

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**ANALISIS AGRO—ECONOMICO DEL SISTEMA MAIZ—YUCA  
SEGUN VARIACIONES DE POBLACION Y ARREGLO ESPACIAL**

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa Conjunto de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

*Magister Scientiae*

por

**MURITO TERNES**

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  
Programa de Cultivos Anuales  
Turrialba, Costa Rica  
1981

DEDICATORIA

A mi madre

A la memoria de mi padre

A mis suegros

A mi esposa, Dulce María

A mis hijos: Guilherme,

Ricardo,

Caroline,

Luciana

## AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su sincero agradecimiento a su Profesor Consejero, Dr. José Fargas, excelente persona y profesional, que brindó con su amistad y constante orientación, además del estímulo y sus valiosísimos consejos.

A los miembros de su Comité Asesor, Doctores Joseph Saunders, Marcelino Avila y Robert Hart, por su apoyo y acertadas sugerencias.

Al Dr. Julio Henao por la ayuda en el análisis de los datos, y también al Sr. Gustavo López por la presteza en los análisis estadísticos.

Al Ing. Alfonso Martínez G. por su ayuda desinteresada en la revisión del español.

A la Lic. María José Galrão por la revisión en la parte de documentación.

A los Señores José Joaquín Salazar, Antonio Castro, Rodolfo Sanabria, Arturo Coto, Luis Torres, y al Agr. Arnoldo Barrantes, por la colaboración y amistad ofrecida.

Al personal obrero del CATIE que trabaja en el campo experimental "La Montaña" por su continua y oportuna colaboración, representados en la persona del Sr. José Angel Mata.

A las Señoras Hannia Fonseca e Hilda Jiménez por su excelente trabajo de mecanografía.

A los compañeros de estudio por la sincera amistad que demostraron en todo momento.

A mi esposa Dulce María, por su colaboración, comprensión y estímulo demostrados durante mis estudios.

A la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria, EMBRAPA, a la Universidad de Costa Rica y al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, porque me dieron la oportunidad de efectuar mis estudios de posgrado.

A la Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuaria, EMPASC, en las personas de sus directores, Doctores José Oscar Kurtz, Conrado Zimmermann y Carlos Pieta Filho, por la confianza depositada.

A los colegas de trabajo de la Estación Experimental de Itajaí, que también me estimularon en esta jornada.

## BIOGRAFIA

El autor nació en Garopaba do Norte, Santa Catarina, Brasil.

Realizó sus estudios primarios en el Grupo Escolar Prof. José Basilio en Biguaçu, y secundarios en el Colegio Estatal "Dias Velho" y en el Colegio "Catarinense", Florianópolis, S.C.

Sus estudios universitarios los efectuó en la Escuela de Agronomía "Eliseu Maciel", de la Universidad Federal de Pelotas, R.S., graduándose Ingeniero Agrónomo en 1968.

Desde mayo 1969 hasta mayo de 1971, trabajó como extensionista rural en el municipio de Tijucas, S.C.

A partir de mayo de 1971 hasta febrero de 1976, trabajó con la Universidad Federal de Pelotas, como profesor del Departamento de Química Analítica e Inorgánica, donde también fue Jefe del Departamento y miembro del Consejo Departamental de la Escuela de Agronomía "Eliseu Maciel".

Desde febrero de 1976 se vinculó como investigador en la Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuaria, EMPASC, estando ubicado en la Estación Experimental de Itajaí, donde fue coordinador del proyecto de investigación en yuca para el estado de Santa Catarina.

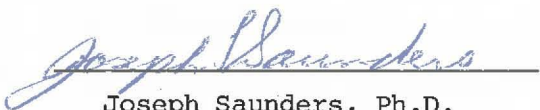
En 1979 ingresó al Programa Conjunto de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR-CATIE), Turrialba, para graduarse de *Magister Scientiae* en febrero de 1981.

·Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica.



José Fargas, Ph.D.

Profesor Consejero



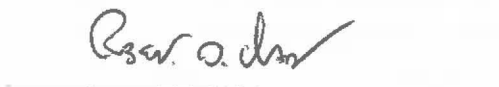
Joseph Saunders, Ph.D.

Miembro del Comité



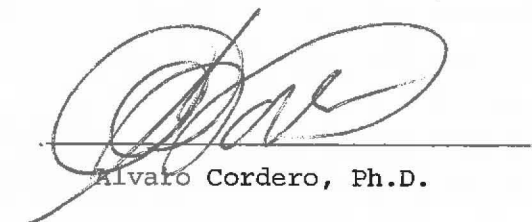
Marcelino Avila, Ph.D.

Miembro del Comité



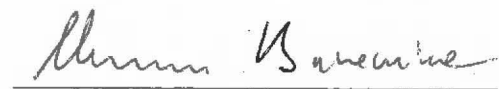
Robert D. Hart, Ph.D.

Miembro del Comité



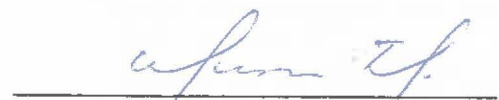
Alvaro Cordero, Ph.D.

Coordinador del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales.



Elemer Bornemisza, Ph.D.

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



Murito Ternes

Candidato

## INDICE

	Página
RESUMEN .....	ix
SUMMARY .....	xi
LISTA DE CUADROS .....	xiii
LISTA DE FIGURAS .....	xvi
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	3
2.1. Generalidades .....	3
2.2. Yuca como monocultivo .....	3
2.3. Yuca asociada con maíz .....	4
2.3.1. Ubicación en diferentes países .....	5
2.3.2. Ventajas de la asociación .....	6
2.3.3. Desventajas en la asociación .....	7
2.3.4. Fechas relativas de siembra .....	8
a. Siembra de yuca después del maíz .....	8
b. Siembra simultánea de yuca y maíz .....	10
c. Siembra de la yuca antes del maíz .....	12
2.3.5. Influencia del arreglo espacial .....	13
a. Poblaciones .....	13
b. Disposición de hileras .....	14
2.4. Consideraciones económicas .....	17
3. MATERIALES Y METODOS .....	19
3.1. Localización y características del suelo y clima .	19
3.2. Especies y cultivares utilizados .....	19
3.3. Tratamientos .....	19
3.4. Diseño del experimento .....	23
3.5. Tamaño de parcela, distanciamiento y poblaciones .	23
3.6. Preparación de estacas de yuca .....	23
3.7. Siembra .....	23
3.8. Fertilización y encalado .....	25
3.9. Control sanitario y deshierbas .....	25
3.10. Cosechas .....	26
3.11. Recolección de información .....	26
3.11.1. Características biológicas por cultivo ...	26
a. Yuca	

	Página
a.1. Características morfológicas ...	26
a.2. Características de biomasa .....	27
a.3. Características agronómicas ....	28
b. Maíz	
b.1. Características morfológicas ...	29
b.2. Características de biomasa .....	30
b.3. Características agronómicas ....	31
3.11.2. Comparación entre sistemas .....	32
3.11.3. Evaluaciones económicas por sistema .....	35
4. RESULTADOS Y DISCUSION .....	38
4.1. Condiciones climáticas .....	38
4.2. Aspectos generales de los cultivos .....	38
4.3. Características biológicas por cultivo .....	40
4.3.1. Yuca .....	40
a. Efecto de disposición de hileras sobre las plantas de yuca en monocultivo....	40
b. Efecto de población de maíz sobre el comportamiento de plantas de yuca en hilera simple .....	42
c. Efecto de población de maíz en dos siembras sucesivas sobre el comportamiento de plantas de yuca en hilera doble .....	46
d. Comparaciones generales de algunas características entre sistemas que presentaron una o dos siembras de maíz .....	47
4.3.2. Maíz .....	48
a. Efecto de población sobre las plantas maíz en monocultivo .....	52
a.1. Primera siembra.....	52
a.2. Segunda siembra .....	54
b. Efecto de arreglo de hileras de yuca sobre diferentes poblaciones de maíz en primera siembra .....	55
b.1. Diez mil plantas por hectárea ..	55
b.2. Veinte y cinco mil plantas por hectárea .....	56
b.3. Cuarenta mil plantas por hectárea .....	56
c. Efecto del arreglo de hilera doble de yuca sobre la segunda siembra del maíz en diferentes poblaciones .....	58

	Página
d. Ventajas del arreglo de la yuca en hileras dobles sobre la producción total de maíz .....	60
4.4. Comparaciones entre los sistemas .....	60
4.4.1. Relación equivalente del área en el tiempo (REAT) .....	60
4.4.2. Evaluaciones energéticas .....	70
4.4.3. Evaluaciones económicas .....	74
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	83
7. LITERATURA CITADA .....	85
APENDICE .....	93



## RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar el efecto de modificaciones espaciales de componentes sobre el comportamiento de la asociación maíz-yuca con el fin de detectar mejores alternativas para aumentar su eficiencia agronómica y económica.

El material genético utilizado fue yuca cv. 'Valencia' y maíz cv. 'Tuxpeno-1' planta baja, grano blanco cremoso.

Los arreglos espaciales de yuca (Y) fueron hileras simples (s) (1,00 x 1,00m) e hileras dobles (d) (2,50 x 0,84 x 0,60m) correspondiendo en ambos casos a 10K\* plantas/ha. Las poblaciones de maíz (M) fueron 10K, 25K y 40K plantas/ha.

En el arreglo Ys se intercaló una siembra de M, ~~14~~ días después de la siembra de Y. En el arreglo Yd fue posible intercalar dos siembras (x2) de M, separadas por un barbecho de 35 días.

Los tratamientos fueron: Dos monocultivos de Y (Ys y Yd) y tres monocultivos de M (M10Kx2, M25Kx2, M40Kx2). Además seis asociaciones (Ys+M10K, Ys+M25K, Ys+M40K; Yd+M10Kx2, Yd+M25Kx2, Yd+M40Kx2).

El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. La cosecha de Y se realizó a los 365 días y la de M aproximadamente a los 125 días.

Para evaluar el comportamiento de los componentes se analizaron datos morfológicos (altura de planta, altura de horqueta en Y, producción totales y comerciales/mazorca, número de mazorcas o raíces totales/planta, peso fresco granos totales/mazorca, peso fresco por raíz total y comercial de Y), de biomasa (peso seco de granos o raíces totales y comerciales por planta, peso seco total/planta, índice de cosecha, razón de peso foliar) y agronómicos (plantas útiles, producción total/ha, rendimiento comercial/ha, producción no comercial/ha). Para evaluar los sistemas se analizaron datos de eficiencia en el uso de la tierra en el tiempo (REAT), datos económicos (ingreso total, ingreso neto, ingreso familiar efectivo, retribución a los factores tierra, capital y mano de obra, relación producto-producto) y energéticos (eficiencia energética y energía alimenticia neta).

---

\* K= 1.000

Los rendimientos más altos por cultivo se obtuvieron de los sistemas monoculturales tanto en Y como en M.

En las asociaciones la relación entre los rendimientos de los componentes es de tipo competitiva ya que el nivel de producción de uno de ellos aumenta cuando el del otro disminuye.

Aunque en Yd se produjeron menor número de raíces totales/planta, por competencia intraespecífica, que en Ys su eficiencia en producción de número de raíces comerciales/planta, expresada en relación a las raíces totales, fue superior en un 13% a Ys.

Los sistemas de asociación de M con Yd hicieron uso más eficiente de la tierra en el tiempo que los monocultivos correspondientes, superando a éstos en hasta un 28% (REAT=1,28). Los sistemas de asociación de M con Ys no superaron a los monocultivos correspondientes y entre ellos el sistema Ys+M40K fue el menos eficiente (REAT=0,89).

Desde el punto de vista agronómico y económico el mejor sistema fue Yd+M25Kx2. Este sistema es económicamente más estable resistiendo bajas en el precio de la yuca hasta que la proporción del precio de la yuca es de 13,5% del precio del maíz, mientras que en sistema Ys+M25K esta proporción solamente llega a 22,7%.

El sistema Yd+M25Kx2 ofreció la mejor retribución a los factores de producción (capital, mano de obra y tierra). El sistema Yd+M40Kx2 requirió más insumos y su ingreso bruto fue inferior al del sistema anterior. En todos los aspectos económicos evaluados, el sistema Ys+M40K se identificó como la peor alternativa.

La eficiencia energética de los sistemas de M con Ys tuvo un valor promedio de 1,29% mientras que para las asociaciones con Yd este valor fue de 1,65% (+28%).

En relación a la producción de alimentos, expresada como energía alimenticia total neta, el mejor sistema fue Yd+M25Kx2 produciendo 24.333 Mcal/ha/año.

Debido al uso frecuente del sistema Ys+M40K en las condiciones de Turrialba, Costa Rica, utilizando los mismos cultivares evaluados en este trabajo, se recomienda su sustitución por Yd+M25Kx2 y estudiar variaciones poblacionales de ajuste, para utilizar más eficientemente las ventajas del arreglo Yd.

## SUMMARY

The principal objective of this work was to evaluate the effects of spacial modifications on the behavior of maize-cassava intercropping systems in order to define more agronomically and economically efficient alternatives.

The cassava cultivar 'Valencia' and maize cultivar 'Tuxpeno-1', a white dent, were used.

Cassava (C) was planted at 10K\* plants per ha in spacial arrangements of single rows (s), 1.0 x 1.0 m, and double rows (d), 2.5 x 0.84 x 0.60 m. Maize (M) planting densities were 10K, 25K and 40K plants per ha.

In the Cs arrangement, one crop of maize was interplanted 14 days after cassava was planted. In the Cd arrangement, two crops (x2) of maize were planted with a 35-day fallow period between crops. Cassava and maize were harvested 365 days and about 125 days after planting, respectively.

Treatments were: Two monocrops of cassava (Cs and Cd), three monocrops of maize (M10Kx2, M25Kx2, M40Kx2), and six intercrops (Cs+M10K, Cs+M25K, Cs+M40K, Cd+M10Kx2, Cd+M25Kx2, Cd+M40Kx2). The experimental design was randomized blocks with four replications.

Component response data were evaluated for: Morphology (plant height, branching height of cassava, commercial and total maize ear production, number of maize ears and total cassava roots per plant, total fresh grain weight per ear, commercial and total cassava root weight per unit); biomass (dry weight of maize grain or total and commercial cassava roots per plant, total dry weight per plant, harvest index, foliar weight ratio); and agronomics (useful plants, total production per ha, commercial production per ha, non commercial production per ha). The systems were evaluated by analyzing data for land use efficiency

---

\* K=1,000

in time (ATER), economics (total income; net income; effective family income; return for land, capital and labor; product-product ratio) and energetics (energy efficiency and net food energy).

The highest per crop yields of both cassava and maize were obtained from monocrop systems.

Yield ratios of crops in association demonstrated competition; yield increase in one crop accompanied decrease in the other crop.

Although more total roots per plant were produced with Cs, commercial root production was 13% greater with Cd.

Associations of maize with Cd were most efficient in land use in time, excelling by up to 28% (ATER=1.28%). Associations of maize with Cs did not surpass corresponding monocrops, Cs+M40K being the least efficient (ATER=0.89).

The best system, agronomically and economically, was Cd+M25Kx2. This system is economically the most stable, resisting cassava price reduction until it reaches a value of 13.5% of the price of maize. The ratio for the Cs+25K system is 22.7%.

The Cd+M25Kx2 system offered the best return for capital, labor and land. The Cd+M40Kx2 system required more inputs and had less gross income than the previous system. For all economic aspects evaluated, Cs+M40K was the worst alternative.

The energetic efficiency value for Cs+M systems averaged 1.29% compared to 1.65% for Cd+M systems.

The system Cd+M25Kx2 produced the most food energy (24,333 Mcal per ha per year).

Due to frequent use of the Cs+M40K system at Turrialba, Costa Rica, it is recommended that Cd+M25Kx2 be used instead. Further studies of population variations primarily cassava, should be executed in order to define systems that more efficiently use the advantages of cassava planted in double rows.

LISTA DE CUADROS

	<u>Página</u>
Cuadro 1. Descripción de los sistemas estudiados . . . . .	20
Cuadro 2. Distanciamientos, densidades de siembra y características de la parcela útil . . . . .	24
Cuadro 3. Composición (%) de la materia seca en la porción alimenticia de los productos cosechados . . . . .	34
Cuadro 4. Energía (cal/g o Mcal/Tm), contenido en las proteínas, carbohidratos y grasas, de los productos cosechados . . . . .	34
Cuadro 5. Características morfológicas a los 365 días de plantas de yuca, en monocultivo y asociadas con maíz. Valores promedios de cuatro repeticiones con resultados de la prueba de Duncan . . . . .	49
Cuadro 6. Características de biomasa a los 365 días de plantas de yuca en monocultivo y asociadas con maíz. Valores promedios de cuatro repeticiones con resultados de la prueba de Duncan . . . . .	50
Cuadro 7. Características agronómicas, a los 365 días, de plantas de yuca en monocultivo y asociadas con maíz. Valores promedio de cuatro repeticiones con resultado de la prueba de Duncan . . . . .	51
Cuadro 8. Características morfológicas de plantas de maíz y de su producción de grano, cultivadas en monocultivo o asociadas con yuca. Valores promedios de cuatro repeticiones con resultados de la prueba de Duncan . . . . .	62
Cuadro 9. Características de la biomasa de plantas de maíz y de su producción de grano, cultivadas en monocultivo o asociadas con yuca. Valores promedios de cuatro repeticiones con resultados de la prueba de Duncan . . . . .	63
Cuadro 10. Características agronómicas de plantas de maíz y de su producción de grano, cultivadas en monocultivo o asociadas con yuca. Valores promedios de cuatro repeticiones con resultados de la prueba de Duncan . . . . .	64

Cuadro 11.	Representación de la Relación Equivalente del Area del Suelo en el Tiempo (REAT), considerando raíces totales y granos totales para yuca y maíz, respectivamente. Valores promedios de cuatro repeticiones con prueba de DMS . . . . .	65
Cuadro 12.	Representación de la Relación Equivalente del Area del Suelo en el Tiempo (REAT) considerando raíces y granos comerciales para yuca y maíz, respectivamente. Valores promedios de cuatro repeticiones con prueba de DMS . . . . .	68
Cuadro 13.	Características energéticas de los sistemas estudiados. Valores promedios de cuatro repeticiones con resultados de la prueba de Duncan . . . . .	71
Cuadro 14.	Análisis económico de los sistemas experimentales de un año agrícola (1979-1980). Turrialba, Costa Rica, 1980 . . . . .	76
Cuadro 15.	Retribución a los factores de producción por los sistemas. Turrialba, Costa Rica, 1980 . . . . .	81

APENDICE

Cuadro A1.	Características de posición geográfica, clima y suelo de la zona de Turrialba donde se realizó el experimento . . . . .	94
Cuadro A2.	Condiciones climáticas en el período de investigación (junio 1979 a junio 1980). Datos tomados en la estación meteorológica del CATIE, Turrialba, Costa Rica . . . . .	95
Cuadro A3.	Cronología de las principales actividades realizadas, durante la duración del experimento, con los cultivos de yuca y maíz . . . . .	96
Cuadro A4.	Características energéticas, a los 365 días, de plantas de yuca cultivadas como monocultivo o asociadas con maíz. Valores promedios de cuatro repeticiones con resultados de la prueba de Duncan . . . . .	100

Cuadro A5.	Características energéticas, a los 125 días, de plantas de maíz cultivadas como monocultivo o asociadas con yuca. Valores promedios de cuatro repeticiones con resultados de la prueba Duncan . . .	101
Cuadro A6.	Datos básicos del maíz de primera cosecha, por repeticiones . . . . .	102
Cuadro A7.	Datos básicos del maíz de segunda cosecha, por repetición . . . . .	106
Cuadro A8.	Datos básicos de la yuca, a los 365 días, por repetición . . . . .	110
Cuadro A9.	Precios en el mercado de Turrialba de insumos, servicios y productos incluidos en el análisis económico de los sistemas de cultivos evaluados en Turrialba, Costa Rica, 1980 . . . . .	114
Cuadro A10.	Rendimientos y valores de la producción de yuca y maíz en los sistemas evaluados, en promedio de cuatro repeticiones. Turrialba, Costa Rica, 1980 .	115
Cuadro A11.	Uso de mano de obra (DM/ha/año), según la actividad, en los sistemas. Turrialba, Costa Rica, 1980 . . .	116
Cuadro A12.	Costos de producción de sistemas de cultivo involucrando yuca y maíz en monocultivo o asociados, Turrialba, Costa Rica, 1980. (¢/ha/año) . . . . .	117
Cuadro A13.	Radiación solar total no interceptada (%) por las plantas de yuca en hilera doble, a los seis meses de edad . . . . .	118

## LISTA DE FIGURAS

		<u>Página</u>
Figura 1.	Arreglo cronológico de los sistemas estudiados . . . .	21
Figura 2.	Distribución espacial de los cultivos en los sistemas . . . . .	22
Figura 3.	Lluvia mensual, promedio de 35 años y evaporación total mensual durante la permanencia del experimento en el campo. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1980 . .	39
Figura 4.	Producción de raíces totales y rendimientos de raíces comerciales de yuca en PS (g/pl), en los arreglos espaciales de hilera simple e hilera doble, en monocultivo y asociada con maíz . . . . .	44
Figura 5.	Número de raíces totales y rendimiento en número de raíces comerciales por planta de yuca, en los arreglos espaciales de hilera simple e hilera doble, en monocultivo y asociada con maíz . . . . .	45
Figura 6.	Producción de granos totales (Tm/ha) de maíz en monocultivo, en asociaciones con yuca en hilera simple e hilera doble . . . . .	53
Figura 7.	Producción de granos totales de maíz, de primera y segunda siembra, y de raíces totales de yuca en los sistemas estudiados . . . . .	61
Figura 8.	Relación Equivalente del Area del Suelo en el Tiempo (REAT) en base a rendimiento total de yuca y maíz . . . . .	66
Figura 9.	Relación Equivalente del Area del Suelo en el Tiempo (REAT) en base a rendimiento comercial de yuca y maíz . . . . .	69
Figura 10.	Ingreso neto e ingreso familiar efectivo, en ¢/ha/año de los sistemas estudiados, Turrialba, Costa Rica, 1980 . . . . .	77
Figura 11.	Relación producto-producto basada en isorecurso de ¢10.000 de costo total aplicado a los sistemas de yuca en hilera simple y asociada con maíz en tres poblaciones diferentes . . . . .	78



Figura 12. Relación producto-producto basada en isorecurso de  
       $\text{Q}10.000$  de costo total aplicado a los sistemas de  
      maíz asociado con yuca en hilera doble . . . . . 79

APENDICE

Figura A1. Croquis de campo . . . . . 93

## 1. INTRODUCCION

La yuca es cultivada hace más de 4.000 años siendo sus raíces un producto básico en la alimentación de aproximadamente 300 millones de personas. El 60% de la población mundial, que está ubicada en las zonas libres de heladas, incluyen raíces de yuca regularmente en su dieta (23, 55).

Se estimó que en 1980 la yuca aportó con el 6% del requerimiento calórico de los habitantes de los países donde es cultivada y por ejemplo en Paraguay alcanzó el 64% de esos requerimientos (61).

Entre las principales finalidades del cultivo de la yuca, además de la alimentación humana, está su uso como elemento energético en la ración animal y en la industria del almidón.

Con la crisis energética, iniciada en 1973 con el primero de una serie de aumentos crecientes en el precio del petróleo (67), el alcohol como combustible se presenta como buena alternativa para sustituirlo, y la yuca junto con la caña de azúcar, se destacan entre las materias primas renovables para la producción de este combustible. En este sentido, el Programa Nacional de Alcohol de Brasil, hasta marzo de 1980, aprobó el funcionamiento de once destilerías de alcohol a partir de raíces de yuca, resultando una producción total de 735.000 litros por día. Además de la destilación exclusiva a partir de raíces de yuca, está comprobada también la posibilidad del uso alternado de caña y yuca en la misma destilería, para ampliar su período de funcionamiento (64).

El maíz es el cultivo más importante a nivel mundial, después del trigo y el arroz (5). Es un grano básico en la agricultura de los países americanos, siendo el componente más utilizado en asociaciones con otros cultivos y entre ellas la de yuca y maíz es una de las más importantes a nivel mundial (26, 27, 56).

Considerando el potencial de la yuca como materia prima para la producción de alcohol y la importancia del maíz en la alimentación,

existe el peligro de que el primer cultivo desplace, o compita por terreno con el segundo, en los lugares con condiciones favorables a ambos. Desde este punto de vista la asociación de yuca y maíz se presenta como la mejor alternativa para reducir los efectos que esta situación tendría sobre la producción de maíz. Esto da una nueva dimensión a la importancia de dicha asociación.

Pocos trabajos se han hecho para analizar la respuesta de la asociación yuca + maíz a variaciones en prácticas de cultivo comunes, tales como la población de ambos cultivos o el arreglo de sus hileras (15, 19).

Teniendo en cuenta los antecedentes expuestos se decidió realizar un experimento con el objetivo de determinar el efecto del arreglo espacial de la yuca (hilera simple e hilera doble) y de tres poblaciones del maíz, sobre el comportamiento de la asociación constituida de ambos cultivos, mediante el análisis de datos por cultivo sobre los siguientes aspectos: a) producción de biomasa y arquitectura; b) eficiencia energética; y c) rendimiento económico.

La hipótesis que se trató de verificar en este trabajo fue la siguiente: el sistema yuca + maíz, considerado como estandar\* por el autor, no puede ser mejorado en términos de criterios agronómicos, energéticos y económicos, mediante variaciones en arreglo de hileras de ambos cultivos y población de maíz.

---

\* Cuarenta mil plantas/ha de maíz intercaladas entre diez mil plantas/ha de yuca. Distancia entre hileras de cada cultivo = 1 m.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Generalidades

La yuca tiene ventajas sobre otros cultivos porque tolera suelos pobres y ácidos y todavía da rendimientos razonables, es tolerante a la sequía y no tiene fecha de cosecha fija, lo cual da gran flexibilidad al sistema (2,24). Es una planta que crece bien en condiciones de plena luz y sus rendimientos dependen mucho de este factor (55). Se cultiva en una amplia faja que va de 30°N a 30°S del ecuador, incluyendo regiones ecuatoriales, tropicales y subtropicales (55).

La yuca aprovecha poco la radiación solar porque demora de 3 a 4 meses para que la planta nueva, proveniente de una estaca, pueda cubrir el suelo. Durante este período hay una superficie de suelo descubierto y gran parte de la energía radiante no puede ser aprovechada por el cultivo (55).

Investigadores del CIAT\* (18) reportaron que el tipo ideal de planta de yuca debe presentar un índice de cosecha cercano a 55%, período largo de permanencia de las hojas, formación de 9 raíces por planta e índice de área foliar entre 3 y 4 a los 6 meses de edad.

### 2.2. Yuca como monocultivo

Una de las necesidades de los programas de investigación en yuca es el conocimiento del potencial de producción del cultivo. En este sentido, Pinchinat (62) evaluó en el CATIE\*\*, 87 cultivares de yuca por 6 períodos de cultivo con duración de 10 a 12 meses cada uno durante 1969 y 1971, y obtuvo un rendimiento máximo de 74,3 Tm/ha de raíces con la cv. Y-13/Plata de Paloma.

Cock (24) informó que el rendimiento potencial de yuca está cerca de 90 Tm/ha/año, bajo condiciones ideales.

Ensayos realizados en el CIAT (23) revelaron que 46 líneas presentaron producción de más de 50 Tm/ha/año, con un máximo de 82,2 Tm/ha/año.

---

\* Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

\*\* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.

Albuquerque (2) indicó que en el norte del estado de Paraná, Sur de Brasil, se cosecharon 150 Tm/ha de monocultivo, en un período vegetativo de 24 meses. Este autor opinó que si 75% de la producción mundial tiene un promedio de 10 a 15 Tm/ha, esto sugiere que el cultivo de yuca se desarrolla en condiciones deficientes. Por otro lado, Cock (24) atribuyó estos bajos rendimientos a inadecuadas prácticas agronómicas, utilización de cultivares de bajo potencial de rendimiento y a pérdidas por enfermedades y plagas.

Leihner y Castro (43) indicaron que los bajos rendimientos que se obtienen actualmente en América Latina son el resultado de un complejo de problemas como la calidad deficiente del material de siembra, la preparación del terreno y sistemas de siembra inadecuados, el inoportuno control de malezas, además de variedades locales con bajo potencial de rendimiento.

Coursey (25) al comparar la producción máxima por hectárea de alimentos con los cultivos más importantes en un período de un año (arroz= 26 Tm; trigo= 11,7 Tm; maíz= 20 Tm; sorgo= 13 Tm; camote 65,2 Tm; ñame= 93,3 Tm y yuca 71,1 Tm), concluyó que la yuca es el cultivo más eficiente en producción de calorías alimenticias (250 cal/ha/día), siendo superada solamente por el ñame (266 cal/ha/día).

Según Zandstra (77), en general la yuca es sembrada en monocultivo cuando su producción tiene uso industrial, tanto en la elaboración de trozos de raíz deshidratados, como en la extracción del almidón. Este autor afirma que cuando es sembrada para consumo familiar o para la venta de raíces frescas, se torna común la asociación con otros cultivos.

### 2.3. Yuca asociada con maíz

Por cultivos asociados se entiende el crecimiento de dos o más especies simultáneamente en el mismo terreno, donde pueden ser sembrados a cualquier fecha y sus cosechas pueden ser en fechas diferentes, pero deben estar simultáneamente en el mismo terreno por un período significativo de sus ciclos de crecimiento (76, 77). Sánchez, citado por Andrews y Kassan (3) observó que es común intensificar las siembras de

cultivos mediante su asociación con otros, tanto en el tiempo como en el espacio y que se establece así competencia durante parte del desarrollo o en todo el ciclo vegetativo.

### 2.3.1. Ubicación en diferentes países

Leihner y Castro (47) opinaron que la siembra intercalada de yuca con maíz, plátano, frijol, ajonjolí y otros cultivos, es una práctica común en muchas áreas de América Central.

Según Moreno y Hart (56), la yuca es una planta importante entre los sistemas de cultivos de los pequeños agricultores. Estos autores indicaron que en las tierras bajas del trópico americano, la yuca está asociada con cultivos perennes o semiperennes, principalmente en la fase de establecimiento y frecuentemente con maíz en zonas de menor precipitación pluvial.

Rogers (65) describió la asociación con yuca bien organizada, que tenían los mayas en Yucatán, México, donde los cultivares con bajo contenido de glucósido cianogénico eran plantados intercalados con maíz, pero los cultivares amargos los plantaban separadamente y lejos de los cultivares dulces.

Molina y colaboradores (54) describieron los principales sistemas de producción llevados a cabo por los agricultores de Costa Rica. Señalaron que la asociación de plátano, yuca y maíz se encuentra en la parte baja y media de San Carlos (Zona Atlántica), y maíz con yuca está ubicada en Guácimo.

Silvera y colaboradores (69) informaron que en Panamá, el sistema yuca con maíz es predominante en el sureste de Veraguas, donde consideran a la yuca como cultivo principal. Los mismos autores citaron que la asociación de yuca, arroz, maíz y frijol, está ubicada, además de Veraguas, también en el sureste de Herrera.

