	14	105	130	247	471	2,13	2,30	1,98	2,30	6,23	7,58

en las profundidades analizadas, pero los valores no guardan relación con los contenidos de materia orgánica, que son inferiores a los contenidos iniciales. Esto podría significar que el N detectado en el análisis químico proviene mayormente del fertilizante aplicado al suelo.

Los cambios ocurridos en las concentraciones de Ca y Mg intercambiable no parecen ser tan relevantes como los del K intercambiable o de los elementos menores, en los que sería conveniente mantener una continuidad en sus análisis, puesto que en determinado momento podrían tener efectos detrimentales en los cultivos.

En cualquier caso, las concentraciones de los elementos analizados muestran diferencias apreciables de acuerdo con el sistema de cultivo presente, por ejemplo, en el tratamiento de sistemas puro de frijol de costa, las concentraciones detectadas son en general, superiores a las concentraciones de los suelos de los sistemas en los que participa el maíz, hecho que podría sugerir que el maíz es un cultivo de mayor demanda de elementos nutritivos que el frijol de costa, calidad que parece mantenerla aún en el caso de asociaciones.

#### 4.4 Rendimiento en grano

En el Cuadro 7 y Figura 2 se presentan los datos de rendimiento en grano de los sistemas estudiados, así como los valores de UET correspondientes.

Se observa que por épocas, los rendimientos obtenidos en la segunda época superan en forma significativa a los de la primera, en

Cuadro 7. Rendimiento de grano (kg/ha) de los sistemas\*.

Símbolo	1a Época		2a Época**		Total anual		UET (%)	
	Maíz	Frijol de costa	Maíz	Frijol de costa	Maíz	Frijol de costa	1a Época	2a Época
	Maíz	Frijol de costa	Maíz	Frijol de costa	Maíz	Frijol de costa	1a Época	2a Época
M <sub>1</sub>	736 a		862 a		1.598		100	100
M <sub>2</sub>	627 a		1.234 a		1.861		100	100
M <sub>3</sub>	425 a		1.110 a		1.535		100	100
Fc <sub>1</sub>		243 ab		1011 c		1.254	100	100
Fc <sub>2</sub>		315 a		1228 b		1.543	100	100
Fc <sub>3</sub>		222 abc		1437 a		1.659	100	100
M <sub>1</sub> + Fc <sub>1</sub>	494 a	24 d	638 a	911 d	1.132	935	77	164
M <sub>2</sub> + Fc <sub>2</sub>	498 a	24 d	1.065 a	674 e	1.663	698	103	141
M <sub>3</sub> + Fc <sub>3</sub>	832 a	32 d	1.456 a	476 f	1.288	508	210	164

\* Promedio de cuatro repeticiones.

\*\* Rendimientos significativamente superior al de la primera.

Las columnas seguidas por la misma letra indican que no hay diferencia significativa, según la prueba de Duncan, al nivel P<0,05.

UET - Uso equivalente de la tierra (16, 22).

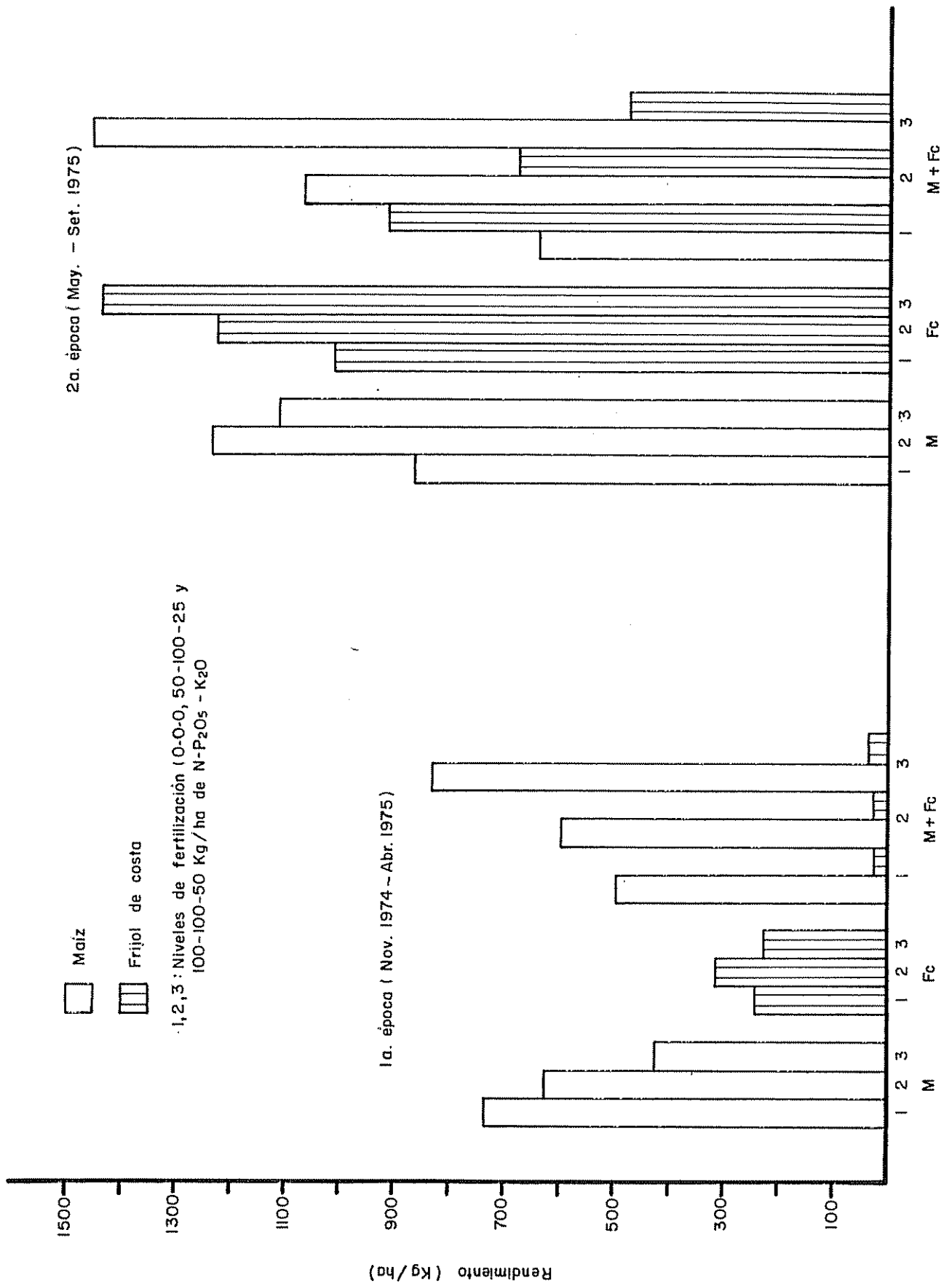


Fig. 2 Rendimiento promedio ( Kg / ha ) de los sistemas

todos los sistemas.

Si bien, dentro de cada época no se detectó estadísticamente una diferencia significativa por efecto de fertilizantes para el cultivo de maíz, sin embargo, para el frijol de costa sí la hubo; habiéndose obtenido los mayores rendimientos en el sistema de cultivo puro en ambas épocas de siembra.

Desde el punto de vista agronómico, se observa en la primera época en el sistema asociado y muy marcada en la segunda época especialmente en los sistemas de cultivos puros, cierta tendencia a aumentar los rendimientos conforme se incrementa el nivel de fertilizante aplicado. Los datos de la segunda época parece ser más uniformes que los obtenidos en la primera época de siembra.

Por otra parte, se observa que en la asociación (especialmente en la segunda época), los rendimientos de ambos cultivos, son inferiores a los obtenidos en los cultivos puros; sin embargo, considerando el rendimiento total del sistema, estos resultan mayores que en los cultivos puros. Además, en la asociación, los rendimientos del maíz aumentan conforme se incrementa el nivel de fertilizante, mientras que con el frijol de costa sucede lo contrario, es decir, tienden a disminuir conforme se incrementa el nivel de fertilizante aplicado.

Evaluada los sistemas en forma anual, se mantienen las tendencias observadas en la segunda época de siembra, resultando en forma marcada, los mayores rendimientos obtenidos con el nivel de fertilización equivalente a 50 kg N, 100 kg  $P_2O_5$  y 50 kg  $K_2O$ , tanto en los sistemas puros como en el asociado.

Los valores de UET parciales y anual y que se presentan en el mismo Cuadro 6, dan evidencia de una mayor eficiencia agrónomica del sistema policultural, especialmente con el mayor nivel de fertilización (100-100-50 kg/ha de  $N-P_{25}O_5-K_2O$ ), comparados con los respectivos cultivos puros los que fueron tomados como referencia para calcular los valores de UET.

Es indudable, entonces, el efecto positivo de los fertilizantes, que pudo ser uno de los factores más importantes en el aumento en los rendimientos. A pesar de que los niveles de potasio aplicados no son considerados altos, sin embargo sus efectos lo califican como el de mayor incidencia y responsabilidad en los rendimientos obtenidos en los diferentes sistemas, tal como se puede observar en el Cuadro 8, donde se muestran los rendimientos obtenidos (kg/ha) por unidad (kg) de elemento fertilizante. De acuerdo con estos datos el orden de importancia de los diferentes elementos aplicados sería  $K > N > P$ .

