

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

PRODUCCION DE CAMOTE, MAIZ Y SOYA A DIFERENTES  
COMBINACIONES Y PRESIONES DE CULTIVO

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

Magister Scientiae

JORGE GUILLERMO GARCIA MESONES

Turrialba, Costa Rica

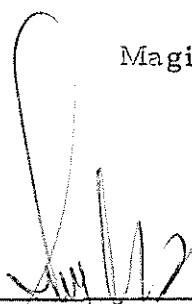
1975

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

Magister Scientiae

JURADO:


Consejero



---

Antonio Pinchinat, Ph. D.

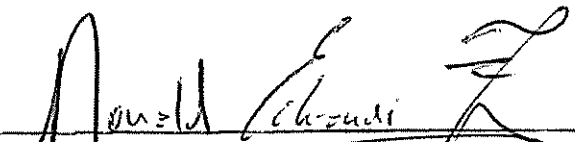
Comité



---

Rufo Bazán, Ph. D.


Comité



---

Ronald Echandi, Ph. D.


Comité



---

Fabio Fosero, Mag.Sc.

Comité



---

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

DEDICATORIA

A Carlos y Olga, mis padres

A Teresa, Olga, Carlos y Miguel, mis hermanos

A Jessie

## AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su agradecimiento:

Al Dr. Antonio M. Finchinat, Consejo Principal, por su valiosa colaboración en el desarrollo del presente trabajo.

A los Doctores Fufo Bazán y Ronald Echandi e Ing. Pablo Rosero, miembros del Comité.

Al personal de campo del Experimento Central del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del CATIE, por su colaboración.

Al Gobierno de Holanda, la Universidad de Costa Rica y al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), por haber hecho posible sus estudios de posgrado.

A todas las personas que en una u otra manera brindaron amistad y colaboración al autor durante su permanencia en este Centro.

## BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Chiclayo, Perú, el 22 de agosto de 1948.

Realizó sus estudios primarios en el Colegio Manuel Fardo, completando los estudios en el Colegio Militar Elías Aguirre en Chiclayo.

Cursó sus estudios universitarios en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque, donde obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo en mayo de 1972.

En enero de 1974, ingresó al Programa de Graduados de la Universidad de Costa Rica-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR-CATIE), en Turrialba, para realizar sus estudios de posgrado en el Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales, graduándose de Magister Scientiae en octubre de 1975.

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	2
2.1 Generalidades .....	2
2.2 Densidad de siembra .....	3
2.2.1 Monocultivos .....	3
2.2.1.1 Camote .....	3
2.2.1.2 Maíz .....	4
2.2.1.3 Soya .....	5
2.2.2 Cultivos asociados .....	7
3. MATERIALES Y METODOS .....	8
3.1 Localización del experimento .....	8
3.2 Tratamientos .....	8
3.3 Diseño experimental .....	12
3.4 Siembra y otras labores culturales .....	12
3.5 Variables analizadas .....	14
3.5.1 Altura de la planta .....	14
3.5.2 Producción de alimentos .....	14
3.5.3 Componentes nutricionales .....	15
3.5.4 Ciclo de cultivo y Uso Equivalente de Tierra .....	16
3.5.5 Peso promedio de raíces tuberosas y de 100 granos en maíz y soya .....	16
3.6 Análisis estadístico de los resultados .....	16
4. RESULTADOS .....	18
4.1 Condiciones climáticas .....	18
4.2 Aspectos generales de los cultivos .....	18
4.3 Altura de planta .....	19
4.4 Producción de alimentos .....	19
4.5 Componentes nutricionales .....	22
4.6 Ciclo de cultivo y Uso Equivalente de Tierra .....	22
4.7 Peso promedio de raíces tuberosas y grano .....	26

	<u>Página</u>
5. DISCUSION .....	28
6. CONCLUSIONES .....	32
7. RESUMEN .....	33
7a. SUMMARY .....	34
8. LITERATURA CITADA .....	35
APENDICE .....	40

## LISTA DE CUADROS

## TEXTO

<u>Cuadro N°</u>		<u>Página</u>
1	Descripción de 16 sistemas de producción de tres cultivos .....	10
2	Densidad porcentual según el espaciamiento de golpes en la siembra de tres cultivos .....	11
3	Altura de planta (cm) de tres cultivos en 16 sistemas de producción .....	20
4	Producción de alimento por tres cultivos arreglados en 16 sistemas de producción .....	21
5	Contenido de componentes nutricionales (proteínas, grasas y carbohidratos) en las raíces tuberosas de camote y el grano de maíz y soya en 16 sistemas de producción de tres cultivos .....	23
6.	Ciclo e índice de eficiencia de producción de alimentos y componentes nutricionales en 16 sistemas de cultivo ..	25
7	Feso promedio de raíces tuberosas en camote y de 100 granos en maíz y soya en 16 sistemas de producción .....	27

APENDICE

1A	Cuadrados medio y significación de altura de planta en camote, maíz y soya cultivados en diferentes combinaciones y presiones de cultivo .....	41
2A	Cuadrados medio y significación de la producción de raíces tuberosas en camote y de grano en maíz y soya cultivados en diferentes combinaciones y presiones de cultivo .....	41



	<u>Página</u>
3A Cuadrados medio y significación de Uso Equivalente de Tierra de producción de alimentos y componentes nutricionales por sistema .....	42
4A Cuadrados medios y significación del peso promedio de raíces tuberosas en camote y peso de 100 granos en maíz y soya cultiva- dos en diferentes combinaciones y presiones de cultivo .....	42

### LISTA DE FIGURAS

Figura N°

1 Distancia (cm) entre surcos de los diferentes cultivos en sistemas policulturales .....	13
--	----

## 1. INTRODUCCION

La limitación en la disponibilidad de alimentos para satisfacer la demanda actual obliga al uso más intensivo de los recursos invertidos en el sector agrario.

Un sistema de cultivos asociados constituye una de las posibilidades de intensificar el aprovechamiento de la tierra y del tiempo, obteniéndose mayor producción total por unidad de área. Las asociaciones de cultivo de varios tipos se han establecido en los países latinoamericanos desde muchos años atrás.

En el aspecto de alimentación, la selección de los cultivos y variedades que entren en la asociación debe orientarse en lo posible a satisfacer las necesidades nutricionales del consumidor, principalmente en energía y proteínas. Se ha estimado que el consumo de energía dietética en los países en vía de desarrollo es aproximadamente un 20% inferior al necesario y que alrededor de un 50% de la población humana presenta un déficit en proteínas.

Entre los cultivos de gran importancia agronómica y social figuran el camote y el maíz como fuentes energéticas y la soya como fuente proteínica.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de diferentes densidades de siembra sobre la producción asociada de variedades de camote (*Ipomoea batatas* L.), maíz (*Zea mays* L.) y soya (*Glycine max* (L) Merr.) corrientemente usadas en la Estación Experimental del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades

En el trópico húmedo se debe mantener el suelo con sistemas de agricultura que sean permanentes tanto desde el punto de vista de tiempo como de espacio, que den la suficiente producción total por año hombre (26).

Una de las mayores riquezas en los trópicos es la energía proveniente de la radiación solar. Sin embargo hasta el momento se ha escasamente desarrollado la tecnología que permita aumentar la eficiencia de la conversión en alimentos de la energía disponible (3).

Una de las formas prácticas de lograr ese mejoramiento es aumentando el número de cultivos por hectárea/año, sembrados ya sea en forma simultánea o sucesiva (3). Soria (24) define como cultivos asociados (mixtos o intercalados) a la siembra de dos o más cultivos en el mismo terreno simultáneamente o con varios grados de sobreposición cronológica.

Comparando las ventajas y desventajas del sistema de cultivo especializado (monocultivo) versus el de cultivos mixtos o asociados, Jolly (25) apoya el desarrollo de cultivos mixtos, razonando que muchas condiciones naturales favorecen tal sistema.

Norman, citado por Izbozuri (24) resumiendo lo observado en Kenya, Malawi, Nigeria, Sudán y Tanzania indica que, aunque la producción individual de algunos cultivos en asociación decrece comparados con los monocultivos correspondientes, este decrecimiento se compensa por la producción de los otros cultivos que estén asociados, dando un mayor retorno monetario por unidad de explotación.

