

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**EFFECTO DE LA DISTRIBUCION ESPACIAL DE SIEMBRA
SOBRE LA PRODUCCION DE MAIZ--FRIJOL LIMA
EN SIEMBRA SIMULTANEA Y EN RELEVO**

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

JULIO CESAR MEDAL MENDIETA

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

1981

DEDICATORIA

A GISSELLE, MI ESPOSA
con el amor de siempre

A MIS PADRES
A MIS HERMANOS
A TODOS MIS AMIGOS

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su más sincero agradecimiento al Ing. Heleodoro Miranda, consejero principal, por su valiosa orientación en la realización del presente trabajo, y por la amistad que le brindó.

A los miembros del Comité Ings. Pablo Rosero y José Arze por sus valiosas y acertadas sugerencias. Así mismo al Ing. Aníbal Palencia y Dr. Robert Hart, exmiembros del comité asesor.

Al Dr. Julio Henao por su colaboración y ayuda en el análisis estadístico de los datos.

Al señor Gustavo Ospina y Sra. por su excelente trabajo de mecanografía.

A los señores Jesús Sánchez, Rodolfo Sanabria, José Joaquín Salazar, Luis Torres y al Agr. Arnoldo Barrantes por su colaboración y amistad brindada.

Al personal de campo de la finca "La Montaña" y a todas aquellas personas que de alguna manera colaboraron en la ejecución del presente trabajo.

A mi esposa Gisselle por su comprensión y estímulo durante la realización de mis estudios.

Al Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Nicaragua, 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.

BIOGRAFIA

El autor nació en Managua, Nicaragua, en 1951.

Realizó sus estudios primarios y secundarios en el Colegio "La Salle" de su ciudad natal.

Sus estudios Universitarios los efectuó en la Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería en Nicaragua, graduándose de Ingeniero Agrónomo en 1975.

En 1977 se desempeñó como Asistente Técnico del Programa de Investigación Adaptada al pequeño agricultor del Proyecto INTA-INVIERNO en la región interior central de Nicaragua, y posteriormente en 1978 se desempeñó como Encargado del Proyecto de Granos Básicos, en la región antes referida.

En marzo de 1979 ingresó al Programa de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR- CATIE), para graduarse de Magister Scientiae en Mayo 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, como requisito parcial para optar el grado de

Magister Scientiae

JURADO:



Heleodoro Miranda, M. Agr.

Profesor Consejero



José Arze, M. S.

Miembro del Comité



Pablo Rosero, M. Agr.

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



Julio César Medal Mendieta

Candidato

CONTENIDO

	<u>Página No.</u>
RESUMEN	ix
SUMMARY	xi
LISTA DE CUADROS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xvii
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Generalidades	3
2.2. Frijol lima como monocultivo	5
2.3. Frijol lima asociado	6
2.3.1. Frijol lima asociado con maíz	7
2.4. Maíz y frijol común en siembra simultánea y en <u>re</u> <u>levo</u>	8
2.4.1. Densidad de población	10
2.4.2. Disposiciones de hileras	11
3. MATERIALES Y METODOS	13
3.1. Localización del experimento	13
3.2. Especies y variedades de cultivos utilizados	13
3.3. Tratamientos	13
3.4. Diseño experimental	14
3.5. Preparación del terreno	14
3.6. Siembra	18
3.7. Fertilización	18
3.8. Medidas fitosanitarias	19
3.9. Cosechas	20
3.10. Registro de radiación solar	20
3.11. Variables analizadas	21
a. Datos biológicos del frijol lima	21
a.1. Altura de planta	21

a.2.	Biomasa aérea	21
a.3.	Índice de Área Foliar (IAF)	22
a.4.	Rendimiento de grano tierno	22
a.5.	Componentes del rendimiento	23
a.5.1.	Número de vainas por planta	23
a.5.2.	Número de semillas por vaina ..	23
a.5.3.	Número de plantas útiles	23
a.6.	Índice de cosecha	23
b.	Datos biológicos del maíz	23
b.1.	Altura de planta	23
b.2.	Diámetro del tallo	24
b.3.	Número de plantas útiles	24
b.4.	Número de mazorcas por planta	24
b.5.	Biomasa aérea	24
b.6.	Índice de Área Foliar (IAF)	24
b.7.	Número de plantas volcadas	25
b.8.	Número de plantas quebradas (%)	25
b.9.	Número de mazorcas enfermas (%)	25
b.10.	Rendimiento total de grano	25
b.11.	Rendimiento comercial de grano	26
b.12.	Índice de cosecha	27
c.	Comparación entre los sistemas	27
c.1.	Eficiencia energética	27
c.2.	Índice de energía cosechada	27
c.3.	Relación Equivalente del Área en el <u>Tiempo</u> (REAT)	28
c.4.	Biomasa de malezas	28
3.12.	Análisis de la información	30
3.12.1.	Análisis de varianza	30
3.12.2.	Pruebas de correlación	30
3.12.3.	Evaluaciones económicas	31
4.	RESULTADOS	33
4.1.	Producción de frijol lima	33
4.1.1.	Rendimiento de grano tierno.....	33
4.1.2.	Biomasa aérea	42
4.1.3.	Índice de área foliar	46
4.1.4.	Índice de cosecha	46

	<u>Página</u> <u>No.</u>
4.2. Producción de maíz	49
4.2.1. Rendimiento de grano seco	49
4.2.2. Biomasa aérea	64
4.2.3. Índice de área foliar	64
4.2.4. Índice de cosecha	64
4.3. Comparaciones entre los sistemas	70
4.3.1. Eficiencia energética	70
4.3.2. Índice de energía cosechada	70
4.3.3. Relación Equivalente del Area en el Tiem- po (REAT)	73
4.3.4. Biomasa de malezas	73
4.3.5. Evaluaciones económicas	76
4.4. Condiciones climáticas	78
4.4.1. Radiación solar	78
5. DISCUSION	81
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
7. LITERATURA CITADA	89
8. APENDICE	95

RESUMEN

En el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica, en el período comprendido de Mayo de 1980 a Febrero de 1981, con una precipitación de 1969 mm, se efectuó un experimento con el fin de evaluar el efecto de hileras simples y dobles, y los espaciamientos entre plantas de 25 y 75 cm, sobre el rendimiento y otras características agronómicas de maíz y frijol lima en siembra simultánea y frijol lima en relevo.

Se determinó que existe una relación competitiva entre el maíz y el frijol lima cuando se siembran simultáneamente, en la que el maíz reduce su producción en 15,3% y el frijol lima disminuye sus rendimientos en 56%.

El efecto negativo del frijol lima sobre el maíz fue principalmente mecánico al quebrar las plantas de maíz por el peso del follaje.

La competencia por luz pudo ser el factor que más repercutió en la disminución de los rendimientos del frijol lima cuando se sembró simultáneamente con maíz.

La distribución espacial de plantas no afectó significativamente los rendimientos de maíz y frijol lima cuando se sembraron simultáneamente o en relevo.

Los sistemas de maíz asociado simultáneamente con frijol lima hacen un uso más eficiente de la tierra en el tiempo (14 a 24%).

Los sistemas más eficientes desde el punto de vista energético con sistieron de maíz y frijol lima en siembra simultánea.

Los rendimientos de frijol lima en relevo fueron afectados notablemente por el hongo Phytophthora phaseoli.

Las enfermedades de la mazorca (Diplodia sp y Fusarium sp) fueron los principales factores bióticos responsables de la disminución de - los rendimientos comerciales de maíz.

Los ingresos económicos más altos se obtuvieron al sembrar frijol lima solo en hileras dobles y plantas espaciadas a 25 cm.

La siembra de frijol lima para ser cosechado como grano tierno se considera factible para regiones que por sus condiciones de altas precipitaciones no permiten la cosecha del frijol como grano seco.

SUMMARY

The effect of single and double rows and intra plant spacing of 25 and 75 cm on yield and other agronomic characteristics of maize and lima beans planted together, and lima beans planted in corn stalks from a previous crop, was studied in the Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica, during the period of May 1980 to February 1981. Precipitation was 1969 mm during the period.

When planted simultaneously interspecies competition resulted in respective yield reductions of 15,3% and 56% for maize and lima beans.

The primary negative effect of lima beans on maize was mechanical breakage of the maize stalks due to the weight of lima bean foliage.

Competition for light was possibly the main reason for the reduced yields of lima beans when planted simultaneously with maize.

Spacial arrangement of the plants did not have a significant effect on the yield of either crop, when planted simultaneously or with lima beans in relay.

Efficiency for land use and energy was greatest with the cropping system of maize planted simultaneously with lima beans. Land use efficiency was from 14 to 24% greater.

Yields of lima beans, planted in relay, were significantly affected by the fungi Phytophthora phaseoli.

Corn ear diseases (Diplodia sp. and Fusarium sp.) were the primary biotic factors resulting in reduced maize yields.

Economic incomes were greater with monocrop lima beans, in double rows, with 25 cm between plants.

It appears feasible to produce immature lima beans in areas where excessive precipitation prohibits the cultivation of lima beans as dry beans.

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página No.</u>
1	Epoca relativa de siembra, distribución espacial y densidad de siembra en los diferentes tratamientos	15
2	Composición (%) de la materia seca en la porción alimenticia de los productos cosechados en el experimento	29
3	Energía (cal/g o Mcal/Tm contenida en las proteínas, carbohidratos y grasas en los productos cosechados	29
4	Kilogramos por hectárea de grano tierno comercial de frijol lima bajo diferentes sistemas de cultivos	34
5	Número de vainas por planta de frijol lima bajo diferentes sistemas de cultivos	37
6	Número de semillas por vaina de frijol lima bajo diferentes sistemas de cultivos	39
7	Número de plantas de frijol lima por parcela útil, bajo diferentes sistemas de cultivos	40
8	Altura en cm de plantas de frijol lima a los 60 días después de la siembra en monocultivo y asociado con maíz	41
9	Gramos por planta de biomasa aérea de frijol lima bajo diferentes sistemas de cultivos.....	45
10	Índice de área foliar (dm^2 hoja/ dm^2 suelo) de frijol lima bajo diferentes sistemas de cultivos	47
11	Índice de cosecha de frijol lima bajo diferentes sistemas de cultivos	48
12	Rendimiento total de maíz en kilogramos por hectárea bajo diferentes sistemas de cultivos	50

13	Kilogramos por hectárea de maíz comercial bajo - diferentes sistemas de cultivos	52
14	Número de plantas de maíz por parcela útil en - los diferentes sistemas evaluados	54
15	Número de mazorcas por planta en los diferentes sistemas evaluados	56
16	Porcentaje de plantas de maíz volcadas en los di- ferentes sistemas evaluados	57
17	Porcentaje de plantas de maíz quebradas en los - diferentes sistemas evaluados	58
18	Porcentaje de mazorcas enfermas en los diferen - tes sistemas evaluados	60
19	Diámetro en mm del tallo de maíz bajo diferentes sistemas de cultivos	61
20	Altura en cm de plantas de maíz a los 60 días de edad bajo diferentes sistemas de cultivos	63
21	Gramos por planta de biomasa aérea de maíz bajo diferentes sistemas de cultivos	67
22	Índice de área foliar (dm^2 hoja/ dm^2 suelo) de - maíz bajo diferentes sistemas de cultivos	68
23	Índice de cosecha de maíz bajo diferentes siste- mas de cultivos	69
24	Eficiencia energética de los diferentes sistemas estudiados	71
25	Índice de energía cosechada de los diferentes - sistemas estudiados	72
26	Relación Equivalente del Area en el Tiempo (REAT) para frijol lima y maíz en siembra simultánea y relevo	74

27	Kilogramos por hectárea de biomasa de maleza de los diferentes sistemas estudiados	75
28	Análisis beneficio-costo de los sistemas de cultivos estudiados considerando la producción de maíz como grano seco y frijol lima como grano tierno. - Turrialba, Costa Rica, 1980 (¢/ha)	77