Investigadores del CIAT (20) realizaron un estudio agroeconómico en zonas yuqueras de Colombia y constataron que el 40% de la yuca sembrada estaba asociada con otros cultivos, y verificaron que el sistema asociado con maíz representaba el 17% de las asociaciones con yuca, siguiendo el de yuca con frijol, con el mismo porcentaje.

Porto y colaboradores (63) citaron que en Brasil, la asociación de yuca con maíz y con maíz y frijol, es bastante practicada, siendo esta última la más común.

Reportes del IITA\* (43) informaron que la asociación de yuca con maíz forma la base de muchos sistemas de producción de cultivos en las regiones húmedas y semihúmedas de Africa.

Okigbo (59) indicó que en Uganda, Africa, cerca de la mitad del área con yuca es sembrada en cultivo asociado y un componente de estos es el maíz.

Sinthuprama (70) informó que en Tailandia la yuca es sembrada casi exclusivamente en monocultivo, sin embargo, en las tierras altas se encuentra la asociación yuca con maíz y también aparece esta asociación en las plantaciones nuevas de coco o de hule.

### 2.3.2. Ventajas de la asociación

Las opiniones generales emitidas sobre la asociación de los cultivos yuca y maíz, coinciden en afirmar que el sistema asociado rinde más que los monocultivos respectivos, desde el punto de vista agronómico o económico (20, 22, 39, 43, 45, 66, 77).

Algunos trabajos (30, 56, 58, 66, 72), analizaron la eficiencia en el uso de la tierra y concluyeron en base al UET\*\*, que los sistemas policulturales fueron más eficientes que los respectivos monocultivos. Hiébsch (35) advierte sobre ciertas desventajas en el uso del UET y recomienda la consideración del tiempo en estas evaluaciones, proponiendo otro índice llamado REAT\*\*\*.

En el sur de Nigeria, técnicos del IITA (42) observaron que la asociación de maíz con yuca fue económicamente más rentable que los monocultivos y además, tuvo la ventaja de reducir la diseminación de bacteriosis de la yuca.

Investigadores del CIAT (20) informaron que el agricultor usa el

---

\* International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.

\*\* Uso Equivalente de Tierra.

\*\*\* Relación Equivalente del Area en el Tiempo.

cultivo asociado de yuca con maíz o frijol por diversos motivos tales como tener disponible el frijol o maíz para consumo doméstico, satisfacer sus necesidades de dinero durante el ciclo de la yuca, y para obtener un retorno más alto por unidad de área.

Okigbo, citado por Ezeilo (28), indicó como ventaja de la asociación yuca y maíz, además del mayor ingreso bruto, un aporte calórico alimenticio más elevado que los monocultivos correspondientes.

Bieber (8) señaló que la yuca es un cultivo alimenticio productor de mucha energía, sin embargo, su prolongado ciclo de cultivo (7 a 11 meses), imposibilita su uso a muchos agricultores. Este investigador cree que la solución para esta desventaja sería la asociación de maíz con yuca concluyendo, a través de un experimento, que la asociación produce el doble del ingreso bruto del monocultivo de maíz.

Investigadores del CATIE (14) condujeron, en Guayabo, un experimento con la asociación yuca con maíz y concluyeron, basados en análisis económico, que el mejor tratamiento fue la cosecha de la mitad del maíz en forma de elote.

Algunos trabajos han concluido en que una de las ventajas del sistema de policultivo está en la reducción de la biomasa de malezas (13, 72).

El programa de yuca del CIAT (23) probó diversos métodos culturales de control de malezas y concluyó que la cobertura del suelo con cañas de maíz contribuyó para obtener mayores rendimientos de la yuca.

Moreno y Hart (56) opinaron que cuando el maíz es doblado, teniendo yuca intercalada, los pájaros provocan menos daño a las mazorcas haciéndose la cosecha más flexible.

### 2.3.3. Desventajas en la asociación

Larios (47) estudió la incidencia de diversas enfermedades del follaje de la yuca, utilizando cinco sistemas diferentes y concluyó que en la yuca asociada al maíz se presentaron mayor número de hojas de yuca atacadas por mildiu a los 48 días de edad. También la roña (*Sphaceloma* sp) se manifestó más intensamente en este sistema a los 111 y 157 días de edad. En este experimento no se evaluó el



efecto de las enfermedades sobre los rendimientos.

Investigadores del IITA (43) informaron que en la yuca asociada con maíz y caupí se presentó mayor incidencia de una enfermedad del follaje desconocida. Observaron que dos meses después de cosechar el maíz y el caupí, la yuca asociada mostró mayor incidencia que el monocultivo.

Con respecto a desventajas para el maíz, en asociación con yuca, Santos (66) cita que la asociación facilitó la ocurrencia de enfermedades en la mazorca, resultando mayor cantidad de granos dañados.

#### 2.3.4. Fechas relativas de siembra

Las fechas relativas de siembra del maíz y la yuca asociados constituyen tratamientos de intensidad de luz lo cual influye mucho en los rendimientos de ambos cultivos, por ser exigentes en intensidad de luz (27, 55). Por otra parte la yuca parece tener la capacidad de recuperarse después de suprimirse la competencia del maíz.

Oelsligle y colaboradores (58) observaron en un experimento de asociación que la yuca se recuperó de la competencia impuesta por el maíz. Después que el maíz fue removido la yuca recuperó su follaje que era 33% del testigo, y convirtió la energía radiante en productos fotosintetizados dos ó tres veces más rápido que el monocultivo. Los resultados finales indicaron que tanto la yuca como el maíz rindieron más cuando estaban asociados que en monocultivo. En el trabajo no se explicó la razón de estos resultados.

##### a. Siembra de yuca después del maíz

Investigadores del CATIE y del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (13), identificaron en la Zona Atlántica, dos asociaciones de cultivos en que participaban el maíz y yuca, siendo la diferencia solamente la época de siembra del maíz. Citan que tanto al maíz de primera (enero-febrero), como al de segunda (marzo-abril), los agricultores acostumbran intercalar yuca en el momento de la floración. Acostumbran doblar el maíz y después de cosecharlo, cortan las cañas y las usan como cobertura para controlar malezas. Informan que la yuca

es cosechada de los 8 a 10 meses de edad, de manera que la asociación tiene duración de un año.

Oelsligle y colaboradores (58) llevaron a cabo un experimento en la Estación Experimental Los Diamantes, Costa Rica, probando dosis de nitrógeno con la siembra de yuca 25 días después del maíz y cosecha a los 10 meses de edad. Los autores concluyeron que no hubo respuesta significativa al nitrógeno, tanto en la yuca como en el maíz. Los datos revelaron que la yuca asociada rindió 14% más que el monocultivo, sin embargo, esta diferencia no fue significativa. Se debe considerar que, además de la diferencia debida a competencia con el maíz, la yuca en monocultivo y asociada se encontró en diferentes poblaciones.

Molina (54) cuando se refirió a la asociación maíz con yuca en Guácimo, Costa Rica, señaló que el agricultor siembra yuca 30 días después del maíz y que efectúa la dobla del maíz a los 90 días después de la siembra. El autor citó rendimientos de 11 a 12.5 Tm/ha para yuca, y de 1 a 2 Tm/ha para el maíz cuando están asociados.

Técnicos del IRAT\* (39) estudiaron diversas posibilidades de asociar yuca y maíz, e informaron que en la siembra de yuca 40 días después del maíz no hubo reducción en el rendimiento de este cultivo, y que la yuca bajó en un 30% su producción.

Investigadores del IITA (44) realizaron un experimento donde la yuca fue sembrada cuatro semanas después del maíz, y probaron con dos poblaciones de este cultivo, métodos de siembra manual y mecanizado. Llegaron a la conclusión que cuando utilizaron 40.000 plantas/ha, la yuca no afectó al rendimiento del maíz pero redujo su rendimiento en 7,3%.

En otro experimento realizado por personal del IITA (40) se sembró la yuca en montones y en surcos cinco semanas después del maíz y después de cosechar este cultivo, sembraron caupí. Los resultados revelaron que la presencia de la yuca bajó el rendimiento del maíz en 26.4%.

---

\* Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrieres.

Zandstra (77) después de analizar la asociación de yuca y maíz, recomendó la siembra de yuca 20 a 30 días después del maíz para reducir el efecto de sombra y sugirió la selección de cultivares de yuca tolerantes a la sombra en los primeros meses. Este investigador hizo sus recomendaciones después de analizar el crecimiento de la yuca, donde observó que la mayor tasa de acumulación de materia seca en la parte aérea ocurrió a los 4 meses y en las raíces 2 meses después.

b. Siembra simultánea de yuca y maíz

Este tipo de arreglo cronológico ha sido, hasta el momento, el más usado en los experimentos con la asociación de yuca y maíz a nivel mundial. En el CATIE, Turrialba, fueron ejecutados cinco experimentos en el período de 1973 a 1979 con este arreglo cronológico (4, 30, 31, 34, 72)

Hart (34) estudió la competencia interespecífica en sistemas que tenían como componentes yuca en monocultivo, frijol con cuatro siembras en sucesión, maíz con dos siembras en sucesión, siembra simultánea de yuca, maíz y frijol, siembra del maíz y frijol a los seis meses de sembrada la yuca, yuca asociada con cuatro siembras de frijol en sucesión y vegetación natural. El autor aplicó dos niveles de fertilización y dos de control de malezas, cosechando yuca a los 8 meses. Sus conclusiones indicaron que los rendimientos de yuca fueron estadísticamente iguales, sin embargo, la yuca asociada en siembra simultánea con maíz y frijol redujo el rendimiento en 28,5%.

Soria y colaboradores (72) presentaron los datos resumidos de el llamado Experimento Central realizado en terrenos del CATIE donde se probaron 126 sistemas en dos niveles de tecnología, incluyendo la siembra simultánea de yuca y maíz. Los resultados mostraron que la asociación produjo una reducción de 43,6% en el rendimiento de la yuca y un aumento de 21,5% en la producción de maíz, en relación a los monocultivos respectivos.

Gallegos (30) también trabajó con los datos del Experimento Central del CATIE con la siembra simultánea de maíz con yuca seguido por maíz en sucesión a la yuca que había sido cosechada a los 8 meses y el

sistema de yuca en monocultivo cosechada a los 12 meses. Concluyó que la yuca bajó el rendimiento en un 56% cuando estaba asociada al maíz. Conviene advertir que el monocultivo de yuca fue cosechado a los 12 meses y la yuca asociada, a los 8 meses.

Gerodetti (31) estudió las asociaciones de maíz en siembra simultánea con yuca seguida de vainita\*, y vainita asociada a la yuca pero sembrada en la parte final del ciclo de la yuca. A estos arreglos de cultivos aplicó tres intensidades diferentes de poda a la yuca y siembra con y sin lomillo. Los datos revelaron una disminución del 56% en la producción de la yuca asociada al maíz en comparación con yuca en monocultivo.

Angulo (4) trabajando con niveles de nitrógeno y potasio en la siembra simultánea de maíz y yuca, concluyó en que el rendimiento de raíces no varió por efecto de la asociación, mientras que la producción de maíz bajó en un 41% por esa razón. Observó también que la yuca no respondió a los niveles de fertilizantes aplicados.

Mateo y Moreno (50) informaron que en un experimento realizado en el Instituto Agropecuario de Platanares, Costa Rica, consistente en 3 sistemas que incluían yuca, maíz, frijol en siembra simultánea; yuca, maíz y pepino en siembra simultánea y yuca con ayote, los resultados mostraron que el maíz asociado a la yuca rindió alrededor de 6 Tm/ha mientras que el monocultivo produjo 4,7 Tm/ha. Por otra parte, la yuca bajó sus rendimientos de 14,04 Tm/ha a aproximadamente 7,37 Tm/ha cuando estaba asociada.

Técnicos del CATIE (14) con el objetivo de estudiar el comportamiento agroeconómico de la asociación yuca con maíz, sembraron los dos cultivos al mismo tiempo y concluyeron que no hubo diferencia estadística entre la producción de yuca en monocultivo y asociada con maíz.

Silvestre y Delcaso, citados por Montaldo (55), trabajando en África estudiaron el efecto recíproco de la yuca y maíz cultivados en

---

\* Nombre dado a la vaina tierna del frijol (*Phaseolus vulgaris*).

asociación y concluyeron que en la siembra simultánea hubo una reducción del 15% en el rendimiento del maíz, sin embargo, con la siembra de la yuca 40 días después del maíz, no fue observado este efecto depresivo.

Okigbo, citado por Ezeilo (28) concluyó de los experimentos conducidos en el IITA, que la siembra de yuca con maíz es efectiva cuando se realiza en forma simultánea o la yuca no más de dos meses después de la siembra del maíz.

### c. Siembra de la yuca antes del maíz

Pocos son los trabajos que reportan este tipo de arreglo cronológico. Santos (66) en Turrialba, estudió seis sistemas de cultivo los cuales tenían yuca como cultivo principal. En los que participaba el maíz, éste fue sembrado con un intervalo de 30 días después de la yuca. La yuca bajó en 8.1% sus rendimientos cuando fue asociada al maíz y, el maíz rindió en este sistema 0,86 Tm/ha. Los resultados revelaron que no hubo diferencia significativa entre los promedios en producción de raíces comerciales entre el monocultivo y la asociación de yuca con maíz. Por otro lado, el maíz sufrió mucha competencia y para reducirla, la autora recomendó su siembra a menor intervalo.

Fargas (29) realizó un experimento en Turrialba, en el cual probó cuatro fechas relativas de siembra del maíz en relación a la yuca: catorce días antes, simultáneamente con la yuca, catorce y veintiocho días después de la yuca. Probó los arreglos espaciales de yuca en hileras simple y doble, manteniendo en ambos la población de 10.000 plantas de yuca y 40.000 plantas de maíz por hectárea. Sus datos revelaron que cuando el maíz es sembrado 14 días después de la yuca en hilera simple, hubo una disminución en su rendimiento del 31,8% y en el caso de la yuca del 7,8%. Esta misma relación de rendimientos, o sea que el maíz se perjudicó más que la yuca, ocurrió con la siembra en hilera doble.

Hart (34) sembró maíz entre hileras simples de yuca a los cuatro meses de edad (reverse polyculture), y el rendimiento de grano fue nulo.

### 2.3.5. Influencia del arreglo espacial

#### a) Poblaciones

En Turrialba, cuando el personal técnico del CATIE empezó a investigar en sistemas de cultivos, usaron 20.000 plantas/ha de yuca (72). En 1974 se probaron 10.000 plantas/ha para yuca y 70.000 plantas/ha de maíz (34). Pero la mayoría de los trabajos realizados con la asociación de yuca y maíz fueron conducidos con las poblaciones recomendadas para los respectivos monocultivos (4, 14, 29, 31, 66).

Sinthuprama (70) describe un sistema de cultivo intercalado de maíz con yuca, donde el maíz participa con 10.000 plantas/ha o menos. Este sistema está ubicado en zonas de producción donde la yuca tiene un mercado garantizado y tiene fines industriales.

En el IITA (40) se realizó un experimento de yuca con maíz, donde utilizaron 62.500 plantas/ha de maíz en monocultivo, pero solamente de 21.428 plantas/ha cuando estaba asociado a la yuca, lo que representa una reducción del 65,7% en la población óptima en Ibadan para maíz solo. La yuca fue sembrada cinco semanas después del maíz y los resultados revelaron que el maíz bajó en 26% su producción en relación al monocultivo, a pesar de haber sido sembrado un tercio de la población del monocultivo.

Técnicos del IITA (44) probaron, en la asociación maíz con yuca, poblaciones de maíz de 30.000 plantas/ha en la distancia de 1,00 x 1,00 m con 3 semillas y, 40.000 plantas/ha sembradas a 1,00 x 0,25 m, con una semilla por sitio. Concluyeron que la presencia de la yuca a 10.000 plantas/ha no tuvo un efecto significativo sobre los rendimientos del maíz.

Zandstra (77) recomienda bajar la población de yuca, en relación a la óptima para monocultivo cuando se pretende asociarla con maíz.

Aparentemente una segunda siembra dentro de yuca en hilera simple no es factible. González (32), después de medir a intervalos regulares la radiación solar total global dentro de un cultivo de yuca cv.

'Valencia' en hilera simple y a 10.000 plantas/ha (1,0 x 1,0 m), reportó que la radiación no interceptada por el follaje a los 6 meses de edad de las plantas bajó a 17% en relación a la radiación fuera del cultivo. Por otra parte en la literatura consultada solamente se encontró un trabajo en que se reportan resultados de una siembra de maíz (70.000 plantas/ha), intercalada entre plantas de yuca cuando estas tenían 4 meses de edad y los rendimientos de granos fueron nulos (34).

#### b) Disposición de hileras

Cuando la yuca es sembrada en monocultivo el espaciamiento puede variar de acuerdo con la fertilidad del suelo (2, 57, 71) siendo aconsejados los distanciamientos de 1,0 x 0,6 m para suelos pobres y de 1,20 x 0,6 m para suelos fértiles. Las características morfológicas de los cultivares pueden también influir en esta decisión.

Existen recomendaciones de 1,0 x 1,0 m de distancia para la yuca cuando se la desea asociar con otros cultivos como el maíz, arroz o frijol y se observa que fuera de 0,75 x 0,75 m y 1,0 x 1,0 m no se logran mejoras en rendimiento (2).

Miura y colaboradores (53), trabajando en evaluación de resistencia de cultivares de yuca a bacteriosis (*X. manihotis*) necesitaron un rápido contacto entre las hojas de plantas vecinas y sembraron a 1,40 m entre plantas ya que no les interesaba la producción de raíces.

Investigadores del CIAT (21) probaron cinco arreglos con 10.000 plantas de yuca/ha, utilizando los espaciamientos de 1,0 x 1,0 m; 2,0 x 1,0 m con dos plantas por sitio; 2,0 x 2,0 m en triángulo, con dos plantas por sitio; 2,0 x 0,5 m y 1,4 x 1,4 m con dos plantas por sitio. Utilizaron tres fenotipos diferentes y concluyeron que no hubo diferencia estadística entre los arreglos espaciales dentro de la misma variedad. Como se pudo observar, tanto el arreglo en cuadro como el rectangular, manteniendo la misma población, no influyó sobre los rendimientos.

Mattos (51) realizó dos experimentos en el Centro Nacional de

Pesquisa de Mandioca e Fruticultura de EMBRAPA\*, probando arreglos espaciales de yuca en hilera doble e hilera simple. Utilizó distancias de 2,0; 2,5 y 3,0 m entre las hileras dobles y 0,5; 0,6 y 0,7 m entre las hileras dentro de la doble hilera y también entre plantas, teniendo como testigo la siembra tradicional de 1,0 x 0,6 m. Sembró dos cultivares diferentes, una de hábito ramificado y otra de hábito erecto y concluyó que la siembra de yuca en hilera doble (2,0 x 0,6 x 0,6)\*\* fue superior al testigo en 32% y 21% respecto a producción de raíces, para el primero y segundo experimento, respectivamente. Los tratamientos que tenían 2,5 ó 3,0 m entre hileras dobles, tuvieron producciones iguales al testigo. El autor señaló también como ventajas de la doble hilera, la posibilidad de asociación de cultivos, el cultivo mecanizado, la reducción de mano de obra y la facilidad de inspección y aplicación de plaguicidas.

Souza y Mattos (73) realizaron un análisis económico del sistema de siembra en hilera doble y concluyeron que la mayor retribución al capital ocurrió con yuca en hilera doble de 2,0 x 0,6 x 0,6 m mientras que la siembra tradicional en hileras simples a 1,0 x 0,6 m dió la menor retribución al capital invertido.

Porto y colaboradores (63) informaron de un experimento realizado en Minas Gerais, Brasil, donde fueron probados 3 tratamientos de fertilización en yuca sembrada en hilera doble (2,0 x 0,50 x 0,60 m = 13.333 plantas/ha. Los cultivos sembrados con esta yuca fueron: frijol común, soya, arroz y maní con tres hileras a 0,50 m de distancia, sorgo y maíz con 2 hileras a 1,00 m de distancia. Comentaron los investigadores que la falta de lluvia perjudicó los resultados. La yuca rindió 20,35 Tm/ha en monocultivo, 18,38 Tm/ha con frijol, 17,03 Tm/ha con maní y 14,39 Tm/ha con sorgo.

En Nebraska se estudió la técnica de hileras angostas en maíz donde

---

\* Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria.

\*\* (Ancho de calle entre hileras dobles x distancia dentro de las hileras dobles x distancia entre plantas en la hilera).



probaron espaciamientos de 1,0 x 1,0 m con 4 plántulas por golpe, 0,75 x 0,75 m con 3 plántulas por golpe y 0,50 x 0,50 m con 1 plántula por golpe. Las poblaciones resultantes fueron de 40.000; 53.000 y 40.000 plantas/ha y se aplicaron tres tratamientos de deshierbas. Los resultados mostraron que los efectos de disminuir la distancia entre hileras y aumentar la distancia entre plantas de la misma hilera, fueron ventajosos acusando 0,50 x 0,50 como el mejor tratamiento. De esta forma, el maíz hizo un uso más eficiente de la radiación solar, humedad y nutrientes (26).

Existen pocos trabajos que asocian yuca en hileras simples con maíz en hileras dobles. Trabajos con este arreglo fueron hechos en Honduras por técnicos del CATIE (14) utilizando dos variedades de yuca y maíz, sembrando yuca a 1,5 x 0,5 m y el maíz a 0,75 x 0,5 m en hileras dobles, sembradas entre cada hilera de yuca. En otro arreglo fue sembrada una hilera doble de maíz entre hileras de yuca, alternando con una hilera simple de maíz entre hileras de yuca. Los resultados revelaron que aumentando la población del maíz se aumentó su rendimiento pero por otra parte disminuyó el de la yuca, excepto para la yuca cv. 'EAP' y el maíz sintético. Los mismos técnicos indicaron que hubo interacción entre variedades y arreglo espacial. En las conclusiones señalaron que el arreglo espacial ideal para la asociación maíz con yuca, depende de cual sea el cultivo que el agricultor considera importante y de las características morfológicas de las variedades. Se sugirieron pruebas de arreglos cronológicos con siembra anticipada de un cultivo pues esto puede afectar la interacción entre los cultivos de la asociación. El mejor tratamiento produjo 8,9 Tm/ha de raíces en 10 meses representando una reducción del 32% en comparación con el monocultivo y 2,58 Tm/ha para el maíz, correspondiendo a una disminución del 24% en relación al monocultivo.

Bieber (8) también trabajó con hileras dobles de maíz, intercaladas entre hileras simples de yuca. Utilizó espaciamiento de 1,5 x 0,5m para la yuca (13.333 plantas/ha) e hilera doble de maíz de 1,50 x 0,50 x 0,25 m con dos plantas por golpe (53.333 plantas/ha). Además de la siembra de maíz en hilera doble dentro de la yuca en hilera simple, fue

también sembrado frijol de costa en sucesión al maíz. El autor concluyó que el rendimiento del maíz no fue reducido por la yuca, y el rendimiento de yuca fue igual tanto en la asociación con maíz o frijol.

#### 2.4. Consideraciones económicas

Según Hildebrand (36) la economía y agronomía son inseparables en sistema de multicultivos. Indica el autor que la unidad para medir la producción de un sistema de multicultivo debe satisfacer diversos criterios: 1. Debe ser común a todos los productos, como proteína, energía, materia seca; 2. fácil de medir; 3. capaz de reflejar diferencias en calidades de los productos; 4. debe proveer un medio de comparar diferentes arreglos de cultivos y 5. debe ser significativa para el agricultor de tal modo que auxilie a distribuir recursos entre usos competitivos en la finca. Concluye el autor que el valor de mercado de los productos es el único que reúne los cinco puntos señalados. Considera el autor que la asociación es diferente del monocultivo que puede tener amplia adaptación, mientras que el sistema de multicultivo debe ser diseñado para condiciones agronómicas, económicas y culturales específicas.

Perrin y colaboradores (60) indican que si el técnico va a formular recomendaciones que los agricultores adopten, debe conocer tanto el elemento humano involucrado en el cultivo de la tierra como el elemento biológico. Debe pensar en términos de las metas de los productores y de las restricciones que ellos enfrentan, para lograr esas metas. Consideran estos autores que aunque haya evidencia de que los promedios de los tratamientos son significativamente diferentes, al nivel de 5% ó 1%, se debe proceder a una evaluación económica porque el agricultor pudiera estar dispuesto a aceptar una evidencia menos persuasiva que la de esos niveles analizados. Advierten los autores que el análisis estadístico solamente determina qué es lo que pasa biológicamente sin informar sobre eficiencia económica. Por lo tanto, los agrónomos no deben basar sus recomendaciones únicamente en los resultados biológicos.

Bishop (9) y Guerra (33) citan tres tipos de relaciones entre productos de la finca desde el punto de vista rendimiento-uso de insumos. El agricultor debe decidir la distribución de insumos entre los diferentes productos de la finca. La escogencia del nivel de producción depende de la tasa marginal de sustitución y de la relación de precios de los productos. La tasa marginal de sustitución en la producción indica la relación en que los productos pueden mutuamente sustituirse en la producción. La relación de precios de los productos muestra cómo pueden ser intercambiados estos productos en el mercado. El máximo ingreso total obtenible, con una cantidad dada de un insumo, se tiene cuando la tasa marginal de su sustitución entre los productos es igual a la relación de precios de los productos en el mercado.

Avedillo (6) condujo estudios en Guácimo, Costa Rica, donde examinó diversos criterios de evaluación de sistemas de cultivos, desarrollados por el pequeño agricultor, concluyendo que el criterio de maximización del ingreso familiar efectivo es el que representa mejor comportamiento para las condiciones del pequeño agricultor.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Localización y características del suelo y clima

El experimento se realizó en el lote 12 del área experimental "La Montaña", perteneciente al CATIE, ubicada en Turrialba, Costa Rica. Las características del suelo, clima y posición geográfica de esta área se describen en el Cuadro A1\*. Al pie de este Cuadro se presenta el resumen y evaluación de los análisis de suelos que se realizaron una semana antes de la siembra.

#### 3.2. Especies y cultivares utilizados

Yuca (*Manihot esculenta* Crantz cv. 'Valencia')

Maíz (*Zea mays* L. cv. 'Tuxpeño-1', planta baja, grano blanco cremoso).

#### 3.3. Tratamientos

Los tratamientos consistieron de yuca en monocultivo en hilera simple y en hilera doble, maíz en monocultivo en tres poblaciones y, asociaciones de maíz en las tres poblaciones del monocultivo, con yuca en hilera simple o hilera doble. La descripción de los sistemas aparece en el Cuadro 1.

El arreglo cronológico y espacial de los cultivos se muestran en las Figuras 1 y 2, donde se observa que el maíz fue sembrado catorce días después de la yuca, y que entre las dos siembras de maíz en sucesión existió un barbecho de 35 días.

No se realizó una segunda siembra de maíz dentro de la yuca en hilera simple a los 6 meses de edad porque principalmente las condiciones de radiación solar dentro del cultivo son deficientes (32) y algunas pruebas han dado rendimientos nulos de grano (34).

---

\* La letra A junto al número de un cuadro o figura significa que se encuentra en el Apéndice.

Cuadro 1. Descripción de los sistemas (tratamientos).<sup>1/</sup>

Sistemas	Descripción	Código <sup>2/</sup>
Ys	Yuca en hilera simple, monocultivo. Población de 10.000 pl/ha.	A
Ys+M1	Yuca en hilera simple, asociada con maíz a 10.000 pl/ha.	B
Ys+M2	Yuca en hilera simple, asociada con maíz a 25.000 pl/ha.	C
Ys+M3	Yuca en hilera simple, asociada con maíz a 40.000 pl/ha.	D
Yd	Yuca en hilera doble. Población de 10.000 pl/ha.	E
Yd+M1-M1	Yuca en hilera doble, asociada con maíz en hilera simple con 10.000 pl/ha, en dos siembras al año.	F
Yd+M2-M2	Yuca en hilera doble, asociada con maíz en hilera doble con 25.000 pl/ha, en dos siembras al año.	G
Yd+M3-M3	Yuca en hilera doble, asociada con maíz en hilera doble con 40.000 pl/ha, en dos siembras al año.	H
M1-M1	Maíz monocultivo en hilera simple, con dos siembras al año. Población de 10.000 pl/ha.	I
M2-M2	Maíz monocultivo en hilera simple, con dos siembras al año. Población de 25.000 pl/ha.	J
M3-M3	Maíz monocultivo en hilera simple, con dos siembras al año. Población de 40.000 pl/ha.	K

<sup>1/</sup> Y=Yuca; M=Maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl/ha;  
2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha; +=siembra intercalada del maíz  
catorce días después de la yuca; -=sucesión; pl=plantas.

<sup>2/</sup> Identificación de los tratamientos en el campo. Ver Figura A1.

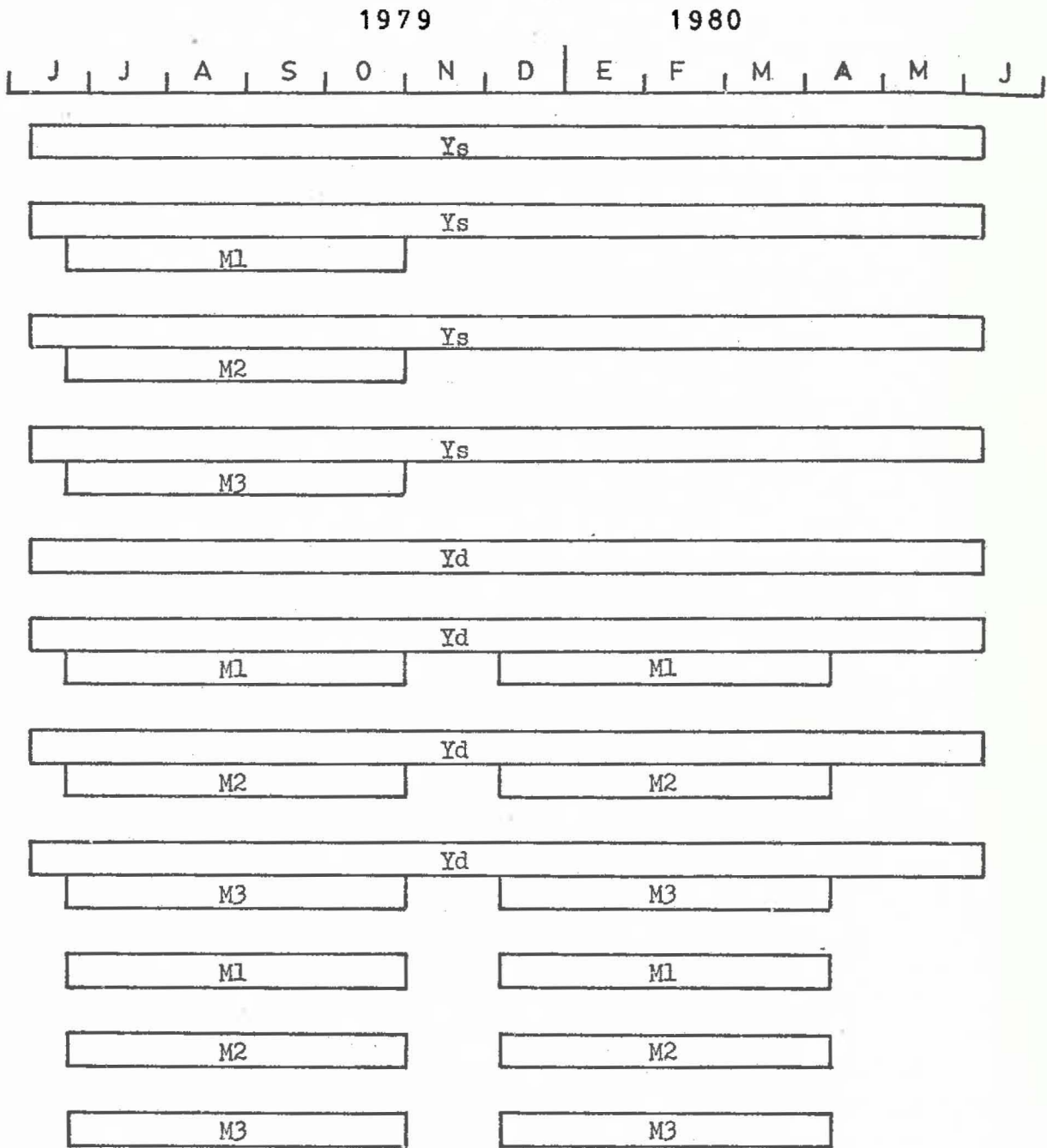


Fig. 1 Arreglo cronológico de los sistemas estudiados. Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl/ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha.