Además, con la práctica de cultivos asociados, se puede reducir las poblaciones de malezas (15) y minimizar la incidencia de plagas y enfermedades (24).

## 2.2 Densidad de Siembra

### 2.2.1 Monocultivos

La densidad y distribución óptima de plantas es quizás uno de los más importantes factores que afectan el rendimiento de un cultivo en el campo.

#### 2.2.1.1 Camote

En camote, los rendimientos obtenidos por Loría (29) fueron mayores a distanciamientos de 6 cm que a 12 y 18 cm entre plantas; una disminución en la distancia entre surcos de 130 cm a 40 cm fue asociada con un aumento progresivo en el rendimiento.

Armijos (4), al probar 3 variedades de camote de diferente crecimiento vegetativo, en 4 distancias entre plantas (de 10 cm hasta 40 cm), obtuvo la mayor producción total de raíces tuberosas con la menor distancia entre plantas; el tipo de crecimiento vegetativo de la planta no influyó en los rendimientos.

Zimmerley (49) encontró que al incrementar el espacio entre plantas de 10 pulgadas (25, 4 cm) hasta 24 pulgadas (60, 9 cm) con un espaciado entre surcos de 30 pulgadas (76, 2 cm), se incrementaba el peso promedio de cada raíz tuberosa, de 107, 4 hasta 139, 7 g en la variedad "Fuerto Fico" y de 90, 8 a 114, 9 g con la variedad "Little Stem Jersey".

En el Perú, Rey (40) obtuvo el rendimiento de raíces tuberosas más

alto (24, 76 TM/ha) con la densidad de 80 x 30 cm, equivalente aproximadamente a 41.700 plantas (pl) por hectárea, que con las densidades de 80 x 20 cm, 90 x 20 cm, 100 x 20 cm, 90 x 30 cm y 100 x 30 cm.

González (20), recomienda para Costa Rica como mejores las variedades C-15 y C-10, con las cuales se puede obtener una producción aproximada de 300 qq/mz (19.471 Kg/ha) sembrando las puntas (una por golpe) a una distancia de 30 cm entre plantas y a 90 - 120 cm entre surcos (37.037 a 27.777 pl/ha).

Se puede concluir con base en los resultados obtenidos de varios trabajos experimentales, que una población frecuente en el monocultivo de camote ha sido la de aproximadamente 40.000-60.000 pl/ha, con distanciamientos de 40 a 50 cm entre hilera y de 40 - 50 cm entre plantas.

#### 2.2.1.2 Maíz

En Nicaragua, para zonas como Masaya con una precipitación promedio anual de 1.000-1.500 mm, se recomiendan poblaciones de maíz entre 52.500 y 71.000 pl/ha a surcos espaciados a 92 cm (37); para lugares donde no se usa abono, la población de 37.000 pl/ha (90 x 60 cm x 2 semillas/golpe) es la más indicada, pudiendo subir este número hasta cerca de 74.000 pl/ha (90 x 15 cm x 1 semilla/golpe) cuando se agrega suficiente nitrógeno (36).

Trabajos experimentales efectuados en Venezuela con maíz han demostrado que la densidad más adecuada para la mayor parte del país oscila entre 40.000 y 60.000 pl/ha, variando la población óptima de acuerdo a las condiciones del suelo (30).

Férez et al (34) en México con la variedad Tuxpeño Crema - 1 Planta Baja, no encontraron diferencias significativas en el rendimiento promedio

de grano con poblaciones de 40.000 a 115.000 pl/ha.

En Nigeria, Fayemi (17) trabajando con poblaciones desde 12.025 hasta 60.900 pl/ha encontró que los rendimientos aumentaban hasta una densidad de 36.300 pl/ha y empezaban a decrecer gradualmente con poblaciones mayores.

Resultados de varios trabajos (1, 5, 14, 17, 39) indicaron que a medida que se aumentaba el número de plantas por unidad de superficie (más de 60.000 pl/ha en promedio), hubo una disminución de área foliar, peso promedio de las mazorcas, número de granos por mazorca, longitud y por ciento de mazorcas normales, diámetro del tallo y de mazorca; así mismo el período de floración se atrasaba significativamente y aumentaban la altura de planta la altura de mazorca y la incidencia del acame.

En general, en lo que respecta al distanciamiento y la densidad se ha encontrado que en el monocultivo de maíz la mejor forma es de sembrar a 0,90 - 1,00 m entre surcos. Cuando la siembra se efectúa en forma manual se espacian los golpes a 0,50 m con 2 ó 3 semillas/golpe. Cuando la siembra se efectúa a máquina, lo usual es de espaciar los golpes a 0,20 ó 0,25 m, colocándose una semilla/golpe. En estas formas las poblaciones oscilan entre 40.00 y 50.000 pl/ha.

### 2.2.1.3 Soya

Investigaciones realizadas por el INIAP en Ecuador, citadas por Orlando y Palma (33), indican que los mejores rendimientos en soya se consiguen con una población de 200.000 pl/ha (60 cm entre hileras y 12 plantas por metro lineal) con la variedad "Americana"; a medida que se eleva este número las plantas se tornan más altas pero menos vigorosas, lo cual ocasiona el volcamiento.

Saxena et al (43), observaron que las óptimas poblaciones para todas las épocas de siembra (junio 25, julio 5 y agosto 4) eran de 333.000 (30 x 10 cm) y 571.000 (35 x 5 cm) plantas por hectárea.

Weber et al (48) trabajando en soya con 4 distanciamientos entre hileras (12,7; 25, 4; 50, 8 y 101, 6 cm) y 4 diferentes densidades de siembra (64.740; 129.480; 258.960 y 517.920 pl/ha) por cada distanciamiento entre hilera, obtuvieron el más alto rendimiento con un distanciamiento de 25, 4 cm entre hileras y una población de 258.960 pl/ha.

Con altas densidades de plantas (32 pl/m<sup>2</sup>), la soya produce plantas bajas con un rendimiento promedio mayor de grano (2902 kg/ha) que a densidades medias (16 y 8 pl/m<sup>2</sup>) y baja (4 pl/m<sup>2</sup>), según Buttery (9).

Con 13 plantas por metro de hilera Lehman y Lambert (27) obtuvieron mayores rendimientos de soya sembrada a 50 cm entre hileras que a 100 cm; el número de vainas y de semillas por vaina y por planta aumentó conforme aumentaba de 50 a 100 cm la distancia entre hileras.

Miers y Staten (31) informaron que la soya se siembra usualmente en surcos espaciados de 75 a 105 cm; en suelos de poca fertilidad es posible producir mayores rendimientos con surcos estrechos y debe sembrarse suficiente semilla para asegurar una cada 2, 5 cm en el surco.

Según Thompson (45) a la densidad de 23 pl/m<sup>2</sup>, la soya rindió más a la distancia equivalente de 20, 3 entre surcos que a 61 y 101, 6 cm.

Probst (38) encontró en soya un rendimiento más alto con distancias entre plantas de aproximadamente 5, 1 y 7, 6 cm que con 10, 2 y 12, 7 cm, en surcos espaciados a 76 cm.

Al aumentar la población de soya de 138.333 hasta 833.333 pl/ha, Bastidas et al observaron que se incrementaban la altura de la planta, la altura

de carga, el grado de volcamiento, el índice de área foliar y el porcentaje de intercepción de la luz; el tamaño de la semilla permaneció constante en las diferentes poblaciones. Según Weber et al (48), espaciamiento de plantas y poblaciones parecen tener solo un ligero efecto en el contenido de proteína o aceite.

De manera general en soya los mejores rendimientos parecen obtenerse con 200.000 a 400.000 pl/ha, en el arreglo de 40 - 50 cm entre hileras y 4 - 10 cm entre plantas.

### 2.2.2 Cultivos Asociados

Faustino (16), encontró que intercalando plantas de maíz (1 x 0,50 m) con soya u otras leguminosas de grano (1 x 0,25 m) no se afectaba significativamente la tasa de crecimiento ni el rendimiento de maíz.

Intercalando maíz con soya, Altarejos et al (2) encontraron que ambos cultivos presentaban el mismo rendimiento que cuando fueron plantados solos, sin embargo las plantas de soya eran más altas en la asociación que en el monocultivo.