APENDICE

1A	Posición geográfica, clima y suelo de la zona donde se realizó el experimento, Turrialba	96
2A	Análisis de suelo previo al establecimiento del <u>en</u> sayo	97
3A	Radiación solar (cal/cm ² /día) disponible para el frijol lima en monocultivo y asociado con maíz bajo dos disposiciones de hileras (Simple = S y Doble = D) y dos distribuciones de plantas (25 y 75 cm)	98
4A	Cronograma de actividades realizadas en el experimento de maíz y frijol lima en siembra simultánea y en relevo (Mayo 1980 - Febrero 1981)	99
5A	Altura en cm de plantas de frijol lima a intervalos de 15 días bajo diferentes sistemas de cultivos	102
6A	Fuentes de variación, grados de libertad y cuadrados medios del análisis de variancia de la altura de plantas de frijol lima a intervalos de 15 días.	103
7A	Fuentes de variación, grados de libertad y cuadrados medios del análisis de variancia de variables biológicas e índices de crecimiento de frijol lima bajo diferentes sistemas de cultivos	104
8A	Matriz de correlación para variables biológicas e índices de crecimiento de frijol lima solo y asociado con maíz bajo dos disposiciones de hileras y dos distribuciones de plantas	105

9A	Altura en cm de plantas de maíz bajo diferentes sistemas de cultivos	106
10A	Fuentes de variación, grados de libertad y cuadrados medios del análisis de variancia de altura de plantas de maíz, registrada a intervalos de 15 días	107
11A	Fuentes de variación, grados de libertad y cuadrados medios del análisis de variancia del rendimiento y otras variables estudiadas en maíz - bajo diferentes sistemas de cultivos	108
12A	Fuentes de variación, grados de libertad y cuadrados medios del análisis de variancia del índice de área foliar, biomasa aérea e índice de cosecha de maíz bajo diferentes sistemas de cultivos	109
13A	Matriz de correlación para variables biológicas e índices de crecimiento de maíz en dos disposiciones de hileras y dos distribuciones de plantas	110
14A	Fuentes de variación, grados de libertad y cuadrados medios del análisis de variancia de eficiencia energética, índice de energía cosechada y biomasa de maleza de los sistemas estudiados .	111
15A	Costos de producción (¢/ha) de los sistemas de - cultivos evaluados. Turrialba, Costa Rica, 1980	112
16A	Precios de insumos y productos utilizados en la evaluación económica de los sistemas de producción. Turrialba, Costa Rica, 1980.....	113

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura No.</u>		<u>Página No.</u>
1	Distancia de siembra y disposición de los cultivos en siembra simultánea y en relevo	16
2	Arreglo cronológico de los sistemas estudiados ..	17
3	Kilogramos por hectárea de grano tierno comercial de frijol lima bajo dos disposiciones de hileras (Simple = S y Doble = D) y dos distanciamientos de plantas (25 y 75 cm) en monocultivo y asociado con maíz en forma simultánea y en relevo	35
4	Variaciones de la altura de plantas de frijol lima asociado con maíz, bajo dos disposiciones de hileras (Simple = S y Doble = D) y dos distanciamientos de plantas (25 y 75 cm)	43
5	Variaciones de la altura de plantas de frijol lima creciendo sobre cañas de maíz, en dos disposiciones de hileras (Simple = S y Doble = D) y dos distanciamientos de plantas (25 y 75 cm)	44
6	Kilogramos por hectárea de maíz comercial en monocultivo y asociado con frijol lima en forma simultánea, bajo dos disposiciones de hileras (Simple = S y Doble = D) y dos distanciamientos de plantas (25 y 75 cm)	53
7	Variaciones de la altura de plantas de maíz asociado con frijol lima, en dos disposiciones de hileras (Simple = S y Doble = D) y dos distanciamientos de plantas (25 y 75 cm)	65
8	Variaciones de la altura de plantas de maíz en el sistema de relevo, bajo dos disposiciones de hileras (Simple = S y Doble = D) y dos distanciamientos de plantas (25 y 75 cm)	66
9	Variación de las condiciones climáticas que prevalecieron durante el período experimental (Mayo - 1980-Febrero 1981), y precipitación promedio de 35 años, Turrialba, Costa Rica	79
10	Radiación disponible para el frijol lima solo y asociado con maíz bajo dos disposiciones de hileras (Simple = S y Doble = D) y dos distribuciones de plantas (25 y 75 cm) durante el período crítico de floración	80

1. INTRODUCCION

Las asociaciones de frijol y maíz han sido ampliamente utilizadas por agricultores de recursos limitados desde la época precolombina. Se estima que actualmente un 75% del frijol y un 60% del maíz en el trópico latinoamericano se encuentran en forma asociada (33)

Tradicionalmente ambos cultivos se siembran aproximadamente en la misma fecha (asocio directo), o la siembra del frijol aprovecha las cañas del maíz como tutor cuando éste ha alcanzado la madurez fisiológica (relevo o asocio indirecto). De manera general el frijol común se ha caracterizado por un rendimiento relativamente bajo, manteniéndose un nivel constante para América Latina, alrededor de 600 kg/ha durante la década pasada (59).

Una leguminosa de grano que podría complementar la baja producción de frijol y contribuir a satisfacer la demanda interna en Centroamérica, podría ser el frijol lima (Phaseolus lunatus L.). Recientes experimentos en Africa señalan que este cultivo se adapta bien a las tierras bajas del trópico húmedo, y posee un alto potencial de rendimiento (36, 37). Debe agregarse la demanda existente del frijol lima como grano tierno por industrias empacadoras de alimentos en Costa Rica (18), y otros países.

En cultivos asociados, en donde uno de ellos predomina sobre el otro, la competencia por la radiación solar es uno de los factores ecológicos más importantes que se encuentra estrechamente relacionado con la disminución de los rendimientos, como el frijol cuando se encuentra asociado con maíz (23, 55). En estos sistemas la cantidad de luz que recibe el frijol está determinada principalmente por la distribución -

espacial de maíz, fechas relativas de siembra y densidad de población. Estos factores influyen en el crecimiento y rendimiento de los componentes del sistema, por lo cual las modificaciones en la estructura del sistema que vayan orientados hacia una mayor captación de la energía solar, podrían influir positivamente en el rendimiento del frijol lima.

Existe poca información sobre estos aspectos en la asociación maíz-frijol lima, por lo que se consideró de interés práctico realizar estudios para conocer los efectos de esta asociación en sus rendimientos, con los siguientes objetivos:

- a. Evaluar el efecto de dos distanciamientos entre plantas y dos distribuciones de hileras (simple y doble) sobre el rendimiento del maíz y frijol lima en siembra simultánea y en relevo.
- b. Analizar el crecimiento y la eficiencia en el uso del recurso tierra y radiación solar de los sistemas considerados.
- c. Evaluar la rentabilidad económica de los diversos sistemas.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades.

El frijol lima es una de las cuatro especies de Phaseolus sp. - que más se han cultivado en América desde la época de las culturas indígenas anteriores a la conquista (42, 43).

Mackie (48) basado en restos arqueológicos determinó que Phaseolus lunatus es originario de Guatemala, con una gran diversidad de formas silvestres. De este centro de origen, se dispersó en tres direcciones: 1) la rama Hopi se extendió hacia el norte, en áreas de los Estados Unidos (Sur y Este), 2) la rama del Caribe, alcanzó las Indias Occidentales (Cuba, Puerto Rico) y la cuenca del Amazonas, y 3) la rama Inca que siguió una trayectoria hacia el Perú, lugar donde predominan las formas de semilla grande, llegando a pesar alrededor de 2 gramos por semilla.

El valor nutritivo del frijol lima es semejante al frijol común; actualmente se cultiva comercialmente en Europa y al Sur de los Estados Unidos, donde es consumido como grano seco, vaina verde y grano tierno. Todas las variedades contienen ácido cianhídrico (HCN) en un nivel menor de 100 ppm, sin que resulte perjudicial para su consumo, con algunas excepciones (32, 54).

Trabajos llevados a cabo en Ibadan, Nigeria (37), indican que el frijol lima parece tolerar los déficit de humedad, además, se señala como un cultivo que no presenta altas incidencias de insectos plagas. Entre las enfermedades que más limitan su potencial de rendimiento se menciona el mosaico dorado, mustia hilachoza y Rhizoctonia solani, por

lo cual el programa de mejoramiento se ha orientado a la introducción y selección de resistencia o tolerancia a estas enfermedades.

Los bajos rendimientos de 8 cultivares evaluados durante 1971, en la localidad de Puriscal, Costa Rica (19), se atribuyen al ataque de Phytophthora phaseoli al follaje y a las vainas, después de la primera floración, con reducciones del número de cosechas a tres. Esta enfermedad se considera severa a lo largo de la Costa Atlántica de los Estados Unidos, durante la estación húmeda con noches frías y días calientes. Su principal síntoma un moho blanco que cubre las vainas y puede atacar toda la parte aérea de la planta, llegando a destruir hasta el 90% del cultivo (32).

El frijol lima se presenta como un cultivo susceptible al ataque de nemátodos. Resultados obtenidos en Nigeria, durante 1977 (40), mostraron una alta correlación negativa entre el rendimiento y la infección por nemátodos; por otro lado, Good (31) indica que para el año 1965 se estimó que las pérdidas de frijol lima en los Estados Unidos a causa de nemátodos alcanzó las veinte mil toneladas, aproximadamente el 18% de la producción.

Cordner (16), estudió el efecto de algunos factores ambientales sobre la caída de flores en el cultivar lima arbustivo "Henderson", y determinó que altas temperaturas asociadas con baja humedad relativa, promueven la abscisión de flores. Por otro lado, en un trabajo conducido en cámaras con ambiente controlado (26), se evaluó el efecto de la temperatura en la noche, la humedad relativa y la humedad del suelo, sobre la formación y retención de vainas en dos cultivares arbustivos. Logró determinarse que las condiciones ambientales de humedad alta, combinada con temperatura alta, y humedad baja con temperatura

baja fueron desfavorables a la formación de vainas. El ambiente favorable para formación y retención de vainas, consistió de humedad relativa alta con temperatura baja en la noche, con humedad adecuada en el suelo.

2.2. Frijol lima como monocultivo.

Para el monocultivo de frijol lima, se utilizan predominantemente cultivares arbustivos o de semiguía, los cuales a diferencia de los materiales de hábito de crecimiento trepador, no requieren de un sistema de soporte o tutor artificial. Sin embargo, estos materiales en diversas ocasiones han mostrado un mayor potencial de rendimiento que los cultivares de hábito determinado (35, 36).

En un ensayo efectuado durante 1972 por el International Institute of Tropical Agriculture (IITA) en Ibadan, Nigeria (35), utilizando 196 cultivares trepadores y 10 arbustivos, informan un rendimiento promedio de grano seco de 2698 kg/ha para trepadores y 792 kg/ha para arbustivos. Trabajos conducidos en la misma estación experimental de 1973 a 1978 (36, 38, 40) reafirmaron el mayor potencial de rendimiento de los trepadores en relación a los arbustivos, habiendo alcanzado rendimientos máximos de 5045 a 5569 kg/ha de grano seco, con cinco cultivares creciendo en un soporte de bambú con cuerdas, a 2.2 m de altura. Por otra parte, en la Estación Experimental Agrícola "Fabio Baudrit Moreno" en Alajuela, Costa Rica (18), utilizando cinco variedades de frijol lima, se obtuvieron rendimientos de 9601 a 13565 kg/ha de vaina tierna.