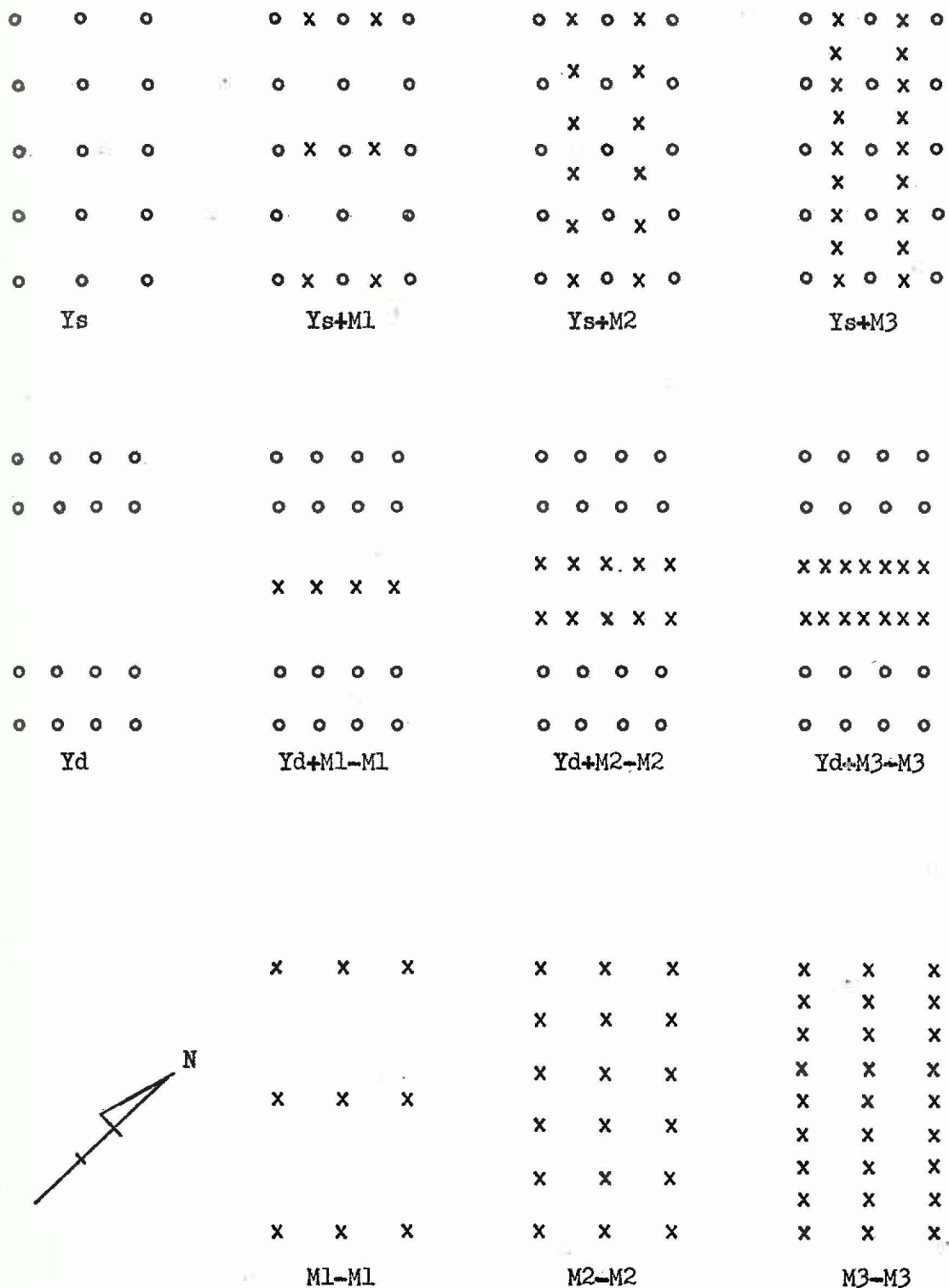


Fig. 2 Distribución espacial de los cultivos en los sistemas. Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl/ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha; +=siembra intercalada del maíz catorce días después de la yuca; -=sucesión.

El trabajo en el campo tuvo una duración de doce meses, iniciándose con la siembra de yuca el 9 de junio de 1979.

#### 3.4. Diseño del experimento

Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. La disposición de las parcelas en campo y la distribución aleatoria de los tratamientos (74), se muestran en la Figura A1.

#### 3.5. Tamaño de parcela, distanciamiento y poblaciones

El área total de las parcelas fue de  $60\text{m}^2$ , y su área útil, así como las distancias y poblaciones usadas, quedan descritas en el Cuadro 2.

#### 3.6. Preparación de estacas de yuca

Los tallos de plantas bien conformados fueron cortados en el campo una semana antes de la siembra, aprovechándose solamente el tallo principal eliminando sus extremos, por presentar yemas muertas o predominancia de la médula. Se utilizó una sierra circular fina acoplada a un motor eléctrico para obtener estacas de 20 cm de largo, mediante cortes transversales, conteniendo cada una aproximadamente 5 yemas axilares.

#### 3.7. Siembra

La siembra de la yuca se hizo por medio de las estacas ya descritas que se colocaron en posición inclinada en pequeños surcos abiertos con machetes. Se dejaron dos yemas fuera del suelo.

El maíz se sembró catorce días después de la yuca, con espeque\*, colocándose 4 semillas por hoyo. Posteriormente se efectuó el raleo cortando las plantas de maíz inmediatamente debajo del nivel del suelo, dejándose a razón de dos plantas por pie.

---

\* Vara de madera puntiaguda que sirve para hacer el hueco donde van las semillas.



Cuadro 2. Distanciamientos, poblaciones y características de la parcela útil.

Sistemas <sup>1/</sup>	Cultivo	Distancia (m)			Población (x1000/ha)	Tamaño de parcela útil (m <sup>2</sup> )	Número de plantas en la parcela útil
		Entre hileras del mismo cultivo	Entre hoyos en la hilera	Ancho de calle entre hileras do- bles			
Ys	Y	1,00	1,00	-	10	32,00	32
Ys+M1	Y	1,00	1,00	-	10	32,00	32
	M	1,00	2,00	-	10	18,00	18
Ys-M2	Y	1,00	1,00	-	10	32,00	32
	M	1,00	0,80	-	25	24,00	60
Ys+M3	Y	1,00	1,00	-	10	32,00	32
	M	1,00	0,50	-	40	27,00	108
Yd	Y	0,83	0,60	2,50	10	32,00	32
Yd+M1-M1	Y	0,83	0,60	2,50	10	32,00	32
	M	3,33	0,60	-	10	32,00	32
Yd+M2-M2	Y	0,83	0,60	2,50	10	32,00	32
	M	0,83	0,48	2,50	25	32,00	80
Yd+M3-M3	Y	0,83	0,60	2,50	10	32,00	32
	M	0,83	0,30	2,50	40	36,00	144
M1-M1	M	1,00	2,00	-	10	24,00	24
M2-M2	M	1,00	0,80	-	25	32,00	80
M3-M3	M	1,00	0,50	-	40	36,00	144

<sup>1/</sup> Y=Yuca; M=Maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl/ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha; +=siembra intercalada del maíz catorce días después de la yuca; -=sucesión.

### 3.8. Fertilización y encalado

Para la fertilización y encalado en las parcelas se emplearon los siguientes productos:

Fertilizante compuesto: 10 - 30 - 10

Fertilizantes simples:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (33,5%N), Superfosfato simple  
(20,0%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) y KCL(51% $\text{K}_2\text{O}$ )

Cal:  $\text{CaCO}_3$  86%

La cal fue aplicada el día 8 de junio al voleo un día antes de la siembra de la yuca, a razón de 1.800 kg/ha de  $\text{CaCO}_3$ , y se incorporó en seguida.

Los fertilizantes simples y el compuesto fueron mezclados, aplicándose de una sola vez al maíz y a la yuca las cantidades de 90, 90, 75 y 30, 30, 25 kg/ha de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  respectivamente. La aplicación se hizo a chorro y en surco, a 15 cm del pie de las plantas de maíz y yuca, a los catorce y veintiocho días después de sus siembras, respectivamente. Posteriormente el fertilizante se mezcló con tierra y se tapó. Los surcos se hicieron siempre del mismo lado de las hileras de cada cultivo.

### 3.9. Control sanitario y deshieras

Al momento de las siembras se aplicó Aldrín 25%, mezclado con Cal (1:4), a razón de 4 kg/ha, en los sitios donde se colocaron las estacas de yuca y las semillas de maíz.

A los 3 días de la siembra de yuca se aplicó la mezcla de herbicidas compuesta de 1,0 kg/ha Linuron (Afalón 50%) + 2,5 kg/ha de Alachlor (Lazo 40,8%).

A los 26 días de la siembra del maíz se detectó, sobre la parte aérea de este cultivo, el ataque de una bacteria, probablemente *Erwinia chrysanthemi* con síntoma de pudrición en el ápice y hojas tiernas de la planta, contra la cual se aplicó Agri-Micin 500 (Streptomycin).

Las plantas de yuca no requirieron control químico de insectos o enfermedades a pesar de que se observaron señales poco frecuentes de

ataque de mosca de la fruta (*Anastrepha manihoti*), de mosca del cogollo (*Lonchaeadae*), y del hongo causante de la enfermedad conocida como roña (*Sphaceloma manihoticola*).

Según se consideró necesario se utilizaron insecticidas para controlar las plagas del maíz; sus nombres y fechas de utilización están en el Cuadro A3.

### 3.10. Cosechas

Las cosechas de los productos se hicieron manualmente, el maíz a los 125 días y la yuca a los 12 meses de la siembra. El número de plantas cosechadas por parcela útil está en el Cuadro 2.

Se tomaron muestras de plantas de maíz a los 90 días de edad, con el fin de evaluar la distribución de la biomasa en hojas y tallo, agregándose después de la cosecha la biomasa correspondiente a la mazorca. Las mazorcas se cosecharon secas y se evaluó su rendimiento en grano seco y al 14% de humedad.

### 3.11. Recolección de información

#### 3.11.1. Características biológicas por cultivo

##### a.- Yuca\*

##### a.1. Características morfológicas

Altura de planta y horqueta: El primer dato se obtuvo midiendo desde el suelo, en tres posiciones dentro de la parcela, la altura de las hojas superiores del follaje.

La altura de la primera horqueta se obtuvo midiendo desde el suelo hasta la altura promedio de las horquetas dentro de cada hilera. Posteriormente se calculó el promedio general por tratamiento en cada repetición.

---

\* Todos los datos se tomaron a los 365 días de la siembra.

Área foliar absoluta (AF): Este parámetro se obtuvo de cuatro plantas representando cada una, una hilera de la parcela útil. Se determinó el área foliar en  $\text{dm}^2/\text{planta}$  mediante el siguiente procedimiento: inmediatamente después de cosechada la parte aérea, se separaron todos los limbos de las hojas de cada planta y se determinó posteriormente su peso seco. En el laboratorio se calculó el área foliar específica<sup>\*</sup>, para poder aplicar la fórmula que sigue:

$$AF = \frac{\text{peso seco de todos los limbos (g/planta)}}{\text{área foliar específica (g/dm}^2\text{)}}$$

Número de raíces totales y comerciales por planta:

El número de todas las raíces de reserva, obtenidas de 32 plantas de la parcela útil clasificadas por tamaño, se dividió para el número de plantas cosechadas, y se expresó por planta. En seguida se apartaron las raíces comerciales para expresar por planta.

El criterio usado para clasificar una raíz como comercial fue el de medir de 4 cm hasta 10 cm en la parte más gruesa y su longitud debió ser de 12 cm o más. Estas medidas están de acuerdo a las condiciones mínimas aceptadas por el comercio para consumo en Turrialba.

Peso fresco por raíz total y comercial: Este peso fresco se obtuvo mediante la división del peso fresco de las raíces totales por el número de raíces totales producidas en la parcela útil. El peso fresco por raíz comercial fue obtenido mediante la división del peso fresco de todas las raíces comerciales para el número de raíces clasificadas como comerciales en el área útil.

a.2. Características de biomasa

Peso seco de raíces, hojas, tallos y peso seco total: Para proceder a estos cálculos se cosecharon 32 y se pesaron

---

<sup>\*</sup>/Área foliar específica es el peso seco en gramos, correspondiente a  $1\text{dm}^2$  de hoja. Véase su determinación en la letra "b" de este mismo cultivo.

en fresco por separado la parte aérea, y las raíces totales y comerciales. El contenido de humedad fue entonces determinado poniendo muestras previamente pesadas y troceadas, de cada componente en la estufa a temperatura de 70°C hasta peso constante. Con esta información se pudo determinar el peso seco de parte aérea y de raíces totales y comerciales.

Índice de cosecha: El índice de cosecha se obtuvo dividiendo el peso seco de raíces totales por planta, por el peso seco total de la planta, considerando como la suma del peso de raíces, tallos, peciolo y hojas existentes a la cosecha por planta. El valor obtenido se multiplicó por 100 para expresarlo en porcentaje.

Área foliar específica: Se sacaron todos los limbos de 4 plantas por parcela, correspondiendo a una planta por hilerera cosechada. Estas hojas se colocaron en el campo, en una bolsa plástica hermética y en el laboratorio se determinó su peso en fresco y se sacó una muestra para determinar el contenido de materia seca. Al mismo tiempo, se sacaron de los limbos en fresco, aproximadamente 60 discos de área conocida, con un sacabocado. Los discos se pusieron a secar en estufa para determinar su peso seco. Para calcular el área foliar específica, se dividió el peso seco de todos los discos para su respectiva área, de esta forma se obtuvo dicho peso seco en gramos por  $\text{dm}^2$  de hoja. Este parámetro sirvió para evaluar el grosor de las hojas de yuca y el área foliar absoluta de las plantas.

Razón de peso foliar: Representa la porción de la biomasa que fue invertida en la producción de hojas. Se obtuvo dividiendo el peso seco de los limbos de 4 plantas por parcela entre el peso seco total de las plantas y multiplicando el resultado por 100.

### a.3. Características agronómicas

Plantas útiles cosechadas (%): Para el cálculo del porcentaje relativo de plantas útiles, o sea las plantas que fueron cosechadas de la parcela experimental, se consideró como 100% la población sembrada inicialmente.

Producción de raíces totales y rendimiento de raíces comerciales: La producción de las raíces totales fue el peso total de las raíces reservantes de las plantas de la parcela útil. El criterio usado para separar las raíces comerciales fue descrito en las características morfológicas de la yuca (3.11.1; a.1.), en el párrafo titulado "Número de raíces totales y comerciales por planta".

Peso fresco de la parte aérea: Se obtuvo pesando individualmente la parte aérea de cada planta de la parcela útil. Estos datos individuales se sumaron y se expresaron en toneladas métricas/ha.

Producción del follaje fresco: Representa el peso de los limbos existentes en las plantas expresado en toneladas métricas por hectárea. Se calculó a partir del peso fresco de los limbos sacados de cuatro plantas útiles en el momento de la cosecha.

Contenido de materia seca y almidón: Este dato se refiere a la raíz reservante. Para esta determinación se tomaron cuatro raíces por parcela útil, de tamaño promedio, muestreando dentro del grupo de raíces comerciales. A cada raíz se le cortó un trozo de la parte media de aproximadamente 6 cm de ancho. A cada uno de estos trozos se determinó el peso fresco y su volumen por inmersión en agua destilada, con los cuales se obtuvo la densidad. Con los valores de la densidad de la raíz se consultó una tabla de equivalencia y se obtuvo el respectivo valor de materia seca y almidón (75).

b.- Maíz

b.1. Características morfológicas

Altura de la planta: Este dato se obtuvo de tres plantas al azar por parcela, y fue medido desde el suelo hasta la inserción de la ramificación más baja de la inflorescencia masculina. Se hizo el muestreo a los 90 días de edad. Las plantas fueron removidas para hacer otras determinaciones.

Area foliar absoluta: El área foliar de las plantas de maíz fue determinada a los 90 días después de la siembra. Se utilizaron las tres plantas muestradas anteriormente, y se hizo en forma semejante a la explicada para la yuca (ver a.1. Características morfológicas de la yuca), pero en este caso se determinó el área foliar específica sacando secciones rectangulares, de aproximadamente 6 cm de largo de la punta, mitad y base de tres hojas por cada planta ubicadas en su tercio inferior, mediano y superior. A estas secciones de hoja se midió su área electrónicamente\*, y luego se secó en estufa para proceder al cálculo del área foliar específica.

Número de mazorcas totales por planta: Se calculó mediante la división del número de mazorcas totales cosechadas en la parcela útil, para el número de plantas cosechadas.

Peso fresco de granos totales por mazorca: Este dato se obtuvo dividiendo el peso, al 14% de humedad, de los granos comerciales más el de los granos no comerciales para el número de mazorcas cosechadas en la parcela útil.

Peso fresco de granos comerciales por mazorca: Este peso se calculó dividiendo el peso de los granos libres de enfermedades, o granos comerciales al 14% de humedad obtenidos de la parcela útil, para el número de mazorcas cosechadas.

## b.2. Características de biomasa

Peso seco de tallos, hojas, granos y peso seco total por planta: El peso seco de los tallos y hojas fue obtenido de las tres plantas muestreadas por parcela útil a los 90 días después de la siembra. Los tallos fueron picados, para facilitar su secado y,

---

\* Potable Area Meter. Model LI-3000. Lamba Instruments Corporation. Lincoln, Nebraska, USA.

colocados en estufa a 70°C donde permanecieron hasta peso constante.

El peso seco total por planta incluyó el peso seco de tallo, hojas e inflorescencia masculina a los 90 días, más el peso seco de la mazorca completa, obtenido por promedio de cuatro mazorcas por parcela. El dato de peso seco total por planta no incluyó el peso seco de las raíces.

Peso seco de granos comerciales: Este dato se obtuvo a partir del peso seco de los granos libres de enfermedades, obtenidos por parcela útil, expresado en forma de gramos por planta.

Peso seco de granos no comerciales: Este dato se obtuvo separando y secando los granos atacados por enfermedades de los granos sanos cosechados de la parcela útil. Se expresó este dato en forma de gramos por planta y en porcentaje relativo, considerando el peso seco de granos totales por planta como el 100%.

Índice de cosecha: Este índice en base seca considera que el peso seco total (tallo + hojas + inflorescencia masculina + mazorca completa), es igual a 100%, luego el peso seco de granos totales corresponderá a la relación entre el peso seco de los granos totales por planta y el peso seco total por planta, sin incluir las raíces.

Razón de peso foliar: El cálculo de esta variable siguió el mismo procedimiento que se describió para la yuca (ver a.2 Características de biomasa de la yuca).

### b.3. Características agronómicas

Plantas útiles cosechadas (%): Este dato se obtuvo mediante el conteo de las plantas existentes en la parcela útil en el momento de la cosecha considerándose como 100% la población original de la misma parcela.

Rendimiento de granos comerciales por hectárea: Este parámetro se calculó a partir del peso obtenido por parcela útil para los granos libres de enfermedades. Para uniformizar el rendimiento



de granos comerciales a 14% de humedad, se utilizó la siguiente fórmula:

$$P(14\%HOH) = \frac{PC (100 - \% HC)}{(100 - \% HD)}$$

donde:

P(14%HOH) = peso del grano con 14% de humedad.

PC = peso del grano a la cosecha con la humedad del campo.

%HC = porcentaje de humedad a la cosecha.

%HD = porcentaje de humedad con que se desea expresar los rendimientos (HD = 14% en este trabajo).

Producción de granos no comerciales: Este dato se obtuvo apartando los granos dañados por enfermedades, cosechados en la parcela útil, y expresados en toneladas métricas por hectárea, uniformizando el contenido de humedad en 14%.

Producción de granos totales por hectárea: Este dato se obtuvo mediante la suma del peso de los granos clasificados como comerciales con el del grano no comercial, uniformados al 14% de humedad. Se calculó el peso de granos totales en toneladas métricas por hectárea llevando 14% de humedad.

### 3.11.2. Comparación entre los sistemas

Biomasa total: Este dato se obtuvo por la suma de la biomasa (peso seco) total de yuca y del maíz, mientras que para la yuca y el maíz en monocultivo se obtuvo de acuerdo con el párrafo a.2. y b.2., respectivamente.

Energía en la biomasa total: Con el dato de biomasa se calculó la energía contenida en ella, considerando que un gramo de materia seca contiene aproximadamente 4.000 calorías (49).

Energía alimenticia total: Este dato representa la energía contenida en los granos comerciales o en las raíces comerciales, para los monocultivos, o la suma de las dos cantidades cuando se trata del sistema maíz con yuca. Se consideró para este cálculo, los contenidos de proteína, carbohidratos y grasa presentadas en el Cuadro 3 y la energía existente de estos elementos en la parte comestible, presentado en el Cuadro 4.

Cantidad de Proteína: Este dato se refiere a la proteína existente en la biomasa comestible neta, o sea la parte de yuca y de maíz que son comestibles.

Eficiencia en energía alimenticia cosechada: Se calculó este índice verificando qué cantidad de la energía contenida en la biomasa total es representada por la energía alimenticia. Para su cálculo se dividió la energía alimenticia para la energía de la biomasa multiplicando el resultado por 100, para tener el valor en porcentaje.

Eficiencia energética: Este índice se calculó considerando que de toda la radiación solar que llega a los cultivos, durante su permanencia en el campo, solamente el 39.48% es fotosintéticamente activa (10, 46, 49). Se trató de saber qué porcentaje de la radiación total fue aprovechada por los cultivos, transformándola en energía y almacenándola en la biomasa total. Para el cálculo se dividió la energía de la biomasa total para la radiación fotosintéticamente activa en  $\text{cal/cm}^2$  y al resultado obtenido se multiplicó por 100 para transformarlo en porcentaje.

Con el fin de tener un mejor conocimiento de las condiciones de radiación solar entre las dobles hileras de la yuca, el momento de la segunda siembra del maíz, se tomaron durante una semana, mediciones de radiación solar total global dentro y fuera de las dobles hileras, usando radiómetros de destilación tipo Gunn-Bellani. Al momento de realizar estas mediciones las plantas de yuca tenían aproximadamente 6 meses de edad, su follaje había alcanzado su máximo desarrollo y empezaba la

Cuadro 3. Composición (%) de la materia seca en la porción alimenticia de los productos cosechados<sup>1/</sup>.

Productos	Proteínas	Carbohidratos	Grasas
Yuca (raíz sin cáscara)	2,50	88,30	0,90
Maíz	11,33	80,97	4,70

<sup>1/</sup> Datos facilitados por el Dr. José Fargas, Laboratorio de Fisiología. Programa de Cultivos Anuales, CATIE.

Cuadro 4. Energía (cal/g o Mcal/Tm), contenida en las proteínas, carbohidratos y grasas de los productos cosechados<sup>1/</sup>.

Productos	Proteínas	Carbohidratos	Grasas
Yuca (raíz sin cáscara)	2780	4030	8370
Maíz	2730	4030	8370

<sup>1/</sup> Merrill y Watt (52).

caída de hojas. Los valores obtenidos se expresaron como porcentaje de radiación no interceptada por el follaje, en relación a la radiación medida fuera del sistema.

Relación equivalente del área de terreno en el tiempo (REAT): A diferencia del Uso Equivalente de la Tierra (UET), este índice se basa en el concepto de que la producción de los cultivos es también una función del tiempo (35). Al usar esta relación se asume que, en Turrialba, existe la posibilidad de lograr varios cultivos en secuencia durante el año con algunas especies. En el caso del maíz pueden lograrse hasta dos cosechas.

Se relacionó el maíz asociado a la yuca, con dos siembras de maíz en monocultivo en población de 40.000 plantas/ha. Para el caso de la yuca asociada, se consideró el monocultivo con 10.000 plantas/ha en hilera simple como comparador. Por lo tanto, el REAT representa la suma de los rendimientos relativos de yuca y maíz asociados. Consecuentemente, el REAT determina el total del área de terreno cultivado durante un año, requerido para producir en monocultivo lo que fue producido por el sistema asociado.

### 3.11.3. Evaluaciones económicas por sistema

Para el análisis económico se consideraron los sistemas lógicos desde el punto de vista del agricultor. Fueron analizados los sistemas de yuca en monocultivo en hilera simple, maíz en monocultivo con dos siembras al año en sucesión, con población de 40.000 plantas/ha, y asociaciones de yuca en hilera simple y doble con tres poblaciones de maíz. Se analizaron los costos de producción para el manejo de los sistemas en una hectárea, y se consideraron los rendimientos de raíces comerciales en yuca y de granos comerciales en maíz.

Se asignó un costo de oportunidad al maíz dañado por enfermedades. Este costo se consideró como un tercio del valor del maíz comercial.

Los criterios para clasificar raíces comerciales fueron definidos en el subtítulo a.1. "Características morfológicas de yuca", en el párrafo "Número de raíces totales y comerciales por planta".

Se calcularon los jornales en base a anotaciones de las labores ejecutadas en la parcela experimental y comparados con actividades iguales, realizadas en otros trabajos llevados a cabo en la misma zona (4, 13, 65).

La información de precios de productos se obtuvo en entrevistas con agricultores de Turrialba.

El marco conceptual para la evaluación de los sistemas, está caracterizado por pequeños agricultores, propietarios de la tierra, que disponen de la mano de obra familiar, y que solo financian los valores relativos a mecanización y materiales. El principal criterio de decisión adoptado fue el Ingreso Familiar Efectivo, que es el dinero que queda al agricultor después de pagar los costos de mecanización, materiales e interés del financiamiento.

Como herramienta se utilizó el análisis beneficio-costo que es un método que sirve para comparar, durante un período determinado, todos los beneficios obtenidos con todos los costos incurridos por el agricultor al mantener el proceso de producción en operación. El período de análisis fue de un año, y por ser un tiempo relativamente corto, no se consideró el valor del dinero en el tiempo, según lo recomienda Avila (7).

Los criterios que se utilizaron para la escogencia del sistema de cultivo que mejor remunera al agricultor estuvieron basados en:

Ingreso Total (IT): Producción total evaluada monetariamente en base a precios pagados en la finca; indica el retorno bruto a todos los recursos que participaron en la producción.

Costo Total (CT): Los costos totales de la empresa a varios niveles de producción equivalen a la suma de los costos fijos totales más los costos variables totales correspondientes a esas producciones.

Ingreso Neto (IN): IT-CT. Significa el ingreso libre, después de compensados todos los costos. Es el retorno a la administración.

Ingreso Familiar Efectivo (IFE): Representa el valor de la producción vendida, menos los costos efectivos. Indica el retorno a la mano de obra familiar, administración y tierra.

Además de estos criterios se incluyó el análisis de la rentabilidad a los factores de producción como: capital, mano de obra y tierra. Para el cálculo de estos indicadores se consideró el costo de oportunidad del factor administración en 10% del costo total del sistema. La rentabilidad a los factores de producción se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{IN del factor X} = \frac{\text{IT} - \text{CT} + \text{Costo del factor X}}{\text{Cantidad del factor X utilizado}}$$

Para estos cálculos se incluyó el costo de oportunidad del factor administración, dentro de los costos totales (7).

Otra herramienta utilizada para el análisis fue la relación producto-producto basado en un isorecurso de \$10.000 de costo total, considerando la relación de precios de los productos comerciales de yuca y maíz, vigentes en la época de cosecha. Se procedió a hacer un análisis de sensibilidad para medir la estabilidad de los sistemas asociados de yuca con maíz a la disminución en los precios de las raíces comerciales de yuca.

Fue realizado también, un análisis estadístico del IN por repetición y una comparación de los promedios, utilizando la prueba de rango múltiple de Duncan. Para realizar el análisis de variancia, se transformaron los valores negativos del IN a positivos, sumando a todos los datos con constante, igual al valor negativo de mayor magnitud.

#### 4.- RESULTADOS Y DISCUSION

##### 4.1. Condiciones climáticas

En el Cuadro A1<sup>2</sup> se resumen los datos del clima que se presentó durante el período experimental. En la Figura 3 se muestran las variaciones mensuales de precipitación promedio de 35 años, así como la evaporación y lluvia reales. El período experimental se caracterizó por una lluvia mensual casi siempre inferior al promedio excepto para el mes de febrero en que llovió un poco más que lo indicado por el promedio. Durante los meses de marzo y abril el balance hídrico atmosférico fue negativo, pues se evaporó más agua de la que cayó con las lluvias.

Aunque los promedios de lluvia muestran que es arriesgado sembrar maíz a fines de diciembre, porque puede faltar agua durante el llenado del grano; sin embargo, para el maíz sembrado el 5 de diciembre, el de segunda siembra, las condiciones climáticas fueron excelentes ya que hasta los 100 días de edad no faltó lluvia y después de este período vino la sequía, buena para el secado de los granos sin proliferación de enfermedades. Por lo contrario, el maíz sembrado el 22 de junio, el de primera siembra, recibió en total un 60% más de lluvia, tanto en los 100 días iniciales como en el período de secado del grano, ocurriendo mucho daño en los granos por enfermedades.

##### 4.2. Aspectos generales de los cultivos

La emergencia de las primeras hojas de yuca ocurrió alrededor del décimo segundo día después de la siembra, siendo visible la hilera de plantas durante la siembra del maíz que se realizó catorce días después de la yuca.