En asociaciones de maíz con soya (47) sembrados en hileras alternas la producción de maíz fue máxima cuando el maíz se sembró a razón de 6.400 pl/rai (40.000 pl/ha), a un distanciamiento de 200 cm x 25 cm x 2 pl/golpe, intercalado con una población de soya a 9.600 pl/rai (60.000 pl/ha), con un distanciamiento de 200 cm x 25 cm x 3 pl/golpe; la producción de soya fue máxima con 60.000 pl/ha de soya intercalada con 20.000 pl/ha de maíz, sembrado a un distanciamiento de 200 cm x 25 cm x 1 pl/golpe.



### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Localización del experimento

El trabajo experimental se llevó a cabo en los terrenos del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del CATIE ubicados en Turrialba, a 602 msnm (9° 53' latitud norte y 83° 39' de longitud oeste).

Los suelos son de origen aluvial fluvio-lacustre, pertenecientes a la serie Instituto Arcilloso, fase normal (Inceptisol, Typic Dystropepts); el drenaje varía de normal a impedido y la fertilidad es de media a baja (12).

El clima es caliente-húmedo, con una temperatura media mensual de 22,3 C (máxima 27,1 C y mínima 17,0 C), precipitación media anual de 2682 mm (con un promedio de 251 días de lluvia), brillo solar diario promedio de 4,5 horas de sol y humedad relativa diaria de 88% en promedio.

Según el sistema de clasificación por Zonas de Vida de Holdridge (23), esta zona se considera como Bosque Muy Húmedo Premontano.

#### 3.2 Tratamientos

La variedad de camote estudiada fue la "C-15" (Salvador B-4906). Presenta un frondoso desarrollo vegetativo rastrero; produce raíces tuberosas poco uniformes, de piel morada y carne amarilla que normalmente en el medio tropical pueden cosecharse a los cuatro a cinco meses después de la siembra (19, 20, 28).

En maíz se utilizó la variedad "Tuxpeño 1", la cual es una población de polinización abierta de grano dentado blanco, proveniente del CIMMYT, México (13). En condiciones ecológicas similares a las de Turrialba, se caracteriza por su porte bajo; tiene abundante follaje y tallo fuerte; es de

madurez intermedia (ciclo promedio de 120 a 140 días) y muestra tolerancia a varias enfermedades importantes.

La soya se representó con la variedad "Júpiter", de grano crema a verdoso, la cual parece ser bien adaptada a los climas tropical y subtropical (22, 41). Es de crecimiento determinado con porte alto; resiste al desgrane y a varias enfermedades de consideración; tiene el ciclo de cultivo relativamente largo (110 a 120 días en Costa Rica) pero se ha destacado por su alto potencial productivo.

En el CATIE, las variedades "C-15" y "Tuxpeño-1" fueron incluidas en el experimento central del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales para el año agrícola 1974-1975; la variedad "Júpiter" se evaluó en experimentos anteriores llevados a cabo en Turrialba por el CATIE.

El experimento comprendió 16 tratamientos (Cuadro 1). Cada uno representaba un sistema de producción agrícola, abarcando el monocultivo (plantación pura) hasta la asociación (intercalado total) de dos o tres cultivos, en cuatro proporciones de la densidad básica de siembra de cada cultivo.

Las cuatro densidades básicas (100% de la población normal) correspondientes a cada cultivo, se tomaron teóricamente como (pl/ha): 1) 50.000 para camote (50 cm x 40 cm x 1 esqueje/golpe); 2) 40.000 para maíz (100 cm x 50 cm x 2 semillas/golpe) y 3) 400.000 para soya (50 cm x 5 cm x 1 semilla/golpe).

Manteniendo uniformes los distanciamientos entre surcos dentro de cada cultivo, se hizo variar las distancias entre golpes en el surco para obtener las cuatro densidades porcentuales como se indica en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Descripción de 16 sistemas de producción de tres cultivos.

Clave de Sistema	SISTEMA (% de la población básica de cada cultivo <sup>x</sup> )			% total de los cultivos
	Camote	Maíz	Soya	
1 xx	100,0	0,0	0,0	100
2 xx	0,0	100,0	0,0	100
3 xx	0,0	0,0	100,0	100
4	50,0	100,0	0,0	150
5	50,0	0,0	100,0	150
6	0,0	50,0	100,0	150
7	100,0	50,0	0,0	150
8	100,0	0,0	50,0	150
9	0,0	100,0	50,0	150
10	100,0	100,0	0,0	200
11	100,0	0,0	100,0	200
12	0,0	100,0	100,0	200
13	33,3	33,3	33,3	100
14	50,0	50,0	50,0	150
15	66,7	66,7	66,7	200
16	100,0	100,0	100,0	300

x Población básica (100%) de siembra de cada cultivo (pl/ha):  
50.000 para camote; 40.000 para maíz y 400.000 para soya.

xx Testigo.

Cuadro 2. Densidad porcentual según el espaciamiento de golpes en la siembra de tres cultivos. <sup>x</sup>

Densidad (%)	Distancia (cm) entre golpes		
	Camote	Maíz	Soya
100,0	40,0	50,0	5,0
66,7	60,0	75,0	7,5
50,0	80,0	100,0	10,0
33,3	120,0	150,0	15,0

<sup>x</sup> Las distancias básicas (cm) entre surcos del mismo cultivo fueron: 50 para camote; 100 para maíz y 50 para soya.

### 3.3 Diseño experimental

Las parcelas midieron 25 m<sup>2</sup> (5 m x 5 m), para cosecharse los 16 m<sup>2</sup> centrales (4 m x 4 m).

Los tratamientos fueron distribuidos en un croquis de campo, tipo Bloques Completos Randomizados (BCR), con cuatro repeticiones.

### 3.4 Siembra y otras labores culturales

El experimento se estableció el 14 de diciembre de 1974 con la siembra de camote, seguida de la de maíz y luego de la de soya.

La siembra de los monocultivos se hizo siguiendo los arreglos básicos de distanciamiento entre surcos y golpes (Cuadro 2) y densidad de siembra (Cuadro 1). La distancia entre líneas de camote y maíz o soya, en las asociaciones camote + maíz por un lado y camote + soya por otro lado fue de 25 cm. Esta misma distancia de 25 cm se guardó entre las líneas de maíz y soya en las asociaciones maíz + soya. En las asociaciones de camote + maíz + soya, la distancia entre líneas fue de 12,5 cm entre maíz y soya, 25 cm entre maíz y camote y 12,5 cm entre soya y camote. En todos los casos entre las líneas del mismo cultivo se mantuvieron las distancias básicas de 50 cm en camote y soya y 100 cm en maíz. El arreglo espacial de los surcos en las diferentes asociaciones se ilustra en la figura 1.

Por recomendación del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del CATIE con base en análisis previos del suelo, a las parcelas se aplicó el equivalente de 145 kg/ha de N, 140 kg/ha de  $P_2O_5$ , 54 kg/há de  $K_2O$  y 25 kg/ha de  $MgO$ , en dos partes: la primera (45 - 90 - 24), al voleo al momento de la siembra y el resto, en banda 30 días más tarde.