Miranda^x, en Turrialba, Costa Rica, realizó durante 1980 dos ensayos para evaluar el comportamiento agronómico de veinte variedades de frijol lima, creciendo en un sistema de soporte deficiente de cuerdas y bambú, bajo condiciones de alta precipitación, informa que los rendimientos variaron de 78 a 1443 kg/ha de grano seco. Phytothoctora phaseoli afectó la formación de vainas.

En relación a distanciamientos o densidades de población en frijol lima en monocultivo, los trabajos de investigación hacen referencia al frijol lima arbustivo. Larson y Peng-Fi (44) evaluaron el efecto de tres distanciamientos entre plantas (5, 10 y 20 cm) y tres distanciamientos entre hileras (51, 76 y 102 cm) sobre el rendimiento de los cultivares arbustivos Fordhook 242 y Thorogreen, en tres localidades del Estado de Pensilvania (U.S.A.), encontrando una relación inversa entre rendimiento y espaciamiento entre plantas; similares resultados han sido obtenidos por otros investigadores (47, 50).

Por otro lado, Williams y colaboradores (66) utilizando tres densidades de población (50, 100 y 200 mil pl/ha), en dos cultivares arbustivos, determinaron que al incrementar la población, aumenta en proporción directa el índice de área foliar, sin embargo, los rendimientos incrementaban hasta 100 mil pl/ha.

2.3. Frijol lima asociado.

Técnicos del CATIE (8) evaluaron durante 1978, diversas leguminosas (frijol lima, frijol común y frijol de costa) en monocultivo y aso

^x Comunicación personal de Miranda, H. Especialista en Investigación Agrícola, CATIE.

ciado con yuca tres meses antes de la cosecha de ésta, los rendimientos de lima solo cultivar Local (1860 kg/ha) fueron similares a los obtenidos con la variedad de frijol de costa V-44 (1990 kg/ha), pero difieren de los rendimientos del frijol común variedad Turrialba 4, de hábito determinado (1580 kg/ha) y del cultivar semitrepador CATIE I (1180 kg/ha). Al asociar frijol lima con yuca se obtuvo un rendimiento de 1200 kg/ha, que es un 35% menos que su respectivo monocultivo.

2.3.1. Frijol lima asociado con maíz:

Sobre el sistema de frijol lima asociado con maíz existe poca referencia, y se encuentra limitada a trabajos conducidos en Ibadan, Nigeria por el International Institute of Tropical Agriculture y en Turrialba, Costa Rica por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

En 1974, en Nigeria (38) se evaluaron diferentes sistemas de siembra (en la misma hilera, en forma de hileras alternas y cuatro hileras alternadas) en el cultivo del maíz asociado con cultivares de frijol lima arbustivo (15 mil pl/ha) y trepador (10 mil pl/ha), habiéndose determinado que en general bajo los diferentes sistemas de siembra los más altos rendimientos fueron obtenidos con cultivares trepadores; por otro lado Agboola y Fayemi (1) asociaron maíz con nueve diferentes leguminosas como abono verde, los resultados mostraron que el cultivar lima trepador asociado con maíz aportó entre las más altas cantidades de residuo (5133 kg/ha de materia seca) y causó una disminución del 52% en el rendimiento del maíz asociado en comparación con maíz en monocultivo.

Santos (61) en Turrialba, Costa Rica, evaluando diversos sistemas

policulturales, encontró que los rendimientos de frijol lima cuando - creció usando las cañas secas de maíz como soporte (999 kg/ha) y cañas de maíz en asocio con yuca (1120 kg/ha) fueron significativamente superiores que cuando creció usando los tallos de yuca como soporte (630 kg/ha). Los rendimientos relativamente bajos de frijol lima se atribuyeron al daño de Fusarium sp. y Meloydogine sp., y además de lo anterior en el caso específico del frijol lima creciendo sobre cañas de - maíz, los bajos rendimientos fueron en parte atribuidos a que las cañas no soportaron bien el peso de las plantas de frijol y algunas de sus vainas quedaron en contacto con el suelo.

2.4. Maíz y Frijol común en siembra simultánea y en Relevo.

No habiendo encontrado referencias sobre la distribución óptima de plantas en el campo, densidad de población y épocas relativas de - siembra en los sistemas asociados maíz-frijol lima, se efectuó una revisión sobre estos aspectos en las asociaciones de maíz y frijol común.

En los sistemas asociados maíz-frijol se utilizan principalmente cultivares de hábito de crecimiento indeterminado; ambas especies se - siembran simultáneamente en la misma hilera o en hileras alternas, y - en forma de Relevo, en el cual el frijol se siembra cuando el maíz ha alcanzado su madurez fisiológica; ambas formas prevalecen en América Central y en muchas regiones de América del Sur (13, 60).

Según Davis (20) los rendimientos de maíz y frijol común trepador se ven afectados negativamente al sembrarse simultáneamente, como lo confirman numerosos experimentos conducidos en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (11), en los cuales los rendimientos de ambos cultivos disminuyeron considerablemente cuando se cultivan en

asocio directo, habiéndose registrado una reducción del rendimiento de maíz del orden del 20-30% y una reducción del 51% en el frijol común trepador, sin embargo, se ha observado que el rendimiento de maíz de estatura alta no es tan afectado por los frijoles trepadores como lo son los maíces bajos, por lo cual se indica que los cultivares que trepan más vigorosamente deben asociarse con maíz de porte alto (21).

El efecto competitivo de la variedad de frijol común trepador parece estar determinado principalmente por su efecto en el volcamiento del maíz, habiéndose observado una relación estrecha entre la agresividad del frijol para trepar y el porcentaje de acame del maíz, lográndose efectos máximos con los frijoles más agresivos (Tipo de crecimiento IV b), y mínimo con los frijoles más débiles para trepar (Tipo III b), por lo que los genotipos de maíz deberían tener tallos fuertes con un buen anclaje resistente al volcamiento (20, 29).

Por otra parte, Mancini y Castillo (49) en Colombia, utilizando 25 variedades de frijol común trepador, con una población de 16 mil pl/ha y en dos modalidades de siembra (al pie de la mata e intercalados), al asociarlo con la variedad de maíz Diacol V-551, de 2.5 m de altura, lograron establecer una estrecha correlación negativa ($r=-0.76$) entre el rendimiento de maíz y la altura de la planta de frijol trepador, indicando que la guía actuaba como una especie de freno al crecimiento normal del maíz; en relación a los sistemas de siembra del frijol, al pie de las matas rindió 8.5% más de frijol y 10% más de maíz que en el sistema de maíz y frijol intercalados, agregando además que los resultados preliminares sugieren que posiblemente una sola planta de frijol trepador por sitio podría ser suficiente.

En el sistema de cultivo en Relevo, prácticamente no existen efec

tos de competencia y los potenciales de rendimiento de ambos cultivos son más altos que en sistemas de siembra simultánea, sin embargo, el ciclo de crecimiento de este sistema de siembra es de mayor permanencia en el campo (12).

Investigadores del CIAT (12) evaluaron 25 variedades de frijól común trepador en relevo y asociación directa con maíz, determinando que los rendimientos promedios de frijol trepador en el sistema asociado y relevo fueron 880 y 1651 kg/ha respectivamente.

En 1979, Meza (52) en Costa Rica asoció dos variedades de maíz (porte alto y bajo) con dos cultivares de frijol común (trepador y semideterminado), concluyendo que el cultivar trepador se adaptó mejor al sistema asociado, dado que al trepar se producía una menor competencia por luz y se lograba una mejor eficiencia en el uso de la tierra.

a. Densidad de población:

En relación a la densidad de población a utilizarse en la asociación maíz-frijol trepador, la mayoría de las investigaciones concuerdan en que poblaciones altas, sobre 120 mil pl/ha no producen ningún incremento en los rendimientos (9, 10, 28).

Un estudio llevado a cabo en Mina Gerais, Brasil (64) reveló que la mayoría de los agricultores asocian maíz con frijol en forma simultánea, utilizando poblaciones de frijol de 12 a 75 mil pl/ha durante la época de más lluvias.

En un ensayo conducido en Malawi, Africa (22) para evaluar la respuesta de 5 cultivares de frijol común indeterminado a cambios en la

densidad de población (74, 37 y 25 mil pl/ha), no se encontró diferencias significativas en rendimientos al utilizar la población de 74 mil (1965 kg/ha) y 37 mil pl/ha (1844 kg/ha) pero sí difieren de los rendimientos obtenidos al utilizar la menor densidad de población (1620 kg/ha); similares resultados fueron reportados por Lepiz (46) en México, al asociar con maíz la variedad trepadora "negro 150" a tres densidades de población (20, 60 y 90 mil pl/ha), habiendo obtenido los menores rendimientos (856 kg/ha) con 20 mil pl/ha.

Por otra parte Moreno y colaboradores (53) no encontraron diferencias en el rendimiento al utilizar 60 y 90 mil pl/ha de frijol de guía asociado con maíz, sin embargo, los rendimientos del maíz fueron menos afectados al asociarlo con la población más baja de frijol.

Investigaciones llevadas a cabo por Flor y Francis (27) utilizando diferentes sistemas de siembra de maíz y frijol arbustivo asociados (en la misma hilera e hileras alternas) mostraron que los rendimientos más altos de frijol (896 kg/ha) se obtuvieron en el sistema de siembra, en la misma hilera; en otro ensayo realizado por los mismos investigadores, asociaron maíz con frijol común arbustivo, variando el número de plantas de maíz por golpe y la distancia entre golpes, pero manteniendo la misma población de maíz de 44 mil pl/ha (1, 2, 3, y 4 plantas de maíz a 0.25, 0.50, 0.75 y 1.0 m. entre golpes respectivamente), los resultados mostraron que los rendimientos más altos de frijol (1268 y 1206 kg/ha) se obtuvieron al utilizar los mayores espaciamientos entre golpes de maíz.

b. Disposiciones de hileras:

En relación a distanciamientos de hileras de maíz cuando se -

encuentran asociadas con frijol, en años recientes se ha puesto énfasis en la utilización de hileras dobles de maíz, separadas a mayor distancia que lo convencional para lograr una mayor incidencia de luz y facilitar las labores fitosanitarias y recolección de la cosecha (14).

Jaldin (41) en Turrialba, Costa Rica al comparar sistemas de cultivos de maíz asociado con tres variedades de vainitas (dos arbustivos y un trepador) en hileras simples (1.0 m) y dobles (1.5 m) reportó que los rendimientos promedios más altos de vainitas (5215 kg/ha) fueron obtenidos al asociarse con maíz en hileras simples, no encontrando diferencias con respecto al rendimiento del maíz. Por otro lado, Bieber (7) no encontró diferencias en los rendimientos de maíz y frijol arbustivo 27 R, cuando utilizaba una población de maíz de 50 mil pl/ha, dispuestas en hileras simples o en hileras dobles.

Numerosos trabajos llevados a cabo en El Salvador por el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria (5, 6, 30), señalan la ventaja de la utilización del sistema de siembra de maíz en surcos dobles, por permitir la siembra de otros cultivos haciendo un mayor uso del recurso tierra.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del experimento.

El presente trabajo se llevó a cabo en el campo experimental "La Montaña", del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica, de mayo de 1980 hasta febrero de 1981.

En el cuadro 1A^{*} se muestran las características de posición geográfica, clima y suelo del área, y en el cuadro 2A se anotan los resultados de los análisis de suelo efectuados previo al establecimiento del ensayo.

3.2. Especies y variedades de cultivos utilizados.

Como material vegetal se utilizaron semilla de maíz (Zea mays L.) cultivar "Tico V-5", de porte alto y grano blanco, suministrados por el programa de semillas del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, y de frijol lima (Phaseolus lunatus L.), cultivar blanco de guía (Tipo de crecimiento IV), obtenida del Banco de Germoplasma del Programa de Cultivos Anuales del CATIE.