En el Cuadro A3 se presenta la secuencia cronológica de las principales actividades realizadas en el experimento. Se puede observar que se efectuaron aplicaciones de insecticidas al maíz con el fin de evitar daños severos de "vaquitas" (*Diabrotica* sp.) al principio del ciclo y también para evitar estragos del gusano cortador y cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Los patógenos perjudicaron al maíz de la primera siembra, que

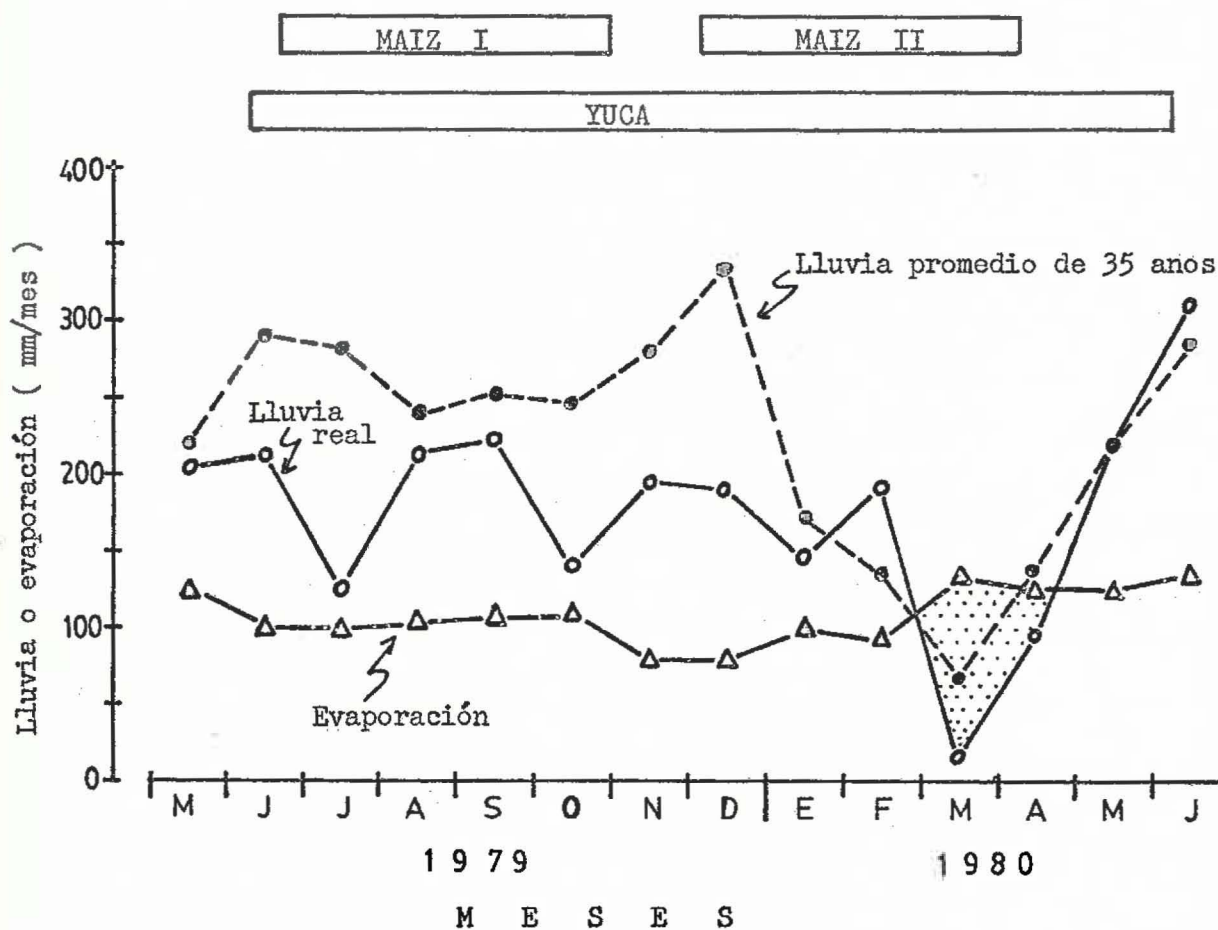


Fig. 3 Lluvia mensual (promedio de 35 años), lluvia y evaporación reales mensuales que ocurrieron durante la permanencia de los cultivos en el campo ( I=1a. siembra; II=2a. siembra). CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1980.



fue atacado por la bacteria, *Erwinia chrysanthemi*, a los 26 días de edad, y al aplicarse un bactericida no se volvió a presentar la enfermedad. Al final del ciclo, en el secado de los granos, las mazorcas fueron atacadas por *Diplodia* y *Fusarium*, provocando pérdidas de hasta 20% en la producción de granos. El maíz de segunda siembra no sufrió ataque de bacteria y el daño por hongos en los granos fue bastante reducido.

A la yuca no fue necesaria la aplicación de insecticida, aunque se notaron señales del ataque de larvas de la mosca del cogollo (*Lonchaeidae*) y de la mosca de la fruta (*Anastrepha manihoti*), en el cogollo y en las partes no lignificadas del tallo, respectivamente. En relación a esto conviene señalar que Saunders (68) trabajando en el CATIE con el cultivar de yuca 'Valencia', luego de probar diversos métodos de combate contra estos dos insectos, encontró que las plantas no tratadas rindieron más, tal vez por reducirse la dominancia apical y consecuentemente aumentar el número de ramas laterales con follaje.

No fue necesario la aplicación de fungicidas a la yuca, aunque se haya constatado la presencia de roña (*Sphaceloma manihoticola*) y de pudrición bacteriana del tallo (*Erwinia carotovora*) como consecuencia del ataque de la mosca de la fruta.

#### 4.3. Características biológicas por cultivo

##### 4.3.1. Yuca

Los datos referentes a este cultivo se encuentran en los Cuadros 5, 6 y 7 y en las Figuras 4 y 5.

##### a. Efecto de disposición de hileras sobre las plantas de yuca en monocultivo (Ys vs Yd).

Al comparar los promedios de altura de planta entre monocultivos de yuca (Cuadro 5), tratando de detectar efecto de arreglo de hileras, no se notaron diferencias significativas en esta característica. Por otra parte al evaluar la altura de horqueta se pudo notar que el arreglo de hilera doble condujo a una elevación significativa de la horqueta. En el caso del área foliar, ésta fue mayor en las plantas

dispuestas en hilera simple que en las que estaban en hilera doble.

El efecto de la disposición de las hileras sobre la altura de horqueta concuerda con la respuesta más frecuente de las plantas a la baja intensidad de luz, o sea el alargamiento de los entrenudos y al aumento de área foliar, pero esta respuesta no se notó en altura total de planta. En el caso del área foliar ocurrió lo contrario a lo esperado, ya que entre las plantas de yuca en hilera simple la distribución y penetración de luz es favorecida, luego el área foliar por planta debería haber sido inferior a la de plantas en hilera doble. Al comentar aspectos de área foliar hay que considerar que la medición se hizo a los 12 meses o sea cuando ya ha pasado la edad de área foliar máxima que es a los seis meses para el cultivar 'Valencia'.

En lo referente a número de raíces comerciales por planta y peso fresco por raíz comercial no se notó efecto de arreglo de hileras, sin embargo, el promedio de número de raíces totales por planta fue significativamente superior a las plantas en hilera simple. Por lo contrario el peso fresco por raíz total fue mayor en las plantas en hilera doble, lo que conduce a pensar que la disminución en el número fue balanceada por un aumento en peso individual de las raíces.

El número de raíces totales por planta en yuca en hilera doble, que sufrió una reducción del 21% con relación a hilera simple, podría deberse a que en el período de formación de raíces reservantes (50 días hasta los 7 meses) la competencia intra específica fue mayor en las plantas en hilera doble.

Al compararse el número de raíces totales (100%) y comerciales por planta producido bajo el arreglo de hilera simple, se observó un rendimiento de 42% en raíces comerciales, lo que conduce a suponer que las condiciones en que crecieron las plantas no fueron buenas (38), pues en experimentos con altas producciones se han logrado rendimientos del 63% en raíces comerciales (66). Sin embargo, las plantas en hilera doble rindieron 55% en raíces comerciales, lo que da a este arreglo mayor eficiencia desde este punto de vista.

La igualdad en la producción de raíces totales (Tm/ha) presentada

por las plantas de yuca en monocultivo en los dos arreglos de hileras (Cuadro 7), concuerdan con lo observado por Mattos (51) cuando experimentó con diferentes poblaciones de yuca en el arreglo de hilera doble o hilera simple.

De acuerdo a los promedios de peso fresco de parte aérea y del follaje (Cuadro 7), las plantas en hileras dobles tuvieron una parte aérea menos desarrolladas que las que estaban en hilera simple en forma significativa. Esto relacionado con los datos de producción de raíces totales y comerciales, conduce a pensar que las plantas del arreglo de hileras dobles fueron más eficientes en acumular carbohidratos en las raíces, porque con menor distribución de biomasa en parte aérea y también en hojas produjeron iguales a las plantas de hilera simple.

Los índices que muestran distribución de biomasa como la razón de peso foliar y el índice de cosecha (Cuadro 6), revelaron que no se alteraron las proporciones de biomasa en hojas y en raíces por efecto de la disposición de hileras. El valor en promedio, del índice de cosecha que fue de aproximadamente 53%, está cerca del 55% considerando óptimo para la planta ideal de yuca (18). El valor obtenido fue superior al dado por Zandstra (77) y parecido al reportado para el cultivar 'Valencia' en Turrialba (66).

El porcentaje de plantas útiles (Cuadro 7), mostró que no se presentaron condiciones que favorecieron la mortalidad de plantas de yuca en ambos arreglos de hileras.

b. Efecto de población de maíz sobre el comportamiento de plantas de yuca en hilera simple (Ys vs Ys+M1; Ys+M2; Ys+M3)

Los datos morfológicos (Cuadro 5) muestran que al ingresar el maíz dentro del sistema yuca en hilera simple en monocultivo, se produce un aumento de la altura de planta y de la altura de horqueta, pero una disminución en área foliar a los 365 días. En estas dos características se notó una variación gradual en relación al incremento de población del maíz. El alargamiento de tallos y reducción de área foliar podría considerarse una respuesta fotomorfogenética relacionada

con la paulatina disminución de luz ocasionada en este caso por las poblaciones crecientes del maíz. También el peso seco total por planta y peso fresco de parte aérea por hectárea (Cuadro 6 y 7) muestran la misma tendencia a disminuir. La reducción en relación al monocultivo, impuesta por la presencia de poblaciones de 10.000, 25.000 y 40.000 plantas/ha de maíz fue de aproximadamente 6%, 30% y 50% respectivamente en el peso seco de raíces totales por planta (Figura 4).

El peso fresco por raíz total y por raíz comercial (Cuadro 5) no mostraron respuesta a la población de maíz, pero sí el número por planta de estos tipos de raíz. La reducción en el número de raíces, por lo tanto, es la causa principal del descenso progresivo en la producción de raíces totales y el rendimiento en raíces comerciales por hectárea (Cuadro 7). Una reducción de aproximadamente 50% en la producción de raíces cuando se sembró yuca con 40.000 plantas/ha de maíz también fue observado por técnicos del CATIE (11), que caracterizaron el maíz como un cultivo con alto poder de competencia, hecho que se manifestó por la disminución del crecimiento y rendimiento de los cultivos que lo acompañaron en los sistemas. Resultados semejantes han sido obtenidos por diversos investigadores (11, 17, 29, 31, 72) con la siembra simultánea de yuca y maíz; sin embargo, en algunos casos se han reportado resultados opuestos como los de Angulo (4) que también utilizó la siembra simultánea, y por Santos (66) cuando sembró el maíz 30 días después de la yuca.

El drástico efecto de la población de 40.000 plantas/ha de maíz, afecta más al número de raíces totales y comerciales producidas por plantas de yuca que a otras características (Figura 5), lo que indica probablemente que la interferencia del maíz se realiza en período de formación de las raíces de yuca, pues de acuerdo con Zandstra (77) la formación de raíces reservantes inicia a los 50 días de edad y a los 6 meses el llenado de raíces alcanza la mayor tasa de acumulación de biomasa. De igual manera, Hunt y colaboradores (38) verificaron que hasta los 7 meses se forman las raíces. Este hecho relacionado con la permanencia del maíz por aproximadamente 4 meses dentro de las hileras

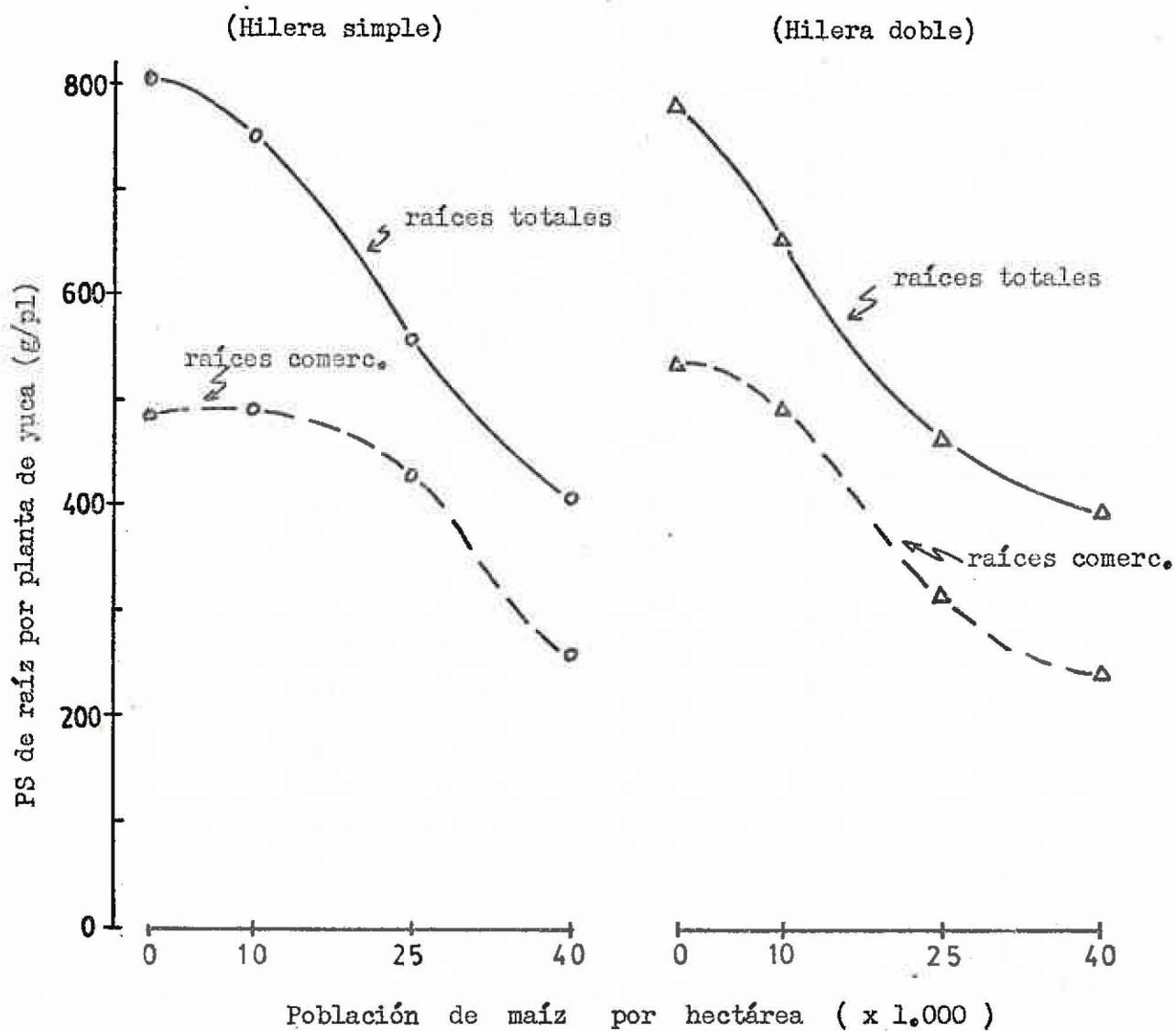


Fig. 4 Peso seco (PS) por planta de raíces totales y comerciales de yuca en hilera simple y doble, tanto en monocultivo como en asociación con diferentes poblaciones de maíz.

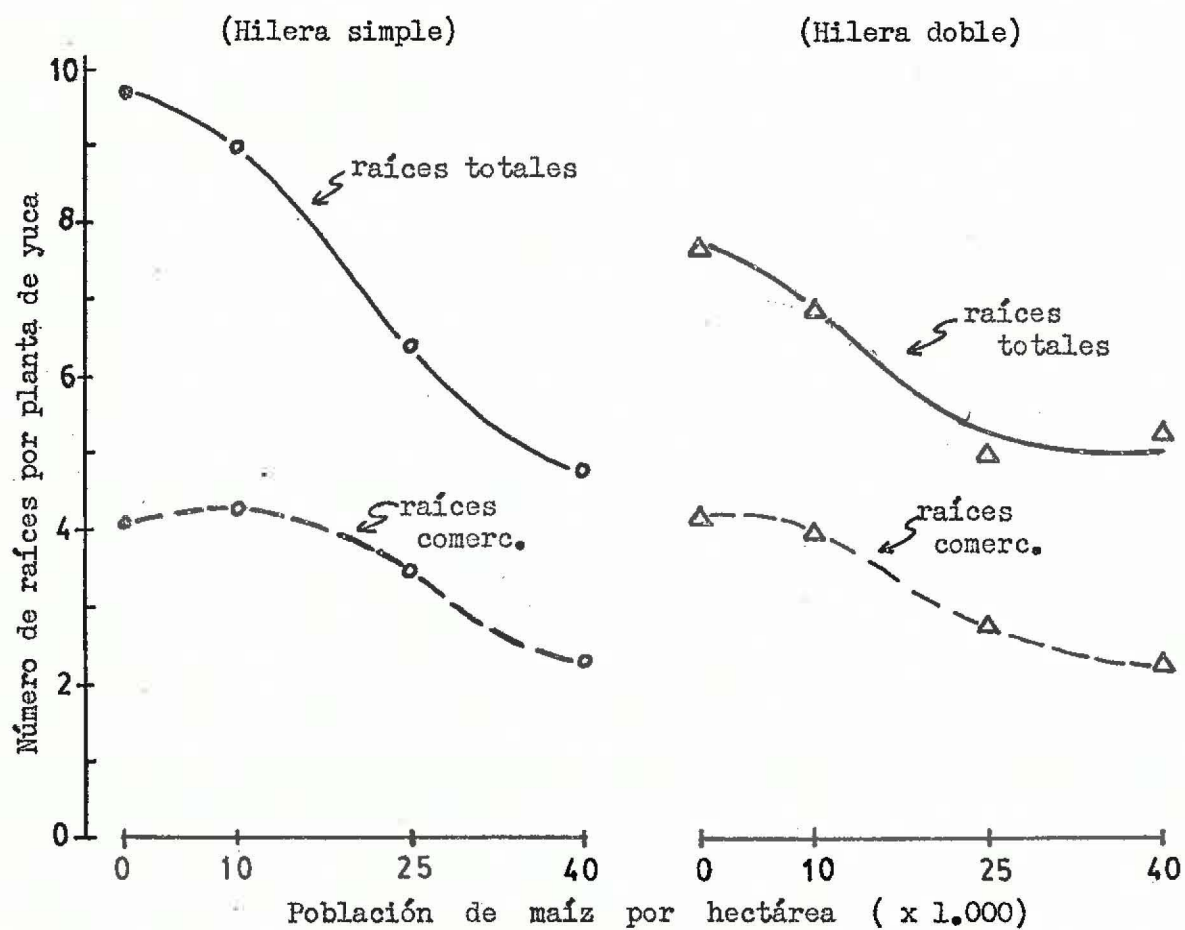


Fig. 5 Número de raíces totales y comerciales por planta de yuca en hilera simple y doble, tanto en monocultivo como en asociación con diferentes poblaciones de maíz.

de yuca, y también con la pérdida casi completa de las hojas de yuca a los 6 meses, hace pensar que la siembra anticipada del maíz por unos dos meses o más quizás sería más conveniente para la yuca sembrada en el arreglo de hileras simples, como lo sugieren técnicos del IRAT (39) y que según Molina y colaboradores (54) es practicado en Costa Rica.

Los índices de distribución de biomasa (Cuadro 6) mostraron que al incrementar la población del maíz dentro de la yuca en hilera simple, existió una tendencia a aumentar la proporción de biomasa en hojas y de disminuir la biomasa almacenada en cosecha.

Todo lo dicho muestra que la población creciente de maíz afectó negativamente el crecimiento y rendimiento de la yuca en hilera simple, siendo más drástico el efecto de la población de 40.000 plantas/ha.

- c. Efecto de población de maíz, en dos siembras sucesivas, sobre el comportamiento de plantas de yuca en hilera doble (Yd vs Yd+M1-M1; Yd+M2-M2; Yd+M3-M3)

Al sembrar poblaciones crecientes de maíz, por dos veces, intercaladas con yuca en el arreglo de hilera doble, se observó un aumento de la altura de planta de yuca con el incremento de la población de maíz, formando los promedios de las asociaciones un grupo de valores que diferieron significativamente del monocultivo. Lo mismo ocurrió con la altura de la horqueta, notándose una elevación significativa de dicha altura, pero solamente al intercalar la población de 40.000 plantas/ha de maíz (Cuadro 5).

Las diferentes poblaciones de maíz no afectaron, estadísticamente, el peso fresco por raíz comercial de las plantas de yuca en hilera doble, pero los datos muestran la tendencia a disminuir conforme aumenta la población de maíz. Por otro lado, la población de 40.000 plantas/ha provocó una disminución significativa en el peso fresco por raíz total.

En cuanto al número de raíces totales y el de raíces comerciales, se observó que ambas variables fueron más afectadas por las poblaciones de 25.000 y 40.000 plantas/ha de maíz, reduciendo sus valores en aproximadamente 30% cuando se los comparó con el monocultivo de yuca en el

mismo arreglo de hilera doble (Cuadro 5). La consecuencia de esto fue la disminución de las producciones de raíces totales y comerciales por hectárea (Cuadro 7), pues los promedios resultantes de los tratamientos con 25.000 y 40.000 plantas/ha fueron significativamente inferiores a los demás. Con la población de 40.000 plantas/ha, sembradas dos veces con yuca, se observó una reducción del 56% en el rendimiento de raíces comerciales, mientras que Fargas (29) en iguales condiciones experimentales sembrando una sola vez el maíz, obtuvo una reducción del 24%, lo que conduce a pensar que cada siembra de maíz tiene efecto igual y acumulativo sobre la producción de yuca en el arreglo de hileras dobles.

Las únicas variables de la yuca en hilera doble que no se afectaron por efecto de población de maíz fueron el peso fresco de la parte aérea y el peso fresco del follaje (Cuadro 7). Las demás variables biológicas estudiadas de la yuca, en general fueron más afectadas por las poblaciones de 25.000 y 40.000 plantas/ha de maíz. Están incluidas en estas variables los índices de distribución de biomasa en hojas y raíces (Cuadro 6) que mostraron una tendencia a la mayor acumulación de biomasa en hojas y a una disminución de biomasa en las raíces.

- d. Comparaciones generales de algunas características entre sistemas que presentaron una o dos siembras de maíz.

Al analizar los promedios de número de raíces totales por planta (Cuadro 5, Figura 5), se observó que las plantas de yuca del arreglo de hileras simples se afectaron, negativamente, más con la presencia del maíz que las plantas del arreglo en hileras dobles, ya que las primeras disminuyeron en un 51%, mientras que las últimas solamente un 31% su número de raíces totales, esto cuando fue intercalada la población de 40.000 plantas/ha de maíz.

Sin embargo, la característica de número de raíces comerciales por planta varió en igual forma bajo la presión de las poblaciones crecientes de maíz, tanto en el arreglo de hileras simples como de dobles. La población de 40.000 plantas/ha de maíz provocó la mayor reducción en el número de raíces comerciales por planta de yuca, cuyos



promedios fueron iguales en los dos arreglos de hileras, y significativamente diferentes a los de sus monocultivos.

Las plantas de yuca en los arreglos de hileras simples o dobles respondieron, también, igualmente a la presión de población creciente de maíz, siendo el efecto más notable el de 40.000 plantas/ha (Figura 4).

Observando los rendimientos de raíces comerciales (Tm/ha) se concluyó que el proveniente de yuca en hilera simple con una sola siembra de maíz a 40.000 plantas/ha, fue igual al de yuca en hilera doble asociada con dos siembras sucesivas de maíz en 25.000 y 40.000 plantas/ha de maíz.

El análisis del contenido de almidón de las raíces, expresado en porcentaje, no mostró variación con respecto a los tratamientos (Cuadro 7) de poblaciones de maíz intercalado con yuca.

#### 4.3.2. Maíz

El cultivo del maíz se incluyó en tres sistemas diferentes con el objetivo de cuantificar su efecto competitivo sobre la yuca, y de la yuca sobre el maíz. Se sembró primeramente en monocultivo con tres poblaciones y en dos siembras sucesivas al año, dejándose un barbecho de 35 días. En el segundo caso, el maíz se asoció con yuca en un arreglo de hileras simples y se hizo una sola siembra con cada una de las tres poblaciones, y por último se asoció con yuca en un arreglo de hileras dobles. En este último caso el maíz se probó también en tres poblaciones y además se hicieron dos siembras.

Conviene aclarar que al asociar maíz con yuca en hileras dobles el arreglo del maíz también se altera en relación al monocultivo de igual población, de tal manera que con 10.000 plantas/ha se tendrá una hilera de maíz entre las hileras dobles de yuca, pero con 25.000 y 40.000 plantas de maíz/ha se tendrán dos hileras en esas posiciones (Figura 2).

Cuadro 5. Características morfológicas, a los 365 días, de plantas de yuca cultivadas como monocultivo o asociadas con maíz. Valores promedios de cuatro repeticiones con resultados de la prueba de Duncan <sup>1/</sup>.

Sistemas <sup>2/</sup>	Altura de planta (cm)	Altura horqueta (cm)	Area foliar absoluta (dm <sup>2</sup> /pl)	Raíces totales (no./pl)	PF por raíz total <sup>3/</sup> (g/raíz)	Raíces comerciales (no./pl)	PF por raíz comercial <sup>3/</sup> (g/raíz)
Ys	236 c	102 d	207,47 a	9,7 a	231,6 bc	4,1 a	327,5 a
Ys+M1	263 ab	137 bc	188,80 ab	9,0 a	234,9 abc	4,3 a	324,0 a
Ys+M2	269 a	147 b	160,55 bc	6,4 c	254,2 abc	3,5 b	351,1 a
Ys+M3	264 a	156 a	141,32 c	4,8 d	241,1 abc	2,3 c	313,4 a
Yd	243 bc	130 c	147,25 c	7,7 b	285,4 a	4,2 a	356,5 a
Yd+M1-M1	250 abc	141 bc	172,61 bc	6,9 bc	265,3 ab	4,0 ab	350,5 a
Yd+M2-M2	268 a	139 bc	208,03 a	5,0 d	264,2 ab	2,8 c	319,0 a
Yd+M3-M3	268 a	152 a	187,21 bc	5,3 d	208,3 c	2,3 c	299,0 a

<sup>1/</sup> Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 5% de probabilidad.

<sup>2/</sup> Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl/ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha; +=siembra intercalada del maíz catorce días después de la yuca; -=sucesión.

<sup>3/</sup> PF= Peso fresco.

Cuadro 6. Características de biomasa, a los 365 días, de plantas de yuca cultivadas en monocultivo o asociadas con maíz. Valores promedios de cuatro repeticiones con resultados de la prueba de Duncan.<sup>1/</sup>

Sistemas <sup>2/</sup>	PS raíces totales <sup>3/</sup> (g/pl)	PS raíces comerciales (g/pl)	PS raíces no comerciales (g/pl)	PS total por planta (g/pl)	Razón peso foliar (%) <sup>4/</sup>	Indice de cosecha <sup>5/</sup> (%) <sup>4/</sup>
Ys	804,3 a	488,0 ab	316,3 a	1585,0 a	4,69 cd	50,96 ab
Ys+M1	753,0 a	494,5 ab	258,5 ab	1543,0 a	4,42 cd	48,80 bc
Ys+M2	560,3 c	429,8 b	130,5 c	1230,0 bc	4,77 cd	45,60 cd
Ys+M3	410,8 d	261,8 c	149,0 c	974,0 e	5,26 bc	42,23 de
Yd	782,8 a	536,8 a	246,0 ab	1414,0 ab	3,78 d	55,17 a
Yd+M1-M1	655,5 b	496,3 ab	159,2 bc	1312,5 cd	4,81 cd	50,01 bc
Yd+M2-M2	467,8 d	317,3 c	150,5 c	1108,5 de	6,93 a	41,86 de
Yd+M3-M3	396,3 d	245,3 c	151,0 c	1016,0 e	6,02 b	38,80 e

<sup>1/</sup> Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 5% de probabilidad.

<sup>2/</sup> Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl/ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha; +=siembra intercalada del maíz catorce días después de la yuca; -=sucesión.

<sup>3/</sup> PS= Peso seco.

<sup>4/</sup> Datos en (%) fueron analizados como arco seno  $\sqrt{(\%)}$ .

<sup>5/</sup> Índice de cosecha (%)= (P.S. raíces totales/P.S. total) x 100.

Cuadro 7. Características agronómicas, a los 365 días, de plantas de yuca cultivadas en monocultivo o asociadas con maíz. Valores promedios de cuatro repeticiones con resultados de la prueba de Duncan<sup>1/</sup>.

Sistemas <sup>2/</sup>	Plantas útiles (%) <sup>3/4/</sup>	Produc. de raíces totales (Tm/ha)	Rendimiento de raíces comerc. (Tm/ha)	PF parte aérea total <sup>5/</sup> (Tm/ha)	Producción follaje fresco <sup>6/</sup> (Tm/ha)	Contenido de almidón (%) <sup>4/</sup>
Ys	99,22 a	22,28 a	13,54 ab	27,14 ab	<b>2,71</b> a	33.9 a
Ys+M1	99,22 a	20,86 a	13,70 ab	27,47 a	2,46 ab	32.9 a
Ys+M2	99,22 a	15,52 b	11,90 ab	23,30 c	2,09 bcd	<b>33.4</b> a
Ys+M3	<b>99,22</b> a	11,20 c	7,23 c	<b>19,55</b> c	1,84 d	34.5 a
Yd	100,00 a	21,86 a	14,99 a	22,18 c	1,94 cd	34.1 a
Yd+M1-M1	96,87 a	<b>17,74</b> b	13,48 ab	22,38 bc	2,20 abcd	35.4 a
Yd+M2-M2	97,66 a	12,77 c	8,66 c	21,97 c	2,67 a	35.1 a
Yd+M3-M3	96,87 a	10,73 c	6,64 c	21,07 c	2,38 abc	34.2 a

1/ Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 5% de probabilidad.

2/ Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl/ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha; +=siembra del maíz catorce días después de la yuca; -=sucesión.

3/ Plantas útiles cosechadas, población original de 10.000 pl/ha.

4/ Dato en (%) fue analizado como arco seno  $\sqrt{\%}$ .

5/ PF= Peso fresco.

6/ Están considerados solamente los limbos.

Los datos referentes a las características morfológicas, de biomasa y agronómicas del maíz, en los tipos de siembra mencionados, se encuentran en los Cuadros 8, 9 y 10 y en la Figura 6.

a. Efecto de población sobre las plantas de maíz en monocultivo.

a.1. Primera siembra

Las plantas de maíz en monocultivo en la primera siembra respondieron significativamente, con un aumento progresivo en producción de granos totales (Cuadro 10), al incremento de población. Estos resultados coinciden con los presentados por Duncan (27). Conforme se ve en la Figura 6, los monocultivos de maíz presentaron producciones crecientes, no habiendo inflexión de su curva de respuesta a poblaciones, lo que lleva a suponer que para el cv. 'Tuxpeño' planta baja, y con la fertilidad existente, la población óptima podría haber sido más de 40.000 plantas/ha.

Los promedios en rendimiento de granos comerciales mostraron una tendencia igual a la del dato anterior, pero entre las poblaciones de 25.000 y 40.000 plantas/ha de maíz no hubieron diferencias significativas. Esto se debió a que en la mayor población las condiciones microclimáticas favorecieron la incidencia de enfermedades en el grano, haciendo que la diferencia en estos dos últimos casos no alcanzara significancia.