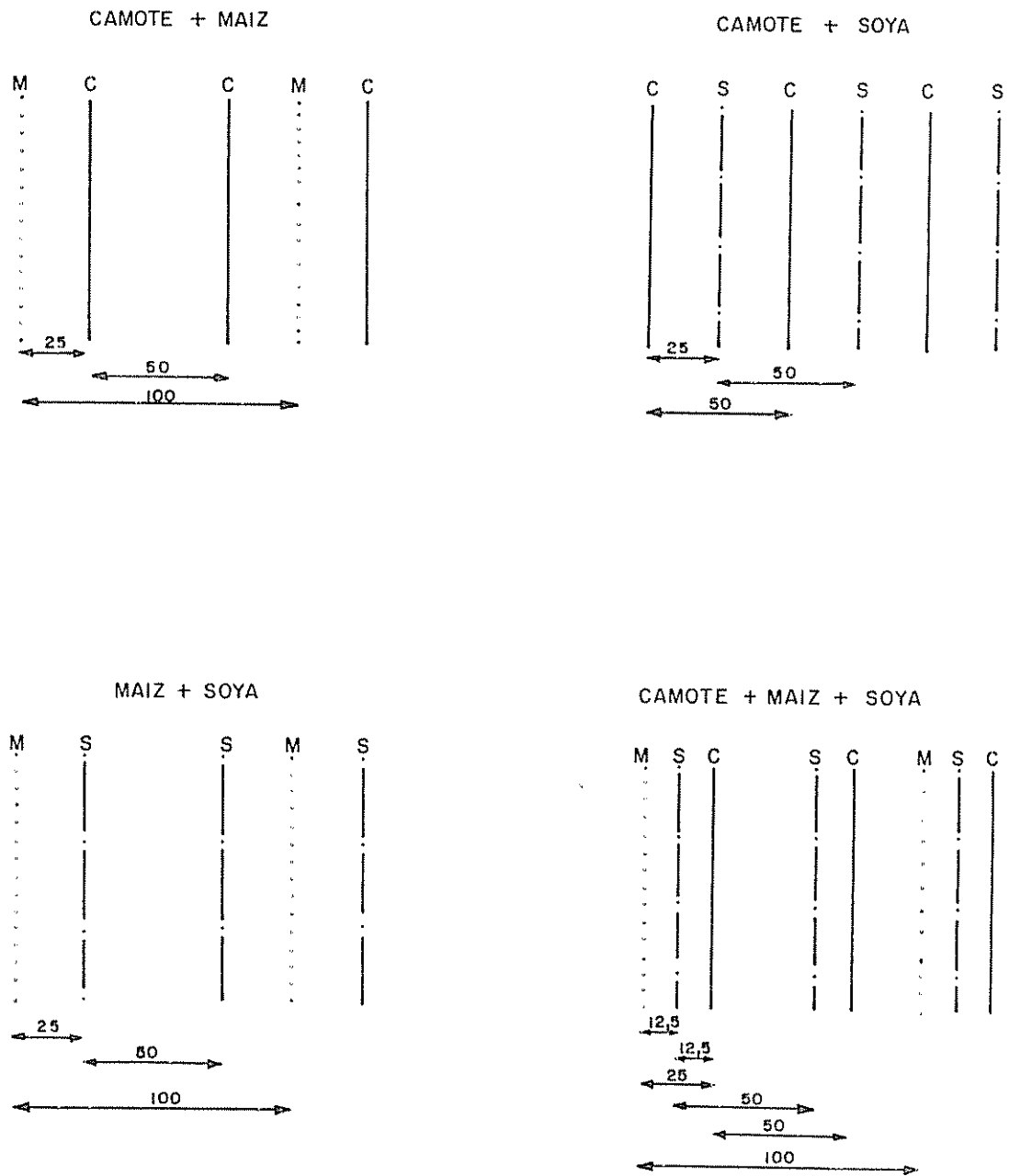


Fig. 1 Distancia (cm) entre surcos de los diferentes cultivos en sistemas policulturales

Antes de la siembra las semillas de maíz y soya fueron desinfectadas con insecticidas y fungicidas. La semilla de soya además fue inoculada con Nitragin, una preparación comercial de Rhizobium japonicum, para observación colateral sobre el cultivo.

### 3.5 VARIABLES ANALIZADAS

#### 3.5.1 Altura de la planta

La altura total de la planta se midió al momento de la cosecha en camote o al alcanzarse la madurez fisiológica en maíz y soya.

#### 3.5.2 Producción de alimentos

La producción de alimentos por hectárea se evaluó con base en el peso fresco total de raíces tuberosas y peso total de grano seco de maíz y soya por parcela.

El rendimiento de grano fue ajustado al 14% de contenido de humedad en el caso de maíz y al 13%, en el caso de la soya (46). Esta corrección se realizó aplicando la fórmula siguiente:

$$P_f = \frac{P_o (100 - H_o)}{(100 - H_f)}$$

$P_f$  = Peso final de grano (corregido al porcentaje de humedad deseado).

$P_o$  = Peso inicial del grano (al momento de registrarse el peso de la cosecha).

$H_o$  = Porcentaje de humedad en el grano (en el momento de registrarse el peso de la cosecha).

$H_f$  = Porcentaje de humedad deseado.

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

$$H_o = \frac{P_h - P_s}{P_h} \times 100$$

Donde:

H<sub>o</sub> = Humedad en el grano, expresada en porcentaje.

P<sub>h</sub> = Peso de la muestra de grano en el momento de registrar el peso de la cosecha.

P<sub>s</sub> = Peso seco de la muestra de grano, después de mantenerla en estufa a 70 C hasta alcanzar un peso constante (en aproximadamente 72 horas).

### 3.5.3 Componentes nutricionales

Para obtener la producción de proteína, grasa y carbohidratos totales por cultivo y sistema se siguieron los siguientes pasos:

a- De todas las parcelas se tomaron al azar muestras de producto útil (raíz tuberosa o grano). Las muestras se secaron en estufa a 70 C (durante 72 horas) hasta obtenerse el peso de materia seca y luego se pasaron por un molino Willey con malla N° 40. Del material así obtenido, se tomaron muestras para los análisis químicos.

Las determinaciones de nitrógeno total se hicieron por el método micro-Kjeldhal, usando los destiladores propuestos por Müller (32). El porcentaje de nitrógeno total fue multiplicado por el factor 6,25 para obtener el porcentaje de proteína cruda.

Los análisis de grasa fueron realizados por el sistema proximal de Weende. Arbitrariamente el contenido de "carbohidratos" (incluyendo fibras



y cenizas) se encontró por diferencia entre el peso seco de la muestra y el peso de la proteína más grasa (11).

b- La producción total de proteínas, grasas y carbohidratos por hectárea se obtuvo multiplicando la producción de alimentos por hectárea de cada cultivo por el porcentaje de proteínas, grasas o carbohidratos correspondiente al cultivo en cada sistema.

#### 3.5.4 Ciclo de cultivo y Uso Equivalente de Tierra

El ciclo tomado fue el del cultivo que se cosechó último dentro de cada sistema.

El valor de Uso Equivalente de Tierra (UET) indica la superficie que habría que emplear bajo el sistema de referencia (monocultivo) para obtener una producción equivalente a la obtenida con el sistema evaluado (21).

Se determinó el UET para la producción de alimentos y componentes nutricionales (proteínas, grasas y carbohidratos) por sistema.

#### 3.5.5 Peso promedio de raíces tuberosas en camote y de 100 granos en maíz y soya

El componente de rendimiento estudiado fue el peso promedio de raíces tuberosas para el camote y el peso de 100 granos al 14% de humedad para maíz y 13% de humedad para soya.

### 3.6 Análisis estadístico de los resultados

El modelo de análisis de variancia para cada variable de respuesta fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta.

$\mu$  = Media general.

$T_i$  = Efecto del i-esimo tratamiento.

$B_j$  = Efecto del j-esimo bloque.

$E_{ij}$  = Error experimental.

Se aplicó la prueba de Duncan (10) al nivel  $F = 0,05$  para determinar la significancia de diferencias entre medias.

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

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas que predominaron durante el experimento fueron: temperatura media máxima de 26,2 C y media mínima de 17,0 C (promedio 21,6 C) y brillo solar medio de 4,9 horas diarias; con una variación en precipitación de 402 mm (en diciembre) a 19,7 mm (en febrero) y evaporación de 135,8 mm (en marzo) a 77,2 mm (en enero). El balance hídrico atmosférico varió desde +324 mm (en diciembre) a -108,1 mm (en marzo).

### 4.2 Aspectos generales de los cultivos

El camote comenzó a enraizar a los 8 días de sembrado y a tuberizar a los 64 días. El maíz germinó alrededor del octavo día y el 50% de floración fue a los 90 días, llegando a la madurez fisiológica en 125 días. Las semillas de soya germinaron a los 10 días, llegando al 50% de floración a los 63 días (por falta de agua) y a la madurez fisiológica a los 106 días.

Se hicieron dos riegos por aspersión (de aproximadamente 17 mm cada uno) el primero a los 30 y el otro a los 78 días después de la siembra, debido al fuerte verano en el cual se desarrolló el experimento.

El camote tuvo que cosecharse a los 100 días, es decir antes de tiempo (normalmente cerca de 135 días), debido a un fuerte ataque de Megastes sp que no pudo ser controlado con insecticidas porque la larva se había introducido por el cuello de la planta causando la pudrición completa en esta parte.