#### 4.5 Rendimiento energético de alimentos

En el Cuadro 9 se presentan los valores energéticos de los componentes básicos de los alimentos y el total de kilocalorías producidas por los sistemas en estudio, durante el período total del experimento.

Se observa que como cultivo puro, el maíz sobresale por la producción total de calorías, siendo mayor en el nivel de fertilización equivalente a 50 kg N, 100 kg  $P_{25}O_5$  y 25 kg  $K_2O$ . Esta cualidad del maíz



Cuadro 8. Rendimiento (kg) de producto útil por unidad de elemento fertilizante (kg).

Símbolos	1a Época						2a Época						Total anual					
	Maíz			Frijol de costa			Maíz			Frijol de costa			Maíz			Frijol de costa		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
M <sub>2</sub>	12,54	6,27	25,08				24,68	12,34	49,36				18,61	9,30	37,22			
M <sub>3</sub>	4,25	4,25	8,50				11,10	11,10	22,20				7,67	7,67	15,35			
Fc <sub>2</sub>				4,44	2,22	8,88				24,56	12,28	49,12				15,43	7,71	30,86
Fc <sub>3</sub>				9,24	0,24	0,48				14,37	14,37	28,74				8,29	8,29	16,59
M <sub>2</sub> + Fc <sub>2</sub>	11,96	5,98	47,84	0,48	0,24	0,96	21,30	10,65	42,26	13,48	6,74	26,96	16,63	8,31	33,26	6,98	3,49	13,96
M <sub>3</sub> + Fc <sub>3</sub>	8,32	8,32	16,54	0,32	0,32	0,64	14,56	14,56	29,12	4,76	4,76	9,52	11,44	11,44	45,76	2,54	2,54	5,08

Cuadro 9. Energía de proteínas, carbohidratos y grasas (Kcal/ha) contenida en los alimentos producidos\*.

Símbolos	Proteínas (P)		Carbohidratos		Grasas		Total (T)	Relación (P/T)
	Maíz	Frijol de costa	Maíz	Frijol de costa	Maíz	Frijol de costa		
M <sub>1</sub>	355		8.667		240		9.262	0,04
M <sub>2</sub>	411		9.963		277		10.651	0,04
M <sub>3</sub>	339		8.217		229		8.785	0,04
Fc <sub>1</sub>		832		5.549		88	6.469	0,13
Fc <sub>2</sub>		1.024		6.830		87	7.941	0,13
Fc <sub>3</sub>		1.099		7.347		94	8.540	0,13
M <sub>1</sub> + Fc <sub>1</sub>	250	621	6.062	4.139	169	58	11.299	0,08
M <sub>2</sub> + Fc <sub>2</sub>	367	464	8.907	3.091	248	39	11.116	0,07
M <sub>3</sub> + Fc <sub>3</sub>	505	337	12.253	2.249	338	29	15.711	0,05

\* Promedio de cuatro repeticiones.

se mantiene en la asociación, cuyo valor supera al de los cultivos puros, especialmente en el nivel de fertilización equivalente a 100 kg N, 100 kg  $P_{2}O_{5}$  y 50 kg  $K_{2}O$ .

Un hecho notorio es la cualidad del frijol de costa en lo que se refiere a su producción de proteína, cuyos valores independientemente del nivel de fertilización son superiores a los producidos por el maíz, como era de esperar.

Los valores de relación "energía de las proteínas/energía total" (P/T), muestran que el porcentaje de aporte energético de las proteínas es muy bajo en el sistema puro de maíz mientras que los valores son mayores cuando se encuentra presente el frijol de costa. Se observa que los valores más altos corresponden al sistema de frijol de costa puro.

#### 4.6 Aspecto económico

##### 4.6.1 Ingreso bruto total

En la evaluación económica de los sistemas, sensiblemente el estudio se limita al detalle de los ingresos brutos, por la comercialización del producto útil a precios de mercado existentes en la época de venta, y no se registran los costos de las diferentes labores realizadas durante el tiempo del estudio.

Los datos obtenidos se presentan en el Cuadro 10, los cuales, en forma clara, muestran que la asociación independientemente del nivel de fertilización aplicado, produjo un mayor ingreso que los respectivos sistemas de cultivos puros tanto en forma parcial o total anual.

Cuadro 10. Ingreso bruto total (\$/ha) de los sistemas\*.

Símbolos	1a Epoca		2a Epoca**		Ingreso anual	UET (%)		
	Maíz	Frijol de costa	Maíz	Frijol de costa		1a Epoca	2a Epoca	Annual
M <sub>1</sub>	1.169	a	1.557	c	2.526	100	100	100
M <sub>2</sub>	996	a	1.946	c	2.942	100	100	100
M <sub>3</sub>	676	a	1.743	c	2.419	100	100	100
Fc <sub>1</sub>	660	a		2.750	3.410	100	100	100
Fc <sub>2</sub>	856	a		3.339	4.195	100	100	100
Fc <sub>3</sub>	605	a		3.034	3.639	100	100	100
M <sub>1</sub> + Fc <sub>1</sub>	785	a	1.013	2.478	4.341	77	164	241
M <sub>2</sub> + Fc <sub>2</sub>	951	a	1.674	1.832	4.524	103	141	244
M <sub>3</sub> + Fc <sub>3</sub>	1.323	a	2.283	1.293	4.987	210	174	384

\* Promedio de cuatro repeticiones.

\*\* Rendimiento significativamente superior al de la primera.

Las columnas seguidas por la misma letra indican que no hay diferencia significativa, según la prueba de Duncan, al nivel  $P \leq 0,05$ .

US\$1.00 - \$8,54

Los respectivos valores de UET permiten magnificar la eficiencia agronómica del sistema de asociación con respecto a los sistemas de cultivos puros.

#### 4.7 Producción de biomasa y consumo de nutrimentos

Los datos de biomasa aérea de los cultivos (Cuadro 11 y Figura 3) presentan tendencias similares a la producción de grano de los mismos, especialmente en la segunda época de siembra y en la producción total anual. Los datos de la primera época parecieran erráticos, en especial en el caso del cultivo de maíz.

A pesar de que no se detectó una diferencia estadística con excepción del frijol de costa, al efecto de fertilizantes, es obvio que agronómicamente en general existen diferencias claras que muestran un incremento en biomasa con el aumento en el nivel de fertilización tanto en los cultivos puros como en la asociación.

El sistema de asociación produjo una mayor biomasa total, a pesar de que individualmente los cultivos puros tienden a producir más biomasa que cuando están asociados; estas diferencias son más marcadas en el caso del frijol de costa.

Los respectivos valores de UET dan evidencia, nuevamente, de la mayor eficiencia agronómica del sistema de asociación, tanto en sus rendimientos parciales como en el rendimiento total anual con el mayor nivel de fertilización (100-100-50 kg/ha de  $N - P_2O_5 - K_2O$ ).

Los datos de consumo de nutrimentos por los sistemas agrícolas, contenidos en el Cuadro 12, muestran que las variaciones en el

Cuadro 11. Rendimiento de biomasa aérea (kg/ha) de los sistemas\*

Símbolos	1a Época			2a Época			Total			UET (%)		
	Maíz	Frijol de costa		Maíz	Frijol de costa		Maíz	Frijol de costa		1a Época	2a Época	Anual
M <sub>1</sub>	5.571 a		2.972 a	8.543		100	100		100	100	100	100
M <sub>2</sub>	6.871 a		3.195 a	10.066		100	100		100	100	100	100
M <sub>3</sub>	5.514 a		4.105 a	9.619		100	100		100	100	100	100
Fc <sub>1</sub>		1.507 b	2.941 c		4.448		100	100	100	100	100	100
Fc <sub>2</sub>		4.147 a	3.761 ab		7.908		100	100	100	100	100	100
Fc <sub>3</sub>		1.759 b	4.391 a		6.150		100	100	100	100	100	100
M <sub>1</sub> + Fc <sub>1</sub>	5.579 a	772 c	2.143 a	7.722	1.997	151	151	114	114	114	265	265
M <sub>2</sub> + Fc <sub>2</sub>	8.626 a	1.074 b	2.900 a	11.526	2.508	151	151	129	129	129	280	280
M <sub>3</sub> + Fc <sub>3</sub>	7.324 a	967 b	4.049 a	11.373	2.009	188	188	122	122	122	310	310

\* Promedio de cuatro repeticiones.

\*\* Rendimiento significativamente superior a la primera.

Las columnas seguidas por la misma letra indican que no hay diferencia significativa, según la prueba de Duncan, al nivel P<sub>0,05</sub>.