En lo referente a altura de planta y área foliar de maíz, no se notaron cambios provocados por el incremento de población (Cuadro 8). El valor promedio de área foliar ( $78 \text{ dm}^2/\text{pl}$ ) obtenido para la población de 40.000 plantas/ha coincide con los resultados presentados por Arze (5). Al calcular el índice de área foliar (IAF)\* para las tres poblaciones, resultan valores de 0,79; 2,16 y 3,14; cuyas magnitudes son semejantes a las presentadas por Duncan (27).

En lo referente al peso seco total por planta de maíz, éste mostró una tendencia a disminuir con el aumento de población, habiendo

---

\* IAF = área foliar absoluta por planta ( $\text{dm}^2$ )/área del suelo correspondiente a una planta ( $\text{dm}^2$ ).

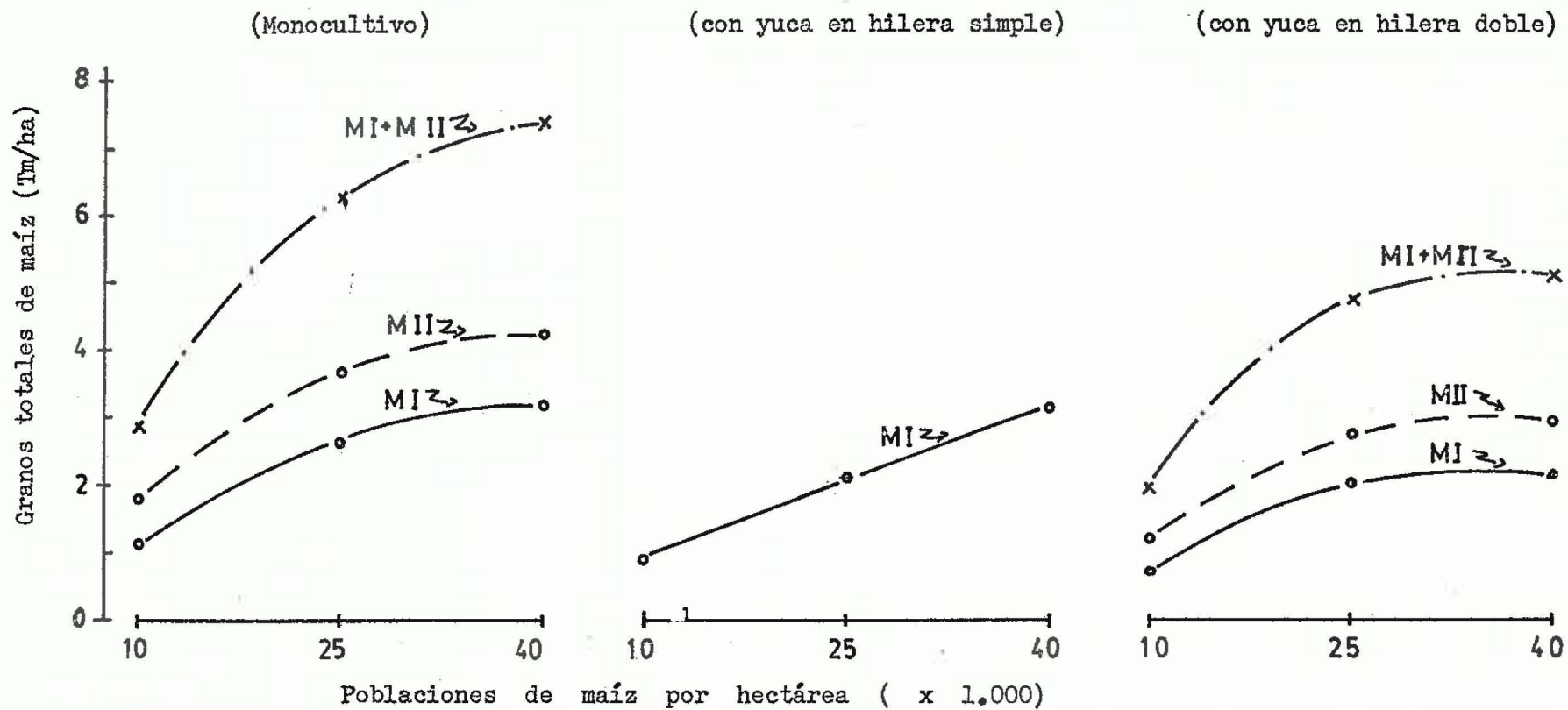


Fig. 6 Producción de granos totales de maíz con 14% de humedad en relación a sus poblaciones, tanto en monocultivo, como en asociaciones con yuca en hilera simple, y doble. M=maíz; I=1a. siembra; II= 2a. siembra.

diferencias significativas entre los promedios de las dos primeras poblaciones lo que demuestra un mayor vigor en las plantas que estaban en la población de 10.000 plantas/ha debido probablemente a la poca competencia intraespecífica que sufrieron.

Los tratamientos de poblaciones no provocaron modificaciones en cuanto a la mortalidad de plantas, y aunque durante el secado de los granos hubo presencia de granos dañados por enfermedades sus promedios, expresados en porcentaje, no diferieron en las tres poblaciones de maíz (Cuadros 9 y 10).

Con respecto a los componentes del rendimiento, estos tendieron a bajar al incrementarse la población. Se notaron diferencias significativas entre promedios del peso seco de granos totales por planta correspondientes a las poblaciones de 25.000 y 40.000 plantas/ha, de igual manera que en el caso del peso seco de granos comerciales y número de mazorca por planta (Cuadro 9).

En cuanto a las características de la mazorca como el peso fresco de granos totales y de comerciales por mazorca, hubo efecto significativo de la población sobre sus promedios, mostrando la tendencia de disminuir con el incremento de población. Esto significa mazorcas menores en tamaño y también inferiores en número por planta, pero por efecto de población, resultaron mayores rendimientos por hectárea con las poblaciones más altas (Cuadro 8).

#### a.2. Segunda siembra

Al observar los datos de segunda siembra del maíz en monocultivo se notaron en general las mismas respuestas al incremento de población, o sea el aumento de la producción de granos totales y los rendimientos en forma creciente manteniéndose sin cambios altura de planta y área foliar, proporción de granos no comerciales. Por lo contrario el peso seco total por planta de maíz mostró tendencia a disminuir al aumentar la población. Sin embargo, al comparar algunas variables medidas en las plantas de primera y de segunda siembra, se reveló que en esta última las condiciones climáticas fueron más favorables: por ejemplo, se obtuvo un menor porcentaje de granos dañados por enfermedades o no comerciales (2%), al compararlo con los de primera

siembra (20%) (Cuadro 9). Estos resultados probablemente están vinculados a la lluvia que ocurrió durante el período de secado de los granos, desde los 90 hasta los 125 días, que fue de aproximadamente 300 mm y de 20mm para el maíz de primera y segunda siembra, respectivamente (Figura 3).

Por otra parte, las plantas de maíz de segunda siembra acumularon proporcionalmente más biomasa en los granos y menos en las hojas que las plantas de primera siembra, según lo revelaron el índice de cosecha y la razón de peso foliar (Cuadro 9). Las producciones provenientes de las dos siembras pueden ser comparadas en el Cuadro 10 y en la Figura 6, donde se observa la superioridad del maíz de segunda siembra; estos resultados concuerdan con los obtenidos por técnicos del CATIE (11). La mejor producción de las plantas de la segunda siembra fueron el resultado de un mayor vigor y mejores componentes del rendimiento y menor pérdida de granos por enfermedades.

b. Efecto de arreglo de hileras de yuca sobre diferentes poblaciones de maíz en primera siembra.

b.1. Diez mil plantas por hectárea

Con la población de 10.000 plantas/ha de maíz no se observaron diferencias significativas en la producción, tanto de granos totales como comerciales, por efecto de los arreglos de hilera simple o doble de las plantas de yuca (Cuadro 10 y Figura 6). Tampoco se notó este efecto en las características de vigor de las plantas de maíz, como altura de planta y área foliar, mientras que con respecto al porcentaje de granos no comerciales (Cuadro 9), se observó su aumento cuando el maíz fue asociado a la yuca en ambos arreglos de hileras (Cuadro 8). Estos últimos datos conducen a pensar que la presencia de la yuca aumenta la competencia disminuyendo el peso seco por planta y modifica el microclima existente favoreciendo enfermedades del grano durante el secado, aún con las poblaciones más bajas de maíz.

Con respecto al peso seco total por planta de maíz (Cuadro 9), se observó que la presencia de la yuca afectó negativamente sus promedios en relación al monocultivo, pero no hubo diferencia en cuanto al efecto



provocado por los diferentes arreglos de hilera de yuca. Lo mismo ocurrió con el número de mazorcas totales por planta (Cuadro 8).

Aunque en las variables estudiadas no se detectaron diferencias significativas entre los promedios correspondientes al maíz asociado con yuca en los dos tipos de hilera, sin embargo, los valores numéricos provenientes del asocio con yuca en hilera doble fueron generalmente inferiores a los correspondientes en hilera simple.

#### b.2. Veinte y cinco mil plantas por hectárea

Con respecto a la población de 25.000 plantas/ha de maíz, la pérdida en producción y rendimientos debida a la presencia de la yuca fue más fuerte que con la población anterior, pero como en el caso anterior no se observaron efectos de arreglos de hileras de yuca, pues tanto en hilera simple como en doble, los rendimientos fueron iguales (Cuadro 10); lo mismo ocurrió con el peso seco por planta de maíz (Cuadro 9). En el caso de la altura de planta y del área foliar, sus promedios no mostraron efecto de la hilera de yuca (Cuadro 8). De igual manera, los promedios del daño por enfermedades a los granos de maíz, expresados como porcentaje de granos no comerciales (Cuadro 9), fueron estadísticamente iguales para ambos arreglos de hileras de yuca, pero estos a su vez fueron superiores al monocultivo. Con respecto a los componentes del rendimiento, se observó que no hubo efecto del arreglo de hileras de yuca sobre el número de mazorcas por planta y los promedios fueron iguales a los del monocultivo. En el caso del peso seco de granos totales y de granos comerciales por planta (Cuadro 9), tampoco se notó efecto de hilera de yuca, pero los promedios correspondientes al monocultivo fueron superiores al de las asociaciones. Lo mismo ocurrió con las características de las mazorcas, en los que respecta a peso fresco de granos comerciales (Cuadro 8).

#### b.3. Cuarenta mil plantas por hectárea

En la siembra de 40.000 plantas/ha de maíz, el efecto de la yuca en hilera simple sobre la producción tanto de granos totales como comerciales (Cuadro 10) no fue lo suficientemente fuerte

como para que los promedios fueran diferentes a los del monocultivo. Por otra parte, la yuca en hilera doble tuvo un efecto depresivo mayor sobre la producción de granos y las diferencias entre promedios alcanzaron significancia con respecto al monocultivo.

Debemos recordar que existen dos efectos confundidos sobre el maíz, o sea, la competencia impuesta por la yuca y la competencia intra específica provocada por las plantas de maíz entre sí mismas. En este sentido, Fargas (29) concluyó que la competencia intraespecífica aumenta cuando las plantas de maíz del monocultivo se disponen en hileras dobles de 2,50 x 0,75 x 0,30 m con la población de 40.000 plantas/ha, siendo las reducciones en rendimiento del orden del 38% cuando comparadas con el monocultivo sembrado a 1,0 x 0,5 m, en ambos casos con dos plantas por hoyo. En los datos de este experimento, se observó una reducción del 31% en la producción de granos totales de maíz, lo cual si se compara con los datos de Fargas (29) excluiría el efecto del arreglo de hileras dobles de yuca como causa importante de la baja en rendimiento del maíz intercalado. Analizando las características que reflejan el vigor y crecimiento de las plantas de maíz, se observó que no hubo efecto del arreglo de hileras de yuca sobre el área foliar pero sí un efecto significativo positivo solamente para el arreglo de hileras simples, en aumentar la altura de planta del maíz (Cuadro 8). Por otra parte, el peso seco total por planta mostró un efecto igual y significativo de ambos arreglos de hileras en disminuir en un 24% su peso seco por planta en relación al monocultivo (Cuadro 8). Las condiciones microclimáticas de las parcelas no empeoraron en relación al monocultivo por la presencia de la yuca en sus dos arreglos de hileras ya que los promedios de los porcentajes de plantas útiles fueron estadísticamente iguales indicando baja mortalidad (Cuadro 10); lo mismo ocurrió con el porcentaje de granos no comerciales (Cuadro 9).

De los componentes del rendimiento estudiados, el número de mazorcas por planta (Cuadro 8) no sufrió efecto del arreglo de hileras de yuca, mientras que el peso seco de granos totales y comerciales por planta sí fue afectado negativamente pero únicamente por la presencia de la yuca en hilera doble, siendo los promedios resultantes

inferiores al del monocultivo, en aproximadamente 30% para ambas características.

Es interesante observar que las plantas de maíz en la población de 40.000 plantas/ha mostraron igual índice de cosecha y una parecida distribución de biomasa en hojas (Cuadro 9), pero las características de las mazorcas, como el peso fresco de granos totales, se afectaron negativamente en un 26% cuando se sembró intercalado a yuca en el arreglo de hileras dobles (Cuadro 8).

c. Efecto del arreglo de hilera doble de yuca sobre la segunda siembra del maíz en diferentes poblaciones

Las mediciones de radiación solar total global realizadas dentro y fuera de las dobles hileras de yuca a los seis meses de edad revelaron que la radiación disponible a las plantas de maíz recién sembradas fue de aproximadamente 70% de la externa al sistema (Cuadro A13). Posteriormente estas condiciones de radiación han de haber mejorado, por la progresiva pérdida de follaje con la edad, hasta los 12 meses.

A semejanza de la primera siembra, también en la segunda, los promedios de las producciones de grano total y comercial de maíz (Tm/ha) provenientes de 10.000, 25.000 y 40.000 plantas/ha intercaladas con yuca en hilera doble fueron significativamente diferentes e inferiores al de los respectivos monocultivos (Cuadro 10). Los promedios en general se incrementaron al aumentarse las densidades de siembra, tanto para el monocultivo como para la asociación. Los promedios de granos totales y comerciales de maíz de segunda siembra asociado con yuca en hilera doble fueron iguales para las poblaciones de 25.000 y 40.000 plantas/ha de maíz.

Es interesante notar que las reducciones en porcentaje sufridas en los promedios de las producciones de granos totales y comerciales por efecto de la asociación con yuca en doble hilera es muy parecido al ocurrido durante la primera siembra y en cada población de maíz; estos valores fueron de aproximadamente 28% al tratarse de granos totales y de 32% con los granos comerciales. Esto conduce a pensar que

el efecto del arreglo en hilera doble de la yuca sobre el maíz de primera siembra fue igual al que tuvo sobre el maíz de segunda siembra a pesar de que la yuca tenía en este caso más de 6 meses de edad.

Con respecto al área foliar por planta, el arreglo de hileras dobles de yuca redujo significativamente los promedios en relación al monocultivo excepto en el caso de 10.000 plantas/ha. En el caso de la altura de las plantas de maíz, solo se alargaron significativamente las que estaban con una población de 10.000 plantas/ha de maíz, por efecto de la yuca en doble hilera (Cuadro 8).

En lo referente al peso seco total por planta de maíz (Cuadro 9), se notó con las tres poblaciones diferentes un efecto negativo y significativo del arreglo de hileras dobles de yuca, cuando se compararon los promedios resultantes de las plantas del sistema asociado con el respectivo monocultivo.

El arreglo de hilera doble de yuca afectó poco el porcentaje de plantas útiles de maíz de la segunda siembra (Cuadro 10), y no favoreció la incidencia de enfermedades en los granos (Cuadro 9), por determinarse igual porcentaje de granos no comerciales tanto en el monocultivo como en el maíz intercalado.

En lo referente a los componentes del rendimiento, se notó que el peso seco de granos totales por planta siempre fue significativamente inferior en las plantas de maíz provenientes de la asociación con yuca, siendo esta tendencia igual a la observada en la primera siembra; lo mismo ocurrió con el peso seco de granos comerciales por planta (Cuadro 9) y el número de mazorcas por planta (Cuadro 8). Esta semejanza en la magnitud del efecto de la yuca en hilera doble sobre el maíz de primera y segunda siembra ya se comentó al discutir los rendimientos en granos totales y comerciales.

Por último, se verificó que el arreglo de hilera doble de yuca pasó a afectar significativamente el promedio de peso fresco de granos totales y comerciales por mazorca, a partir de 25.000 plantas/ha (Cuadro 8). Por otra parte, el índice de cosecha mostró que no se alteraron las proporciones en que la biomasa se distribuyó en las plantas

por efecto del arreglo de hilera doble de yuca, dentro de cada población, resultando promedios iguales para el maíz en monocultivo y en asociaciones.

d. Ventajas del arreglo de la yuca en hileras dobles sobre la producción total de maíz

Al observar los datos de producción de granos totales de maíz, tanto del intercalado con yuca en el arreglo de hilera simple como de doble, se verificó que la suma total es superior en este último arreglo, debido al potencial que tiene de permitir dos siembras al año en las condiciones de Turrialba (Cuadro 10 y Figura 7).

Se observó también que las producciones de granos totales y comerciales fueron semejantes en 25.000 y 40.000 plantas/ha de maíz, cuando se sembraron en hileras dobles de yuca a pesar de la gran diferencia en población. Aparentemente al incrementarse la población, aunque se produce un aumento de biomasa debido a número de plantas, el peso de granos totales y comerciales por planta disminuye proporcionalmente mucho más. En el caso de 25.000 plantas/ha de maíz asociadas a yuca en doble hilera, la reducción en peso seco total por planta es en promedio de las dos siembras de un 22%, y de 23% para 40.000 plantas/ha; pero en el caso de peso seco de granos totales por planta la reducción es de un 23% para 25.000 plantas/ha y de 32% para 40.000 plantas/ha.

Esta reacción es revelada también por el índice de cosecha de la segunda siembra del maíz, ya que su valor en promedio para la población de 25.000 plantas de maíz/ha, en asociación, es de 35,5% mientras que para 40.000 plantas/ha es de 24,9%, indicando este último valor que se ha producido un desbalance en la distribución de biomasa, yendo proporcionalmente menos a la formación de granos.

#### 4.4 Comparaciones entre los sistemas

##### 4.4.1. Relación equivalente del área en el tiempo (REAT)

En el Cuadro 11 se presentan los valores del REAT obtenidos al considerar las producciones de raíces y granos totales, y

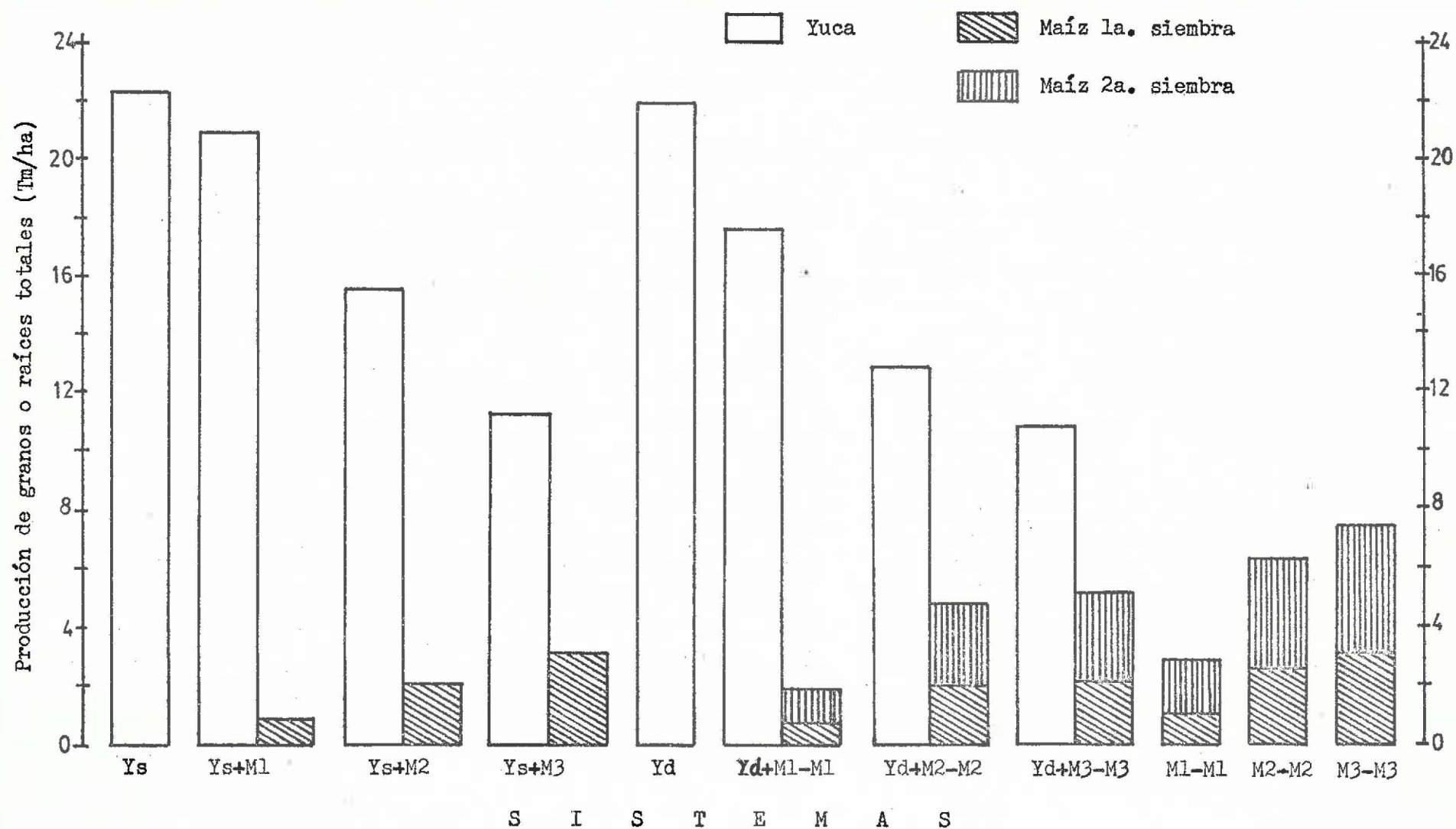


Fig. 7 Producción de granos totales de maíz (14%HOH) en primera y segunda siembra, y de raíces totales de yuca en los sistemas estudiados. Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl/ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha; +=siembra intercalada del maíz catorce días después de la yuca, -=sucesión.

Cuadro 8. Características morfológicas de plantas de maíz y de sus mazorcas, cultivadas en monocultivo o asociadas con yuca. Valores promedios de cuatro repeticiones con resultados de la prueba de Duncan<sup>1/</sup>

Sistemas	Altura de planta <sup>3/</sup>		Area foliar absoluta <sup>3/</sup>		Mazorcas totales		PF (14%HOH) granos totales por mazorca <sup>4/</sup>		PF (14%HOH) granos comerciales por mazorca <sup>5/</sup>	
	(cm)		(dm <sup>2</sup> /pl)		(no /pl)		(g/m)		(g/m)	
	I <sup>2/</sup>	II <sup>2/</sup>	I	II	I	II	I	II	I	II
M1-M1	198,3 bc	196,8 b	83,08 a	78,85 ab	1,1 a	1,4 a	98,9 ab	128,1 b	87,8 b	124,9 ab
Ys+M1	197,0 bc	-	83,08 a	-	0,9 bc	-	98,8 ab	-	74,6 bc	-
Yd+M1-M1	193,8 c	212,3 a	77,69 a	69,87 bc	0,9 bc	1,1 ab	92,2 b	118,9 bc	71,9 c	114,6 b
M2-M2	202,0 bc	210,8 a	84,23 a	86,54 a	1,0 b	1,1 ab	107,9 a	141,0 a	95,6 a	137,1 a
Ys+M2	208,5 bc	-	72,70 a	-	1,0 b	-	102,5 ab	-	71,6 c	-
Yd+M2-M2	212,0 b	207,5 ab	72,69 a	63,33 cd	0,9 bc	1,0 ab	95,2 b	121,2 bc	78,0 bc	116,8 b
M3-M3	205,3 bc	219,5 a	78,46 a	78,46 ab	0,9 bc	1,0 ab	94,7 b	113,7 c	79,1 bc	110,6 b
Ys+M3	219,3 a	-	68,46 a	-	0,9 bc	-	92,7 b	-	72,1 c	-
Yd+M3-M3	209,3 b	214,3 a	70,00 a	52,31 d	0,8 c	0,9 ab	69,4 c	86,2 d	55,2 d	81,2 c

1/ Letras distintas en la misma columna, indican diferencias significativas al 5% de probabilidad.

2/ Y = yuca; M= maíz; s = hilera simple; d = hilera doble; 1 = 10.000 pl/ha; 2 = 25.000 pl/ha; 3 = 40.000 pl/ha; + = siembra intercalada del maíz catorce días después de la yuca; - = sucesión; I= 1a. siembra; II = 2a. siembra.

3/ Datos tomados a los 90 días.

4/ Granos totales = granos comerciales + granos no comerciales. PF= peso seco.

5/ Granos comerciales son los granos sanos, libres de enfermedades.

Cuadro 9. Características de la biomasa de plantas de maíz, cultivadas en monocultivos o asociadas con yuca. Valores promedios de cuatro repeticiones con resultados de la prueba de Duncan<sup>1/</sup>

Sistemas <sup>2/</sup>	PS granos totales (g/pl)		PS granos comerciales (g/pl)		PS granos no comerciales <sup>3/</sup> (%) <sup>4/</sup>		PS total por planta <sup>5/</sup> (g/pl)		Índice de cosecha <sup>6/</sup> (%) <sup>4/</sup>		Razón de peso foliar <sup>4/</sup> (%) <sup>4/</sup>	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
M1-M1	90,7 a	155,6 a	80,0 a	151,9 a	11,27 b	2,56 a	337,8 a	461,4 a	26,79 ab	33,90 ab	16,37 c	11,16 c
Ys+M1	77,9 b	-	58,8 b	-	24,36 a	-	276,4 c	-	29,12 ab	-	18,87 ab	-
Yd+M1-M1	70,4 b	112,2 c	54,7 b	108,3 c	22,33 a	2,81 a	251,6 cd	346,0 bc	27,99 ab	32,50 ab	19,24 ab	13,28 ab
M2-M2	91,7 a	134,1 b	81,2 a	130,3 b	11,41 b	2,81 a	313,5 b	383,6 b	29,35 ab	35,06 a	17,37 bc	14,73 a
Ys+M2	72,4 b	-	53,1 b	-	27,52 a	-	236,0 cd	-	30,65 a	-	18,48 ab	-
Yd+M2-M2	70,7 b	105,4 c	57,9 b	101,4 c	18,32 ab	2,74 a	250,0 cd	296,5 cd	28,53 ab	35,56 a	18,59 ab	13,93 ab
M3-M3	68,4 b	98,6 c	57,2 b	96,0 c	16,37 ab	2,84 a	278,3 bc	347,8 bc	24,82 ab	28,44 bc	17,89 bc	14,68 a
Ys+M3	68,0 b	-	53,1 b	-	22,33 a	-	214,9 d	-	28,78 ab	-	19,42 ab	-
Yd+M3-M3	47,8 c	67,3 d	37,8 c	63,4 d	21,40 a	5,92 a	210,7 d	273,1 d	22,65 b	24,96 c	19,72 a	12,35 bc

1/ Letras distintas en la misma columna, indican diferencias significativas al 5% de probabilidad.

2/ Y = yuca; M = maíz; s = hilera simple; d = hilera doble; 1 = 10.000 pl/ha; 2 = 25.000 pl/ha; 3 = 40.000 pl/ha; + = siembra intercalada del maíz catorce días después de la yuca; - = sucesión; I = 1a. siembra; II = 2a. siembra.

3/ P.S. granos totales = 100%. - PS = peso seco.

4/ Datos en (%) fueron analizados como arco seno $\sqrt{\%}$

5/ P.S. total por planta = P.S. planta entera sin elote a los 90 días + P.S. mazorca completa a la cosecha.

6/ Índice de cosecha (%) = (P.S. granos totales / P.S. total por planta) x 100.



Cuadro 10. Características agronómicas de plantas de maíz, cultivadas en monocultivo o asociadas con yuca. Valores promedios de cuatro repeticiones con resultados de la prueba de Duncan<sup>1/</sup>

Sistemas	2/ Plantas útiles (%)		Producción granos totales con 14% HOH (Tm/ha)			Rendimientos granos comerciales con 14% HOH. (Tm/ha)			Producción granos no comerciales con 14% HOH. (Tm/ha)		
	I	II	I	II	Total	I	II	Total	I	II	Total
M1-M1	100,00 a	97,22 a	1,07 d	1,77 d	2,84	0,94 c	1,72 d	2,66	0,13 f	0,05 b	0,18
Ys+M1	95,83 ab	-	0,87 d	-	0,87	0,66 c	-	0,66	0,21 ef	-	0,21
Yd+M1-M1	90,63 c	92,19 b	0,74 d	1,20 e	1,94	0,58 c	1,16 e	1,74	0,16 ef	0,04 b	0,20
M2-M2	97,81 ab	93,75 b	2,61 b	3,65 b	6,26	2,31 a	3,55 b	5,86	0,30 de	0,10 ab	0,40
Ys+M2	98,12 ab	-	2,08 c	-	2,08	1,52 b	-	1,52	0,56 ab	-	0,56
Yd+M2-M2	98,75 ab	89,69 b	2,02 c	2,75 c	4,77	1,65 b	2,65 c	4,30	0,37 cd	0,10 ab	0,47
M3-M3	98,96 ab	91,84 b	3,15 a	4,22 a	7,37	2,63 a	4,11 a	6,74	0,52 bc	0,11 ab	0,63
Ys+M3	97,22 b	-	3,08 a	-	3,08	2,40 a	-	2,40	0,68 a	-	0,68
Yd+M3-M3	98,44 ab	94,44 b	2,18 c	2,95 c	5,13	1,72 b	2,78 c	4,50	0,46 bc	0,17 a	0,63

1/ Letras distintas en la misma columna, indican diferencias significativas al 5% de probabilidad.

2/ Y = yuca; M = maíz; s = hilera simple; d = hilera doble; 1 = 10.000 pl/ha; 2 = 25.000 pl/ha; 3 = 40.000 pl/ha; + = siembra intercalada del maíz catorce días después de la yuca; - = sucesión; I = 1a. siembra; II = 2a. siembra.

3/ Datos en (%) fueron analizados como arco seno  $\sqrt{\%}$ .

Cuadro 11. Representación de la Relación Equivalente del Area en el Tiempo (REAT), considerando raíces totales y granos totales para yuca y maíz, respectivamente. Valores promedio de cuatro repeticiones, con prueba de DMS<sup>1/</sup>.