### 4.3 Altura de planta

La altura de planta de los cultivos dentro de cada sistema se indica en el Cuadro 3.

La altura mayor en plantas de camote se observó en los sistemas 5 (C 50 + S 100) y 11 (C 100 + S 100), resultando estadísticamente superior a la obtenida en el sistema 16 (C 100 + M 100 + S 100) que fue la más baja. De otra manera no hubo diferencias significativas en altura entre los sistemas con camote.

Las plantas más altas de maíz se obtuvieron dentro de los sistemas 2 (M 100) y 9 (M 100 + S 50) y la más baja en el sistema 4 (C 50 + M 100) con diferencias estadísticamente significativa entre los dos grupos de alturas; en otras comparaciones, las diferencias resultaron tanto significativas como insignificativas.

En soya las plantas más altas se obtuvieron en los sistemas 9, 15 (C 66,7 + M 66,7 + S 66,7) y 16, superando estadísticamente a las observada en los sistemas 3 (S 100), 5, 8 (C 100 + S 50) y 11. Los otros sistemas en soya mostraron alturas intermedias, sin diferencia significativa entre sí ni entre ellas y las alturas mayores o menores observadas.

### 4.4 Producción de alimentos

En el Cuadro 4 figuran los rendimientos de raíces tuberosas para camote y de grano para maíz y soya.

La más alta producción de raíces tuberosas de camote se obtuvo con el sistema 1 (C 100) superando estadísticamente a la producción de todos los demás sistemas. La más baja producción se registró en el sistema 16.

Cuadro 3. Altura de planta (cm) de tres cultivos en 16 sistemas de producción.

Clave de Sistema <u>1/</u>	ALTURA (cm) <u>2,3/</u> DE CULTIVO		
	Camote	Maíz	Soya
1	52 abc		
2		207 a	
3			54 b
4	30 abc	173 c	
5	35 a		57 b
6		192 abc	64 ab
7	53 abc	182 bc	
8	31 abc		58 b
9		204 a	74 a
10	32 abc	198 ab	
11	34 ab		59 b
12		199 ab	68 ab
13	28 bc	200 ab	64 ab
14	29 abc	195 abc	69 ab
15	27 bc	201 ab	78 a
16	26 c	199 ab	79 a

1/ Véase descripción en Cuadro 1.

2/ Para camote se tomó a la cosecha, y para maíz y soya a la madurez fisiológica.

3/ Letras diferentes indican diferencia significativa al 5%.

Cuadro 4. Producción de alimentos por tres cultivos arreglados en 16 sistemas de producción.

Clave de Sistema <u>1/</u>	Producción de alimentos <u>2,3/</u> (Tn/ha) por cultivo		
	Camote	Maíz	Soya
1	5,50 a		
2		5,46 a	
3			1,88 a
4	1,66 bc	2,24 cd	
5	1,18 cdef		1,35 bc
6		1,16 d	1,44 ab
7	2,52 b	1,85 cd	
8	1,85 bc		0,73 d
9		5,31 ab	0,78 d
10	1,35 cde	2,45 cd	
11	1,40 bcd		1,37 bc
12		2,65 bc	1,16 bcd
13	0,42 efg	1,77 d	0,86 cd
14	0,46 defg	1,79 d	0,89 cd
15	0,54 fg	1,88 cd	1,23 bcd
16	0,01 g	2,15 cd	1,27 bcd

1/ Véase descripción en Cuadro 1.

2/ Raíces tuberosas (frescas) de camote y grano seco de maíz (14% de humedad) y soya (13% de humedad).

3/ Letras diferentes indican diferencia significativa al 5% (Duncan).

En maíz la producción más alta de grano se observó en los sistemas 2 y 9, los cuales no mostraron diferencia significativa entre sí y superaron a los demás sistemas con maíz salvo el 12 (M 100 + S 100), que estadísticamente resultó equivalente al sistema 9. Los sistemas menos productivos en maíz fueron el 6 (M 50 + S 100), el 13 (C 33, 3 + M 33, 3 + S 33, 3) y el 14 (C 50 + M 50 + S 50).

En rendimiento de grano de soya los sistemas 3 y 6 no se diferenciaron estadísticamente pero significativamente superaron al grupo de sistemas formados por el 8, el 9, el 13 y el 14, dentro del cual no hubo diferencias significativas y se observaron los menores rendimientos. Los otros sistemas en soya en este sentido resultaron intermediarios, sin diferencias estadísticamente entre sí.

#### 4.5 Componentes nutricionales

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de contenido de proteínas, grasas y carbohidratos en los alimentos producidos. Por restricciones en facilidades de laboratorio se tuvo que juntar en una muestra compuesta las cuatro que correspondían a igual número de repeticiones de los sistemas y luego proceder al análisis bioquímico. Por eso no se pudo proceder con el análisis estadístico de los datos.

Normalmente la soya sobresalió en proteínas y grasas y los mayores contenidos de carbohidratos provinieron del camote y del maíz.

#### 4.6 Ciclo de cultivo y Uso Equivalente de Tierra

En el cuadro 6 se pueden observar los ciclos de cultivo y los índices de Uso Equivalente de Tierra (UET) correspondiente a la eficiencia de producción de alimentos y componentes nutricionales (proteínas, grasas y

Cuadro 5. Contenido de componentes nutricionales (proteínas, grasas y carbohidratos) en las raíces tuberosas de camote y el grano de maíz y soya en 16 sistemas de producción de tres cultivos.<sup>1/</sup>

Clase de Sistema <sup>3/</sup>	Contenido promedio (%) <sup>2/</sup>								
	Proteína			Grasa			Carbohidratos		
	C	M	S	C	M	S	C	M	S
1	5,21			1,90			92,89		
2		10,81			5,09			85,80	
3			37,51			19,90			42,79
4	5,59	10,12		1,15	5,06		93,26	84,82	
5	7,86		35,66	2,56		20,60	89,78		43,74
6		10,50	34,78		4,07	19,98		85,43	45,24
7	5,48	10,02		0,60	4,44		93,92	85,54	
8	6,54		34,37	3,02		23,06	90,44		42,57
9		10,87	35,96		3,64	20,51		85,49	43,89
10	4,59	9,98		1,11	4,03		94,30	85,99	
11	6,76		35,24	1,96		18,75	91,28		46,01
12		10,42	36,50		3,77	18,36		85,81	45,14
13	5,76	10,88	33,68	1,36	5,66	20,96	92,88	84,46	45,36
14	8,14	9,82	33,29	2,53	6,01	22,30	94,19	84,17	44,41
15	8,59	10,26	35,01	3,31	3,93	21,42	88,10	85,81	43,57
16	10,57	10,00	36,32	2,56	3,89	20,29	86,87	86,11	43,39
Promedio	6,82	10,33	35,28	1,97	4,54	20,56	91,64	85,13	44,20

<sup>1/</sup> Los códigos de cultivos significan: C = camote, M = maíz y S = soya.

<sup>2/</sup> De cuatro muestras (repeticiones) por sistema.

<sup>3/</sup> Véase descripción en Cuadro 1.



carbohidratos) por sistema.

En los sistemas en que el maíz estuvo cultivado solo o en asociación con los otros cultivos se obtuvo el ciclo de cultivo más largo, seguido del de la soya en monocultivo o en asociación con camote, debido a la cosecha prematura del camote.

En relación con los testigos (monocultivos), los valores más altos y estadísticamente iguales de UET de producción de alimentos se obtuvieron con los sistemas 6, 9, 12, 15 y 16 que fueron estadísticamente superiores al valor correspondiente al sistema 8, el cual fue el más bajo.

El valor más alto de UET de proteínas se obtuvo en el sistema 9 sin diferencia significativa con los obtenidos con los sistemas 6, 12, 15 y 16. Los sistemas menos eficientes en producción de proteínas fueron el 8, y el 10 (C 100 + M 100), entre los cuales no hubo diferencia significativa. En las demás comparaciones de sistemas, los valores UET para proteínas mostraron diferencias a veces significativas y a veces no.

En grasas, los valores mayores de UET correspondieron al grupo de sistemas 6, 9, 12, 13, 14, 15 y 16, los cuales no se diferenciaron estadísticamente y superaron significativamente a los valores del grupo de sistemas 7 (C 100 + M 50) y 10, los cuales fueron estadísticamente parecidos. Los valores de los demás sistemas resultaron estadísticamente similares entre sí y asimétricamente intermediarios entre los grupos de valores mayores y menores, con o sin diferencia significativa con ellos.