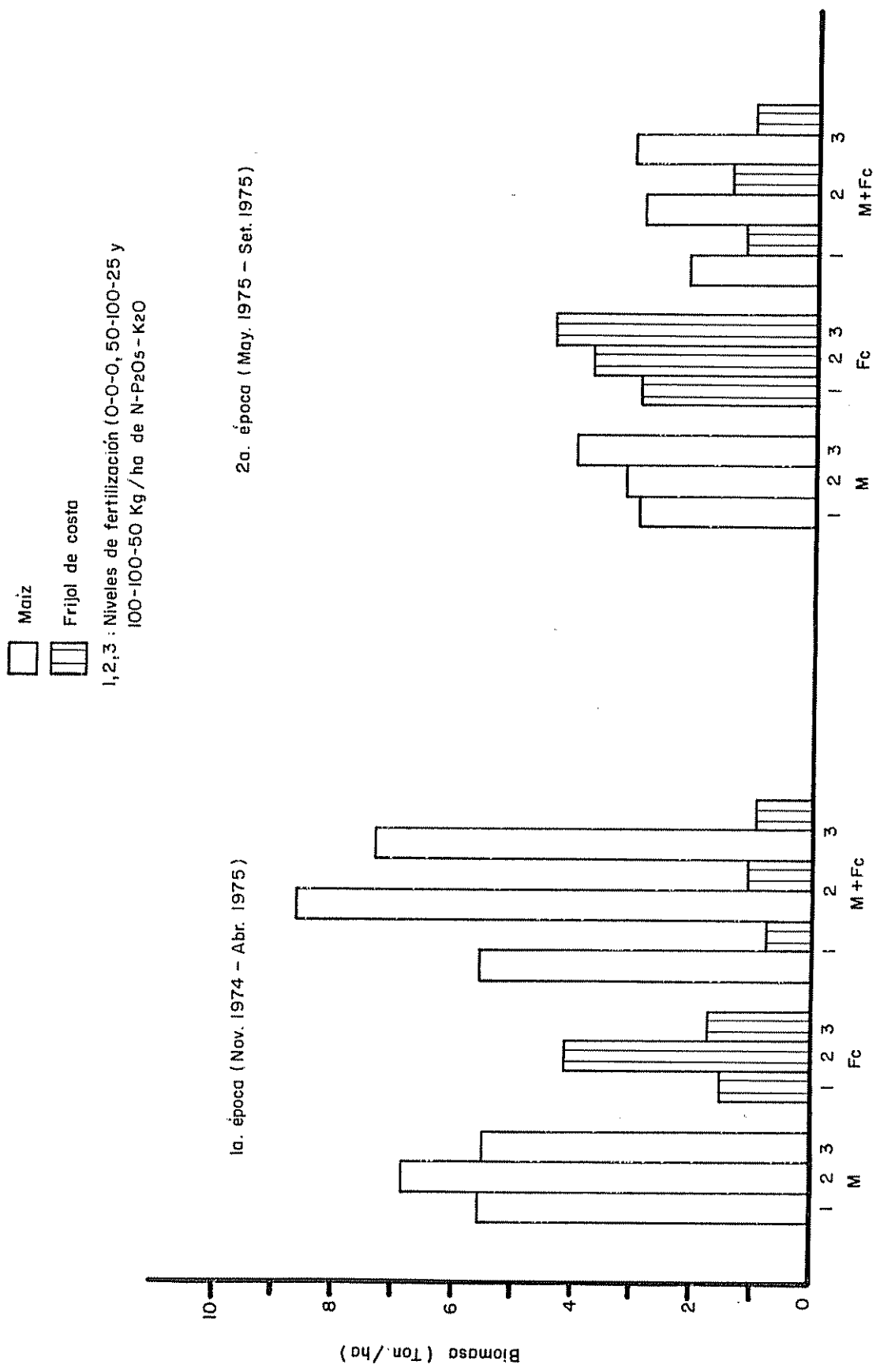


Fig. 3 Producción de biomasa de los sistemas

Cuadro 12. Consumo de nutrimentos (kg/ha) por los sistemas agrícolas\*.

Símbolos	N		P		K		Ca									
	2a Epoca		2a Epoca		2a Epoca		2a Epoca									
	S	N	S	N	S	N	S	N								
M <sub>1</sub>	38,94	b b	25,90	c b	5,95	b c	4,00	c b	102,46	b c	33,42	c b	16,43	b b	6,69	b b
M <sub>2</sub>	49,93	b a	34,15	c a	9,12	b a	4,83	c ab	162,51	b a	42,73	c ab	21,32	b a	7,21	c b
M <sub>3</sub>	47,10	b b	39,81	c a	6,87	b b	5,35	c a	138,68	b b	60,95	c a	16,40	b b	9,24	c a
Fc <sub>1</sub>	36,96	b b	44,83	b b	3,44	c c	7,00	a b	41,90	c c	65,11	a b	15,06	b b	27,11	a b
Fc <sub>2</sub>	80,15	b a	70,09	b a	9,16	c a	6,78	a ab	99,63	c a	75,10	a ab	34,96	b a	24,97	a b
Fc <sub>3</sub>	35,18	b b	74,56	b a	4,01	c b	6,55	a a	41,83	c b	85,93	a a	16,09	b b	37,87	a a
M <sub>1</sub> + Fc <sub>1</sub>	56,58	a b	38,11	a b	8,81	a c	4,97	b b	144,14	a c	58,47	ab b	22,86	a b	14,64	b b
M <sub>2</sub> x Fc <sub>2</sub>	84,63	a a	51,11	a a	13,96	a a	6,66	b ab	216,11	a a	70,46	ab ab	31,55	a a	15,76	b a
M <sub>3</sub> + Fc <sub>3</sub>	71,66	a b	55,68	a a	12,03	a a	6,83	b a	188,50	a b	95,75	a b	25,79	a b	16,94	b a

\* Promedio de cuatro repeticiones.

\*\* Significativamente superior.

Las columnas seguidas por la misma letra indican que no hay diferencia significativa, según la prueba de Duncan, al nivel P<0,05.

S = Sistema  
N = Nivel

continúa....



Cuadro 12 (continuación)

Símbolos	Mg						S						Al			
	la Epoca**		2a Epoca		la Epoca**		2a Epoca		la Epoca**		la Epoca		2a Epoca**			
	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	S		
M <sub>1</sub>	14,33	b	b	5,64	c	b	2,91	b	b	0,56	c	a	0,14	a	0,88	c
M <sub>2</sub>	14,02	b	a	4,89	c	a	3,86	b	a	0,75	c	a	0,13	a	1,51	c
M <sub>3</sub>	12,54	b	b	6,68	c	a	3,20	b	b	0,41	c	a	0,17	a	1,31	c
Fc <sub>1</sub>	8,40	b	b	9,36	a	b	2,50	b	b	3,02	a	a	0,07	a	2,24	a
Fc <sub>2</sub>	21,15	b	a	15,01	a	a	5,62	b	a	2,79	a	a	0,18	a	6,49	a
Fc <sub>3</sub>	8,35	b	b	14,66	a	a	2,39	b	b	3,30	a	a	0,04	a	3,97	a
M <sub>1</sub> + Fc <sub>1</sub>	15,77	a	b	8,00	b	b	4,63	a	b	1,28	b	a	0,20	a	3,08	b
M <sub>2</sub> + Fc <sub>2</sub>	24,53	a	a	10,14	b	a	7,81	a	a	1,75	b	a	0,28	a	3,92	b
M <sub>3</sub> + Fc <sub>3</sub>	19,92	a	b	10,48	b	a	4,49	a	b	1,60	b	a	0,23	a	2,29	b

consumo de elementos nutritivos se encuentran en relación directa con la producción de biomasa, como era de esperar. Sin embargo, es interesante observar que coincidiendo con los datos del efecto relativo de los elementos fertilizantes en el rendimiento de producto útil de los cultivos, el potasio aparece como el elemento de mayor consumo, en ambas épocas de siembra, especialmente por el maíz, mientras que el nitrógeno es de mayor consumo por el frijol de costa; hecho que se justifica dado el tipo de producto energético que se obtiene de estos cultivos, carbohidratos en el caso del maíz y proteínas en el del frijol de costa.

Los otros elementos nutritivos analizados muestran cierta regularidad en su absorción tanto por época como por cultivo, excepto tal vez el aluminio cuyo consumo por los cultivos fue significativamente mayor en la segunda época.

Puede mencionarse que al momento de efectuar el muestreo para la determinación de biomasa y absorción de nutrimentos por los sistemas agrícolas, se pudo observar que en el frijol de costa, se habían producido fuertes defoliaciones, siendo este mayor en el sistema asociado, hecho que se hizo más notorio aún en la segunda época de siembra, notándose incluso pudriciones de hojas, tallos y frutos. Esto indudablemente influyó en los resultados de producción de biomasa y extracción de nutrimentos porque no se tuvieron en cuenta las hojas defoliadas, por lo que los resultados pudieron ser mayores que los registrados.

De continuarse ensayos con frijol de costa bajo estas condiciones, y tenga que hacerse muestreos para la determinación de biomasa y consumo de nutrimentos, parecería que la época apropiada para el muestreo es a los 75-80 días de la siembra en que, en la planta han madurado gran parte de los frutos y se inicia la defoliación de la misma.