Sistema <sup>2/</sup>	Producción (Tm/ha)		Rendimiento Relativo del Area en el Tiempo		
	Yuca	Maíz	Yuca	Maíz	REAT
Ys	22,28	-	1,00	-	1,00
M3-M3	-	7,37	-	1,00	1,00
Ys+M1	20,86	0,87	0,94	0,12	1,06 ns
Ys+M2	15,52	2,08	0,70	0,28	0,98 ns
Ys+M3	11,20	3,08	0,50	0,42	0,92 ns
Yd+M1-M1	17,74	1,94	0,80	0,26	1,06 ns
Yd+M2-M2	12,77	4,77	0,57	0,65	1,22 *
Yd+M3-M3	10,73	5,13	0,48	0,70	1,18 *

1/ DMS (0,05) = 0,10;  
 ns = no significativo  
 \* = significativo al 5%

2/ Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl/ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha; +=siembra intercalada del maíz catorce días después de la yuca; -=sucesión.

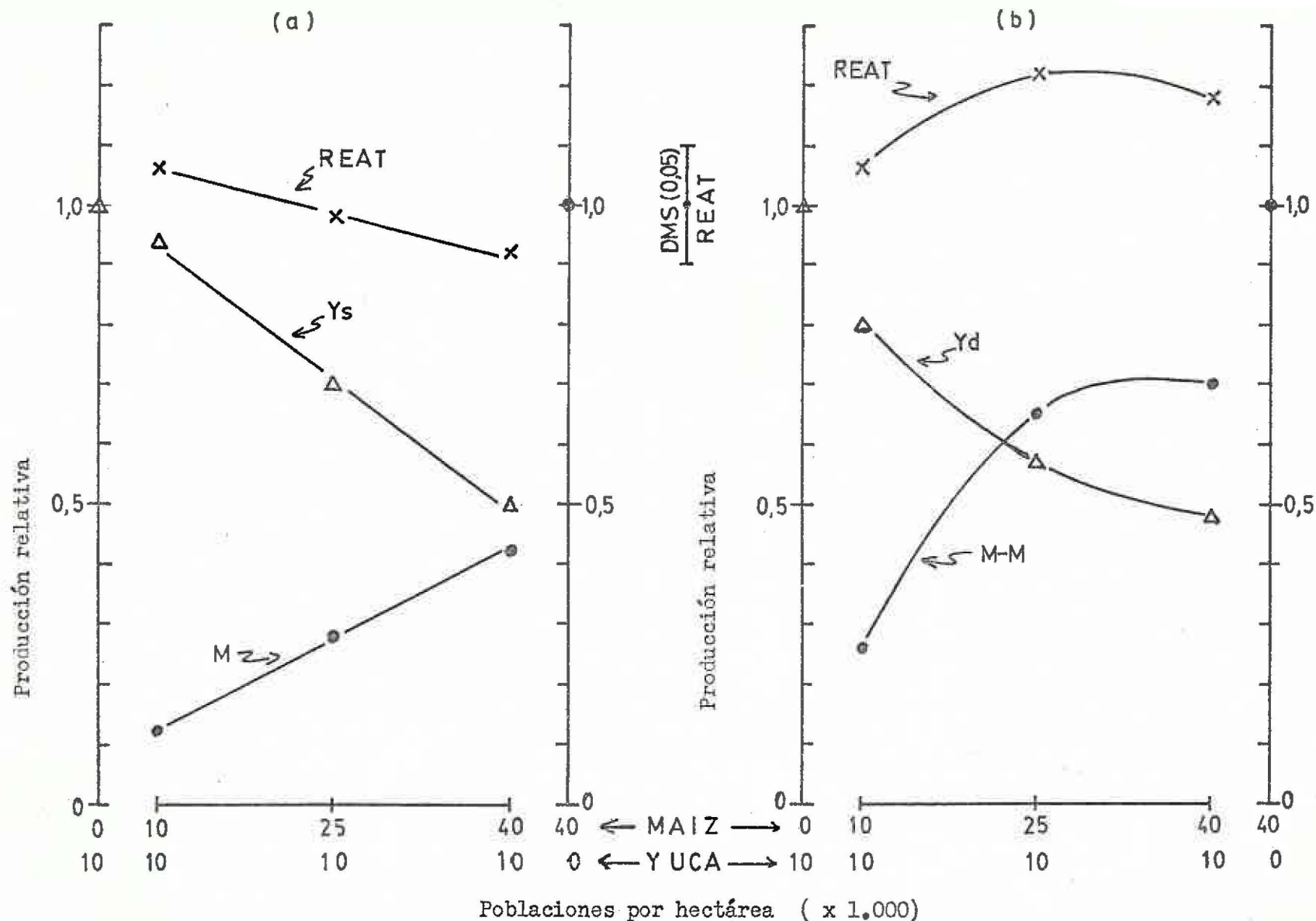


Fig. 8 Producción relativa de yuca y maíz (raíces y granos totales) y Relación Equivalente del Area en el Tiempo (REAT) de las asociaciones de maíz con yuca en hilera simple (a), y en hilera doble (b), considerando como comparadores dos monocultivos de maíz con 40.000 pl/ha y yuca en hilera simple.

en la Figura 8 se ve las variaciones de este índice. Se utilizaron, como comparadores, la producción total proveniente de dos siembras de maíz al año con la población de 40.000 plantas/ha; y para yuca, la producción de raíces totales resultantes de la siembra de 10.000 plantas/ha en el arreglo tradicional de hilera simple (1,0 x 1,0 m).

El valor más alto para este índice se obtuvo con el sistema que tenía yuca en hilera doble con dos siembras sucesivas de 25.000 plantas/ha de maíz, siendo su promedio estadísticamente igual al del sistema con dos siembras de maíz con la población de 40.000 plantas/ha con el mismo arreglo de hileras de yuca.

Los demás sistemas no diferieron estadísticamente del testigo, que es el monocultivo de yuca o maíz, en la eficiencia de utilización del área de terreno en un año. A un valor del REAT mayor que 1,00 significa una mayor eficiencia en el uso de la tierra porque según la definición de Hiebsch (35), el número representa la suma de las áreas (ha) con monocultivos, necesaria para producir lo mismo que se produjo en 1,0 ha con el sistema asociado. Por lo tanto, los dos sistemas mencionados son los más eficientes desde el punto de vista agronómico principalmente debido a que la eficiencia relativa en la producción de granos totales de maíz fue alta.

En el Cuadro 12 se presentan los valores del REAT, y en la Figura 9 se observan las variaciones de este índice al considerar los rendimientos de raíces y granos comerciales. Se puede ver que los sistemas que tienen yuca en el arreglo de hilera doble son superiores a los que tienen yuca en hilera simple. El mayor valor se presentó nuevamente con el sistema yuca en hilera doble, con la siembra de dos veces la población de 25.000 plantas/ha de maíz. Se puede observar que el sistema que utilizó la población de 40.000 plantas/ha de maíz intercaladas con yuca en el arreglo de hileras simples fue el sistema más ineficiente en cuanto al uso de la tierra. Esto se debió a la disminución relativa de eficiencia de producir tanto raíces como granos de maíz comerciales en este sistema.

Cuadro 12. Representación de la Relación Equivalente del Area en el Tiempo (REAT), considerando raíces comerciales y granos comerciales para yuca y maíz respectivamente. Valores promedios de cuatro repeticiones, con prueba de D.M.S.<sup>1/</sup>

Sistema <sup>2/</sup>	Rendimiento (Tm/ha)		Rendimiento Relativo del Area en el Tiempo		REAT
	Yuca	Maíz	Yuca	Maíz	
Ys	13,54	-	1,00	-	1,00
M3-M3	-	6,74	-	1,00	1,00
Ys+M1	13,70	0,66	1,01	0,10	1,11 ns
Ys+M2	11,90	1,52	0,88	0,22	1,10 ns
Ys+M3	7,23	2,40	0,53	0,36	0,89 ns
Yd+M1-M1	13,48	1,74	0,99	0,26	1,25*
Yd+M2-M2	8,66	4,30	0,64	0,64	1,28*
Yd+M3-M3	6,64	4,50	0,49	0,67	1,16*

<sup>1/</sup> DMS (0,05) = 0,12

ns = no significativo

\* = significativo al 5%

<sup>2/</sup> Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl/ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha; +=siembra intercalada del maíz catorce días después de la yuca; -=sucesión.

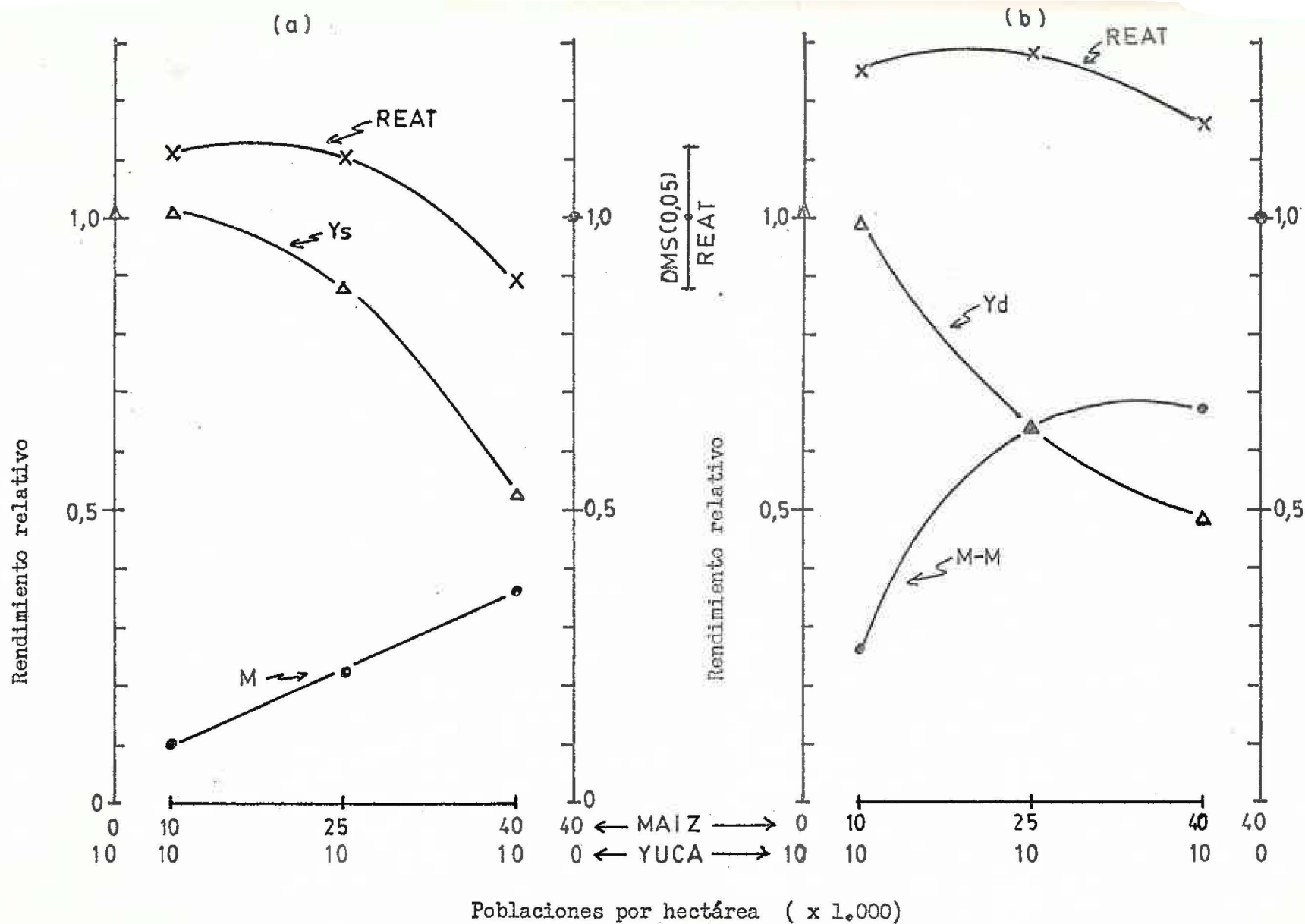


Fig. 9 Rendimiento relativo de yuca y maíz (raíces y granos comerciales) y Relación Equivalente del Area en el Tiempo (REAT) de las asociaciones de maíz con yuca en hilera simple (a), y en hilera doble (b), considerando como comparadores dos monocultivos de maíz con 40.000 pl/ha y yuca en hilera simple.

#### 4.4.2. Evaluaciones energéticas

En el Cuadro 13 se presentan, en forma resumida los datos correspondientes a las variables energéticas por sistema, con los resultados de la prueba de Duncan al 5% de probabilidad. Además, en los Cuadros A3 y A4 se presentan en forma desglosada los datos energéticos correspondientes a las plantas de yuca y maíz, respectivamente.

##### a. Eficiencia energética

De acuerdo a los datos del Cuadro 13, el sistema más eficiente en el uso y transformación de la energía solar fotosintéticamente activa en compuestos químicos de la biomasa, fue el monocultivo de maíz en dos siembras sucesivas con población de 40.000 plantas/ha cada una, cuya eficiencia fue de 2,2%. Le siguió en eficiencia el sistema asociado de la misma población de maíz en dos siembras, con el arreglo de yuca en hilera doble, con el valor de 1,95%. En tercer lugar resultó el sistema de yuca en hilera doble asociada con dos siembras sucesivas de maíz con población de 25.000 plantas/ha en cada una (1,69%). Los promedios en eficiencia energética de los tres sistemas mencionados fueron estadísticamente diferentes entre sí. Valores superiores, en algunos casos han sido obtenidos por Santos (66), consiguiendo la eficiencia energética de 2,2% para el sistema que tenía yuca en hileras simples asociada con 40.000 plantas/ha de maíz. Este valor alto, se debió a los buenos rendimientos alcanzados por la yuca (43,46 Tm/ha).

Al comparar la eficiencia energética de las plantas de yuca en monocultivo, se puede apreciar que el arreglo de hileras no influyó sobre esta característica y además sus valores en forma individual fueron inferiores al de las respectivas asociaciones con maíz.

Se puede observar por los datos del Cuadro 13, que los sistemas asociados de maíz con yuca en hilera simple aunque superiores al monocultivo de yuca respectivo, no diferieron estadísticamente entre sí y alcanzaron un valor aproximado de 1,29% en el aprovechamiento de la radiación solar fotosintéticamente activa. En las poblaciones de maíz probadas ocurrió principalmente una sustitución de raíces de yuca por granos de maíz, pero la eficiencia energética se mantuvo constante.

Cuadro 13. Características energéticas de los sistemas estudiados. Valores promedios de cuatro repeticiones con resultados de la prueba de Duncan.<sup>1/</sup>

Sistemas <sup>2/</sup>	Eficiencia energética (%) <sup>3/</sup>	Eficiencia en energía alimenticia cosechada (%) <sup>3/</sup>	Energía alimenticia total		Cantidad Proteínas (Tm/ha)
			Valores reales (Mcal/ha)	Valores relativos por grupo (%)	
Ys	1,13 e	23,85 bc	15.072 f	100	0,10 g
Ys+M1	1,28 d	24,45 bc	17.537 def	116	0,17 f
Ys+M2	1,29 d	25,65 ab	18.473 cd	123	0,24 e
Ys+M3	1,29 d	22,73 bc	16.282 ef	108	0,29 d
Yd	1,01 e	29,59 a	16.729 ef	100	0,11 g
Yd+M1-M1	1,30 d	28,79 d	20.963 bc	125	0,27 d
Yd+M2-M2	1,69 c	25,92 ab	24.333 a	145	0,48 c
Yd+M3-M3	1,95 b	21,19 c	22.808 ab	136	0,49 c
M1-M1	0,72 f	28,55 a	9.048 g	39	0,26 de
M2-M2	1,55 c	29,69 a	19.963 cd	87	0,57 b
M3-M3	2,20 a	24,15 bc	22.974 ab	100	0,66 a

1/ Letras distintas, en la misma columna, indican diferencias significativas al 5% de probabilidad.

2/ Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl/ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha; +=siembra intercalada del maíz catorce días después de la yuca; -=sucesión.

3/ Datos en (%) fueron analizados como arco seno  $\sqrt{(\%)}$ .

4/ Mcal=10<sup>6</sup> calorías=4,1855 x 10<sup>6</sup> Joules.

5/ Energía contenida en granos comerciales y raíz de yuca comercial sin cáscara.



El arreglo espacial de hilera doble, permitiendo dos siembras sucesivas de maíz, mejoró la eficiencia energética del sistema de yuca en monocultivo, en el arreglo de hilera doble. Esto se debió a que este arreglo de la yuca permitió el paso del 70% de la radiación total al cultivo de maíz sembrado entre sus hileras, de acuerdo a registros periódicos que se tomaron con radiómetros de destilación, aproximadamente a los 6 meses después de la siembra de yuca. En estas asociaciones la eficiencia energética fue aumentando significativamente conforme aumentó la población de maíz.

b. Eficiencia en energía alimenticia cosechada

Esta variable revela el porcentaje de la energía de la biomasa total que corresponde a la porción alimenticia producida por el sistema: raíces comerciales descascaradas de yuca, granos comerciales de maíz o las dos cosas según el caso. Cuando este índice baja, significa que las condiciones del sistema llevan a que sus componentes inviertan proporcionalmente más energía en las partes de la planta no utilizables por el hombre.

Si comparamos el promedio correspondiente a plantas de yuca en monocultivo en hileras simples con el de las plantas de yuca en hileras dobles, veremos que esta última disposición de hileras ha favorecido la distribución de la energía de la biomasa desde el punto de vista de la alimentación humana. Dentro del grupo de sistemas con yuca en hilera simple se notó que la siembra de maíz una vez, en poblaciones crecientes, no varió esta proporción energética. Algo parecido ocurrió con el grupo de sistemas con yuca en hilera doble, pero al introducir dos veces maíz a 40.000 plantas/ha aparentemente se invirtió proporcionalmente más energía en follaje y tallos que en raíces de yuca y granos de maíz.

El maíz seguido de maíz en monocultivo mantuvo esta proporción energética cercana al 29% con las poblaciones de 10.000 y 25.000 plantas/ha, luego decayó significativamente al sembrarse a 40.000 plantas/ha. Esta reacción es bastante conocida por investigadores en maíz ya que el aumento de población conduce a un aumento de la biomasa de

tallos y hojas por hectárea sin aumentarse la producción de granos. Esto se ha detectado hasta con 80.000 plantas/ha (5).

c. Energía alimenticia total

Los datos de esta variable están en relación directa con los datos de rendimientos comerciales en yuca y maíz de los sistemas estudiados.

Tanto las plantas de yuca en monocultivo en el arreglo de hileras simples, como las que estaban en el de hileras dobles, produjeron aproximadamente la misma energía alimenticia total, provenientes de raíces comerciales descascaradas, lo cual revela la poca influencia del arreglo de hileras sobre la producción de energía alimenticia de la yuca en monocultivo.

Dentro del grupo de sistemas de yuca en hileras simples con maíz, también se notó poco efecto de la introducción del maíz en poblaciones crecientes entre las hileras de yuca.

En el caso de los sistemas con plantas de yuca en hilera doble, sí se notó efecto favorable del intercalamiento del maíz sobre el monocultivo de yuca. Comparando entre sí las asociaciones de yuca en hilera doble con poblaciones crecientes de maíz, se notó que el sistema con dos veces maíz a 25.000 plantas/ha junto con el de 40.000 plantas/ha mostraron una tendencia a producir los valores más altos en energía alimenticia dentro de los sistemas estudiados.

La producción de energía alimenticia total de los sistemas consistentes de dos siembras de maíz al año mostró tendencia a estar asociado directamente con la población de maíz siendo mayor con 40.000 que con 10.000 y 25.000 plantas/ha respectivamente.

d. Cantidad de proteínas

La producción de proteínas por los sistemas depende en primer lugar del contenido de proteínas de los productos comestibles resultantes de los cultivos que los integran, y luego del rendimiento de ellos. En nuestro caso tenemos raíces descascaradas de yuca con un contenido

de proteínas de cerca de 2,5% y granos de maíz con unos 11,33%, ambos en base seca. Ambos cultivos se consideran como de bajo contenido de proteínas.

La producción de proteínas de la yuca en monocultivo en los dos arreglos de hilera, fue casi la misma cantidad, porque ambos produjeron aproximadamente la misma cantidad de raíces comerciales.

Los sistemas asociados de yuca y maíz, tanto en hileras simples como dobles, produjeron progresivamente más proteína conforme se incrementaba la población del maíz, desde un punto de vista general. Esto se debió exclusivamente al incremento progresivo en producción de maíz.

Los sistemas que produjeron mayor cantidad de proteínas fueron el monocultivo de maíz con dos siembras sucesivas, con 40.000 plantas/ha (0,66 Tm/ha) y 25.000 (0,57 Tm/ha) plantas/ha respectivamente; y entre los sistemas asociados, las plantas de yuca en surco doble con dos siembras de maíz con 25.000 (0,48 Tm/ha) y 40.000 (0,49) Tm/ha plantas/ha.

#### 4.4.3. Evaluaciones económicas

Se consideraron para el análisis económico de este experimento, los sistemas que serían lógicos para el agricultor. La información sobre precios de insumos, servicios y productos utilizados, se presenta en el Cuadro A9.

Para el cálculo del valor de la producción proveniente de maíz, el grano no comercial recibió un valor igual a un tercio del valor que tenía el grano comercial (Cuadro A10). Este es el valor que el agricultor atribuye a esta fracción de la cosecha porque la utiliza para alimentar gallinas, cerdos y otros animales. En los datos del Cuadro A10 se observa que los sistemas de yuca en doble hilera con dos siembras de maíz intercalado presentan mayores valores de ingreso bruto que los del arreglo de yuca en hilera simple, tanto en monocultivo como asociada con maíz. Las asociaciones de yuca y maíz con cualquier población de este cultivo, genera mayor valor de ingreso bruto que el monocultivo de yuca, pero en general son inferiores al monocultivo de maíz consistente en dos siembras sucesivas con 40.000 plantas cada una.

El uso de la mano de obra se presenta en el Cuadro A11. Se observa que el control de malezas es una labor costosa, representando en general más del 50% del total utilizado por el sistema. Datos similares son presentados en sistemas de producción de agricultores en el Brasil (71).

Los costos de producción de los sistemas evaluados son presentados en el Cuadro A12. Se observa el mayor valor del costo total, para el sistema maíz solo con la población de 40.000 plantas/ha, seguido por las asociaciones de maíz con yuca en hilera doble. Es interesante observar que el costo aumenta con el incremento en el ingreso bruto.

Los valores del ingreso total, ingreso neto e ingreso familiar efectivo son presentados en el Cuadro 14. En la Figura 10 se presenta la variación ocurrida con el ingreso neto e ingreso familiar efectivo por sistema. Se observa que el sistema asociado de yuca en hilera doble con la población de 25.00 plantas/ha de maíz es el que presenta los mayores valores de ingreso neto e ingreso familiar efectivo.

Al hacer el análisis estadístico de los valores de ingreso neto obtenidos, se concluye que los provenientes de los sistemas en hilera doble de yuca no diferieron entre sí. Sin embargo, el mayor valor fue el proveniente de yuca en hilera doble asociada con la población de 25.000 plantas/ha de maíz. Se observa que el sistema asociado de yuca en hilera simple con la población de 40.000 plantas/ha es el que presenta el más bajo valor de ingreso neto (Cuadro 14).

Se hizo un análisis de sensibilidad para medir hasta que punto el sistemas soportaría la reducción en el precio de la yuca. Se separó el estudio en sistemas de maíz con yuca en hilera simple, y en las asociaciones con yuca en hilera doble.

La curva de posibilidades de producción del maíz y yuca utilizando el arreglo de hilera simple se ve en la Figura 11. Se consideró una inversión de \$10.000,00 en costos totales. Con los precios de los productos, granos de maíz y raíz comercial de yuca, presentados en el Cuadro A9, se calculó la relación de precios maíz-yuca. Siendo igual a 3,3 representa que 1,0 Tm de maíz será intercambiado en el mercado por 3,3 Tm de raíces comerciales de yuca (9).

Cuadro 14. Análisis económico de los sistemas evaluados, considerando los rendimientos experimentales de un año agrícola (1979-1980). Turrialba, Costa Rica, 1980.

Sistemas <sup>1/</sup>	Ingreso Total (¢/ha/año) <sup>2/</sup>	Clasif.	Ingreso Neto (¢/ha/año) <sup>3/</sup>	Clasif.	Ingreso Familiar Efectivo (¢/ha/año)	Clasif.
Ys	8.788,37	8	2079,36 b	7	6.662,99	7
Ys+M1	10.474,57	6	2735,71 b	4	7.599,34	5
Ys+M2	11.415,95	5	2425,81 b	5	7.503,01	6
Ys+M3	10.315,97	7	285,08 c	8	5.586,75	8
Yd+M1-M1	12.668,21	4	3376,06 ab	2	9.111,70	3
Yd+M2-M2	15.288,34	1	4723,79 a	1	10.289,44	1
Yd+M3-M3	14.525,83	3	3185,49 ab	3	9.311,60	2
M3-M3	15.062,62	2	2245,00 b	6	8.880,31	4

1/ Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl/ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha; +=siembra intercalada del maíz 14 días después de la yuca; -=sucesión.

2/ ¢8,54 (Colones Costarricenses) = US\$1,00.

3/ Los promedios fueron comparados por la prueba de Duncan. Letras distintas indican diferencias significativas al 5% de probabilidad.

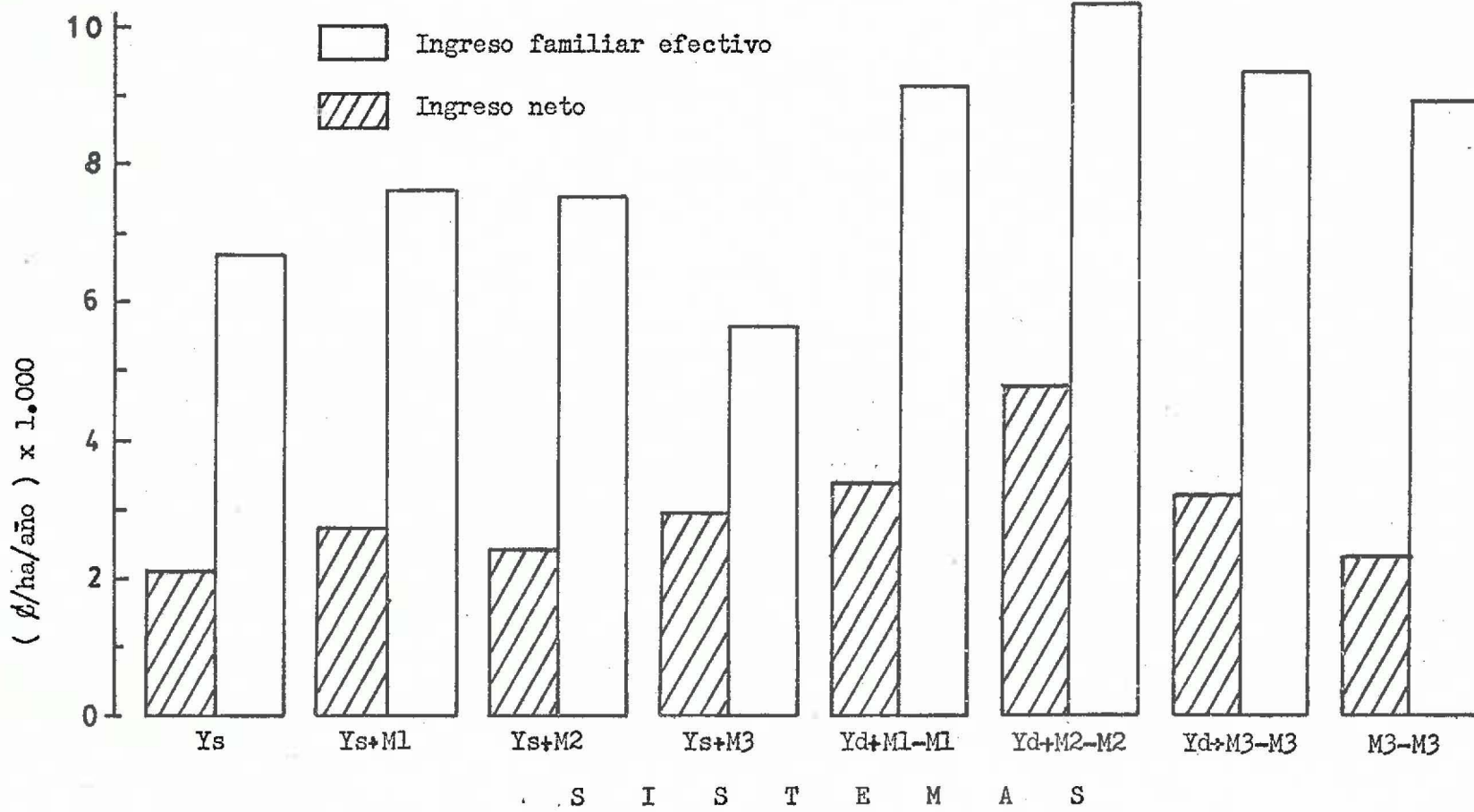


Fig. 10 Ingreso neto y ingreso familiar efectivo, en ¢/ha/año, de los sistemas evaluados. Turrialba, Costa Rica, 1980. Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl/ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha; += siembra intercalada del maíz catorce días después de la yuca; -= sucesión; ¢ = Colones Costa Rica.

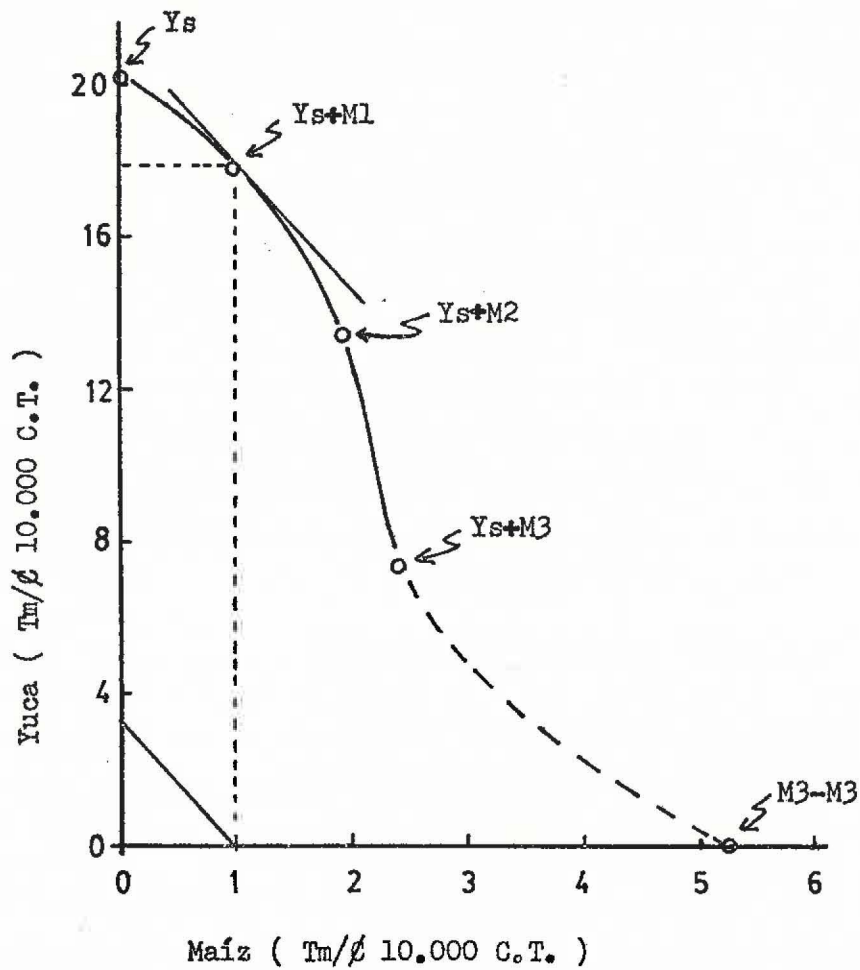


Fig. 11 Relación producto-producto basada en isorecurso de ₡ 10.000 de costo total (C.T.) aplicado a los sistemas de yuca en hilera simple en monocultivo y asociada con maíz en tres poblaciones diferentes, considerando raíces y granos comerciales. Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; l=10.000 pl/ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha; +=siembra intercalada del maíz catorce días después de la yuca; -=sucesión.