3.3. Tratamientos.

Los tratamientos consistieron de maíz y frijol lima sembrados en monocultivo y en forma asociada (simultánea y relevo), establecidos ba

*

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

jo dos disposiciones de hileras (simple y doble) y dos distanciamientos entre golpes de plantas (una planta/golpe a 0.25 m. y 3 plantas/golpe a 0.75 m.), manteniendo poblaciones de 40 mil plantas/ha en ambos cultivos y cuatro tratamientos adicionales en los cuales se reducen a una planta por golpe en la distancia de 0.75 m.

Los diferentes tratamientos pueden observarse en el cuadro 1, y su disposición en el espacio y en el tiempo se muestran en las figuras 1 y 2 respectivamente.

3.4. Diseño experimental.

Los tratamientos (sistemas de cultivos) fueron distribuidos en un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones.

El área total de las parcelas fue de 31.5 m² y su área útil de 10,5 m².

3.5. Preparación del terreno.

El terreno fue preparado dos semanas antes de la siembra, utilizando una pasada de arado con tractor de oruga y dos pasadas de rotovator; estas operaciones no se llevaron a cabo en la segunda fase del sistema en relevo, debido a que el frijol lima fue sembrado con espeque^{*}.

*

Vara de madera afinada en el extremo, que se utiliza para la abertura de los hoyos donde van las semillas.

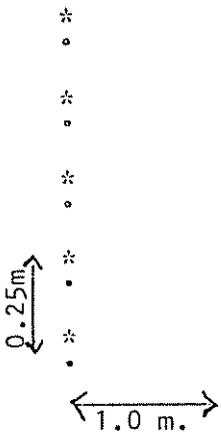
Cuadro 1. Epoca relativa de siembra, distribución espacial y densidad de siembra en los diferentes tratamientos.

Nº trata- miento	Epoca relativa de siembra del frijol lima	Distribución espacial de hileras*	Distancia entre gol- pes (cms)	Nº plantas/golpe		Densidad de siembra (x1000/ha)	
				Maíz	Lima	Maíz	Lima
1	Simultánea	Simple	25	1	1	40	40
2	con el maíz	Simple	75	3	3	40	40
3		Doble	25	1	1	40	40
4		Doble	75	3	3	40	40
5	90 días después	Simple	25	1	1	40	40
6	del maíz	Simple	75	3	3	40	40
7		Doble	25	1	1	40	40
8		Doble	75	3	3	40	40
9	Lima monocultivo	Simple	25	-	1	--	40
10	misimo día que el	Simple	75	-	3	--	40
11	maíz	Doble	25	-	1	--	40
12		Doble	75	-	3	--	40
13**	Simultánea	Simple	75	1	3	13.3	40
14**	con el maíz	Doble	75	1	3	13.3	40
15**		Simple	75	3	1	40	13.3
16**		Doble	75	3	1	40	13.3

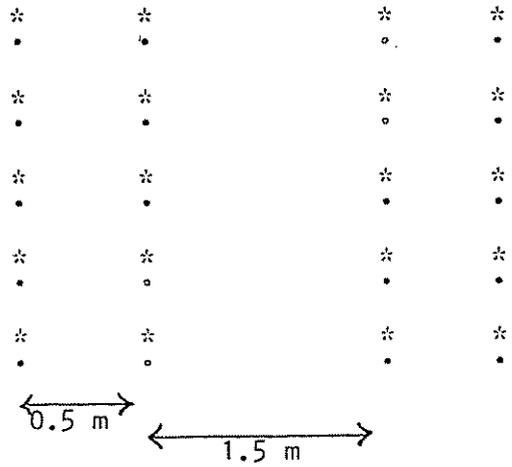
* Hileras simples espaciadas a 1 m., hileras dobles 1.5 m., entre pares de hileras, y 0.5 m., dentro de hileras dobles.

** Tratamientos adicionales.

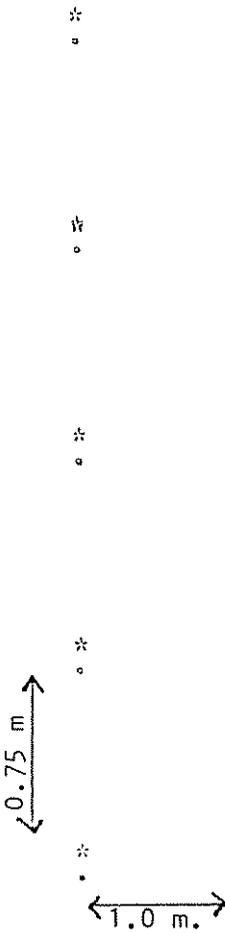
Hilera simple



Hilera doble



Hilera simple



Hilera doble

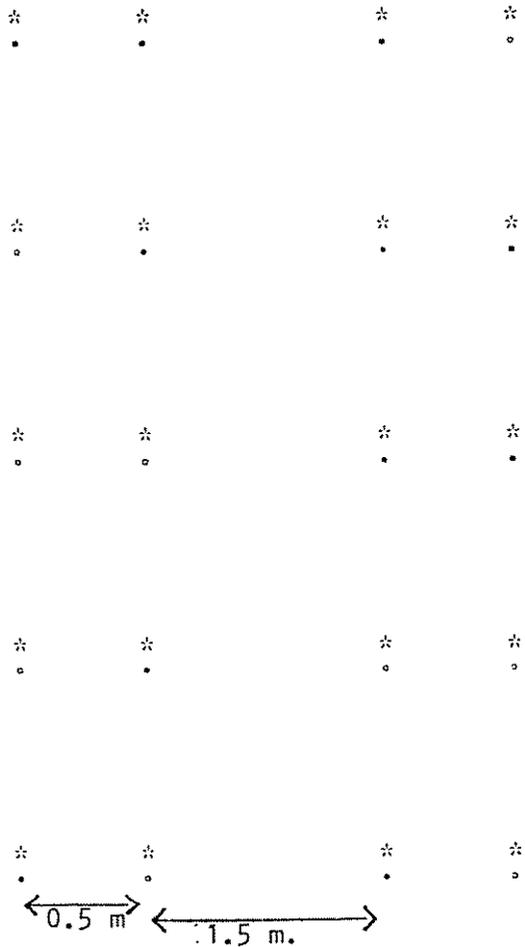
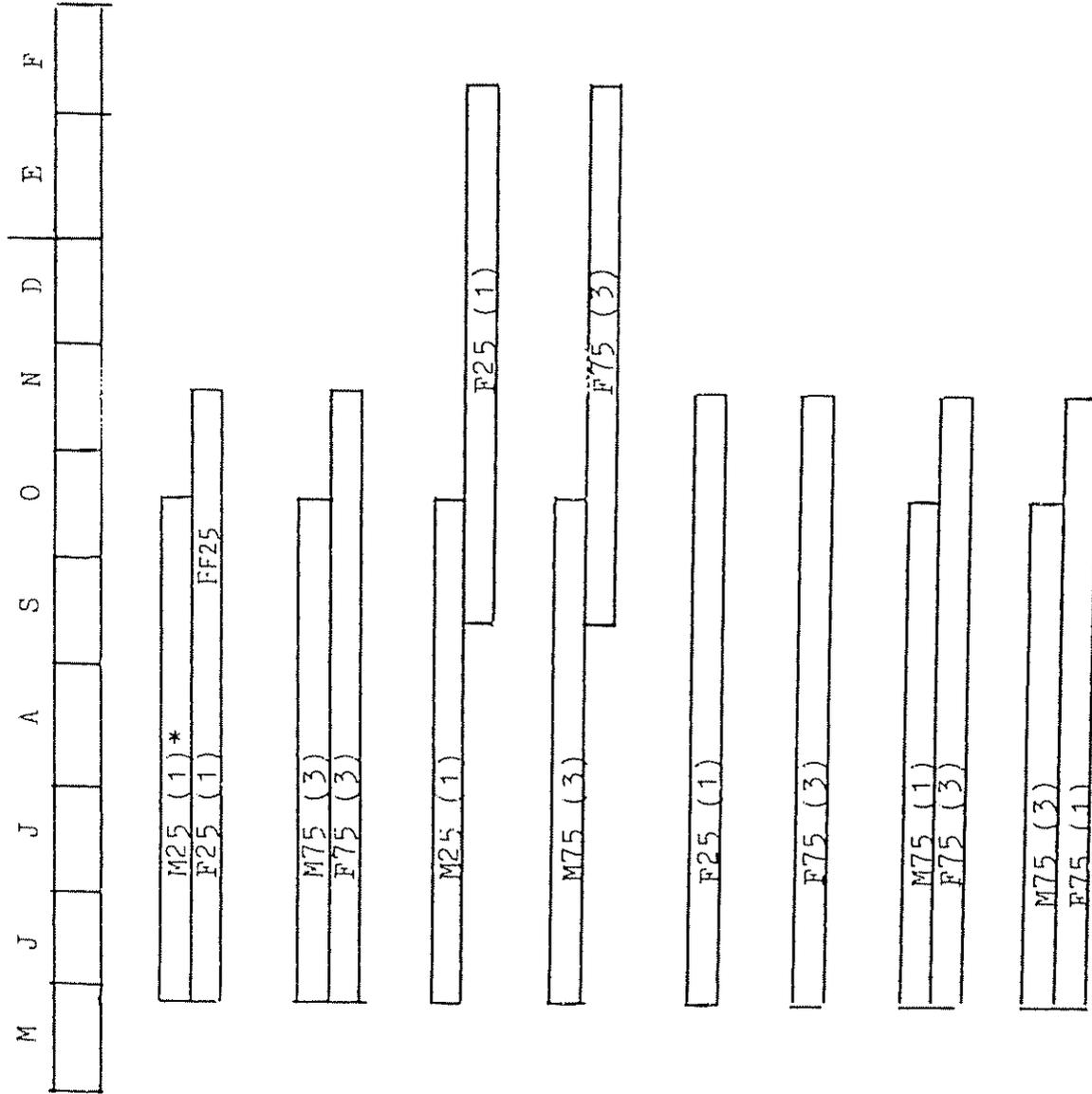


Fig 1. Distancia de siembra y disposición de los cultivos en siembra simultánea y en relevo.

* = maíz

. = frijol lima



Hileras
Simples
y
Dobles

Fig. 2. Arreglo cronológico de los sistemas estudiados

* () = No. de plantas/golpe
M25 = Maíz distancia entre plantas: 25 cm
M75 = Maíz distancia entre plantas: 75 cm
F25 = Frijol lima distancia entre plantas: 25 cm
F75 = Frijol lima distancia entre plantas: 75 cm

3.6. Siembra.

En la primera fase los cultivos de maíz y frijol lima se sembraron simultáneamente durante los días 28 y 30 de mayo de 1980. Para la segunda fase del sistema en relevo, el 10 de setiembre se sembró solamente frijol lima, cuando las cañas del maíz, que habían estado establecidas como monocultivos en la primera fase, alcanzaron la madurez fisiológica.

En los sistemas asociados el frijol lima fue sembrado sobre la misma hilera del cultivo de maíz, y a una distancia de aproximadamente 12 cm. Como medio de soporte artificial para el frijol lima en monocultivo, por parcela se utilizaron cuatro palos de laurel de 3 m. de longitud y un diámetro de aproximadamente 10 cm, enterrados en el suelo unos 60 cm, y unidos por cuerdas, de las cuales descendían hilos hacia la base de las plantas.

3.7. Fertilización.

El maíz en monocultivo recibió el equivalente de 90-90-30 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente, en dos aplicaciones, la primera al momento de la siembra, empleando 300 kg por hectárea del fertilizante compuesto 10-30-10, y la segunda aplicación, treinta días después de la siembra, utilizando 130 kg por hectárea de Urea como fuente de nitrógeno.

La aplicación de fertilizantes al frijol lima en monocultivo, se efectuó al momento de la siembra, empleando por hectárea 200 kg de 10-30-10 y 32 kg de úrea, equivalentes a 35-60-20 kg de N, P_2O_5 y K_2O , respectivamente.