#### 4.8 Producción de malas hierbas

Comparativamente a la determinación de biomasa aérea de los cultivos, se midió la producción de biomasa de malas hierbas en cada uno de los sistemas. En el Cuadro 13 y Figura 4 se presentan los datos obtenidos y aunque no se encontró diferencia significativa entre los diferentes sistemas por épocas, sin embargo al aumentar el grado de confiabilidad (a  $P \leq 0,1$ ), resultó el sistema de cultivo asociado como el de mayor eficiencia, de manera que, la biomasa producida es inferior a la producida por los sistemas de cultivo puro, hecho que respalda las observaciones de campo.

El orden de eficiencia de los sistemas en impedir la producción de malas hierbas en el año agrícola fue: sistema asociado > sistema puro de frijol de costa > sistema puro de maíz; con 517, 598 y 872 kg/ha de biomasa respectivamente.

Las malas hierbas observadas durante el período experimental fueron debidamente identificadas según muestra el detalle del Cuadro A14.

Cuadro 13. Biomasa de malas hierbas (kg/ha) en los sistemas\*

Símbolos	1a Epoca		2a Epoca		Total
M <sub>1</sub>	208,75	a	562,50	a	849
M <sub>2</sub>	562,75	a	437,00	a	1000
M <sub>3</sub>	469,75	a	296,00	a	766
Fe <sub>1</sub>	417,50	a	171,00	a	588
Fc <sub>2</sub>	227,75	a	189,50	a	417
Fc <sub>3</sub>	306,15	a	483,50	a	790
M <sub>1</sub> + Fc <sub>1</sub>	468,25	a	177,50	a	666
M <sub>2</sub> + Fc <sub>2</sub>	246,00	a	137,00	a	383
M <sub>3</sub> + Fc <sub>3</sub>	313,75	a	189,00	a	503

\* Promedio de cuatro repeticiones.

Las columnas seguidas por la misma letra indican que no hay diferencia significativa, según la prueba de Duncan al nivel  $P \leq 0,05$ .

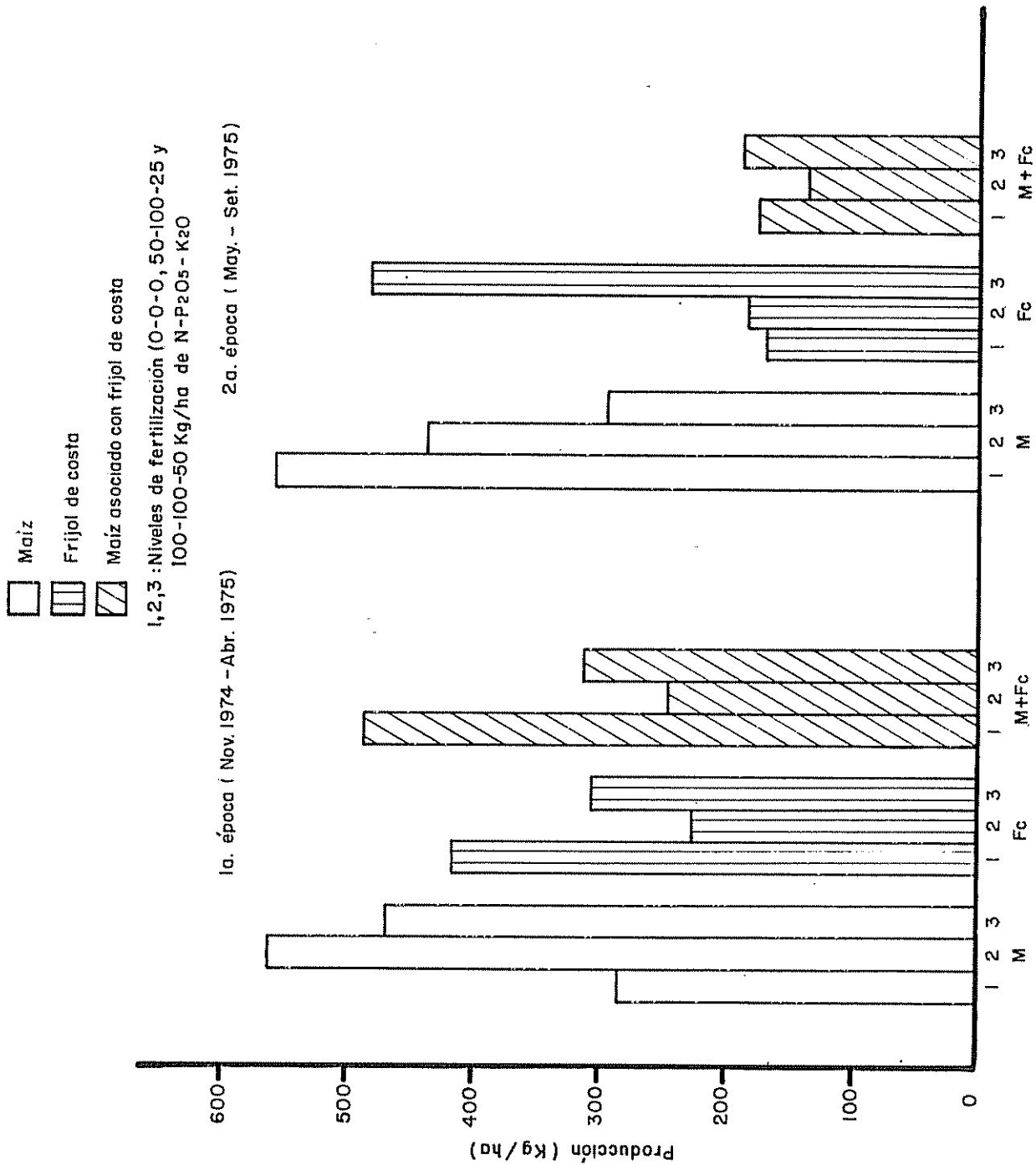


Fig. 4 Producción de biomasa de mazorcas por sistemas

## 5. DISCUSIÓN

El rendimiento en grano de los sistemas estudiados es bajo si se comparan con los obtenidos previamente en otros experimentos en Turrialba (10, 22, 45, 50), y también con los obtenidos comercialmente en el área centroamericana (49).

Factores adversos de suelo, sitio, clima y planta parecen haber influido en tales resultados. Si bien los suelos del área experimental presentan aparentemente condiciones adecuadas desde el punto de vista físico, sus características químicas muestran ser inadecuadas, caracterizadas por deficiencias de elementos como P, Ca, Mg, así como por un desbalance muy marcado entre sus bases de intercambio, causado fundamentalmente por altas concentraciones de K. Esta situación podría haber influido negativamente en el crecimiento de los cultivos estudiados.

Las características adversas de terreno como pedregosidad superficial, inclinación y exposición con susceptibilidad a la ocurrencia de vientos durante cierto período del año, pudieron ser factores incidentes en los rendimientos especialmente en el caso del maíz (1a época), debido a que la variedad usada en esa época, que fue la Eladio Hernández, es de porte alto, de manera que el porcentaje de volcamiento de plantas adultas por efecto de vientos fue muy elevado.

Desde el punto de vista climático el período marcadamente seco o de baja precipitación que ocurrió durante la primera época de siembra, pudo haber sido decisivo, especialmente en el caso del frijol

de costa, como encontró Huxley et al., citados por Summerfield (51) en Kenya o también para el maíz, como encontró Laird (36) en México. Las condiciones mejoraron durante la segunda etapa del período experimental y por ello los resultados registrados muestran mayor uniformidad.

Otros factores directamente incidentes en los cultivos, fueron las enfermedades (fungosas y virosas) que afectaron a los cultivos desde sus primeros estados de crecimiento, viéndose las enfermedades virosas favorecidas por la presencia de agentes vectores (insectos), y las enfermedades fungosas por las condiciones de alta humedad relativa en las primeras horas de la mañana. Los días lluviosos influyeron en la rápida expansión de las enfermedades *Helminthosporium turcicum* y *Ascochyta phaseolorum*, que fueron las que incidieron mayormente en el maíz y frijol de costa respectivamente. Sin embargo, en el caso de *A. phaseolorum* del frijol de costa asociado con el maíz, su diseminación se vio enormemente reducida, hecho que pudo deberse según Moreno (39) a que el follaje de las plantas de maíz actúa como amortiguador del impacto de las gotas de lluvia y al mismo tiempo ofrece una barrera natural que disminuye la velocidad del viento. Aunque por efecto de modificaciones microclimáticas que ocurren dentro de la asociación como alta humedad relativa y poca luminosidad, es posible que se haya favorecido la incidencia del *H. turcicum* en el maíz y *Erysiphe polygoni* en el frijol de costa, como encontraron Soria et al. (50) en estudios del área del CATIE.

Por lo observado en el campo, el frijol de costa, durante el período experimental, mostró ser un cultivo muy sensible a los efectos de competencia por luz. Esto fue notorio cuando se le cultivó asociado con el maíz, donde se observaron fuertes defoliaciones por el rápido envejecimiento de las hojas, efecto que también fue encontrado por Schoch y Candiano (48) en Turrialba. Además, el bajo porcentaje de floración que se observó cuando estuvo asociado con el maíz influyó aún más en sus bajos rendimientos.