El máximo ingreso total obtenible con el valor aplicado de  $\text{Q}10.000,00$  de costos totales será cuando la tasa marginal de sustitución es igual a la relación de precios. Este punto de igualdad se consigue cuando la pendiente de la relación de precios es igual a la pendiente de la curva de posibilidades de producción. Para el sistema hilera simple, Figura 11, con la relación de precios (maíz-yuca) de 3,3 el agricultor debe producir con  $\text{Q}10.000,00$  de costo total, alrededor de 1,0 Tm de granos de maíz y aproximadamente 18,0 Tm de raíces comerciales de yuca. Esto será conseguido con el sistema asociado utilizando la población de 10.000 plantas/ha de maíz con yuca en hilera simple. Para que la producción de yuca continúe siendo económicamente rentable, la relación de precios maíz-yuca puede llegar al valor máximo de 4,4. En este punto el precio de yuca será de aproximadamente  $\text{Q}493,18/\text{Tm}$ ; representando una disminución del 24% en el precio actual. Precios más bajos de yuca harán que la decisión del agricultor sea la siembra de maíz en monocultivo.

Para la asociación de maíz con yuca en doble hilera, la mejor solución es producir 3,3 Tm de granos de maíz y 10,6 Tm de raíces comerciales de yuca. Estos valores serán conseguidos con la asociación de 25.000 plantas de maíz a la yuca en hilera doble (Figura 12).

Al disminuir el precio de yuca, el agricultor continuaría trabajando con la asociación de yuca en hilera doble con maíz, hasta alcanzar una relación de precios (maíz-yuca) de 7,4. Esto representa una disminución del precio de raíces de yuca en aproximadamente un 55% del actual. Mayores reducciones en el precio de yuca harán que el agricultor pase a dedicarse al maíz en monocultivo con dos siembras sucesivas al año.

Conforme se puede observar, el sistema asociado de maíz con yuca en hilera doble, es más estable en cuanto a reducciones en el precio de la yuca.

Con respecto a la retribución a los factores de producción se puede observar en el Cuadro 15, que el sistema de yuca en hilera doble asociada con la población de 25.000 plantas/ha de maíz es el que mejor remunera el capital circulante, a la mano de obra y a la tierra. Retribuyendo en 190% el capital empleado, este sistema es factible de



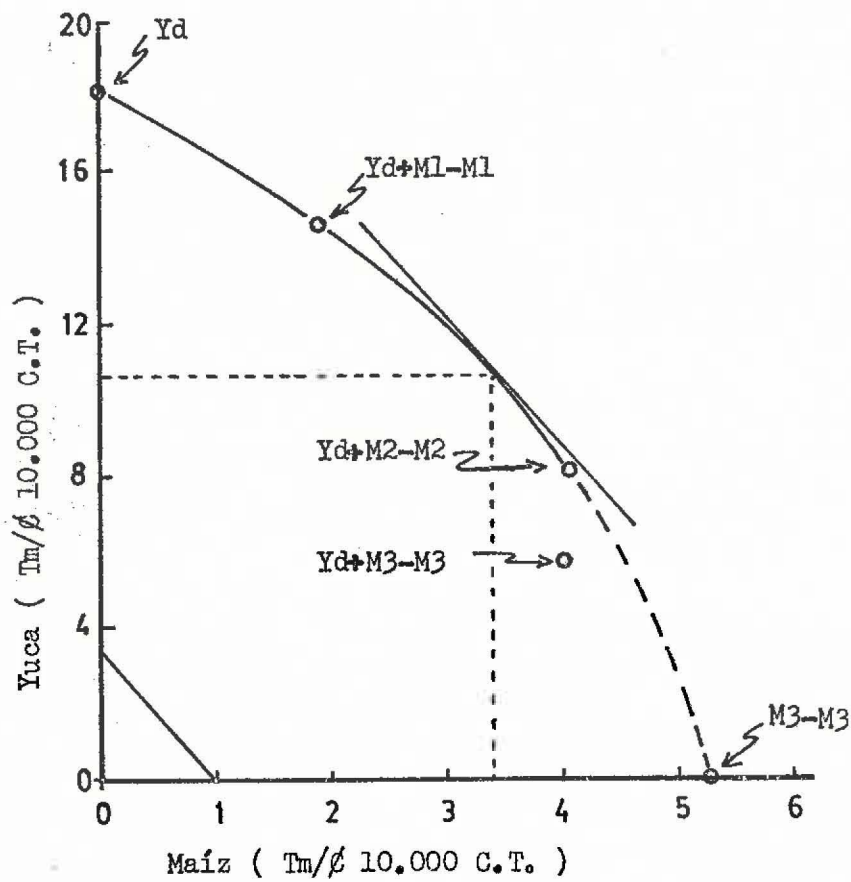


Fig. 12 Relación producto-producto basada en isorecurso de ₡ 10.000 de costo total (C.T.) aplicado a los sistemas de yuca en hi lera doble en monocultivo y asociada con maíz en tres poblaciones diferentes, considerando raíces y granos comerciales. Y=yuca; M=maíz; d=hilera doble; l=10.000 pl/ha; z=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha; +=siembra intercalada de maíz catorce días después de la yuca; -=sucesión

Cuadro 15.. Retribución a los factores de producción presentado por los sistemas evaluados. Turrialba, Costa Rica, 1980.

Sistemas <sup>1/</sup>	Capital Circulante (¢/¢/año) <sup>2/</sup>	Clasif.	Mano de Obra (¢/jornal)	Clasif.	Tierra (¢/ha)	Clasif.
Ys	1,76	4	62,68	4	2.008,42	6
Ys+M1	1,83	2	67,03	3	2.561,82	4
Ys+M2	1,51	5	61,26	5	2.156,50	5
Ys+M3	0,81	8	39,70	8	- 118,01	8
Yd+M1-M1	1,82	3	67,88	2	3.046,85	2
Yd+M2-M2	1,90	1	78,48	1	4.267,34	1
Yd+M3-M3	1,57	6	59,92	6	2.651,46	3
M3-M3	1,19	7	53,18	7	1.563,24	7

1/ Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl/ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha; +=siembra intercalada del maíz 14 días después de la yuca; -=sucesión.

2/ ¢8.54 (Colones Costarricenses) = US\$1.00

ser aceptado por el agricultor, ya que según Perrin y colaboradores (60), el costo del capital es muy alto para la mayoría de los agricultores del mundo y ellos estarían dispuestos a aceptar una recomendación cuando esta produzca una retribución del 40% o más al capital empleado.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos bajo las condiciones en que se realizó este experimento, se puede llegar a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Los rendimientos agronómicos más altos por cultivo se obtienen de los sistemas monoculturales. En las asociaciones la relación entre los rendimientos de raíces de yuca y granos de maíz es del tipo competitiva, donde el nivel de producción de un componente aumenta cuando el del otro disminuye.

- Las plantas de yuca en monocultivo y en hilera doble aumentan su eficiencia en producir raíces comerciales (no/pl) en relación a las raíces totales en aproximadamente 13%, cuando se comparan con la del monocultivo en hilera simple.

- Se produce una mayor competencia intraespecífica entre las plantas de yuca sembradas en el arreglo de hilera doble cuando se utiliza la misma población de plantas por hectárea del sistema de hilera simple. Se aconsejaría disminuir la población de yuca para evitar esta competencia y obtener un mayor rendimiento por área.

- El éxito del sistema de hilera doble de yuca consiste en que impone menor competencia interespecífica; este arreglo permite el paso de un 70% de la radiación solar total global al maíz de segunda siembra.

- Los sistemas de maíz asociado con yuca en los cuales ésta se siembra en hilera doble, hacen un uso más eficiente de la tierra en el tiempo, superando en un 28% a los monocultivos correspondientes (REAT=1,28), mientras que las asociaciones de maíz con yuca en hilera simple no difieren de los monocultivos. Por otro lado, el sistema de yuca en hilera simple a 10.000 plantas/ha asociada con 40.000 plantas/ha de maíz, es el menos eficiente.

- Desde el punto de vista agronómico y económico, el mejor sistema es el que asocia yuca en hilera doble a 10.000 plantas/ha con la

población de 25.000 plantas/ha de maíz. Este sistema es económicamente más estable, resistiendo bajas en el precio de la yuca hasta el punto en que el precio por unidad de peso de la yuca equivale a 13,5% del precio del maíz, mientras que, con la yuca en hilera simple, la estabilidad se mantiene solamente hasta el punto en que el precio de yuca equivale a 22,7% del de maíz. Este sistema de 25.000 plantas/ha de maíz con yuca en hilera doble, fue el que ofreció la mayor retribución a los factores de producción (capital, mano de obra y tierra). El sistema en doble hilera de yuca asociada con la población de 40.000 plantas/ha de maíz, es un sistema dominado, pues requiere más insumos y su ingreso bruto es inferior al de la población de 25.000 plantas/ha de maíz.

- En todos los aspectos económicos estudiados, el sistema que tiene yuca en hilera simple, intercalada con 40.000 plantas/ha de maíz, se identifica como la peor alternativa. Este sistema es muy utilizado en estudios de la asociación maíz-yuca, por lo que se recomienda su sustitución por el sistema de yuca en hilera doble (10.000 plantas/ha) con maíz en 25.000 plantas/ha y evaluar variaciones de este arreglo con menores poblaciones de yuca y mejor espaciamiento del maíz.

- La eficiencia energética del sistema asociado maíz con yuca, aumenta de un 1,39 a 1,65%, cuando se comparan las asociaciones de maíz con hilera simple de yuca y con hilera doble, respectivamente.

- En cuanto a la producción de alimentos expresada como energía alimenticia total, el mejor sistema continúa siendo el de yuca en hilera doble con maíz a 25.000 plantas/ha.

## 7. 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. ALBUQUERQUE, M. DE. A mandioca na Amazonia. Belém, Brasil, Superintendencia d Desenvolvimento da Amazonia, 1969. 277 p.
3. ANDREWS, D. J. y KASSAM, A. H. The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. In Papendick, R. I., Sanchez, P. A. and Triplett, G. B. eds. Multiple Cropping. Madison, Wis., American Society of Agronomy, 1976. pp. 1-9.
4. ANGULO G., R. E. Fertilización con nitrógeno y potasio de la asociación yuca y maíz en un inceptisol de Turrialba. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1980. 159 p.
5. ARZE, J. A. Condiciones de radiación solar y otros factores microclimáticos dentro de un cultivo de maíz (*Zea mays*) en diferentes densidades y orientaciones de surco. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1976. 111 p.
6. AVEDILLO M., M. Aplicación de la programación paramétrica a la evaluación de sistemas de cultivos adecuados para pequeños agricultores. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1976. 175 p.
7. AVILA, M. La evaluación económica de la producción animal: conceptos y algunas aplicaciones. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 26 p.
8. BIEBER, J. L. Comparaciones de asociación de yuca-maíz 1975. In Informes de multicultivos. San Salvador, Centro Nacional de Tecnología Alimentar, 1975. 13 p. (Mimeo)
9. BISHOP, C. E. y TOUSSAINT, W. D. Introducción al análisis de economía agrícola. México, D. F., Limusa, 1977. 262 p.

10. BRAY, J. R. An estimate of a minimum quantum yield of photosynthesis based on ecological data. *Plant Physiology* 36:371-373. 1961.
11. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA. Primer Informe anual, contrato AID 596-153-CATIE/ROCAP, sistemas de cultivos para pequeños agricultores. Turrialba, Costa Rica, 1976. 30 p.
12. \_\_\_\_\_. Second annual report 1976-1977. Turrialba, Costa Rica, 1978. 51 p.
13. \_\_\_\_\_. Descripción de una alternativa para el sistema de cultivo maíz asociado con yuca practicado por los agricultores de la zona de Guácimo y Pococí, Costa Rica. Trabajo realizado con la colaboración del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Turrialba, Costa Rica, 1979. 118 p.
14. \_\_\_\_\_. Informe anual 1978. Turrialba, Costa Rica, 1979. 203 p.
15. \_\_\_\_\_. Quinientos resúmenes de trabajos publicados por el CATIE en sus primeros cinco años de labores, 1973-1978. Turrialba, Costa Rica, 1979. 141 p.
16. \_\_\_\_\_. Datos meteorológicos. Turrialba, Costa Rica, s.f. s.p. (Mimeo).
17. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe anual 1970. Cali, Colombia, 1971. 75 p.
18. \_\_\_\_\_. Annual report 1974. Cali, Colombia, 1975. p. irr.
19. \_\_\_\_\_. 2.000 abstracts on cassava (Manihot esculenta Crantz). Cali, Colombia, 1975. 584 p.
20. \_\_\_\_\_. Informe anual 1975. Cali, Colombia, 1976. pp. B1-B63.
21. \_\_\_\_\_. Informe anual 1977. Cali, Colombia, 1978. pp. C53-C54.
22. \_\_\_\_\_. Informe anual 1978. Cali, Colombia, 1979. p. irr.

23. \_\_\_\_\_. Informe CIAT 1980. Cali, Colombia, 1980. pp. 35-55.
24. COCK, J. H. Agronomic potential for cassava production. In Araullo, E. V., Nestel, B. and Campbell, M. eds. Cassava processing and storage. Proceedings of an Interdisciplinary workshop. Pattaya, Thailand, 1974. pp. 21-26.
25. COURSEY, D. G. y HAINES, P. H. Root crops and their potential as food in the tropics. World Crops 22(4):261-265. 1970.
26. CULTIVO DE maíz. Técnicas de hileras angostas. Agricultura de las Américas (Estados Unidos) 14(5):17-19. 1965.
27. DUNCAN, W. G. Maize. In Evans, L. T. ed. Crop physiology. London, Cambridge University Press, 1975. pp. 23-50.
28. EZEILO, W. N. O. Intercropping with cassava in Africa. In International Workshop, Trivandrum, India 1978. Intercropping with cassava. Proceedings. Ottawa, IDRC, 1979. pp. 49-56.
29. FARGAS, J. E. Efecto de fechas de siembra del maíz relativas a la yuca sobre el crecimiento y rendimiento de ambos cultivos en asociación. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1980. (En prensa).
30. GALLEGOS P., R. R. Evaluación de producción agronómica y biomasa en sistemas de producción que incluyen yuca. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1976. 122 p.
31. GERODETTI B., M. Efecto de la poda y laboreo del suelo sobre el crecimiento y rendimiento de la yuca asociada con maíz. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1979. 93 p.
32. GONZALEZ G., R. Relaciones entre la morfología de las plantas y la radiación solar dentro de cultivos de maíz, yuca y plátano. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1976. 102 p.
33. GUERRA, G. Manual de administración de empresas agropecuarias. San José, Costa Rica, IICA, 1978. 352 p.
34. HART, R. D. The design and evaluation of a bean, corn, and manioc pyculture cropping system for the humid tropics. Ph.D. Tesis Gainesville, University of Florida, 1974. 158 p.



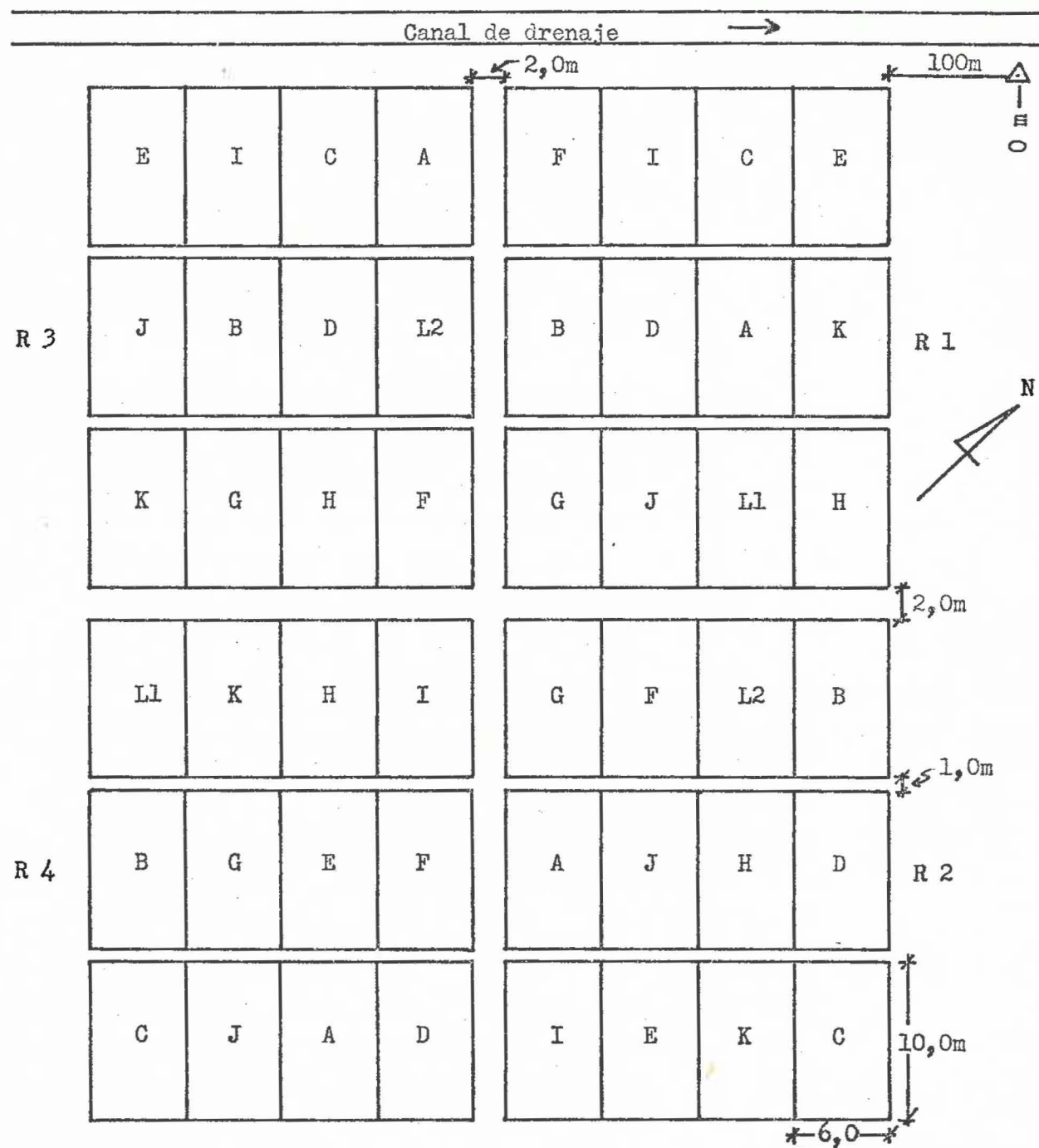
35. HIEBSCH, C. Comparing intercrops with monocultures. In North Caroline State University. Soil Science Department. Economic Research on soils of the tropics. Annual report for 1976-1977. Raleigh, N. C., 1978. pp. 187-200.
36. HILDEBRAND, P. E. Multiple cropping systems are dollars and "sense" agronomy. In Papendick, R. I., Sanchez, P. A. and Triplett, G. B. eds. Multiple cropping. Madison, Wis., American Society of Agronomy, 1976. pp. 347-371.
37. HOLDRIDGE, L. R. Life zone ecology. 2a. ed. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1967. 206 p.
38. HUNT, L. A., WHOLEY, D. W. y COCK, J. H. Growth physiology of cassava. Field Crops Abstracts 30(2):77-91. 1977.
39. INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES TROPICALES ET DES CULTURES VIVRIERES. Les tubercules: le manioc. Agronomie Tropicale 26(1):101-104. 1971.
40. INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. Annual report 1974. Ibadan, 1975. 119 p.
41. \_\_\_\_\_. Annual report 1975. Ibadan, 1976. 219 p.
42. \_\_\_\_\_. Research highlights. Ibadan, 1977. 72 p.
43. \_\_\_\_\_. Annual report 1977. Ibadan, 1978. 98 p.
44. \_\_\_\_\_. Annual report for 1978. Ibadan, 1979. 130 p.
45. JIMENEZ L., F. Estudio de absorción de nutrimentos en un agrosistema de producción de frijol (Phaseolus vulgaris) maíz (Zea mays) y yuca (Manihot esculenta). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA/CTEI, 1976. 90 p.
46. LARCHER, W. Ecofisiología vegetal. Barcelona, Omega, 1977. 305 p.

47. LARIOS C., J. F. Epifitología de algunas enfermedades foliares de la yuca en diferentes sistemas de cultivo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1975. 115 p.
48. LEIHNER, D. E. y CASTRO M., A. Prácticas sencillas para aumentar el rendimiento del cultivo de la yuca. In Programa Cooperativo Centroamericano para Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, Reunión anual, 25a., Tegucigalpa, 1980. Memórias, Tegucigalpa, Secretaría de Recursos Naturales, 1980. pp H21/1-19.
49. LENON, E.R. Energy conversion and water use efficiency in plants. In Plant environment and efficient water use. Madison, Wis., American Society of Agronomy, 1966. pp 28-48.
50. MATEO, N. y MORENO, R. Estudio de siete sistemas de producción agrícola en Platanares de Pérez Zeledón, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1976. 23 p.
51. MATTOS, P. L. P. DE. Adaptação de espaçamentos em fileiras duplas para a cultura da mandioca (Manihot esculenta Crantz). Cruz das Almas, Brasil, Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca y Fruticultura, 1979. 27 p. (Mimeo).
52. MERRILL, A. L. y WATT, B. K. Energy value of foods: basis and derivations. U. S. Department of Agriculture. Agricultural Handbook no. 74. 1955. 105 p.
53. MIURA, L., TAKATSU, A. y TERNES, M. Resistencia da mandioca a Xanthomonas manihotis, inoculadas nos ponteiros por palito no baixo Vale do Itajai, S. C. Fitopatología Brasileira 4:309-312. 1979.
54. MOLINA, M. et al. Caracterización exploratoria de los sistemas de producción agrícola más importantes de Costa Rica. In Moreno R. ed. Localización de sistemas de producción de cultivos en Centroamérica. CATIE. Informe Técnico no. 1. 1980. pp 221-274.
55. MONTALDO, A. La yuca o mandioca. San José, Costa Rica, IICA, 1979. 386 p.

56. MORENO, R. y HART, R. D. Cassava intercropping in Central America. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 23 p.
57. NORMANHA, E. S. y PEREIRA, A. S. Intrucões práticas cultura da mandioca. O Agrônomo (Brasil) 15(9-10):1-35. 1963.
58. OELSLIGLE, D. D., MENESES, R. y McCOLLUM, R. E. Nitrogen response by a corn-cassava intercropped system in the Atlantic Coast of Costa Rica. In North Carolina State University. Annual report for 1975. Raleigh, N. C., 1976. pp. 197-200.
59. OKIGBO, B. N. y GREENLAND, D. J. Intercropping systems in tropical Africa. In Papendick, R. I. Sanchez, P. A. and Triplett, G. B. eds. Multiple cropping. Madison, Wis., American Society of Agronomy, 1976. pp. 63-101.
60. PERRIN, R. K. et al. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; un manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT. Folleto de información no. 27. 1976. 54 p.
61. PHILLIPS, T. P. Cassava utilization and potential markets. Ottawa, IDRC, 1974. 182 p.
62. PINCHINAT, A. M. Rendimiento potencial de la yuca (Manihot esculenta Crantz) en la zona de Turrialba, Costa Rica. Proceedings of the American Society for Horticultural Science Tropical Region 17:367-372. 1973.
63. PORTO, M. C. M., et al. Cassava intercropping in Brazil. In International Workshop, Trivandrum, India, 1978. Intercropping with cassava. Proceedings Ottawa, IDRC, 1979. pp. 25-30.
64. O PROGRAMA nacional do álcool. Mandi-Notícias (Brasil) 3(1):6-7. 1980.
65. ROGERS, D. Some botanical and ethnological considerations of Manihot esculenta. Economic Botany 19:369-377. 1965.

66. SANTOS, M. A. DOS. Evaluación biológica de agrosistemas basados en el cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz) y su rentabilidad económica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1979. 172 p.
67. SASSIN, W. Energy. *Scientific American* 243(3):106-117. 1980.
68. SAUNDERS, J. L. Cassava production and vegetative growth related to control duration of shoot flies and fruit flies. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 11 p.
69. SILVERA, G. et al. Identificación, localización y caracterización de sistemas de producción de cultivos en Panamá. In Moreno, R. ed. Localización de sistemas de producción de cultivos en Centroamérica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1980. pp 194-220.
70. SINTHUPRAMA, S. Cassava and cassava-based intercrop systems in Thailand. In International Workshop, Trivandrum, India, 1978. Intercropping with cassava. Proceedings. Ottawa, IDRC, 1979. pp 56-66.
71. SISTEMAS DE produção para mandioca. Trabajo supervisado por EMBRATER/EMBRAPA. Florianópolis, Brasil, EMPASC/ACARESC, 1979. 50 p.
72. SORIA, J. et al. Investigación sobre sistemas de producción agrícola para el pequeño agricultor del trópico. Turrialba (Costa Rica) 25(3):283-293. 1975.
73. SOUZA, J. do S. y MATTOS, P. L. P. DE. Aspectos económicos do sistema de plantio para mandioca (Manihot esculenta Crantz) adaptado em fileiras duplas. In Congresso Brasileiro de Mandioca 1ª, Salvador, Brasil, 1979. Resumos. Cruz das Almas, Sociedade Brasileira de Mandioca, 1979. p. 88.
74. STEEL, R. G. y TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics. New York, Mc Graw-Hill, 1960. 481 p.
75. TORO, M., J. C. Sugerencias para la conducción de pruebas regionales. In Curso de Producción de yuca, Cali, Colombia, 1978. Cali, Colombia, CIAT, 1978. pp 341-357.

76. WILLEY, R. W. Intercropping: Its importance and research needs.  
Part 1. Competition and yield advantages. *Field Crops Abstracts*  
32(1):1-70. 1979.
  
77. ZANDSTRA, H. G. Cassava intercropping research: agroclimatic and  
biological interactions. In International Workshop, Trivandrum,  
India, 1978. Intercropping with cassava. *Proceedings*. Ottawa,  
IDRC, 1979. pp 67-75.



- L O T E 1 2 -

Fig. A1 Croquis de campo. Las letras indican los tratamientos cuya especificación se encuentra en el Cuadro 1. R= repetición.

Cuadro A1. Características de posición geográfica, clima y suelo de zona de Turrialba donde se realizó el experimento.

Posición Geográfica

Altura sobre el nivel del mar: 602 m.

Longitud: 83°39' Oeste GW

Latitud: 9°53' Norte

Clima\*

Temperatura media anual: 22,2°C ( $\bar{x}$  de 20 años)

Precipitación media anual: 2.673 mm ( $\bar{x}$  de 34 años)

Humedad relativa promedio: 87,4% ( $\bar{x}$  de 21 años)

Radiación diaria promedio: 423,72 cal/cm<sup>2</sup>/día ( $\bar{x}$  de 14 años)

Evaporación diaria promedio: 3,99 mm ( $\bar{x}$  de 20 años)

Zona de vida: bosque muy húmedo premontano (36)

Suelo (1)

Origen: Aluvial fluvio-lacustre

Serie: Instituto arcilloso, fase normal

Drenaje: pobre e imperfecto

Densidad aparente: baja

Materia orgánica: alto contenido

Relación C/N: mediana

pH: de fuertemente ácido (5,1 a 5,6) a medianamente ácido (5,6 a 6,0)

Fertilidad: mediana a baja

Análisis de suelo al inicio del experimento

pH	P	Ca	Mg	K
(H <sub>2</sub> O)	(ug/ml)	----- (meq/100g suelo)-----		
5,18	5,70	4,85	1,26	0,34
(ácido)	(deficiente)	(regular)	(deficiente)	(regular)

\* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Resumen de datos meteorológicos desde la iniciación hasta diciembre de 1977 (16).

Cuadro A2. Condiciones climáticas en el período de investigación (junio 1979 a junio 1980). Datos tomados en la estación meteorológica del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Meses	Temperatura (°C) <sup>1/</sup>			Precipitación pluviométrica (mm)			Evap. Real (mm)	Balance hídrico atmosférico <sup>2/</sup> (mm)	Humedad Relativa (%)	Radiación solar global total (cal/cm <sup>2</sup> /mes)
	Max.	Media	Min.	Prom. día	Total mensual	Prom. 35 años				
<u>Año 1979</u>										
Junio	28,1	22,7	19,2	5,4	212,1	290,0	100,7	+111,4	90	8874 (9-30) <sup>3/</sup>
Julio	27,8	22,5	19,0	4,0	124,6	283,1	101,4	+ 23,2	89	11406
Agosto	27,8	22,2	19,2	6,9	213,2	241,6	104,2	+109,0	91	12149
Setiembre	28,4	22,6	19,1	7,4	223,1	252,9	107,2	+115,9	89	11970
Octubre	28,1	22,7	19,3	4,5	140,8	247,7	108,2	+ 32,6	89	11883
Noviembre	26,4	21,6	18,7	5,1	154,3	281,0	78,6	+ 75,7	92	9491
Diciembre	25,9	21,0	17,8	6,1	189,9	333,7	81,6	+108,3	90	10164
<u>Año 1980</u>										
Enero	26,2	21,1	17,5	4,6	143,6	172,7	99,5	+ 44,1	88	11340
Febrero	25,5	20,3	16,6	6,6	191,7	136,1	93,0	+ 98,7	88	11080
Marzo	27,8	21,6	17,4	0,5	16,8	68,0	132,4	-115,6	86	13821
Abril	27,7	22,2	18,5	3,2	96,1	133,6	126,3	- 30,2	82	12960
Mayo	28,5	23,0	19,4	7,1	220,4	218,5	124,9	+ 95,5	85	13620
Junio	27,8	22,7	19,4	5,2	311,7	287,9	84,8	+135,6	87	2811 (1-9) <sup>3/</sup>

<sup>1/</sup> Los valores representan el promedio.

<sup>2/</sup> Precipitación-Evaporación del tanque A.

<sup>3/</sup> Valor correspondiente a los días indicados.



CUADRO A3. Cronología de las principales actividades realizadas, durante la duración del experimento con los cultivos de yuca y maíz.

FECHA	ACTIVIDADES
<u>Año 1979</u>	
Junio 06	Muestreo de suelo para análisis.
Junio 06	Preparación del suelo: una pasada de arado de discos y una pasada de rotavator.
Junio 08	Corrección del suelo: 1,8 Tm/ha de Ca CO <sub>3</sub> aplicado a voleo y mezclado con rotavator.
Junio 08	Corte de estacas de yuca, con sierra circular, con 20 cm de largo.
Junio 09	Desinfección del sitio de siembra de yuca con aldrin 25% mezclado con cal a proporción de 1:10.
Junio 09	Siembra de yuca: aproximadamente 15cm de la estaca bajo el suelo y el resto sobre el suelo, en angulo de 45°.
Junio 12	Control de malezas: aplicación de Afalon 50% PM a razón de 2,5 kg/ha (Linuron) mezclado con Lazo 40,8% (PV) a razón de 1,0 l/ha (Alachlor).
Junio 22	Desinfección del sitio de siembra del maíz con aldrin 25% mezclado con cal en la proporción de 1:10.