Los valores más altos de UET de carbohidratos se obtuvieron con los sistemas 6, 9, 12, 15 y 16, estadísticamente similares y superiores al obtenido con el sistema 8, el más bajo; en las otras comparaciones se puede observar diferencias tanto significativas como no significativas.

Cuadro 6. Ciclo e índice de eficiencia de producción de alimentos y componentes nutricionales en 16 sistemas de cultivo.

Clave de Sistema <sup>1/</sup>	Ciclo Máximo (días) <sup>2/</sup>	U E T <sup>3,4/</sup> de							
		Alimentos		Componentes Nutricionales					
				Proteínas		Grasas		Carbohidratos	
1	100	100	cde	100	defg	100	ab	100	bcd
2	148	100	cde	100	defg	100	ab	100	bcd
3	112	100	cde	100	defg	100	ab	100	bcd
4	148	95	de	93	fg	79	bc	95	cd
5	112	98	cde	97	efg	106	ab	126	abc
6	148	127	abc	121	abcde	116	a	133	ab
7	148	95	de	94	fg	56	c	97	cd
8	112	78	e	84	g	105	ab	76	d
9	148	141	a	139	a	112	a	144	a
10	148	94	de	85	g	67	c	96	cd
11	112	111	bce	113	bcdef	107	ab	117	abc
12	148	140	ab	136	ab	112	a	145	a
13	148	112	bcd	108	defg	111	a	111	abcd
14	148	115	abcd	109	cdefg	129	a	117	abc
15	148	133	ab	133	abc	129	a	135	ab
16	148	132	ab	125	abcd	117	a	135	ab

<sup>1/</sup> Véase descripción en Cuadro 1.

<sup>2/</sup> Entre fecha inicial de siembra y última de cosecha.

<sup>3/</sup> Uso Equivalente de Tierra (%).

<sup>4/</sup> Letras diferentes indican diferencia significativa al 5%.

#### 4.7 Peso promedio de raíces tuberosas y grano

En el Cuadro 7 figuran los pesos promedios de raíces tuberosas en camote y de 100 granos en maíz y soya.

En camote el peso promedio más alto de raíces tuberosas se obtuvo en el sistema 1, que superó estadísticamente a los valores correspondientes obtenidos en los sistemas 4, 10, 13, 15 y 16, pero fue estadísticamente similar a los valores registrados para los sistemas 5, 7, 8 y 14.

En maíz los valores del peso promedio de 100 granos más alto fueron obtenidos en los sistemas 6, 13, 14 y 15 y los más bajos, en los sistemas 4 y 12; las diferencias fueron significativas entre, pero no dentro, de estos dos grupos de valores.

En la soya no se observó diferencia significativa entre los valores de peso promedio de 100 granos correspondientes a los sistemas que incluyeron este cultivo.

Cuadro 7. Peso promedio de raíces tuberosas en camote y de 100 granos en maíz y soya, en 16 sistemas de producción.

Clave de Sistema <sup>1/</sup>	Peso (g) de componente <sup>2/</sup>		
	Raíces tuberosas de camote <sup>2/</sup>	100 granos de	
		Maíz <sup>4/</sup>	Soya <sup>5/</sup>
1	54,2 a		
2		25,5 bc	
3			15,4 a
4	25,5 bcde	22,6 c	
5	44,4 ab		15,2 a
6		30,7 a	16,8 a
7	49,5 ab	24,8 bc	
8	41,4 ab		15,5 a
9		23,3 bc	17,5 a
10	16,1 cde	25,2 bc	
11	30,9 abcd		16,1 a
12		22,4 c	16,0 a
13	25,0 bcde	26,6 abc	17,4 a
14	39,0 abc	27,6 ab	16,7 a
15	3,8 e	26,8 abc	16,6 a
16	7,5 de	23,6 bc	16,4 a

<sup>1/</sup> Véase descripción en Cuadro 1.

<sup>2/</sup> Letras diferentes indican diferencia significativa al 5%.

<sup>2/</sup> Producto fresco.

<sup>4/</sup> Con el 14% de humedad.

<sup>5/</sup> Con el 13% de humedad.

## 5. DISCUSION

Tanto el maíz como la soya se comportaron normalmente durante el ciclo de cultivo, a pesar de que fuera baja la precipitación en algunos meses. Los dos riegos que se aplicaron aparentemente ayudaron a mitigar los posibles efectos de escasez de humedad. La cosecha prematura del camote debido al ataque de Megastes sp prácticamente arruinó la producción del cultivo.

Los rendimientos se ubicaron entre los rangos mencionados por F A O (18) en maíz y Bonilla (7) en soya para Costa Rica. Los bajos rendimientos obtenidos en camote, contrastan notablemente con los citados por Finchinat (35).

Los rendimientos individuales en los monocultivos no siempre fueron estadísticamente mayores a los obtenidos en las asociaciones, a excepción del camote. Por ejemplo el agregar 50% de la población básica de soya a 100% de la de maíz, no redujo significativamente el rendimiento del maíz asociado, en relación con el del maíz en cultivo puro (monocultivo). Viceversa, cuando se agregó 50% de la población básica de maíz a 100% de la de soya, tampoco se redujo significativamente el rendimiento de la soya asociada, en relación al rendimiento obtenido en el monocultivo de soya. El comportamiento diferente del camote en cuanto a rendimiento, se debió aparentemente a que en las asociaciones el camote necesitó más tiempo para llenar las raíces tuberosas; al tener que cosecharse ese cultivo en la misma fecha en todos los tratamientos se favoreció desproporcionadamente al monocultivo. Por eso sería difícil sacar conclusiones firmes sobre los sistemas que involucraron el camote. (De todos modos, convendría realizar más estudios, especialmente fisiológicos, sobre el grado de compatibilidad de esos tres cultivos para asociarse).

En general, dentro de los rangos de densidades estudiadas y bajo las condiciones ecológicas que prevalecieron en el campo, los cultivares utilizados parecen producir más a medida que aumenta su grado de participación (relación de densidades de siembra) en el sistema, tomándose en cuenta las limitaciones de análisis impuestas por la cosecha extemporánea del camote. Esta tendencia ha sido extensamente establecida en el sistema de monocultivo de estas y otras especies y se basa en una mejor utilización de la capacidad productiva del medio.

La altura de planta no fue en todos los casos un fiel índice del efecto de competencia sobre el rendimiento de los cultivos en los diferentes sistemas. En camote, la debilitación de la planta por problemas fitosanitarios, el crecimiento rastrero del tallo y la cosecha prematura del cultivo, posiblemente contribuyeron al comportamiento errático de la altura de planta en los sistemas en los cuales intervino el camote. De todos modos aparentemente existió un contraste entre los cultivos según la altura típica de la copa (dosel). Pasando del monocultivo al asociado, la altura tendió a reducirse en el dominante (maíz) y a incrementar en el subdominante (soya); en el dominado (camote) los cambios eran menos pronunciados.

Los contenidos de proteínas y grasas en el grano de maíz y soya están dentro de los contenidos normales para esos cultivos (11). En el camote, la inmadurez del producto a la cosecha pudo haber influenciado los resultados, sin embargo los datos obtenidos concuerdan con los presentados por Fuinard (42) en raíces tuberosas de camote de tres meses de edad.

Los contenidos de carbohidratos para cada cultivo resultaron altos debido a que, según el procedimiento adoptado en el presente estudio se está considerando dentro de los carbohidratos a otros componentes como los inorgánicos.

En general, no parece que los contenidos de componentes nutricionales hayan sufrido modificaciones substanciales a través de los sistemas de producción, bajo las condiciones del presente estudio.