Sin embargo, evaluados los sistemas estudiados en forma anual, se destaca el efecto positivo de la aplicación de fertilizantes, tanto en los sistemas de cultivos puros como en la asociación. Los niveles utilizados no se consideran elevados y en el caso de la asociación no corresponden a cantidades equivalentes a la suma de los requisitos individuales de los cultivos presentes. El elemento que parece incidir más efectivamente es el potasio, seguido por el nitrógeno y fósforo, detalle que coincide con lo encontrado por Soria et al. (50) en el CATIE, en suelos de condiciones diferentes a los del presente estudio. Los datos de consumo de nutrimentos, aquí obtenidos, respaldan aún más este orden aparente de importancia de los elementos nutritivos.

El hecho de la importancia que parece tener el potasio en estos suelos, contradice lo esperado, debido al alto contenido original detectado por el análisis químico y se constituye en un aspecto que debiera ser estudiado con mayor detención.



Las respuestas en términos de granos y biomasa aérea total mostraron tendencias también observadas por otros experimentadores (15, 16, 17, 22, 24, 50), en el sentido de que los cultivos puros rinden más producto útil que cuando se encuentran en asociación, donde la competencia debe ser mayor en todo sentido. Sin embargo, la mayor producción de biomasa aérea total por el sistema en asociación podría sugerir un aprovechamiento más efectivo del fertilizante debido posiblemente a la presencia de un mayor volumen de raíces que pueden explorar y ocupar un mayor volumen de suelo, que cuando los cultivos se encuentran solos como lo observaron Dalal (15) en Trinidad y Willey y Osiru (54) en Uganda.

Los valores correspondientes de UET, muestran en forma clara la mayor eficiencia agronómica del sistema en asociación con respecto a los sistemas de cultivos puros, lo cual respalda y ratifica conceptos referentes a las ventajas de los sistemas que hacen un uso más intensivo del suelo, tanto en tiempo como en espacio, siempre y cuando en su evaluación se consideren los cultivos participantes no por su rendimiento individual, sino por el rendimiento total de los cultivos componentes del sistema, especialmente en la evaluación económica, que en el presente estudio se limitó a la contabilización del ingreso bruto obtenido por los sistemas, mostrando la superioridad del sistema de asociación independientemente del nivel de fertilización aplicado.

La capacidad de producción de malas hierbas sigue igualmente

tendencias ya encontradas (17, 50), en que la producción es mayor cuando el suelo está ocupado por cultivos puros, que cuando existen asociaciones, hecho que es de esperar ocurra especialmente por factores de competencia por luz, nutrimentos, etc. Lamentablemente, no se registró los cambios que pudieron haber ocurrido en la composición de la población de malas hierbas, en cada período de regeneración, ya que la determinación se limitó a la producción general y total de malas hierbas.

La especie forestal ya existente en el área experimental, no fue directamente evaluada por la irregularidad de la población, desde la época de su establecimiento. Aunque ésta no está en la región donde crece naturalmente según lo señalan Santander y Albertin (47), observaciones de campo indican que las plantas en general mostraron una ramificación intensa, debido posiblemente al efecto beneficioso que pudo haber tenido de los fertilizantes aplicados para su utilización por los cultivos, además de los cuidados culturales realizados durante el ciclo experimental.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta las condiciones diferentes en la realización del estudio, y en base a los resultados obtenidos, se plantean las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. El sistema de cultivos en asociación es agronómicamente más eficiente que los respectivos sistemas de cultivos puros tanto en rendimiento total de producto útil como en la producción de biomasa aérea, componentes energéticos e ingreso bruto anual, así como en el control de malas hierbas.
2. La aplicación de fertilizantes produce incrementos en el rendimiento de producto útil y biomasa aérea y componentes energéticos independientemente del tipo de sistema, aunque el grado de respuesta de cada cultivo varía con el nivel de fertilizante aplicado.
3. El nivel equivalente a 50 kg N, 100 kg  $P_2O_5$  y 25 kg  $K_2O$  por hectárea y por época de siembra, podría constituir un nivel inicial para uso en sistemas de cultivos asociados en condiciones similares al del área experimental. El uso continuado de fertilizantes debe estar sujeto a determinación de las cantidades residuales de elementos en el suelo al final del ciclo de los cultivos.
4. Un solo ciclo anual no es suficiente para concluir sobre la estabilidad de los sistemas en áreas similares a las del experimento, por lo que el estudio debiera mantenerse por lo menos durante un período de tres años.

## 7. RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en el campo experimental "Bajo San Lucas" del Departamento de Ciencias Forestales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica, entre una plantación forestal (*Dalbergia retusa* Hemsl.) de 10 meses de plantada en suelos misceláneos (considerados litosoles), con pendiente de 45-85 por ciento. De acuerdo con el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, el área está clasificada como de "bosque muy húmedo premontano subtropical". El período de investigación en su fase de campo duró 11 meses, desde noviembre de 1974 hasta setiembre de 1975.

Los objetivos fueron evaluar en tres sistemas de producción agrícola: a) el rendimiento en grano y consumo de nutrimentos en sistemas puros de maíz (*Zea mays* L.) y frijol de costa (*Vigna sinensis* Endl.) y en un sistema de asociación maíz-frijol de costa con tres niveles de fertilización (0-0-0, 50-100-25, 100-100-50 kg/ha de N -  $P_{205}$  -  $K_{20}$ ) y b) la producción de malas hierbas en los tres sistemas nombrados. El diseño estadístico fue de "bloque completo al azar" con cuatro repeticiones.

Evaluados los sistemas en forma anual los mayores rendimientos en grano se obtuvieron con el nivel de fertilización equivalente a 50 kg N, 100 kg  $P_{205}$ , y 25 kg  $K_{20}$ , tanto en los sistemas puros como en el asociado.

En el sistema asociado los rendimientos de ambos cultivos

son inferiores a los obtenidos en los cultivos puros. En la asociación el rendimiento del maíz aumenta conforme se incrementa el nivel del fertilizante, mientras que con el frijol de costa sucede lo contrario.

De acuerdo con el índice porcentual de uso equivalente de la tierra (UET), derivado de los rendimientos de grano, tomando como referencia los cultivos puros, resultó de mayor eficiencia agronómica el sistema asociado especialmente con el mayor nivel de fertilización equivalente a 100 kg N, 100 kg  $P_2O_5$  y 50 kg  $K_2O$ .

En lo referente al aspecto económico, limitado al ingreso bruto total, independientemente de los niveles de fertilización aplicados, se encontró que la asociación produjo el mayor ingreso que los respectivos sistemas de cultivos puros.

El sistema asociado fue el que consumió la mayor cantidad de nutrimentos, resultando el potasio como el elemento de mayor consumo por el cultivo de maíz, el nitrógeno lo fue por el cultivo de frijol de costa, lo que se justifica por el tipo de producto energético obtenido de estos cultivos. Los otros elementos nutritivos analizados muestran cierta regularidad en su absorción tanto por épocas como por cultivos.

La producción de malas hierbas se vio reducida en el sistema de cultivo asociado, mostrando ser más eficiente comparado con los sistemas de cultivos puros.

## 7a. SUMMARY

The study was done in the experimental area "Bajo San Lucas" of the Forestry Department of the Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) at Turrialba, Costa Rica. Crops were planted within a 10 months old forest plantation (*Dalbergia retusa* Hemsl.) on miscellaneous soils (considered lithosol) on a 45-85 per cent slope. According to the Holdridge life zone classification system the area is in the "lower montane wet forest sub-tropical" life zone. The field experiment phase of this study lasted 11 months, from November, 1974 to September, 1975.

The objectives were to evaluate in three agricultural production systems: a) the grain yields and nutrient uptake in pure systems of corn (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna sinensis* Endl.) and in a corn-cowpea association system with three levels of fertilization (0-0-0, 50-100-25 and 100-100-50 kg/ha of N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O), and b) the production of weeds in the three systems described above. The statistical design was a "completely randomized block" with four replications.

Evaluating the systems on an annual basis, the highest grain yields were obtained with a fertilization level equivalent to 50 kg N, 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 25 kg K<sub>2</sub>O in both the pure and association systems.

In the association system, the yields of both crops were lower than those obtained in the pure systems. In the association

the yield of corn increased with increasing fertilizer levels while the opposite occurred with the cowpea.

Using the pure crops as a reference, an equivalent use of land index (UET) calculated from the grain yields, showed a greater agronomic efficiency in the association system, with the highest efficiency occurring with the highest fertilizer level which was equivalent to 100 kg N, 100 kg  $P_2O_5$  and 50 kg  $K_2O$ .

An evaluation of the economic aspect, which was limited to calculation of total gross income, showed that the association produced higher income than the respective pure crops.

The association system had a higher nutrient uptake than the pure crops, the corn used more potassium and the cowpea more nitrogen, which was expected given the energetic product of these crops. The other nutrients analyzed showed predictable results given the absorption and period of growth of each crop.

The production of weeds was reduced in the association system, demonstrating its efficiency compared with the pure crops.