CUADRO A 3. Cronología de las principales actividades realizadas.....  
(cont.)

FECHA	ACTIVIDADES
<u>Año 1979 (cont.)</u>	
Junio 22	Siembra del maíz: con espeque, colocando 4 semillas por hueco (la.)
Julio 06	Fertilizaciones: en surcos, a 15 cm de la hilera del cultivo tanto de maíz como yuca, y mezcladas con el suelo.
Julio 06	Control de insectos en maíz: aplicación de <u>Elo cron 50</u> (dióxacarb) contra vaquita ( <u>Diabrotica spp</u> )
Julio 09	Control de malezas: deshierba manual en todo el experimento (la.)
Julio 12	Resiembra del maíz
Julio 12	Control de insectos del maíz: aplicación de <u>Diazinon 60E</u> (diazinon) contra el cogollero ( <u>Spodoptera frugiperda</u> ).
Julio 19	Combate de enfermedades del maíz: aplicación de <u>Agri-micim 500</u> (Streptomycin) contra <u>Erwinia chrysanthemi</u>
Julio 26	Raleo del maíz: en las tres poblaciones se dejaron dos plantas por hueco.

CUADRO A3. Cronología de las principales actividades realizadas . . . .  
(cont.)

FECHA	ACTIVIDADES
<u>Año 1979</u> (cont.)	
Julio 27	Control de malezas: deshierba manual en todo experimento (2 <sup>a</sup> ).
Julio 28	Aporque al maíz.
Julio 28	Control de insectos en yuca: aplicación de aldrin 25% (aldrin) directo en el hormiguero.
Setiembre 22	Conteo de elotes comerciales
Setiembre 24	Muestreo del maíz para evaluación de biomasa y área foliar.
Octubre 30	Cosecha de maíz.
Diciembre 05	Desinfección del sitio de siembra del maíz con aldrin 25% mezclado con cal en la proporción de 1:10.
Diciembre 05	Siembra del maíz: con espeque colocando 4 semillas por hueco (2a.)
Diciembre 19	Fertilización del maíz: en surcos, a 15 cm de la hilera del cultivo y mezclado con el suelo.
Diciembre 24	Raleo del maíz : en las tres poblaciones se dejaron dos plantas por hueco.
<u>Año 1980</u>	
Enero 05	Aporque al maíz

CUADRO A3. Cronología de las principales actividades realizadas.....  
(cont.)

FECHA	ACTIVIDADES
<u>Año 1980 (cont.)</u>	
Enero 21	Control de insectos en maíz: aplicación de Volaton granulado (phoxim) contra cogollero ( <u>Spodoptera frugiperda</u> ).
Febrero 06	Floración del maíz.
Marzo 05	Muestreo para biomasa y área foliar del maíz.
Marzo 14-15	Conteo de elotes comerciales
Abril 09	Cosecha del maíz.
Junio 07	Medición de altura de planta y de la primera ramificación, en yuca.
Junio 09	Cosecha de yuca.

Cuadro A4. Características energéticas, a los 365 días, de plantas de yuca cultivadas como monocultivo o asociadas con maíz. Valores promedios de cuatro repeticiones con resultados de la prueba de Duncan.<sup>1/</sup>

Sistemas <sup>2/</sup>	PS Raíces comerciales netas <sup>3/</sup> (Tm/ha)	PS proteína raíces com. netas (Tm/ha)	Energía proteína en raíces com. netas (Mcal/ha)	Energ. prot., carb., grasa en raíces com. netas (Mcal/ha)	PS total (Tm/ha)	Energía biomasa total (Mcal/ha)
Ys	4,07 ab	0,10 ab	282,75 ab	15072,25 ab	15,72 a	62860 a
Ys+M1	4,13 ab	0,10 ab	287,00 ab	15294,50 ab	15,31 a	61240 a
Ys+M2	3,59 b	0,09 b	249,25 b	13285,50 b	12,21 c	48840 c
Ys+M3	2,19 c	0,05 c	152,00 c	8091,75 c	9,65 d	38620 d
Yd	4,52 a	0,11 a	313,75 a	16729,75 a	14,16 ab	56620 ab
Yd+M1-M1	4,06 ab	0,10 ab	282,25 ab	15044,75 ab	12,74 bc	50940 bc
Yd+M2-M2	2,61 c	0,06 c	181,50 c	9675,00 c	10,83 cd	43320 cd
Yd+M3-M3	2,00 c	0,05 c	139,25 c	7415,75 c	9,85 d	39410 d

1/ Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 5% de probabilidad.

2/ Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl/ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha; +=siembra intercalada del maíz catorce días después de la yuca; -=sucesión.

3/ PS raíces comerciales netas= PS raíces comerciales x 0,842. Se quita el PS de la cáscara.

Cuadro A5. Características energéticas a los 125 días de plantas de maíz cultivadas como monocultivo o asociadas con yuca. Valores promedios de cuatro repeticiones con resultados de la prueba de Duncan<sup>1/</sup>.

Sistemas <sup>2/</sup>	PS granos comerciales <sup>3/</sup> (Tm/ha)		PS proteína grano comercial (Tm/ha)		Energía proteína grano comercial (Mcal/ha)		Energía prot. carb. grasa (Mcal/ha)		PS Total (Tm/ha)		Energía biomasa total (Mcal/ha)	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
M1-M1	0,80 c	1,48 d	0,09 d	0,71 d	2.184 c	4.043 d	3.173 c	5.874 d	3,37 d	4,50 d	13.490 e	18.010 c
Ys+M1	0,56 c	-	0,06 d	-	1.544 c	-	2.242 c	-	2,64 d	-	10.560 e	-
Yd+M1-M1	0,50 c	0,99 e	0,06 d	0,11 e	1.356 c	2.718 e	1.970 c	3.947 e	2,29 d	3,17 e	9.140 e	12.660 d
M2+M2	1.98 a	3.05 b	0.23 b	0.35 b	5.415 a	8.327 b	7.865 a	12.097 b	7,65 b	9,16 b	30.590 bc	36.640 a
Ys+M2	1.31 b	-	0,15 c	-	3.571 b	-	5.187 b	-	5,82 c	-	23.290 d	-
Yd+M2-M2	1,42 b	2,28 c	0.16 c	0.26 c	3.876 b	6.214 c	5.631 b	9.026 c	6,13 c	6,59 c	24.500 cd	26.360 b
M3+M3	2,26 a	3,53 a	0,26 a	0,40 a	6.172 a	9.643 a	8.965 a	14.008 a	11,01 a	12,86 a	44.040 a	51.430 a
Ys+M3	2,07 a	-	0,23 b	-	5.638 a	-	8.190 a	-	8,35 b	-	33.420 b	-
Yd+M3-M3	1,49 b	2,39 c	0,17 c	0,27 c	4.066 b	6,529 c	5.907 b	9.485 c	8,30 b	10,41 b	28.100 cd	41.620 a

1/ Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 5% de probabilidad.

2/ Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl/ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha; +=siembra intercalada del maíz catorce días después de la yuca; -=sucesión; I=1a. siembra; II=2a. siembra.

3/ PS= peso seco.

Cuadro A6. Datos básicos de crecimiento y morfológicos de plantas de maíz en monocultivo y en asociación con yuca. Primera cosecha (22 jun. a 30 oct. 1979).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Sistema 1/	R 2/	Plantas útiles (n <sup>2</sup> /pa)	PS Planta sin elo te (Kg/pl)	Elotes comer- ciales (n <sup>2</sup> /pa)	Altura de plan ta (cm)	Mazorca total (n <sup>2</sup> /pa)	PS por mazorca total (Kg/m)	PS granos comercia les (Kg/pa)	PS granos no co- merciales (Kg/pa)	Altura de elo te (cm)	Diáme- tro elo te comer cial. (x de 15) (cm)
M <sub>1</sub> -M <sub>1</sub>	1	24	0,217	20	211	27	0,131	2,334	0,099	98	6,3
Ys+M <sub>1</sub>	1	16	0,248	15	212	12	0,093	0,679	0,215	105	6,3
Yd+M <sub>1</sub> -M <sub>1</sub>	1	31	0,183	27	212	27	0,101	1,859	0,378	92	6,1
M <sub>2</sub> -M <sub>2</sub>	1	80	0,217	73	227	75	0,126	6,167	1,046	84	6,1
Ys+M <sub>2</sub>	1	60	0,141	51	216	45	0,090	2,056	1,579	93	6,0
Yd+M <sub>2</sub> -M <sub>2</sub>	1	75	0,150	55	219	66	0,102	4,010	1,172	102	5,8
M <sub>3</sub> -M <sub>3</sub>	1	143	0,212	125	212	127	0,125	8,389	2,189	96	5,9
Ys+M <sub>3</sub>	1	104	0,142	79	219	85	0,089	4,639	1,362	97	5,9
Yd+M <sub>3</sub> -M <sub>3</sub>	1	143	0,128	104	223	128	0,103	6,142	1,342	112	5,7

Cuadro A6. Datos básicos de crecimiento y morfológicos de plantas de maíz, continuación.....

Sistema <u>1/</u>	R <u>2/</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$M_1 - M_1$	2	24	0,205	29	210	26	0,131	1,729	0,633	105	6,6
$Ys + M_1$	2	17	0,156	17	179	17	0,093	1,206	0,433	75	6,2
$Yd + M_1 - M_1$	2	29	0,168	24	183	24	0,101	1,649	0,461	75	6,0
$M_2 - M_2$	2	76	0,172	69	195	74	0,126	6,322	0,991	81	6,1
$Ys + M_2$	2	57	0,159	50	218	52	0,090	3,474	1,160	108	6,2
$Yd + M_2 - M_2$	2	79	0,209	68	203	66	0,102	4,310	1,179	94	6,1
$M_3 - M_3$	2	143	0,148	115	207	113	0,125	8,077	1,312	108	5,8
$Ys + M_3$	2	104	0,121	86	229	96	0,089	6,121	1,368	102	5,6
$Yd + M_3 - M_3$	2	140	0,133	78	201	108	0,103	4,442	1,709	107	5,5



Cuadro A6. Datos básicos de crecimiento y morfológicos de plantas de maíz, continuación.....

Sistema 1/	R 2/	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$M_1 - M_1$	3	24	0,174	19	188	22	0,131	1,777	0,045	66	6,2
$Ys + M_1$	3	18	0,148	16	187	16	0,093	1,069	0,347	80	6,0
$Yd + M_1 - M_1$	3	27	0,146	24	203	25	0,101	1,388	0,441	104	6,1
$M_2 - M_2$	3	79	0,188	72	193	80	0,126	6,093	0,556	80	6,2
$Ys + M_2$	3	60	0,161	57	196	53	0,090	3,356	0,990	89	6,1
$Yd + M_2 - M_2$	3	80	0,135	62	216	63	0,102	4,276	0,733	99	6,1
$M_3 - M_3$	3	140	0,193	113	202	121	0,125	8,309	1,327	92	5,8
$Ys + M_3$	3	105	0,173	77	218	82	0,089	4,472	1,644	113	5,7
$Yd + M_3 - M_3$	3	142	0,119	76	201	103	0,103	4,525	1,359	95	5,7

Cuadro A6. Datos básicos de crecimiento y morfológicos de plantas de maíz, continuación.....

Sistema <u>1/</u>	R <u>2/</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M <sub>1</sub> -M <sub>1</sub>	4	24	0,197	25	184	27	0,131	1,843	0,244	84	6,0
Ys+M <sub>1</sub>	4	18	0,215	16	210	18	0,093	1,122	0,325	92	5,9
Yd+M <sub>1</sub> -M <sub>1</sub>	4	29	0,150	23	190	27	0,101	1,464	0,527	91	6,1
M <sub>2</sub> -M <sub>2</sub>	4	78	0,178	74	193	80	0,126	6,809	0,690	97	6,1
Ys+M <sub>2</sub>	4	60	0,176	56	204	52	0,090	3,669	0,852	94	6,3
Yd+M <sub>2</sub> -M <sub>2</sub>	4	80	0,154	74	210	75	0,102	5,582	0,951	98	6,1
M <sub>3</sub> -M <sub>3</sub>	4	144	0,140	112	200	118	0,125	7,779	1,519 1,599	100	5,9
Ys+M <sub>3</sub>	4	107	0,121	86	211	94	0,089	7,075	1,921	97	6,2
Yd+M <sub>3</sub> -M <sub>3</sub>	4	142	0,133	92	212	115	0,103	6,338	1,272	105	5,7

1/ Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl /ha ; 2=25.000 pl /ha ; 3=40.000 pl /ha ; += siembra intercalada del maíz catorce días después de la yuca; -= sucesión.

2/ Repetición

Cuadro A7. Datos básicos de crecimiento y morfológicos de plantas de maíz en monocultivo y en asociación con yuca. Segunda cosecha ( 05 dic. 1979 a 09 abril 1980).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Sistema 1/ R 2/	Plantas útiles (n <sup>2</sup> /pa)	PS Planta sin elote (Kg/pl)	Elotes comerciales (n <sup>2</sup> /pa)	Altura de planta (cm)	Mazorca total (n <sup>2</sup> /pa)	PS por mazorca total (Kg/pa)	PS granos comerciales (Kg/pa)	PS granos no comerciales (Kg/pa)	Altura de elote (cm)	Diámetro elote comercial. (x de 15) (cm)	
M <sub>1</sub> -M <sub>1</sub>	1	24	0,231	31	200	36	0,205	3,986	0,038	86	6,4
Yd+M <sub>1</sub> -M <sub>1</sub>	1	26	0,174	26	229	32	0,189	3,050	0,077	112	6,0
M <sub>2</sub> -M <sub>2</sub>	1	73	0,171	80	223	84	0,156	10,051	0,356	103	6,3
Yd+M <sub>2</sub> -M <sub>2</sub>	1	68	0,109	58	218	68	0,176	6,519	0,372	105	6,0
M <sub>3</sub> -M <sub>3</sub>	1	133	0,159	114	228	139	0,210	12,835	0,282	97	6,0
Yd+M <sub>3</sub> -M <sub>3</sub>	1	132	0,089	88	214	125	0,189	9,016	0,671	98	5,4

Cuadro A7. Datos básicos de crecimiento y morfológicos de plantas de maíz, continuación.....

Sistema 1/	R 2/	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$M_1 - M_1$	2	22	0,149	26	207	35	0,208	3,986	0,038	74	6,0
$Yd+M_1 - M_1$	2	30	0,129	30	203	33	0,171	3,050	0,077	97	6,0
$M_2 - M_2$	2	76	0,180	77	218	85	0,209	9,653	0,361	97	6,1
$Yd+M_2 - M_2$	2	70	0,122	62	208	74	0,181	7,437	0,328	109	5,8
$M_3 - M_3$	2	141	0,150	123	209	143	0,196	14,525	0,216	91	5,8
$Yd+M_3 - M_3$	2	138 \	0,115	78	212	129	0,209	7,477	0,816	102	5,6

Cuadro A7. Datos básicos de crecimiento y morfológicos de plantas de maíz, continuación.....

Sistema 1/	R 2/	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$M_1-M_1$	3	24	0,144	29	197	34	0,212	2,876	0,137	82	6,2
$Yd+M_1-M_1$	3	31	0,142	28	211	30	0,180	2,778	0,258	92	6,2
$M_2-M_2$	3	77	0,156	73	196	79	0,214	8,831	0,232	83	6,1
$Yd+M_2-M_2$	3	75	0,132	62	203	75	0,153	7,457	0,237	92	5,9
$M_3-M_3$	3	127	0,138	108	209	125	0,172	10,977	0,638	93	5,9
$Yd+M_3-M_3$	3	138	0,096	82	213	121	0,160	9,210	0,150	102	5,5

Cuadro A7. Datos básicos de crecimiento y morfológicos de plantas de maíz, continuación.....

Sistema <u>1/</u>	R <u>2/</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M <sub>1</sub> -M <sub>1</sub>	4	24	0,135	25	183	28	0,208	3,373	0,135	77	6,3
Yd+M <sub>1</sub> -M <sub>1</sub>	4	31	0,135	32	206	34	0,190	3,864	0,055	95	6,1
M <sub>2</sub> -M <sub>2</sub>	4	74	0,180	73	206	83	0,216	10,504	0,170	95	6,1
Yd+M <sub>2</sub> -M <sub>2</sub>	4	74	0,119	65	201	73	0,176	7,726	0,161	79	6,1
M <sub>3</sub> -M <sub>3</sub>	4	128	0,153	108	232	127	0,213	12,528	0,253	112	5,7
Yd+M <sub>3</sub> -M <sub>3</sub>	4	136	0,120	89	218	120	0,189	8,741	0,496	88	5,4

1/ Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl /ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl /ha; +=siembra intercalada del maíz catorce días después de la yuca; -=sucesión.

2/ Repetición.

Cuadro AB. Datos básicos de crecimiento y morfológicos de plantas de yuca en monocultivo y en asociación con maíz.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Plantas útiles	Altura Planta ( cm )	Parte aérea		Raíces totales			Raíces comerciales			Limbos		Altura horque ta.
Sistema	1/ R	2/ (n°/pa)	PF (Kg/pl)	PS (Kg/pl)	n°/pl	PF (Kg/pl)	PS (Kg/pl)	n°/pl	PF (Kg/pl)	PS (Kg/pl)	PF (Kg/pl)	PS (Kg/pl)	(cm)
Ys-M <sub>1</sub>	1	32	2,202	0,628	10,34	2,073	0,742	3,25	0,913	0,327	0,1909	0,0527	102
Ys+M <sub>1</sub> -M <sub>1</sub>	1	32	2,817	0,804	8,47	2,040	0,731	3,28	1,206	0,432	0,2271	0,0627	133
Ys+M <sub>2</sub> -M <sub>2</sub>	1	32	2,634	0,752	7,13	1,751	0,627	3,56	1,300	0,466	0,1888	0,0521	143
Ys+M <sub>3</sub> -M <sub>3</sub>	1	32	1,740	0,496	4,47	1,122	0,402	2,25	0,775	0,278	0,1679	0,0463	167
Yd-M <sub>1</sub>	1	32	2,033	0,580	7,75	1,939	0,694	3,66	1,300	0,466	0,1616	0,0446	129
Yd+M <sub>1</sub> -M <sub>1</sub>	1	32	2,434	0,695	7,44	1,973	0,707	3,34	1,497	0,536	0,1538	0,0424	150
Yd+M <sub>2</sub> -M <sub>2</sub>	1	32	2,449	0,699	5,06	1,707	0,611	2,97	1,075	0,385	0,2275	0,0628	145
Yd+M <sub>3</sub> -M <sub>3</sub>	1	32	2,290	0,653	5,13	1,130	0,405	2,06	0,716	0,256	0,2278	0,0629	160

Cuadro A8. Datos básicos de crecimiento y morfológicos de plantas de yuca, continuación.....

Sistema 1/	R 2/	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ys -M <sub>1</sub>	2	32	250	3,088	0,880	10,25	2,403	0,861	4,41	1,413	0,506	0,3600	0,0993	102
Ys+M <sub>1</sub> -M <sub>1</sub>	2	32	265	2,818	0,804	9,78	2,237	0,801	4,56	1,338	0,479	0,2531	0,0698	141
Ys+M <sub>2</sub> -M <sub>2</sub>	2	32	255	2,493	0,712	6,00	1,403	0,502	3,09	1,041	0,373	0,2453	0,0677	151
Ys+M <sub>3</sub> -M <sub>3</sub>	2	32	250	1,973	0,563	5,75	1,300	0,466	2,25	0,669	0,240	0,1978	0,0546	144
Yd-M <sub>1</sub>	2	32	265	2,272	0,648	7,97	2,586	0,926	4,00	1,469	0,526	0,2153	0,0594	130
Yd+M <sub>1</sub> -M <sub>1</sub>	2	28	260	2,013	0,574	6,25	1,801	0,645	3,93	1,221	0,437	0,2371	0,0654	131
Yd+M <sub>2</sub> -M <sub>2</sub>	2	30	270	2,285	0,651	4,28	1,331	0,477	2,44	0,813	0,291	0,3260	0,0899	132
Yd+M <sub>3</sub> -M <sub>3</sub>	2	31	270	2,091	0,597	6,31	1,379	0,494	2,31	0,665	0,238	0,2000	0,0552	144



Cuadro A8. Datos básicos de crecimiento y morfológicos de plantas de yuca, continuación.....

Sistema <u>1/</u>	R <u>2/</u>	1	2	3	4	5	6	7	8.	9	10	11	12	13
Ys -M <sub>1</sub>	3	32	215	2,527	0,721	9,16	2,215	0,793	4,78	1,550	0,551	0,2506	0,0691	102
Ys+M <sub>1</sub> -M <sub>1</sub>	3	31	260	2,816	0,804	9,94	2,075	0,743	4,81	1,435	0,514	0,2487	0,0686	133
Ys+M <sub>2</sub> -M <sub>2</sub>	3	32	270	2,167	0,619	6,28	1,532	0,549	4,25	1,231	0,441	0,1775	0,0490	143
Ys+M <sub>3</sub> -M <sub>3</sub>	3	31	275	2,309	0,659	4,65	1,156	0,414	2,87	0,832	0,298	0,2100	0,0579	167
Yd-M <sub>1</sub>	3	32	235	2,367	0,676	7,28	2,183	0,782	5,00	1,781	0,638	0,1850	0,0510	129
Yd+M <sub>1</sub> -M <sub>1</sub>	3	32	235	2,368	0,675	6,69	1,838	0,658	4,47	1,538	0,551	0,2675	0,0738	150
Yd+M <sub>2</sub> -M <sub>2</sub>	3	31	265	2,003	0,570	5,68	1,165	0,417	2,74	0,848	0,304	0,2806	0,0774	145
Yd+M <sub>3</sub> -M <sub>3</sub>	3	30	270	2,094	0,597	4,73	0,921	0,330	2,37	0,650	0,233	0,2887	0,0796	160

Cuadro A8. Datos básicos de crecimiento y morfológicos de plantas de yuca, continuación.....

Sistema <u>1/</u>	R <u>2/</u>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ys -M <sub>1</sub>	4	31	265	3,135	0,894	9,19	2,293	0,821	4,13	1,587	0,568	0,2900	0,0800	102
Ys+M <sub>1</sub> -M <sub>1</sub>	4	32	265	2,623	0,748	7,88	2,057	0,737	4,59	1,544	0,553	0,2644	0,0729	141
Ys+M <sub>2</sub> -M <sub>2</sub>	4	31	280	2,090	0,596	6,10	1,571	0,563	2,97	1,226	0,439	0,2326	0,0642	151
Ys+M <sub>3</sub> -M <sub>3</sub>	4	32	255	1,874	0,535	4,22	1,007	0,361	2,00	0,644	0,231	0,1678	0,0463	144
Yd-M <sub>1</sub>	4	32	235	2,198	0,627	7,63	2,036	0,729	4,16	1,444	0,517	0,2128	0,0587	130
Yd+M <sub>1</sub> -M <sub>1</sub>	4	32	270	2,389	0,681	7,34	1,710	0,612	4,31	1,288	0,461	0,2497	0,0689	131
Yd+M <sub>2</sub> -M <sub>2</sub>	4	32	270	2,258	0,643	5,03	1,023	0,366	2,97	0,806	0,289	0,2603	0,0718	132
Yd+M <sub>3</sub> -M <sub>3</sub>	4	31	260	2,219	0,632	4,97	0,993	0,356	2,48	0,710	0,254	0,2681	0,0740	144

1/ Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl/ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha; +=siembra intercalada del maíz catorce días después de la yuca; -=sucesión.

2/ Repetición.

Cuadro A9. Precios de insumos, servicios y productos. Turrialba, mayo 1980.

Criterio	Precio (¢) <sup>1/</sup>
Mano de obra, jornal de 8 horas	46,25
Maquinaria, tractor + arado/ha	500,00
tractor + rotavator/ha	200,00
Grano de maíz dañado por enfermedad/Tm	716,10
Semilla y productos maíz/Tm	2.170,00
Yuca (producto)/Tm	649,05
Fertilizante (fórmula completa 14-14-8)/kg	2,69
Aldrín 2,5%	27,50
Volaton 2,5 G/kg	6,84
Diazinon 60 E/litro	107,00
Afalon/kg	110,00
Lazo/litro	65,00

<sup>1/</sup> ¢8,54 (Colones Costarricenses)=US\$1,00

Cuadro A10. Rendimientos y valores de la producción (Ingreso Bruto) de yuca y maíz en los sistemas evaluados. Promedios de cuatro repeticiones. Turrialba, Costa Rica, 1980.

Sistema <sup>1/</sup>	Rendimiento yuca	Rendimiento maíz	Producción granos	Valor de la producción (I.B.)	
	raíces comerciales (Tm/ha)	granos comerciales <sup>2/</sup> (Tm/ha)	no comerciales <sup>3/</sup> (Tm/ha)	por cultivos (¢/ha) <sup>4/</sup>	por sistema (¢/ha) <sup>4/</sup>
Ys	13,54	-	-	8.788,37	8.788,37
Ys+M1	13,70	-	-	8.891,99	
	-	0,66	0,21	1.432,20	10.474,57
Ys+M2	11,90	-	-	7.723,70	
	-	1,52	0,55	3.298,40	11.415,95
Ys+M3	7,23	-	-	4.692,63	
	-	2,40	0,58	5.208,00	10.315,97
Yd	14,99	-	-	9.729,26	9.729,26
Yd+M1-M1	13,48	-	-	8.749,19	
	-	1,74	0,20	3.775,80	12.668,21
Yd+M2-M2	8,66	-	-	5.620,77	
	-	4,30	0,47	9.331,00	15.288,34
Yd+M3-M3	6,64	-	-	4.309,69	
	-	4,50	0,63	9.765,00	14.525,83
M3-M3	-	6,74	-	14.625,80	
	-	-	0,61	436,82	15.062,62

<sup>1/</sup> Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl/ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha; +=siembra intercalada del maíz 14 días después de la yuca; --sucesión.

<sup>2/</sup> Granos comerciales son los granos sanos al 14% HOH.

<sup>3/</sup> Granos no comerciales son los granos dañados por enfermedades, con 14% HOH.

<sup>4/</sup> ¢8,54 (Colones Costarricenses) = US\$1,00.

Cuadro A11. Uso de mano de obra (DH/ha/año)<sup>1/</sup>, según la labor en los sistemas de cultivo evaluados. Turrialba, Costa Rica, 1980.

LABOR	S I S T E M A S <sup>2/</sup>								
	Ys	Ys+M1	Ys+M2	Ys+M3	Yd	Yd+M1-M1	Yd+M2-M2	Yd+M3-M3	M3-M3
Encalado	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Corte de estacas	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	-
Siembra	7,0	12,2	13,9	13,9	8,0	13,6	15,0	18,4	13,8
Control malezas	52,0	45,0	38,0	38,0	85,0	60,0	41,0	41,0	45,0
Control insectos	-	0,5	3,0	4,0	-	1,5	3,0	8,0	8,0
Raleo	-	1,0	2,5	4,0	-	2,0	4,0	8,0	8,0
Fertilización	7,0	9,0	12,0	14,0	7,0	9,0	12,0	14,0	14,0
Aporque	-	4,0	10,0	10,0	-	4,0	8,0	13,0	20,0
Cosecha	17,1	20,1	21,7	23,1	17,0	20,4	28,2	28,2	29,5
TOTAL	85,7	94,4	103,7	109,6	119,6	113,1	113,8	133,2	138,9

1/ DH=Día Hombre = Jornal de 8 horas de trabajo.

2/ Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl/ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha; +=siembra intercalada del maíz 14 días después de la yuca; -=sucesión.

Cuadro A12. Costos de producción de los sistemas de cultivo evaluados. Turrialba, Costa Rica, 1980 (¢/ha/año)<sup>1/</sup>

LABOR	S I S T E M A S <sup>2/</sup>								
	Ys	Ys+M1	Ys+M2	Ys+M3	Yd	Yd+M1-M1	Yd+M2-M2	Yd+M3-M3	M3-M3
<b>A- Mano de obra</b>									
Encalado	27,75	27,75	27,75	27,75	27,75	27,75	27,75	27,75	27,75
Corte de estacas	92,50	92,50	92,50	92,50	92,50	92,50	92,50	92,50	-
Siembra	323,75	564,25	642,88	642,88	370,00	629,10	693,75	851,00	638,25
Contr. malezas	2405,00	2081,25	1757,50	1757,50	3931,25	2775,00	1896,25	1896,25	2081,25
Contr. insectos	-	23,13	138,75	185,00	-	69,36	138,72	370,00	370,00
Raleo	-	46,25	115,63	185,00	-	92,50	185,00	370,00	370,00
Aporque	-	185,00	462,50	462,50	-	185,00	370,00	370,00	925,00
Fertilización	323,75	416,25	555,00	647,50	323,75	416,25	555,00	647,50	647,50
Cosecha	790,88	929,63	1003,63	1068,38	786,25	943,50	1304,25	1304,25	1364,38
Subtotal A	3963,63	4366,01	4796,14	5069,01	5531,25	5230,86	5263,12	5929,25	6424,13
<b>B- Mecanización</b>									
Arado	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00
Rastreado	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
<b>C- Materiales</b>									
Cal	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
Semilla	-	16,64	41,60	66,56	-	33,28	83,20	133,12	133,12
Herbicida	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00	400,00
Insecticida	82,50	155,40	173,40	192,00	82,50	168,20	204,00	241,70	219,00
Fertilizante	575,66	1007,40	1655,00	2302,64	575,66	1576,60	2577,00	2577,00	3453,96
Subtotal B+C	1848,16	2369,44	3060,00	3751,20	1848,16	2968,08	4054,20	4141,82	4996,08
<b>D- Costos Fijos<sup>3/</sup></b>									
Interés s/prést.	277,22	355,41	459,00	562,68	277,22	445,21	608,13	621,27	749,41
Tierra (costo oport.)	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00
Depreciación	20,00	48,00	48,00	48,00	20,00	48,00	48,00	48,00	48,00
Subtotal D	897,22	1003,41	1107,00	1210,68	897,22	1093,21	1256,13	1269,27	1397,41
Costos Totales <sup>3/</sup>	6709,01	7738,86	8963,14	10030,89	8276,63	9292,15	10564,55	11340,34	12817,62

1/ ¢8,54 (Colón Costarricense) = US\$1,00.

2/ Y=yuca; M=maíz; s=hilera simple; d=hilera doble; 1=10.000 pl/ha; 2=25.000 pl/ha; 3=40.000 pl/ha +=siembra intercalada del maíz 14 días después de la yuca; -=sucesión.

3/ Costo de administración no está incluido.

Cuadro A13. Radiación solar total no interceptada (%) por las plantas de yuca en hilera doble a los seis meses de edad.

Ubicación de los radiómetros	Días de lecturas (diciembre 79)*							Promedio (%)
	13	14	15	16	17	18	19	
Externo al sistema	100	100	100	100	100	100	100	100
Entre dobles hileras de yuca	64	65	70	70	81	67	72	70

\* Valores expresados en porcentaje.