Para los sistemas de maíz y frijol lima en asocio (siembra simultánea y relevo) la fertilización consistió del 100% de la dosis aplicada al maíz en monocultivo, más 50% de la dosis utilizada para el frijol lima en monocultivo. Las aplicaciones se realizaron en las mismas épocas de sus respectivos monocultivos. La forma de aplicación del fertilizante en los diferentes tratamientos fue en forma localizada por postura.

3.8. Medidas fitosanitarias.

Las semillas de maíz y frijol lima fueron previamente tratadas con Orthocide, utilizando un gramo de producto comercial por kg de semilla. Después de la siembra de estos dos cultivos, se aplicó en forma localizada en los hoyos, Furadan 5 G, a una dosis de 30 kg/ha.

Durante la primera fase se efectuaron dos aplicaciones de insecticidas para controlar las "vaquitas" (Diabrotica spp.), no habiendo requerido ninguna aplicación al frijol lima en la fase de relevo.

Durante el transcurso del ciclo del cultivo, el maíz no requirió ninguna aplicación de pesticidas.

Hacia el final del ciclo del frijol lima de la primera fase, e inicios de la floración del frijol lima en relevo, se manifestaron signos del hongo Phytophthora phaseoli, por lo que se efectuaron dos aplicaciones del fungicida Daconil (1 kg/ha), con intervalo de 8 días; no habiéndose logrado el control de dicho patógeno.

El control de malezas se efectuó en forma manual, a los 23, 49, 103 y 153 días después de la siembra.

3.9. Cosechas.

El maíz fue cosechado a los 133 días, y se evaluó su rendimiento en grano al 14% de humedad.

El frijol lima fue cosechado como grano tierno, cuando contenía aproximadamente un 60% de humedad, y se estaba dando inicio al cambio del color verde de las vainas.

Se efectuaron cinco cosechas de frijol lima en monocultivo y en el sistema asociado de siembra simultánea; la primera cosecha se efectuó a los 81 días después de la siembra y la quinta cosecha 93 días después. Para la segunda fase, que correspondió al frijol lima en relevo, únicamente se realizó una cosecha, a los 149 días después de la siembra.

3.10. Registro de la Radiación Solar.

La medición de la radiación dentro de los diferentes arreglos espaciales del maíz asociado con frijol lima, durante el período crítico de floración, se realizó con cinco radiómetros de destilación tipo Gunn-Bellani (3 de agua y 2 de alcohol), colocados a un metro de altura.

El registro de la radiación fue efectuada diariamente, a las 7 am., desde el inicio de la formación de las estructuras florales, y por un período de 25 días.

El cálculo de la radiación total para el período señalado, se efectuó mediante la fórmula:

$$Q = h \times k$$

Donde:

Q = Radiación solar total en calorías cm^{-2} día⁻¹

h = Altura de la columna de alcohol o agua en cm.

k = Constante instrumental.

Los factores k usados fueron:

Nº del radiómetro	Factor
6	18,3
7	17.7
2343	21.1
2385	19.7
2390	22.8

3.11. Variables utilizadas.

a. Datos biológicos del frijol lima:

a.1. Altura de planta:

Se determinó la altura de la planta cada 15 días, en base a una muestra de cinco plantas, medidas desde la superficie del suelo hasta el punto de crecimiento en el tallo principal.

a.2. Biomasa aérea:

Para obtener este dato se tomaron al azar tres plantas por parcela al momento de la primera cosecha. El peso seco de la parte aérea de estas plantas, se obtuvo sumando los pesos secos de hojas, tallos, flores y granos. No se consideró el peso seco de raíces por ser

difícil su remoción completa del suelo.

a.3. Índice de Area Foliar (IAF)

Esta relación dm^2 de hojas/ dm^2 de suelo ocupado por planta, fue obtenido en base a las plantas utilizadas para determinar peso seco de la parte aérea.

Para determinar este índice primeramente se tuvo que determinar el Area Foliar Específica (AFE), o sea, los dm^2 de hojas necesarias para hacer un gramo de peso seco, para lo cual se sacaron todas las hojas de tres plantas por parcela y se determinó su contenido de materia seca. Previo al secado se sacaron de las hojas 50 discos de área conocida con un sacabocado y se procedió a determinar su peso seco.

Para calcular el Area Foliar Específica, se dividió el área foliar de todos los discos para su respectivo peso, de esta forma se obtuvo los dm^2 de hoja en un gramo de peso seco.

Multiplicando el AFE de cada tratamiento por el peso seco en gramos del follaje de cada planta se obtuvo su correspondiente área foliar.

a.4. Rendimiento de grano tierno:

Este dato se obtuvo a partir del peso fresco de todos los granos obtenidos por parcela útil, provenientes de todas las cosechas. Este valor se expresó en kg/ha .

a.5. Componentes del rendimiento:

a.5.1. Número de vainas por planta:

Se calculó mediante la división del número de vainas totales cosechadas en la parcela útil, para el número de plantas cosechadas.

a.5.2. Número de semillas por vaina:

Para la obtención de este dato se utilizó una muestra de 50 vainas por parcela útil. En situaciones en que no se lograba el tamaño de la muestra se utilizó el número de vainas disponibles.

a.5.3. Número de plantas útiles:

Se consideraron las plantas existentes en la parcela útil en el momento de la cosecha.

a.6. Índice de cosecha:

Este índice se obtuvo dividiendo el peso seco de los granos totales por planta, por el peso seco total de la planta. El valor obtenido se multiplicó por 100 para expresarlo en porcentaje.

b. Datos biológicos del maíz:

b.1. Altura de la planta:

La determinación de la altura de la planta se efectuó cada 15 días, en base a cinco plantas seleccionadas desde la primera medición, las que fueron debidamente identificadas con tal propósito, y fue medida desde el nivel del suelo hasta el ápice del tallo principal.

b.2. Diámetro del tallo:

El diámetro del tallo fue obtenido de una muestra de 10 plantas por parcela útil, medidas en la parte inferior del tallo, aproximadamente 20 cm del suelo, utilizando una forcípula graduada en milímetros.

b.3. Número de plantas útiles:

Se efectuó el conteo del número de plantas por parcela al momento de la cosecha.

b.4. Número de mazorcas por planta:

Este dato se obtuvo relacionando el número total de mazorcas cosechadas con el número de plantas existentes en el área útil.

b.5. Biomasa aérea:

La determinación del peso seco de los tallos, hojas e inflorescencia masculina se efectuó a los 95 días después de la siembra, en base a una muestra de tres plantas por parcela, y la determinación del peso seco de la mazorca completa, al momento de la cosecha, y puestos a secar en estufa a 70°C hasta peso constante, constituyeron en conjunto, la biomasa aérea o peso seco total, sin incluir raíces.

b.6. Índice de Área Foliar (IAF).

Para el cálculo de este índice que relaciona los dm^2 de área foliar para un dm^2 de suelo, se determinó previamente el área foliar específica (AFE) o dm^2 de follaje en un gramo de peso seco; para la obtención de este dato, se utilizaron las plantas muestreadas para biomasa aérea; la determinación se hizo sacando secciones rectangulares

de aproximadamente 8 cm de largo y 6 cm de ancho en los extremos y parte media de tres hojas, en posición superior, intermedia y basal por cada planta muestreada. A estas secciones de hojas, y al resto del follaje, se determinó su contenido de materia seca, para proceder al cálculo del área foliar específica.

Al multiplicar el área foliar específica de cada parcela, por el peso seco de las hojas de cada planta se obtuvo el área foliar, y ésta se relacionó con el área de suelo ocupado por planta para el cálculo del IAF.

b.7. Número de plantas volcadas (%).

Se consideró como planta volcada, aquellas que presentaban una inclinación mayor de 45° de la perpendicular que forma una planta erecta con el suelo; se tomó como 100% el número total de plantas de la parcela.

b.8. Número de plantas quebradas (%).

Como planta quebrada se consideró aquella que presentaba esta condición debajo del punto de inserción de la mazorca; se tomó como 100% al número total de plantas en la parcela útil al momento de la cosecha.

b.9. Número de mazorcas enfermas (%).

Para el cálculo de este dato se consideró como 100% el número total de mazorcas en la parcela útil.

b.10. Rendimiento total de grano:

Para obtener este dato se partió del peso de la cose

cha total (comercial y no comercial) por parcela útil, de la cual se tomaron muestras para la determinación de los porcentajes de humedad. Los valores obtenidos se aplicaron en la fórmula siguiente:

$$H_0 = \frac{Ph - Ps}{Ph} \times 100$$

Donde :

H_0 = Humedad de las semillas expresada en porcentaje.

Ph = Peso de las semillas al momento de la cosecha.

Ps = Peso seco de las semillas. Luego de haber sido secadas en estufa a 70°C durante 72 horas.

Con este porcentaje de humedad, se uniformizó el peso total del rendimiento por parcela al 14%, según la fórmula:

$$Pf = \frac{P_0(100-H_0)}{(100-Hf)}$$

Donde :

Pf = Peso de las semillas corregidas al 14% de humedad.

P_0 = Peso de las semillas al momento de la cosecha.

H_0 = Porcentaje de humedad de las semillas en el momento de la cosecha.

Hf = Porcentaje de humedad al cual se uniformizó.

b.11. Rendimiento comercial de grano:

Se consideró como rendimiento comercial al peso seco de los granos que no presentaban daños por insectos y enfermedades, y se expresó en kg/ha.

b.12. Índice de cosecha:

Para el cálculo de este índice se dividió el peso seco de los granos totales por planta, por el peso seco total de la planta, sin incluir raíces, y fue expresado en forma de porcentaje.

c. Comparación entre los sistemas:

c.1. Eficiencia energética:

Este índice nos indica que tan eficientes son los sistemas de cultivo para transformar energía fotosintéticamente activa en energía de biomasa almacenada por los cultivos.

Es conveniente recordar para este cálculo, que la radiación disponible para la fotosíntesis o radiación fotosintéticamente activa, es solamente el 39.48% del total de la radiación solar; y que en promedio un gramo de materia seca contiene aproximadamente 4000 calorías (45).

$$\text{Eficiencia Energética} = \frac{\text{Energía contenida en biomasa}}{\text{Energía fotosintéticamente activa}} \times 100$$

c.2. Índice de Energía Cosechada (IEC)

El índice de energía cosechada indica la eficiencia del sistema en convertir la energía de la biomasa total en energía alimenticia.

$$\text{IEC} = \frac{\text{Energía en parte comestible}}{\text{Energía en biomasa total}} \times 100$$

Para el cálculo de la energía contenida en la parte comestible, se utilizaron los valores de proteínas, carbohidratos y grasas presen-

tados en el cuadro 2, y el contenido correspondiente de energía presentado en el cuadro 3.

c.3. Relación Equivalente del Area de Terreno en el tiempo (REAT):

Este índice indica el área por unidad de tiempo, que se necesita bajo cultivos individuales, para obtener el mismo rendimiento que se logra en una hectárea con cultivos asociados.

El REAT o suma de los rendimientos relativos del maíz y frijol lima cuando se encuentran asociados, se calculó de la manera siguiente:

$$\text{REAT} = \frac{\text{MA/ha/tiempo asociado}}{\text{MS/ha/tiempo del monocultivo}} + \frac{\text{FA/ha/tiempo asociado}}{\text{FS/ha/tiempo monocultivo}}$$

Donde:

MA = Rendimiento de maíz en el sistema asociado

MS = Rendimiento de maíz en monocultivo

FA = Rendimiento de frijol lima en el sistema asociado

FS = Rendimiento de frijol lima en monocultivo.

c.4. Biomasa de malezas:

Para la determinación del peso seco total de la parte aérea de las malezas, se efectuaron muestreos por parcela útil, el día anterior al control de las malezas, en las fechas indicadas en el cuadro 4A; el tamaño de las muestras consistió de 0.33 m^2 , las cuales fueron puestas a secar en estufa a 70°C hasta peso constante; su valor fue expresado en kg/ha.