En producción tanto de alimentos como de componentes nutricionales, salvo en algunos sistemas que tenían camote, la observación de valores mayores de UET (Uso Equivalente de Tierra) confirma el criterio de que los sistemas policulturales son más eficientes que los monocultivos de referencia. Sin embargo, conviene recalcar que un mayor índice de UET no necesariamente refleja una mayor producción absoluta de alimentos o componentes nutricionales del sistema. Dentro de las limitaciones eco-agronómicas al presente estudio, la siembra asociada de maíz a 100% de la densidad básica (40.000 pl/ha) con soya a 50% (200.000 pl/ha) no solo resultó mejor en cuanto al valor UET sino también mejor en cuanto a la cantidad total de alimentos y componentes nutricionales producidos. El sistema asociado, sin embargo, produjo una cantidad menor de alimentos o componentes nutricionales en uno u otro de los cultivos representados por el monocultivo de referencia, de modo que la adopción de determinado sistema no podrá depender exclusivamente de consideraciones puramente agronómicas. Además la duración del sistema en el campo tendrá que tomarse en cuenta, para sacar el mayor promedio del factor tiempo.

El peso de raíz tuberosa o grano de maíz o soya se relaciona con la calidad comercial del producto. Debido a las circunstancias particulares que afectaron al cultivo de camote, es difícil asignar una tendencia definida a las variaciones del peso individual de raíz tuberosa en los sistemas que involucraron a este cultivo. En maíz, tampoco se nota una tendencia clara, salvo tal vez que con menor población de maíz se logra un mayor peso de grano. Aparentemente

el peso de 100 granos en soya es un carácter estable que no se deja influenciar ni por las densidades de siembra ni por las asociaciones con los otros dos cultivos del presente estudio. Bastidas (6), Lehman y Lambert (27) también encontraron que el peso y tamaño de la semilla de soya no se afectaban significativa-mente por la densidad de siembra.



## 6. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos y dentro de las características propias al presente estudio se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1. Normalmente en las asociaciones de cultivos, la producción de alimentos por cultivo resultó proporcional al grado de participación (proporción de la población básica) del cultivo en la asociación.
2. Los mayores valores de eficiencia de producción de alimentos y componentes nutricionales (proteínas, grasas y carbohidratos), estimado por el índice de Uso Equivalente de Tierra (UET) se obtienen cuando se combinan el maíz con la soya.
3. En las asociaciones la altura de planta no guardó estrecha relación con el rendimiento individual de los cultivos involucrados.
4. El peso de grano individual varía según el sistema de producción en el maíz, pero se mantiene relativamente estable en la soya.

## 7. RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de diferentes densidades de siembra sobre la producción asociada de camote (Ipomoea batatas var. C - 15), maíz (Zea mays var. Tuxpeño 1) y soya (Glycine max var. Júpiter). El experimento abarcó 16 tratamientos representando sistemas de producción agrícola que incluyeron desde el monocultivo sembrado a la densidad básica (100 % de población normal de plantas para el cultivo) hasta la combinación de 2 y 3 cultivos a diferentes proporciones de la densidad básica lo que permitió comparar distintas presiones de cultivo. El diseño experimental fue de Bloques Completos Randomizados con cuatro repeticiones.

En las asociaciones de cultivos, la producción de alimentos por cultivo resultó proporcional al grupo de participación (densidad de siembra) del cultivo en la asociación. Los mayores valores de Uso Equivalente de Tierra (UET) para producción de alimentos y componentes nutricionales (proteínas, grasas y carbohidratos) se obtuvieron cuando se combinan el maíz con la soya. En las asociaciones la altura de planta no guardó estrecha relación con el rendimiento individual de los cultivos involucrados. El peso de grano individual varió según el sistema de producción en el maíz, pero se mantuvo relativamente estable en la soya.

## 7a. SUMMARY

This study was carried out to determine the effect of different crop planting densities on associated production of sweet potato (Ipomoea batatas var. C - 15), maize (Zea mays var. Texpeño 1) and soybean (Glycine max var. Júpiter). The experiment included 16 treatments. They represented various agronomic production systems from monoculture planted at the basic density (100% of the normal plant population for the particular crop) to combination of two or three crops at varying proportions of the basic density, allowing the comparison of distinct cropping pressures. The treatments were arranged in a complete block design, with four replications.

The results tend to show that in the mixed cropping systems, food production per crop was proportional to the degree of participation (planting density) of the crop in the system. The highest value for the land equivalent ratio (LEF) index, for food and nutritional food components (proteins, fats, and carbohydrates), were obtained when maize and soybean were combined. In the mixed cropping systems plant height was not closely related with individual yield of the crops involved. Weight of individual grain varied according to the cropping system in maize but remained relatively stable in soybean.

## 8. LITERATURA CITADA

1. AGUILA C. A., VIOLIC M. A. y GEBAUTER B., J. E. Efectos de población y distancia de siembra entre hileras, sobre rendimiento y otras características de dos híbridos de maíz (Zea mays L). *Agric. Tecn. (Chile)* 31:198-203, 1971.
2. ALTAREJOS, N., MALABON, Jr. and FIZAL. A study on the growth and yield of yellow flint corn interplanted with soybean (Yellow Biloxi). Thesis B. S. Araneta University. (Sumario) *Philippine Abstr.* 4:309. 1963.
3. ANDRADE, E. IICA adelanta sistema de producción agrícola para el trópico. *Agroindustria (Costa Rica)* 3(15):8-9. 1974.
4. ARMIJOS F, A. Estudio sobre evaluación, rendimiento total comercial, no comercial y follaje de variedades de camote (Ipomoea batatas L.) e influencia de las distancias de siembras entre plantas y entre lomillos. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Fac. Agron., 1962. 104 p.
5. BAILEY, F. M. The effect of plant spacing on yield, ear size, and other characters in sweet corn. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 38:546-553. 1941.
6. BASTIDAS, G., CAMACHO, L. H., LONDOÑO V., Y. F., BUITRAGO, L. A., y DAVIS, F. Efecto de la densidad de población sobre algunas características agronómicas y fisiológicas de tres genotipos de soya. (Glycine max (L) Merr.) bajo condiciones tropicales. *Acta Agron. (Colombia)* 21(2):37-50. 1971.
7. BONILLA, W. La soya podría resolver la creciente demanda de la industria. *Agroindustria (Costa Rica)* 3(13):78-80. 1974.
8. BRADFIELD, F. Increasing food production in the tropics by multiple cropping. *In* *Research for the World Food Crisis; a symposium.* Washington, D. C., Amer. Assoc. Advance. Sci., 1970. Publ. N° 92. pp. 229-242.
9. BUTTERY, B. R. Effects of plant population and fertilizer on the growth and yield of soybean. *Can. J. Plant. Sci.* 49:659-673. 1969.
10. CALZADA BENZA, J. Métodos estadísticos para la investigación. 3 ed. Lima, Jurídica, 1970. 611 p.
11. CARIBBEAN FOOD AND NUTRITION INSTITUTE. Food composition tables for use in the English speaking Caribbean. Kingston, Jamaica. 1974. pp. 8-12-16-19.

12. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA.  
Desarrollo de sistemas de producción agrícola para el trópico.  
Turrialba, Costa Rica, 1974. 55 p. (Mimeo)
13. CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO.  
Informe del CIMMYT sobre mejoramiento de maíz 1973. El  
Batan, México. pp. 1-60. 1974.
14. DAVELOUIS, J., ARCA, M. y VALDEZ, L. A. Estudio del efecto de  
distintas poblaciones en plantas de maíz, obtenidas al variar el  
distanciamiento entre surcos y entre golpes, sobre el rendimien-  
to bajo diferentes niveles de abonamiento. *An. Cient. (Perú)*  
9(1-2):72-93. 1971.
15. EFICKSON, A. L. Cultivo intercalado. In Instituto Interamericano  
de Ciencias Agrícolas. Manual del curso de cacao. (Edición  
provisional) Turrialba, 1957. pp. 103-111-
16. FAUSTINO, S. V. Comparative effect of legume inter-crops on the  
growth and yield of yellow flint corn. (Sumario) *Philippine Abstr.*  
6:450. 1965.
17. FAYEMI, A. A. Effect of plant population and spacing on the yield of  
maize in the humid tropic. *Empire J. Exper. Agr.* 31:371-375.  
1963.
18. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.  
Production yearbook. Roma, FAO, 1973. v. 27, p. 50.
19. GAMBOA, M. A. Estudio sobre fertilización y distancias de siembra  
en el cultivo del camote (*Ipomoea batatas* L.) en la Estación Ex-  
perimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno. Tesis Ing. Agr.  
San José, Universidad de Costa Rica, Fac. Agron., 1962. 64 p.
20. GONZALEZ, O. Algunas recomendaciones sobre el cultivo de la yuca  
y el camote. *Agricultor Costarricense (Costa Rica)* 30:368-370.  
1972.
21. HILDEBRAN, F. E. Conceptos de sistemas. In Curso Intensivo sobre  
sistemas de Producción Agrícola para el trópico. Centro Agronó-  
mico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa  
Rica. Feb-Mar. 1975.
22. HINSON, K. Jupiter - A new soybeans variety for tropical latitudes.  
Florida Agricultural Experiment Stations. Circular S-211. 1972.  
12 p.
23. HOLDRIDGE, L. R. Life zone ecology. Revised ed. San José, Costa  
Rica, Tropical Science Center, 1964. 206 p.