## 8. LITERATURA CITADA

1. AGUIRRE, V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 138 p.
2. ANDERSON, W. K. y WHAN, I. F. Multiple cropping in Australia. I. Austr. Inst. Agric. Sci. 40(1):29-35. 1974.
3. ANDREWS, D. S. Intercropping with sorghum in Nigeria. Expl. Agric. 9(2):139-150. 1972.
4. ASHBY, D. G. y PFEIFFER, R. K. Weeds a limiting factor in Tropical Agriculture. World Crops 8:227-229. 1956.
5. BANTILAN, R. T., PALADA, M. C. y HARWOOD, R. R. Integrated weed management: I. Key factors affecting crop-weed balance. In Conference of the Pest Control Council of the Philippines, Davao City, May 8-10, 1974. 9 p.
6. BAZAN, R., SORIA, J., PAEZ, G., PINCHINAT, A. y MATEO, N. Desarrollo de sistemas de producción agrícola, una necesidad para el trópico. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1974. 12 p.
7. BLANCO, G. H., OLIVEIRA, D. A. y ARAUJO, J. B. Estudo sobre a competição das plantas daninhas na altura do milho (*Zea mays* L.). I. Experimento para verificar onde realizar o controle do mato. Arquivos do Instituto Biológico (Brasil) 40(4): 309-320. 1973.
8. \_\_\_\_\_, HAAG, H. P. y OLIVEIRA, D. A. Estudo sobre a competição das plantas daninhas na cultura do milho (*Zea mays* L.). II. Influencia do mato na nutrição do milho. Arquivos do Instituto Biológico (Brasil) 41(1):5-14. 1974.
9. BREMMER, J. M. Total nitrogen. In Black, C. A. et al., eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society Agronomy. 1965. pp. 1171-1175.
10. BRESSANI, R. La importancia del maíz en la nutrición humana en América Latina y otros países. In Craham, J. E. y Behar, H., eds. Mejoramiento nutricional del maíz. Guatemala, INCAP. 1972. pp. 5-30.
11. CALZADA, J. Métodos estadísticos para la investigación. Lima, Perú. 2a. ed. 1964. pp. 223-231.



12. CARIBBEAN FOOD AND NUTRITION INSTITUTE. Food composition tables for use in the English speaking Caribbean. Kingston, Jamaica. pp. 12-16. 1974.
13. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Desarrollo de sistemas de producción agrícola para el trópico. Turrialba, Costa Rica, 1974. 55 p.
14. COMPETITION BETWEEN maize and weeds. Farming in South Africa. 36(6):27-29. 1960.
15. DALAL, R. C. Effects of intercropping maize with pigeon peas on grain yield and nutrient uptake. Expl. Agric. 10(3): 219-224. 1974.
16. DESIR, S. Producción de maíz y frijol común asociados según hábito de crecimiento y población de plantas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. UCR-CATIE, 1975. 41 p.
17. DIAS CALHEIROS, B. Alguns índices bioeconómicos associados as combinações multicuvas; feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), milho (*Zea mays* L.) e batata doce (*Ipomoea batatas* (L) Lam). Tese Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974. 110 p.
18. DIAZ-ROMEU, R. y DALERDI, F. Determinación de la capacidad de intercambio de cationes del suelo. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1967. 3 p.
19. EDDOVES, M. Weed control in maize. World Crops 12(9):349-350. 1960.
20. ENYI, B. A. C. Effects of intercropping maize or sorghum with cowpeas, pigeon peas or beans. Expl. Agric. 9(1):83-90. 1973.
21. FORSYTHE, W. Manual de laboratorio de física de suelos. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1972. 216 p.
22. GARCIA, J. Producción de camote, maíz y soya a diferentes combinaciones y presiones de cultivo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. UCR-CATIE, 1975. 42 p.
23. HARDY, F. The soils of I.A.I.A.S. area. Turrialba, Costa Rica. Cacao Center Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1961. 76 p. (mimeo.).

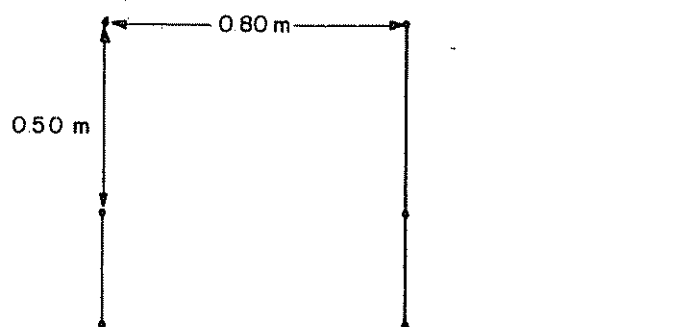
24. HART, R. D. The design and evaluation of a bean, corn, and maniot polyculture cropping system for the humid tropics. Thesis Ph.D. University of Florida, 1974. 158 p.
25. HARWOOD, R. R. y BANTILAN, R. T. Shifts in composition of the weed community in intensive cropping systems. In Conference of the Pest Control Council of the Philippines, Davao City, May 8-10, 1974. 9 p.
26. HEINZ NUTRITIONAL data. 5 ed. Pittsburgh. Heinz, 1964. p. 81.
27. HILDEBRAND, P. E. y FRENCH, E. C. Un sistema salvadoreño de multicultivos su potencial y sus problemas. In Conferencia sobre sistemas de producción agrícola para el trópico. Informe Final. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica, Febrero 25-27, 1974. p. irr. 26 p.
28. HOEFT, R. G., WALSH, L. M. y KEENEY, D. R. Evaluation of various extractants for available soil sulphur. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 37(3):401-404. 1973.
29. HOLDRIDGE, L. R. Life Zone Ecology. Tropical Science Center, San José, Costa Rica, 1967. 206 p.
30. HOPKINS, H. T. Jr. y DONAHUE, R. L. Forest tree root development as related to soil morphology. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 4:353-355. 1939.
31. HUNTER, A. H. Soil analytical procedure using the modified  $\text{NaHCO}_3$  extracting solution. Raleigh, International Soil Fertility Evaluation Improvement Program. s.f. 6 p.
32. IGBOZURIKE, N. Ecological balance in tropical agriculture. *Geogr. Rev.* 61(4):519-529. 1971.
33. JACKSON, M. L. Análisis químico de suelos. Trad. por José Beltrán Martínez. Barcelona, Omega, 1964. 662 p.
34. JANZEN, D. H. Tropical agrosystems. *Science* 182(4118): 1212-1219. 1973.
35. KAMPRATH, E. J. Soil acidity and response to liming. North Carolina. Agricultural Experimental Station. Technical Bulletin no. 4. 1967. 14 p.

36. LAIRD, R. J. La fertilización del maíz. In Reunión Centroamericana sobre mejoramiento del maíz. 6a. Managua, Nicaragua, 1960. Proyecto Cooperativo Centroamericano-México. s.f. pp. 44-50.
37. MANCIA, J. E. Combate de la babose del frijol de costa. In Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. Reunión Anual, 17a., 1971, Panamá. Panamá, Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1971. pp. 1-21.
38. MEDRANO, C., AVILA, R. y VILLASMIL, J. J. Determinación del período crítico de competencia de las malezas en frijol *Vigna unguiculata* (L) Walp. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia (Venezuela) 2(3):7-13. 1973.
39. MORENO, R. Diseminación de *Ascochyta phaseolorum* en variedades de frijol de costa bajo diferentes sistemas de cultivo. Turrialba 25(4):361-364. 1975.
40. \_\_\_\_\_. Fitopatólogo, CATIE, comunicación personal. 1975.
41. MULLER, L. Un aparato micro-kjeldahl para análisis rutinarios rápidos de material vegetal. Turrialba 11(1):17-25. 1961.
42. OLSEN, S. Phosphorus. In Black, C. A., et al., eds. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, Amer. Soc. Agron. 1965. pp. 1035-1049.
43. PEECH, M., ALEXANDER, L. T., DEAN, L. A. y REED, J. F. Methods of soil analysis for soil fertility investigations. U.S. Department of Agriculture. Circular no. 757. 1947. 25 p.
44. RAMIREZ, R. Efecto de diferentes métodos de control de malezas sobre el rendimiento del maíz. Agronomía Tropical (Venezuela) 22(2):169-180. 1972.
45. ROCABADO, J. E. y PINCHINAT, A. M. Rendimiento y contenido proteínico de grano en frijoles común y costeño tratados con TIBA. Turrialba 25(1):72-78. 1975.
46. SAIZ DEL RIO, J. F. y BORMENISZA, E. Análisis químico de suelos; métodos de laboratorio para diagnosis de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, 1961. 107 p.