Cuadro 2. Composición (%) de la materia seca en la porción alimenticia de los productos cosechados en el experimento 1/

	Proteínas	Carbohidratos	Grasas
Maíz	11,33	80,97	4,7
Frijol lima	23,52	70,91	1,36

1/ Datos facilitados por el Dr. José Fargas, Fitofisiólogo del CATIE.

Cuadro 3. Energía (cal/g ó Mcal/Tm) contenida en las proteínas, carbohidratos y grasas de los productos cosechados 1/

	Proteínas	Carbohidratos	Grasas
Maíz	2730	4030	8370
Frijol lima	3470	4070	8370

1/ Merrill y Watt (51).

3.12. Análisis de la información.

3.12.1. Análisis de varianza:

Las observaciones efectuadas y los índices generados a partir de estos datos por cultivos o por sistemas fueron analizados de acuerdo al modelo estadístico correspondiente al diseño de Bloques completos al azar (15). Para tratar de detectar significancia por efecto de la distribución de planta, población y disposición de hilera para cada variable dentro de los diferentes sistemas de cultivos se realizó una prueba F.

3.12.2. Pruebas de correlación:

Para determinar el grado de asociación entre las variables, se efectuaron matrices de correlación, independientes para el cultivo de maíz y frijol lima.

Para maíz se correlacionaron las siguientes variables:

X_1 = Hilera	X_9 = Diámetro del tallo
X_2 = Distribución de planta	X_{10} = Altura final
X_3 = Plantas de maíz por golpe	X_{11} = Plantas por parcela
X_4 = Plantas frijol lima por golpe	X_{12} = Mazorcas enfermas
X_5 = Rendimiento comercial	X_{13} = Plantas volcadas
X_6 = Biomasa aérea	X_{14} = Plantas quebradas
X_7 = Índice de cosecha	X_{15} = Mazorcas por planta
X_8 = Índice de Area Foliar	X_{16} = Rendimiento total

Para frijol lima se correlacionaron las siguientes variables:

- X_1 = Hilera
- X_2 = Distribución de plantas
- X_3 = Plantas de maíz por golpe
- X_4 = Plantas de frijol lima por golpe
- X_5 = Rendimiento comercial
- X_6 = Semillas por vaina
- X_7 = Vainas por planta
- X_8 = Índice de Area Foliar
- X_9 = Biomasa aérea
- X_{10} = Índice de cosecha
- X_{11} = Plantas por parcela
- X_{12} = Altura final

3.12.3. Evaluaciones económicas:

En el análisis económico se han considerado los beneficios obtenidos luego de hacer una retribución a todos los factores involucrados en el proceso de producción (Análisis Beneficio-Costo), (4). Se trata de determinar cuál es el sistema de cultivo que maximiza los ingresos netos y permite la mayor retribución por unidad monetaria invertida, considerando que éste es uno de los recursos más escasos. Los medios de que generalmente dispone el agricultor son tierra y su fuerza de trabajo.

Los parámetros más relevantes en que se basó la evaluación fueron los siguientes:

- Costos de producción: Todos los costos incurridos en los diferentes sistemas de producción, excepto por concepto de administración. Se emplearon los precios de recursos e insumos prevalentes en Turrialba en la época en que se realizó el experimento. Los jornales requeridos para realizar las diferentes actividades agrícolas se estimaron en base al registro de la duración de las labores ejecutadas en la parcela experimental, comparadas con el tiempo requerido en actividades similares a nivel de agricultores. Valor del jornal de 8 horas = ₡ 46,25.

- Costos efectivos: En los gastos en efectivo realizados no se considera el valor de la mano de obra, ya que se supone que la mano de obra empleada es familiar.

- Ingreso total: La producción comercial valorizada monetariamente con base en los precios del mercado local de Turrialba. Al maíz dañado por enfermedad se asignó un costo de oportunidad equivalente a un tercio del valor del maíz comercial.

- Ingreso neto: Representa la ganancia neta, después de compensar todos los costos (Ingreso total - costos totales).

- Ingreso neto familiar: Representa el valor de la producción vendida, menos los costos efectivos.

4. RESULTADOS

4.1. Producción de frijol lima.

4.1.1. Rendimiento de grano tierno

Los mayores rendimientos promedios de grano tierno se obtuvieron al cultivar frijol lima solo (Cuadro 4). El rendimiento promedio por la siembra en hileras simples fue de 2811,9 kg/ha, el mismo que se incrementó en 20% cuando se sembró en hileras dobles. Al sembrar a distanciamientos entre plantas de 25 cm se obtuvo 3662,9 kg/ha, disminuyendo a 2526,7 kg cuando se sembraron a 75 cm. Se detectó interacción hilera por distribución de planta únicamente para la siembra de frijol lima solo.

En el sistema de siembra simultánea, el mayor rendimiento (1526,3 kg/ha) de frijol lima se obtuvo al asociarlo con maíz en hilera simple y a 25 cm entre plantas (Figura 3). No se encontraron diferencias significativas por los efectos de hilera y distribución de plantas (Cuadro 7A).

Los rendimientos disminuyeron sustancialmente en el sistema de lima en relevo, habiéndose obtenido un rendimiento promedio de 59,0 kg/ha en los diferentes arreglos espaciales.

Cuando se sembró simultáneamente lima y maíz a 75 cm entre golpes, con poblaciones de 40 mil pl/ha de lima y 13 mil pl/ha de maíz y a la inversa, se obtuvo un rendimiento de 1719,9 kg/ha con una población de 40 mil pl/ha de lima, el mismo que decreció significativamente (976 kg/ha) por la siembra de 13 mil pl/ha de lima y 40 mil de maíz.

Cuadro 4. Kilogramos por hectárea de grano tierno comercial de frijol lima bajo diferentes sistemas de cultivos.

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (Simultáneo)	25	40	40	1526,3	1291,0	1408,7
	75	40	40	1142,5	1232,5	1187,5
				\bar{X}	1334,4	1261,8
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	46,8	89,3	68,1
	75	40	40	44,0	56,0	50,0
				\bar{X}	45,4	72,7
C. Maíz + Lima (Simultáneo Poblac. Inversa)	75	13	40	1511,8	1928,0	1719,9
	75	40	13	915,3	1037,3	976,3
				\bar{X}	1213,6	1482,7
D. Lima (Monocultivo)	25	-	40	3101,3	4224,5	3662,9
	75	-	40	2522,5	2530,8	2526,7
				\bar{X}	2811,9	3377,7

** Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 1%

ii Interacción excede al nivel de significación de 1%

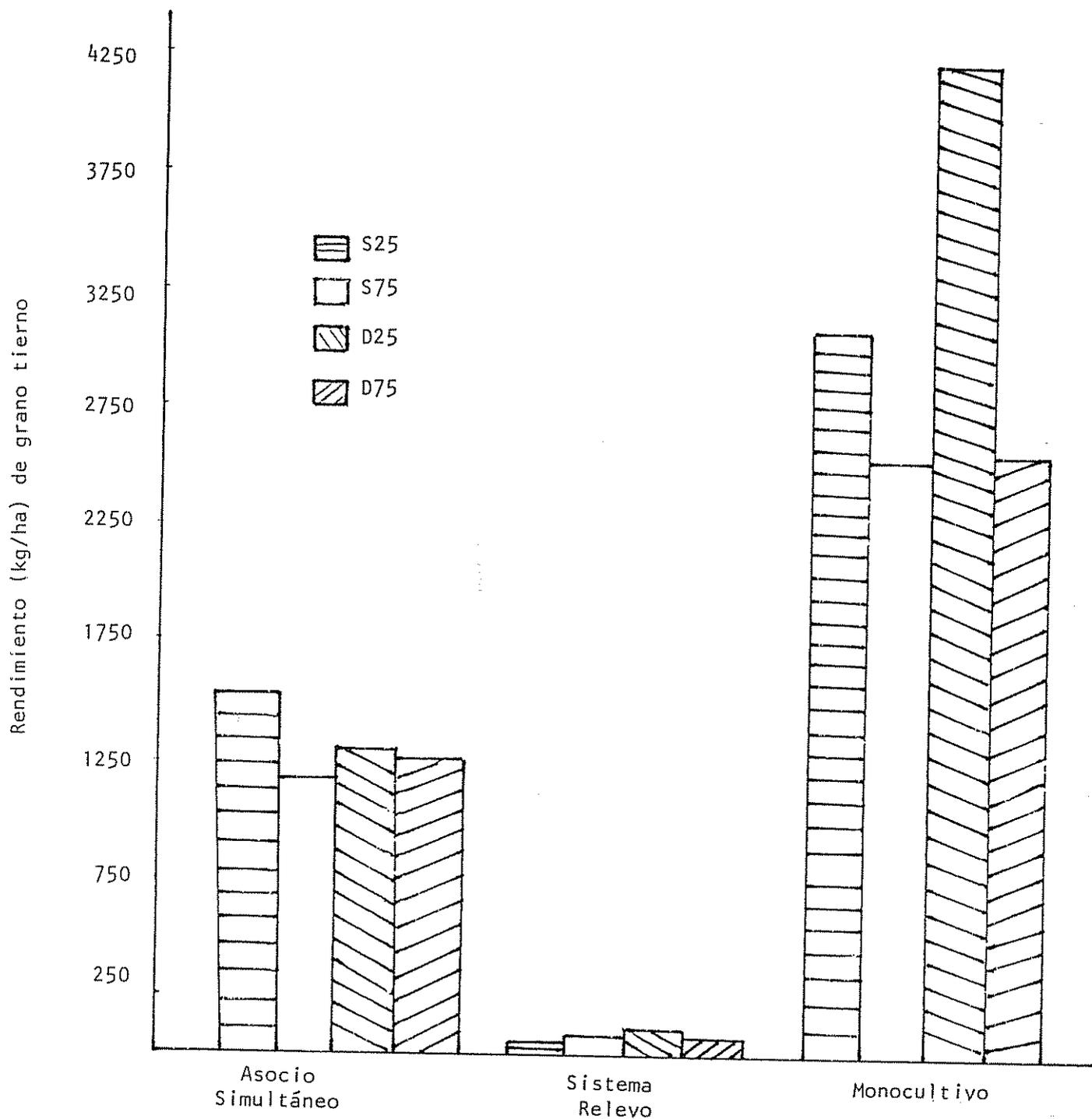


Fig. 3. Kilogramos por hectárea de grano tierno comercial de frijol lima bajo dos disposiciones de hileras (Simple=S y Doble=D) y dos distanciamientos de plantas (25 y 75 cm) en monocultivo, y asociado con maíz en forma simultánea y en relevo.

Por la siembra de 40 mil pl/ha de maíz y lima en golpes a 75 cm se obtuvieron 1187,5 kg/ha, el mismo que es significativamente menor a la siembra de 40 mil pl/ha de lima y 13 mil de maíz.

El análisis de correlación de variables para plantas de frijol lima (Cuadro 8A) mostró que el rendimiento comercial de grano tierno estuvo negativamente correlacionado con el número de plantas de maíz por golpe.

En relación a los componentes del rendimiento en todos los sistemas ensayados se encontró mayor número de vainas por planta cuando se sembró una planta de lima por golpe asociada a maíz o sola.

El mayor número de vainas/plantas (48,2) ocurrió cuando se cultivó sola, utilizando una planta de lima por golpe distanciados a 25 cm, disminuyendo en 15% cuando se sembraron 3 plantas por golpe espaciados a 75 cm (Cuadro 5). Hay una notable diferencia (20,4 vainas/planta) por el asocio de 1 ó 3 plantas de lima con 3 de maíz a la distancia de 75 cm, es más eficiente el asocio de 1 planta de lima con 3 de maíz

La siembra en hileras dobles dió un mayor número de vainas/planta en relación a hileras simples. Las diferencias fueron significativas en todos los sistemas excepto en lima en relevo.