24. IZBOZURIKE, M. U. Ecological balance in tropical agriculture. *Geogr. Rev.* 61:519-29. 1971.
25. JOLLY, A. J. Mixed farming in the tropics. *Turrialba* 8(2):52-54. 1958.
26. \_\_\_\_\_. *Sistemas de agricultura en los trópicos húmedos*. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1966. 18 p.
27. LEHMAN, W. F. and LAMBERT, J. W. Effects of spacing of soybean plants between and within rows on yield and its components. *Agron. J.* 52:84-86. 1960.
28. LI CHEN, S. Pruebas de rendimiento de variedades de camote *Ipomoea batatas* L. en la zona atlántica. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Fac. Agron., 1967. 30 p.
29. LORIA, N. Resultados de los ensayos de camote durante 1960-1962. *Est. Exper. Agr. "Fabio Baudrit Moreno"*. Universidad de Costa Rica. Fac. Agron. 14 p. (Mimeo).
30. MENDEZ, J. L. Máximos rendimientos de maíz dependen de población fijada por el plantador. *Hacienda* 59(9):42-43. 1964.
31. MIEARS, R. J. y STATEN, E. D. El cultivo de frijoles de soya aumenta en las Américas. *Hacienda* 62(10):42-46. 1967.
32. MULLER, L. Un aparato micro-Kjeldahl simple para análisis rutinarios rápidos de materiales vegetales. *Turrialba* 11(1):17-25. 1961.
33. ORLANDO, A. y PALMA, A. Cuantas plantas por hectárea en el cultivo de soya. Ecuador INLAP. Bol. Divulg. No. 57 Agosto. 1973 10 p.
34. PEPEZ, E., BUSTOS, I., y VIOLIC, A. Efectos de densidad de plantas sobre el rendimiento, algunos de sus componentes en las variedades Tuxpeño Crema-1 planta baja, Tuxpeño Braquitico-2 de maíz (*Zea mays*). El Batán, Texcoco, México, 1972. 14 p. (Mimeo).
35. FINCHINAT, A. M. Rendimiento potencial del camote (*Ipomoea batatas* (L) Lam). *Tropical Foot and Tuber Crops Newsletter* No. 7 pp. 10-14. 1974.
36. PINEDA, C. R. Resumen de los resultados de los experimentos acerca de fechas y distancias de siembra de maíz. *In* Reunión Centroamericana sobre el Mejoramiento del Maíz, 1a. Turrialba, C. R., 1954. Proyecto Cooperativo Centroamericano, Turrialba, C. R., Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1954. pp. 281-283.

37. PINEDA L., L. y TAPIA B., H. Efecto de la fertilización y la densidad de siembra en el rendimiento de tres variedades de maíz con diferente precocidad. In Programa Cooperativo Centroamericano para el mejoramiento de cultivos alimenticios, Reunión Anual, 15a., San Salvador, Feb. 24-28, 1968 Informe San Salvador, 1969. V. 2, 5 p.
38. PROBST, A. H. Influence of spacing on yield and other characters in soybeans. *Agron. J.* 37:549-554. 1945.
39. FAMIREZ, F. F. y LAIRD, R. J. Densidad óptima de plantas de maíz para los valles de México, Toluca. *Campo (México)* 26(830):6-8, 10-18, 20, 22-29. 1961.
40. REY T., F. G. Análisis de crecimiento en un ensayo sobre densidad de siembra en un cultivo de camote. Tesis Ing. Agr. Lima, Perú, Universidad Agraria La Molina, 1966. 56 p.
41. ROMERO F., J. Soya y maní: pruebas regionales 1974 Honduras-Nicaragua. Honduras, Ministerio de Recursos Naturales. Boletín No. 1. 1975. 32 p.
42. RUINARD, J. Notes on sweet potato research in West New Guinea (West Irian). In Proceedings of the International Symposium on Tropical Root Crops. 2-E April 1967. VI. pp. (III) 88-111. 1967.
43. SAXENA, M. C., PANDEY, R. K. y HYMEOWITZ, T. Agronomic requirements of soybean (*Glycine max* (L) Merr.) *Indian J. Agr. Sci.* 41:339-344. 1971.
44. SORIA, J. Los sistemas de agricultura en el Istmo Centroamericano. In Curso Internsivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. Feb-Mar. 1975. 21 p. (Mimeo).
45. THOMPSON, R. L. Effects of row spacing and plant population on leaf area, light penetration, yield and plant development of soybeans. (Sumario) *Diss. Abstr. B.* 29 (3):847-848. 1968.
46. U. S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Consumer and marketing service grain division. Official Grain Standard of the United States, EEUU. 1970. p 2:5, 8:6.
47. VANICHYANGKOOL, S. A comparison of corn yield at different rates of planting interplanted with soybean in the dry season (En tailandes). Thesis B. S. Thailand, Kasetsart University, College of Agriculture, 1967. (Sumario) *Field Crop Abstr.* 25:1611. 1972.

48. WEBER, C. F., SHIBLES, F. M., and BYTH, D. E. Effect of plant population and row spacing on soybeans development and production. *Agron. J.* 58:99-102. 1966.
49. ZIMMELEY, H. H. The effect of plant spacing on the development of sweet potato storage roots. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 32:494-497. 1934.



A P E N D I C E

Cuadro 1A. Cuadrados medios y significación de altura de planta en camote, maíz y soya cultivados en diferentes combinaciones y presiones de cultivo.

F. V.	G.L.	Camote	Maíz	Soya
Repeticiones	3	128,384 <del>AA</del>	665,818 <del>A</del>	384,447 <del>AA</del>
Tratamientos	10	33,613	388,763 <del>A</del>	295,491 <del>AA</del>
Error	30	16,753	154,484	85,897
Total	43			

~~AA~~ Significativo al nivel del 1%      ~~A~~ Significativo al nivel del 5%

Cuadro 2A. Cuadrados medios y significación de la producción de raíces tuberosas en camote y de grano en maíz y soya cultivados en diferentes combinaciones y presiones de cultivo.

F. V.	G.L.	Camote	Maíz	Soya
Repeticiones	3	0,653	2,998 <del>AA</del>	0,444 <del>A</del>
Tratamientos	10	8,506 <del>AA</del>	1,545 <del>AA</del>	0,473 <del>AA</del>
Error	30	0,363	0,242	0,110
Total	43			

~~AA~~ Significativo al nivel del 1%      ~~A~~ Significativo al nivel del 5%

Cuadro 3A. Cuadros medios y significación de Uso Equivalente de Tierra de producción de alimentos y componentes nutricionales por sistema.

F. V.	G. L.	Alimentos	Componentes Nutricionales		
			Proteínas	Grasas	Carbohidratos
Repeticiones	3	2055,349 **	0,122 **	0,211 **	0,135 *
Tratamientos	15	1429,607 **	0,126 **	0,162 **	0,169 **
Error	45	329,905	0,025	0,035	0,046
Total	63				

\*\* Significativo al nivel del 1%      \* Significativo al nivel del 5%

Cuadro 4A. Cuadros medios y significación del peso promedio de raíces tuberosas en camote y peso de 100 granos en maíz y soya cultivados en diferentes combinaciones y presiones de cultivo.

F.V.	G. L.			
		Camote	Maíz	Soya
Repeticiones	3	413,616	60,642 **	6,973 *
Tratamientos	10	1123,503 **	24,544 *	2,683
Error	30	222,177	9,074	1,957
Total	43			

\*\* Significativo al nivel del 1%      \* Significativo al nivel del 5%