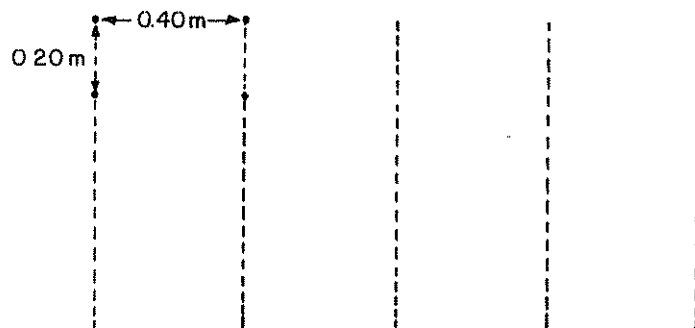
47. SANTANDER, C. y ALBERTIN, V. Comportamiento de *Dalbergia retusa* Hemsl. en el trópico húmedo. Turrialba, Costa Rica. Turrialba 24(1):76-83. 1974.
48. SCHOCH, P. G. y CANDELARIO, L. S. Influencia de la sombra sobre el crecimiento y la productividad de las hojas de *Vigna sinensis* L. Turrialba 24(1):84-89. 1974.
49. SORIA, J. Los sistemas de agricultura en el istmo centroamericano. in Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. Feb.-Marzo 1975. 21 p. (mimeo.).
50. \_\_\_\_\_, BAZAN, R., PINCHINAT, A. M., PAEZ, G., MATEO, N., MORENO, R., FARGAS, J. y FORSYTHE, W. Investigación sobre sistemas de producción agrícola para el pequeño agricultor del trópico. Turrialba 25(3):283-293. 1975.
51. SUMNERFIELD, R. J., HUXLEY, P. A. y STEELE, W. Cowpea (*Vigna unguiculata* (L) (Walp.)). Field Crops Abst. 27(7):301-312. 1974.
52. THURSTON, D. H. Tropical Agriculture a Key to the world food crisis. Bioscience 19(1):29-34. 1969.
53. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Consumer and marketing service grain division. Official Grain Standard of the United States, EE.UU. 1970. pp. 2-8.
54. WILLEY, R. V. y OSIRU, D. S. O. Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. J. Agr. Sci. 79:517-529. 1972.

9. A P E N D I C E

MAIZ



FRIJOL DE COSTA



MAIZ + FRIJOL DE COSTA

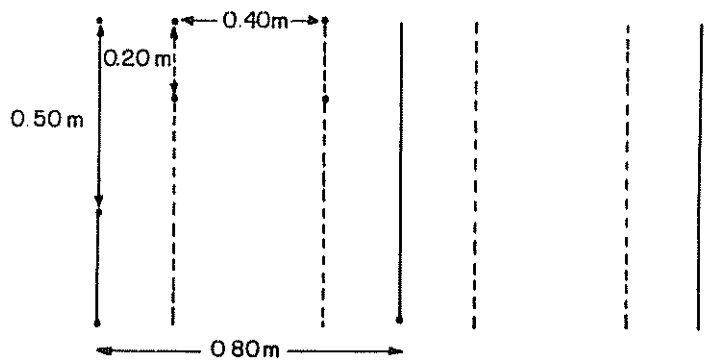


Fig.A5 Distanciamientos de siembra en los sistemas de cultivo

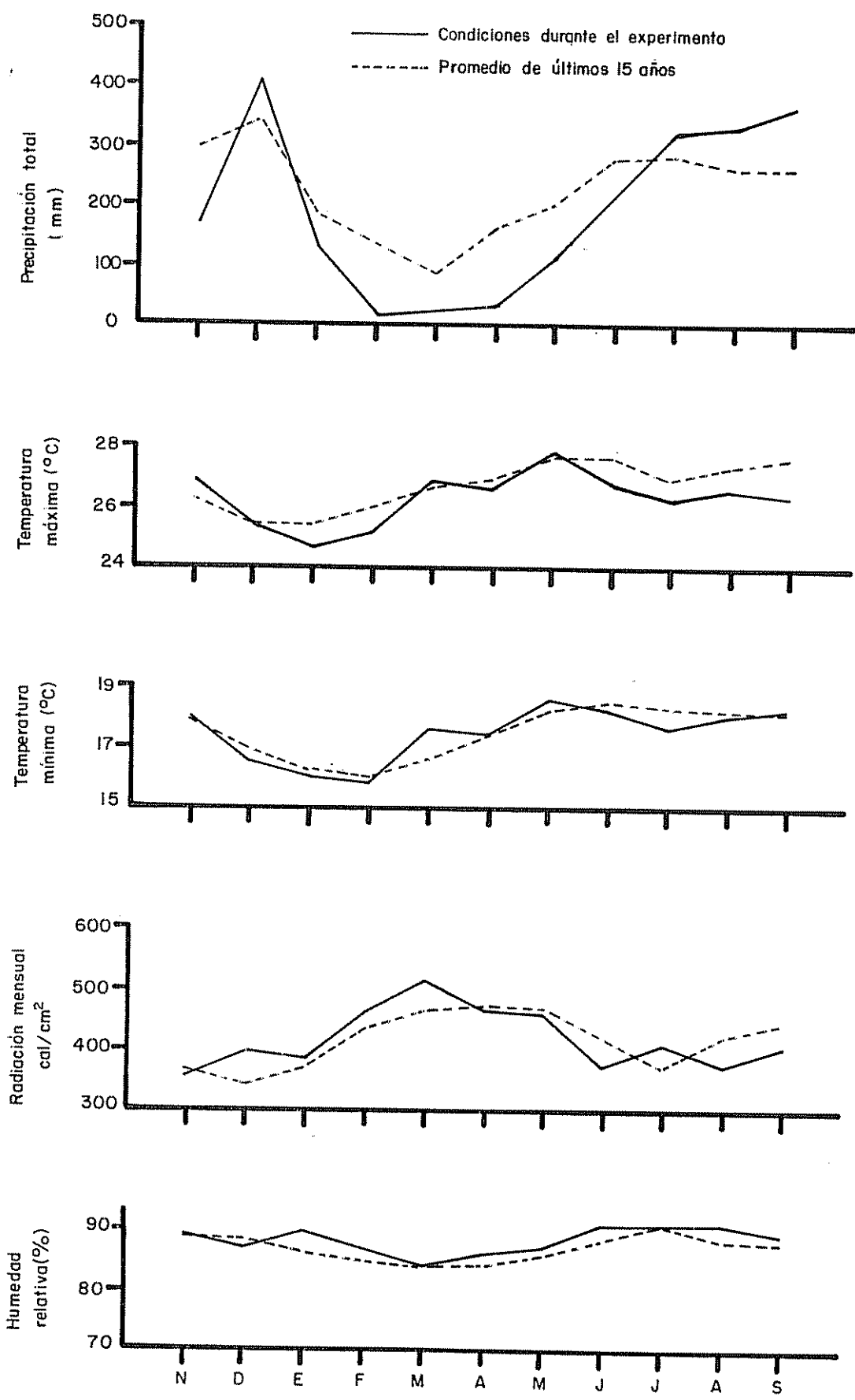


Fig A6 Condiciones climatológicas

Cuadro A14. Malezas observadas durante el período experimental\*.

1. *Achyranthes aspera* L.
2. *Acnistus arborescens* (L) Schecht - "guitite"
3. *Blechnum pyramidatum* (Lam) Urb.
4. *Borreria* sp.
5. *Calonyction aculeatum* (L) House
6. *Canna coccinea*
7. *Canna indica* L. - "platanillo"
8. *Cassia fructicosa* Mill.
9. *Coix lacryma Jobi* L. - "lágrima de San Pedro"
10. *Cyperus diffusus* Vahl.
11. *Desmodium* sp. - "pega pega"
12. *Discorea* sp. - "ñame"
13. *Echinochloa colonum* (L) Link
14. *Emilia sonchifolia* (L) D.C.
15. *Eupatorium vitalvae* D.C.
16. *Euphorbia* sp.
17. *Galinsoga* sp.
18. *Homolepis aturensis* (HBK)
19. *Hyptis capitata* Jacq.
20. *Hyptis* sp.
21. *Inga* sp.
22. *Ipomoea* sp.
23. *Ipomoea tiliacea* (Willd) Poir - "churristate"
24. *Iresine celosia* L.
25. *Lantana camara* L. - "mora de caballo"

continúa....

---

\* CORDOBA, J. J. Ex-asistente del Departamento Botánica del CATIE.  
Comunicación personal.



## Cuadro A14 (continuación)

26. *Malortica* sp.
27. *Musa* sp.
28. *Oplismenus* sp.
29. *Panicum maximum* Jacq. - "zacate de guinea"
30. *Paspalum paniculatum* L.
31. *Phytolacca icosandra* L. - "jaboncillo"
32. *Pityrognama* sp.
33. *Polymnia maculata* Cav. - "tora", "purca"
34. *Scleria* sp.
35. *Solanum nigrum* L. - "yerba mora"
36. *Solanum toivum* Swartz - "berengena"
37. *Sonchus oleraceus* L.
38. *Solanum suaveolens* Kunth Bouche
39. *Spananthe paniculata* Jacq.
40. *Tripogandra cumanensis* Kunth Woods.
41. *Vitis tiliifolia* Humb. Bonpl - "agria"
42. *Vernonia brachiata* Benth - "tabaquillo"
43. *Xiphidium coeruleum* Aubl.

Cuadro A15. Análisis de varianza de rendimiento (kg/ha) de maíz de los sistemas agrícolas en dos épocas de siembra.