Al comparar el número de vainas por planta entre el asocio simultáneo y el sistema en relevo se encontraron diferencias altamente significativas (Cuadro 7A).

En relación al número de semillas por vaina no se encontraron diferencias significativas en los diferentes sistemas evaluados. Los valo-

Cuadro 5. Número de vainas por planta de frijol lima bajo diferentes sistemas de cultivos

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{x})	
		Maíz	Lima	Simple	Doble		
A. Maíz + Lima (Simultáneo)	25	40	40	28,5	39,1	33,8	**
	75	40	40	23,1	29,7	26,4	
				\bar{x} 25,8	34,4	30,1	
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	0,7	1,4	1,1	
	75	40	40	0,7	0,9	0,8	
				\bar{x} 0,7	1,2	0,9	
C. Maíz + Lima (Simultáneo Poblac. Inversa)	75	13	40	22,7	30,2	26,5	*
	75	40	13	45,1	48,4	46,8	
				\bar{x} 33,9	39,3	36,6	
D. Lima (monocultivo)	25	-	40	46,4	49,9	48,2	**
	75	-	40	39,4	42,3	40,9	
				\bar{x} 42,9	46,1	44,5	

* Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 5%

** Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 1%

res obtenidos variaron de 3,00 a 3,38 semillas por vaina (Cuadro 6).

En lo referente al número de plantas por parcela útil, las menores pérdidas de plantas se obtuvieron cuando el frijol lima se sembró solo, habiéndose cosechado en promedio 32,9 plantas, en relación a la siembra de lima asociado con maíz y en relevo, en las que se cosecharon 25,9 y 25,2 plantas por parcela útil respectivamente.

En todos los sistemas al sembrar en hileras dobles, se obtuvo un menor número de plantas por parcela en relación a la siembra en hileras simples (Cuadro 7), sin embargo, el análisis estadístico no reflejó diferencias significativas (Cuadro 7A).

El mayor número promedio de plantas de lima por parcela útil, cuando se cultivaba sola (35,4 plantas) y asociada (28,4 plantas) se obtuvieron con la distancia de 75 cm entre golpes, en relación al distanciamiento de 25 cm.

El rendimiento y sus componentes no estuvieron correlacionados con la altura de planta de frijol lima (Cuadro 8A).

Para el frijol lima creciendo en forma simultánea con maíz se detectó significancia (Cuadro 6A) para hilera a los 45 y 60 días de edad y para distribución de planta únicamente a los 60 días. La mayor altura promedio, de 210 cm (Cuadro 8) se obtuvo con la siembra en hileras dobles, misma que superó en 16,7% a plantas creciendo bajo hileras simples.

La prueba F efectuada para el frijol lima en relevo detectó significancia para altura por efecto de distribución de planta a los 45 y -

Cuadro 6.. Número de semillas por vaina de frijol lima bajo diferentes sistemas de cultivos

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (Simultáneo)	25	40	40	3,35	3,00	3,18
	75	40	40	3,33	3,43	3,38
				\bar{X} 3,34	3,22	3,28
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	3,33	3,33	3,33
	75	40	40	3,38	3,43	3,41
				\bar{X} 3,36	3,38	3,37
C. Maíz + Lima (Simultáneo Poblac. Inversa)	75	13	40	3,38	3,28	3,33
	75	40	13	3,18	3,25	3,22
				\bar{X} 3,28	3,27	3,27
D. Lima (monocultivo)	25	-	40	3,28	3,28	3,28
	75	-	40	3,28	3,30	3,29
				\bar{X} 3,28	3,29	3,29

Cuadro 7. Número de plantas de frijol lima por parcela útil, bajo diferentes sistemas de cultivos

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (Simultáneo)	25	40	40	27,5	19,3	23,4
	75	40	40	26,3	30,5	28,4
				\bar{X}	26,9	24,9
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	27,5	24,0	25,8
	75	40	40	26,5	22,8	24,7
				\bar{X}	27,0	23,4
C. Maíz + Lima (simultáneo Poblac. Inversa)	75	13	40	36,0	30,3	33,2
	75	40	13	10,3	10,8	10,6
				\bar{X}	23,2	20,6
D. Lima (monocultivo)	25	-	40	29,8	30,8	30,3
	75	-	40	39,5	31,3	35,4
				\bar{X}	34,7	31,1

** Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 1%

ii Interacción excede al nivel de significación de 1%

Cuadro 8. Altura en cm de plantas de frijol lima a los 60 días después de la siembra en monocultivo y asociado con maíz.

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (Simultáneo)	25	40	40	179	197	188 *
	75	40	40	181	223	202
				\bar{X} 180	** 210	195
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	218	199	209 **
	75	40	40	206	223	215
				\bar{X} 212	211	212
C. Maíz + Lima (Simultáneo)	75	13	40	213	202	208
	75	40	13	175	201	188
				\bar{X} 194	202	198
D. Lima (Monocultivo)	25	-	40	176	170	173
	75	-	40	189	178	184
				\bar{X} 183	174	178

* Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 5%

** Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 1%

ii Interacción excede al nivel de significancia de 1%

60 días y para interacción hilera por distribución para esta última época. Las mayores alturas promedios de frijol lima fueron obtenidas por plantas que estaban creciendo en relevo sobre cañas de maíz (Cuadro 8), habiéndose registrado el valor más alto (215 cm) en plantas sembradas a 75 cm entre golpes, con una reducción de 2,8% cuando se sembraba a 25 cm entre plantas.

En el frijol lima en monocultivo, se detectó efecto de hilera y distribución de planta a los 30 y 45 días de edad respectivamente, no mostrando significancia al momento de la floración. Las plantas de lima creciendo sobre soporte artificial alcanzaron una altura promedio de 178 cm, la cual fue significativamente menor a la altura registrada en plantas asociadas simultáneamente con maíz o en relevo.

La variación de la altura de plantas de lima durante el ciclo de crecimiento, asociadas simultáneamente con maíz y en forma de relevo, se muestran en las figuras 4 y 5 respectivamente. En el Cuadro 5A se presentan las alturas de plantas registrada cada 15 días hasta el período de floración, para los diferentes sistemas evaluados.

4.1.2. Biomasa aérea

El valor más alto para peso seco total por planta (118,1) de frijol lima se obtuvo cuando se asoció lima con maíz a una población de 13 mil y 40 mil plantas/ha respectivamente (Cuadro 9).

En relación a la siembra simultánea de maíz y frijol lima a una población constante (40 mil pl/ha), la disposición de las hileras mostró un efecto significativo en la biomasa aérea del frijol lima, registrando 99,9 gr/planta en hileras dobles, disminuyendo a 75,6 gr/planta

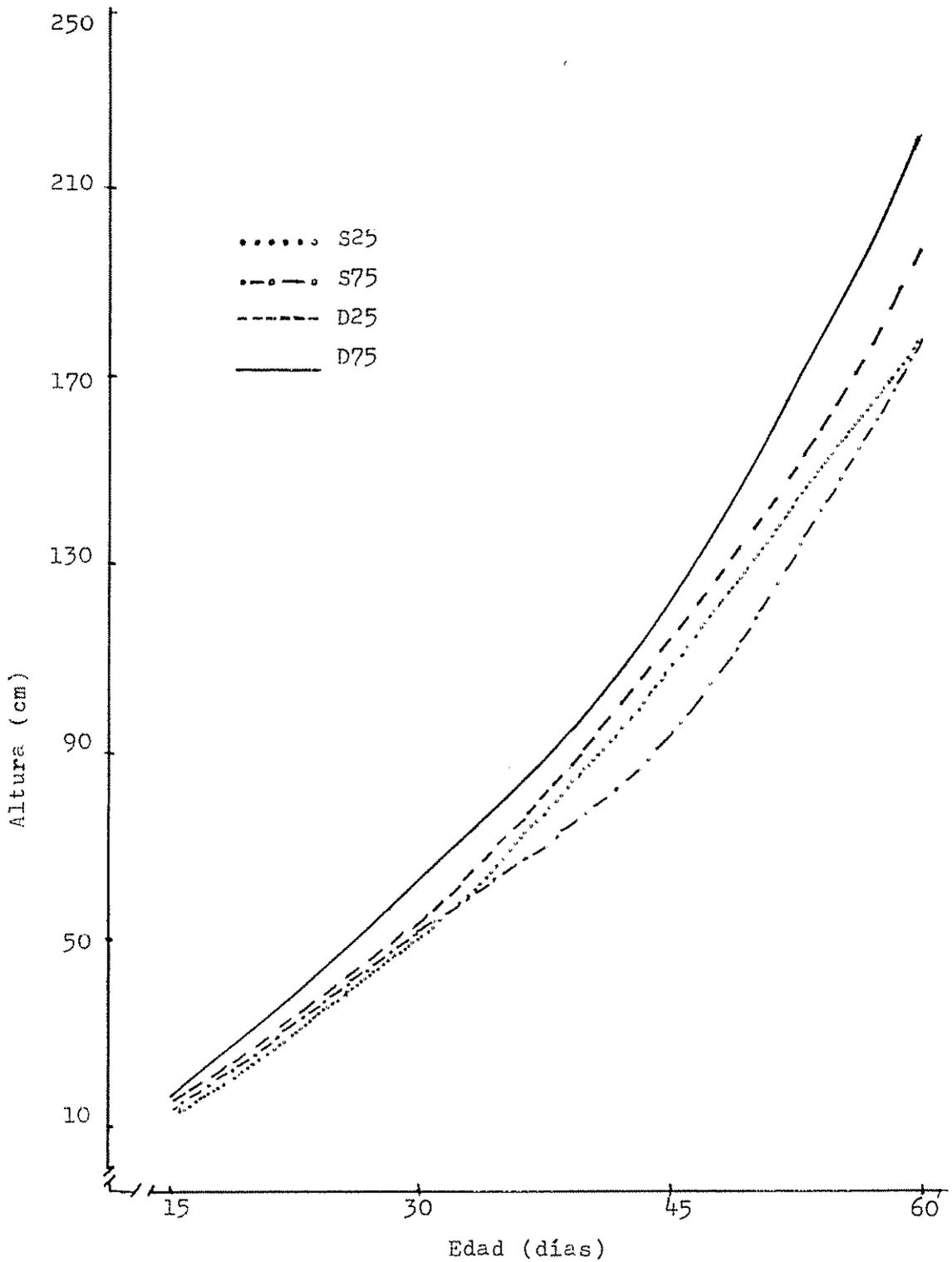


Fig 4. Variaciones de la altura de plantas de frijol lima asociado con maíz, bajo dos disposiciones de hileras (Simple=S y Doble=D) y dos distribuciones de plantas (25 y 75 cm).