F.V.	G.L.	S. C.	C.M.	F	F 0,05	Signif.
Tratamiento (T)	5	1.461.159	292.231	2,15	2,90	n.s.
Repetición (R)	3	473.782	157.927	1,16	3,29	n.s.
Error (a)	15	2.038.472	135.898			
Epoca (E)	1	2.349.824	2.349.824	43,87	4,54	*
E x T	5	615.162	123.032	2,29	2,90	n.s.
Error (b)	15	803.394	53.559			
Total	47	8.091.987	3.229.202			

Cuadro A16. Análisis de varianza de rendimiento (kg/ha) de frijol de costa de los sistemas agrícolas en dos épocas de siembra.

F.V.	G.L.	S. C.	C.M.	F	F 0,05	Signif.
Tratamiento	5	2.143.619	428.723	25,18	2,90	*
Repetición	3	132.227	44.075	2,58	3,29	n.s.
Error (a)	15	255.338	17.022			
Epoca	1	7.921.687	7.921.687	614,79	4,54	*
E x T	5	684.867	136.973	10,63	2,90	*
E x R	3	20.439	6.813	0,52	3,29	n.s.
Error (b)	15	193.280	12.885			
Total	47	11.351.457	8.568.178			

Cuadro A17. Análisis de varianza de ingresos brutos totales  
(\$/ha) de los sistemas agrícolas en dos épocas  
de siembra,

F.V.	G.L.	S. C.	C.M.	F	F 0,05	Signif.
Bloques	3	1.095.925	365.308	0,74	3,01	n.s.
Niveles (N)	2	1.164.824	582.412	1,18	3,40	n.s.
Sistemas (S)	2	12.067.554	6.033.777	12,26	3,40	*
N x S	4	1.199.993	299.998	0,61	2,78	n.s.
Error (a)	24	11.813.374	492.224			
Epoca	1	57.255.160	57.255.160	136,14	4,21	*
E x N	2	800.494	400.247	0,95	3,35	n.s.
E x S	2	10.135.682	5.067.841	12,05	3,35	*
E x N x S	4	1.390.463	347.615	0,83	2,73	n.s.
Error (b)	27	11.355.247	420.564			
Total	71	108.278.715	71.265.146			

Cuadro Al8. Análisis de varianza de producción de biomasa (kg/ha) de maíz en dos épocas de siembra.

F.V.	G.L.	S. C.	C.M.	F	F 0,05	Signif.
Tratamiento (T)	5	22.900.240	4.580.048	1,49	2,90	n.s.
Repetición	3	5.467.551	1.822.516	0,59	3,29	n.s.
Error (a)	15	46.033.032	3.068.868			
Epoca	1	134.946.144	134.946.144	62,49	4,59	*
E x T	5	20.183.100	4.036.619	1,87	2,90	n.s.
E x R	3	14.461.662	4.820.554	2,23	3,29	n.s.
Error (b)	15	32.423.652	2.161.577			
Total	47	276.415.381	155.436.326			

Cuadro Al9. Análisis de varianza de producción de biomasa (kg/ha) de frijol de costa en dos épocas de siembra.

F.V.	G.L.	S. C.	C.M.	F	F 0,05	Signif.
Tratamiento (T)	5	60.239.096	12.047.818	17,20	2,90	*
Repetición	3	782.154	260.718	0,37	3,29	n.s.
Error (a)	15	10.501.484	700.095			
Epoca	1	6.951.069	6.951.069	11,89	4,59	*
E x T	5	11.984.306	2.396.861	4,10	2,90	*
E x R	3	7.736.930	2.578.976	4,41	3,29	*
Error (b)	15	8.768.738	584.582			
Total	47	106.963.777	25.520.122			

Cuadro A20. Análisis de varianza de extracción de N (kg/ha) por los sistemas agrícolas en dos épocas de siembra.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	F 0,05	Signif.
Bloques	3	972	324	1,31	3,01	n.s.
Niveles	2	4.335	2.167	8,80	3,40	*
Sistemas	2	5.055	2.527	10,27	3,40	*
N x S	4	456	114	0,46	2,78	n.s.
Error (a)	24	5.903	246			
Epoca	1	317	317	1,33	4,21	n.s.
E x N	2	897	448	1,88	3,35	n.s.
E x N x S	4	447	111	0,46	2,73	n.s.
Error (b)	27	6.436	238			
Total	71	31.365	9.765			

Cuadro A21. Análisis de varianza de extracción de P (kg/ha) por los sistemas agrícolas en dos épocas de siembra.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	F 0,05	Signif.
Bloques	3	25	8	2	3,01	n.s.
Niveles	2	105	52	13	3,40	*
Sistemas	2	120	60	15	3,40	*
N x S	4	7	1	0,25	2,78	n.s.
Error (a)	24	104	4			
Epoca	1	86	86	28,66	4,21	*
E x N	2	55	27	9,0	4,21	*
E x S	2	144	72	24,0	3,35	*
E x N x S	4	15	3	1,0	2,73	n.s.
Error (b)	27	104	3			
Total	71	765	316			

Cuadro A22. Análisis de varianza de extracción de K (kg/ha) por los sistemas agrícolas en dos épocas de siembra.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	F 0,05	Signif.
Bloques	4	5.780	1.926	1,75	3,01	n.s.
Niveles	2	17.659	8.829	8,04	3,40	*
Sistemas	2	45.292	22.646	20,64	3,40	*
N x S	4	2.238	559	0,50	2,78	n.s.
Error (a)	24	26.346	1.097			
Epoca	1	66.696	66.696	57,10	4,21	*
E x N	2	11.531	5.765	4,93	3,35	*
E x S	2	51.909	25.954	22,22	3,35	*
E x N x S	4	661	165	0,14	2,73	n.s.
Error (b)	27	31.553	1.168			
Total	71	259.665	134.805			

Cuadro A23. Análisis de varianza de extracción de Ca (kg/ha) por los sistemas agrícolas en dos épocas de siembra.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	F 0,05	Signif.
Bloques	3	252	84	1,71	3,01	n.s.
Niveles	2	366	183	3,73	3,40	*
Sistemas	2	2.120	1.060	21,63	3,40	*
N x S	4	85	21	0,42	2,78	n.s.
Error (a)	24	1.176	49			
Epoca	1	356	356	5,83	4,21	*
E x N	2	750	375	6,14	3,35	*
E x S	2	1.384	692	11,34	3,35	*
Error (b)	27	1.665	61			
Total	75	8.583	2.988			

Cuadro A24. Análisis de varianza de la extracción de Mg (kg/ha) por los sistemas agrícolas en dos épocas de siembra.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	F 0,05	Signif.
Bloques	3	51	17	0,77	3,01	n.s.
Niveles	2	270	135	6,13	3,40	*
Sistemas	2	320	160	7,27	3,40	*
N x S	4	211	52	2,36	2,78	n.s.
Error (a)	24	536	22			
Epoca	1	651	651	40,68	4,21	*
E x N	2	148	74	4,62	3,35	*
E x S	2	388	194	12,12	3,35	*
E x N x S	4	67	16	1,00	2,73	n.s.
Error (b)	27	442	16			
Total	71	3.084	1.337			

Cuadro A25. Análisis de varianza de la extracción de S (kg/ha) por los sistemas agrícolas en dos épocas de siembra.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	F 0,05	Signif.
Bloques	3	19	6	3,0	3,01	n.s.
Niveles	2	24	12	6,0	3,40	*
Sistemas	2	35	17	8,5	3,40	*
N x S	4	4	1	0,5	2,78	n.s.
Error (a)	24	51	2			
Epoca	1	106	106	53,0	4,21	*
E x N	2	22	11	5,5	3,35	*
E x S	2	40	20	10,0	3,35	*
E x N x S	4	7	1	0,5	2,73	
Error (b)	27	63	2			
Total	71	371	178			

Cuadro A26. Análisis de varianza de la extracción de Al (kg/ha) por los sistemas agrícolas en dos épocas de siembra.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Significativo
Bloques	3	12	4	2,0	n.s.
Niveles	2	12	6	3,0	n.s.
Sistemas	2	26	13	6,5	*
N x S	4	10	2	1,0	n.s.
Error (a)	24	62	2		
Epoca	1	131	131	65.50	*
E x N	2	11	5	2,5	n.s.
E x S	2	28	14	7,0	*
E x N x S	4	9	2	1,0	n.s.
Error (b)	27	74	2		
Total	71	375	181		

Cuadro A27. Análisis de varianza de la producción de biomasa (kg/ha) de malezas entre los sistemas agrícolas en dos épocas de siembra.

F. V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Significativo
Bloques	3	56.94	18.98	0,04	n.s.
Niveles	2	91.92	45.96	0,09	n.s.
Sistemas	2	339.834	169.917	3,37	n.s.
N x S	4	217.287	54.321	1,08	n.s.
Error (a)	24	1.208.903	50.371		
Epoca	1	63.190	63.190	1,26	n.s.
E x N	2	10.792	5.396	0,11	n.s.
E x S	2	52.626	26.313	0,52	n.s.
E x N x S	4	531.257	132.814	2,65	n.s.
Error (b)	27	1.354.506	50.167		
Total	71	3.793.281	558.983		