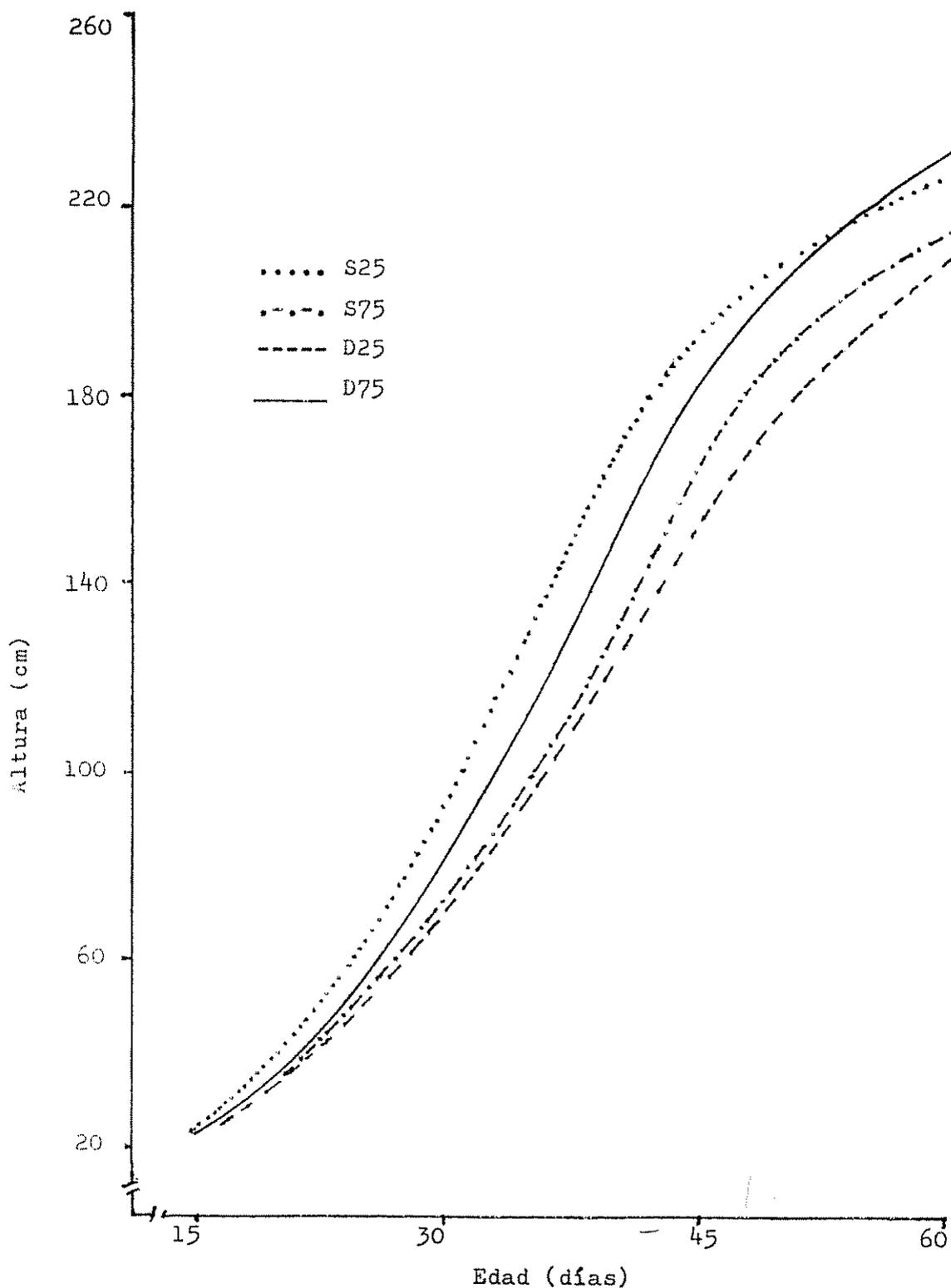


Fig. 5. Variaciones de la altura de plantas de frijol lima creciendo sobre cañas de maíz, en dos disposiciones de hileras (Simple=S y Doble=D) y dos distanciamientos de plantas (25 y 75 cm).

Cuadro 9. Gramos por planta de biomasa aérea de frijol lima bajo diferentes sistemas de cultivos.

Sistemas	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (Simultáneo)	25	40	40	74,3	111,8	93,1
	75	40	40	76,8	88,0	82,4
				\bar{X} 75,6	** 99,9	87,7
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	26,3	41,5	33,9
	75	40	40	33,8	23,5	28,7
				\bar{X} 30,1	32,5	31,3
C. Maíz + Lima (Simultáneo Poblac. Inversa)	75	13	40	112,0	99,8	105,9
	75	40	13	118,3	117,8	118,1
				\bar{X} 115,2	108,8	112,0
D. Lima (Monocultivo)	25	-	40	111,0	118,5	114,8
	75	-	40	94,0	107,3	100,7
				\bar{X} 102,5	112,9	107,7

** Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 1%

en el caso de hilera simple.

Al comparar la siembra simultánea con siembra en relevo se observó una reducción significativa en este último sistema equivalente a 56,4 gr/planta.

4.1.3. Índice de Area Foliar (IAF)

La mayor superficie foliar ($3,7 \text{ dm}^2$) por unidad de área de suelo se obtuvo cuando se sembraba frijol lima simultáneamente con maíz en hilera doble, la cual fue disminuida a $2,1 \text{ dm}^2$ cuando se sembraba en hilera simple. No se detectó efecto de hilera y distribución de plantas para el frijol lima en relevo (Cuadro 7A).

En monocultivo el IAF se incrementó en 32% al aumentar la distancia de siembra de 25 a 75 cm (Cuadro 10).

Por otra parte al reducir la población de frijol lima asociado con maíz de 40 mil a 13 mil plantas/ha, la superficie foliar por unidad de área se vió reducida significativamente de $2,6$ a $1,0 \text{ dm}^2$.

4.1.4. Índice de cosecha

La distribución más eficiente de biomasa en grano (46,9) fue obtenida al cultivar frijol lima solo, en hilera doble y a 25 cm entre plantas, lo que contrasta notablemente con los valores promedios (7,8) obtenidos con el sistema de lima en relevo en los diferentes arreglos espaciales (Cuadro 11).

Por otra parte, el asocio simultáneo de lima con maíz, afectó el índice de cosecha en relación al cultivo solo, pasando de 34,3 a 30,2

Cuadro 10. Índice de Area foliar (dm^2 hoja/ dm^2 suelo) de frijol lima bajo diferentes sistemas de cultivos

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (Simultáneo)	25	40	40	1,9	3,5	2,7
	75	40	40	2,2	3,9	3,1
				\bar{X} 2,1	** 3,7	2,9
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	1,5	1,7	1,6
	75	40	40	1,8	1,3	1,6
				\bar{X} 1,7	1,5	1,6
C. Maíz + Lima (Simultáneo Poblac. Inversa)	75	13	40	2,9	2,2	2,6 **
	75	40	13	1,0	1,0	1,0
				\bar{X} 2,0	1,6	1,8
D. Lima (Monocultivo)	25	-	40	2,0	2,4	2,2 **
	75	-	40	3,1 ⁱ	2,6	2,9
				\bar{X} 2,6	2,5	2,5

* Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 5%

** Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 1%

ⁱ Interacción excede al nivel de significación de 5%

Cuadro 11. Índice de cosecha de frijol lima bajo diferentes sistemas de cultivos.

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (Simultáneo)	25	40	40	31,8	29,2	30,5 *
	75	40	40	28,5	26,5	27,5
				\bar{X} 30,2	27,9	29,0
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	8,7	7,6	8,2
	75	40	40	6,0	8,8	7,4
				\bar{X} 7,4	8,2	7,8
C. Maíz + Lima (Simultáneo Poblac. Inversa)	75	13	40	21,6	29,4	25,5 **
	75	40	13	31,7	33,6	32,7
				\bar{X} 26,7	31,5	29,1
D. Lima (monocultivo)	25	-	40	37,7	46,9	42,3 **
	75	-	40	30,8	32,8	31,8
				\bar{X} 34,3	39,9	37,1

* Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 5%

** Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 1%

ⁱ Interacción excede al nivel de significancia de 5%

ⁱⁱ Interacción excede al nivel de significancia de 1%

cuando se utilizaban hileras simples y de 39,9 a 27,9 en hileras dobles. La siembra de una planta de frijol lima (13 mil pl/ha) con tres de maíz (40 mil pl/ha) a la distancia de 75 cm dió una distribución más eficiente de biomasa en grano (32,7) en relación al asocio de tres plantas de lima (40 mil pl/ha) con tres de maíz (40 mil pl/ha) a 75 cm entre golpes (27,5).

Cuando se utilizó una población de 40 mil pl/ha de lima con 13 mil ó 40 mil pl/ha de maíz, a la distancia de 75 cm entre golpes, no se encontraron diferencias significativas para este índice.

4.2. Producción de maíz.

4.2.1. Rendimiento de grano seco

En forma general los mayores rendimientos promedios fueron obtenidos por el maíz del sistema en relevo, que funcionó como monocultivo durante la primera fase, habiéndose registrado el rendimiento total más alto (3977,2 kg/ha) al sembrar maíz a 25 cm entre plantas. Al pasar de esta distancia al mayor espaciamiento de 75 cm se observó una disminución en el rendimiento de 6,9% (Cuadro 12).

El rendimiento comercial de grano se vió afectado en 17,37% cuando el maíz se sembró simultáneamente con la lima, lo que viene a ser aproximadamente el doble de la reducción obtenida en el sistema en relevo.

Al asociar simultáneamente maíz y frijol lima en poblaciones constantes (40 mil pl/ha) se obtuvo un rendimiento comercial promedio de 2936,5 kg/ha, que viene a ser un 15,3% menos (530,4 kg/ha) que los ren

Cuadro 12. Rendimiento total de maíz en kilogramos por hectárea bajo diferentes sistemas de cultivos.

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (Simultáneo)	25	40	40	3748,0	3606,5	3677,3
	75	40	40	3670,5	3190,0	3430,3
				\bar{X}	3709,3	3398,3
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	3956,3	3998,0	3977,2
	75	40	40	3958,8	3450,0	3704,4
				\bar{X}	3957,6	3724,0
C. Maíz + Lima (Simultáneo Poblac. Inversa)	75	13	40	1404,8	1524,3	1464,6
	75	40	13	3997,0	3586,3	3791,7
				\bar{X}	2700,9	2555,3

**

Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 1%

dimientos obtenidos por el maíz del sistema en relevo (Cuadro 13).

Al sembrar maíz y frijol lima en forma de relevo y en asocio directo, los mayores rendimientos, de 3666,8 y 3326,3 kg/ha respectivamente, fueron obtenidos al sembrar hilera simple y plantas espaciadas a 25 cm (Figura 6), sin embargo al comparar los promedios dentro de cada grupo, para tratar de detectar efecto de hilera y distribución de plantas, no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 11A).

Los menores rendimientos comerciales, de 1021,8 y 1139,3 kg/ha fueron obtenidos al utilizar 13 mil plantas/ha de maíz asociado con 40 mil plantas de frijol lima, bajo hilera simple y doble respectivamente.

En relación a los componentes del rendimiento, cuando se utilizaba una población de maíz de 40 mil plantas/ha, el número de plantas por parcela útil varió de 34,8 a 40,0 (Cuadro 14).

En forma general se observó una disminución en el número de plantas por parcela cuando se pasaba del distanciamiento de 75 a 25 cm entre plantas.

Se encontró significancia por efecto de hilera únicamente para el sistema en relevo, habiéndose registrado valores de 35,6 y 37,7 plantas por parcela útil para hilera doble y simple respectivamente.

En lo que al número de mazorcas por planta se refiere, el valor más alto (1,13 mazorcas) para este componente del rendimiento se obtuvo cuando se sembraba una planta de maíz (13 mil plantas/ha) con tres de frijol lima (40 mil plantas/ha) al distanciamiento de 75 cm, disminuyendo a 0,95 mazorcas por planta cuando se utilizaban poblaciones inversas

Cuadro 13. Kilogramos por hectárea de maíz comercial bajo diferentes sistemas de cultivos.

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (Simultáneo)	25	40	40	3326,3	2912,3	3119,3
	75	40	40	3053,5	2454,0	2753,8
				\bar{X}	3189,9	2683,2
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	3666,8	3528,8	3597,8
	75	40	40	3513,3	3158,8	3336,1
				\bar{X}	3590,1	3343,8
C. Maíz + Lima (simultáneo Poblac. Inversa)	75	13	40	1021,8	1139,3	1080,6
	75	40	13	3269,3	3112,5	3190,9
				\bar{X}	2145,6	2125,9

** Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 1%

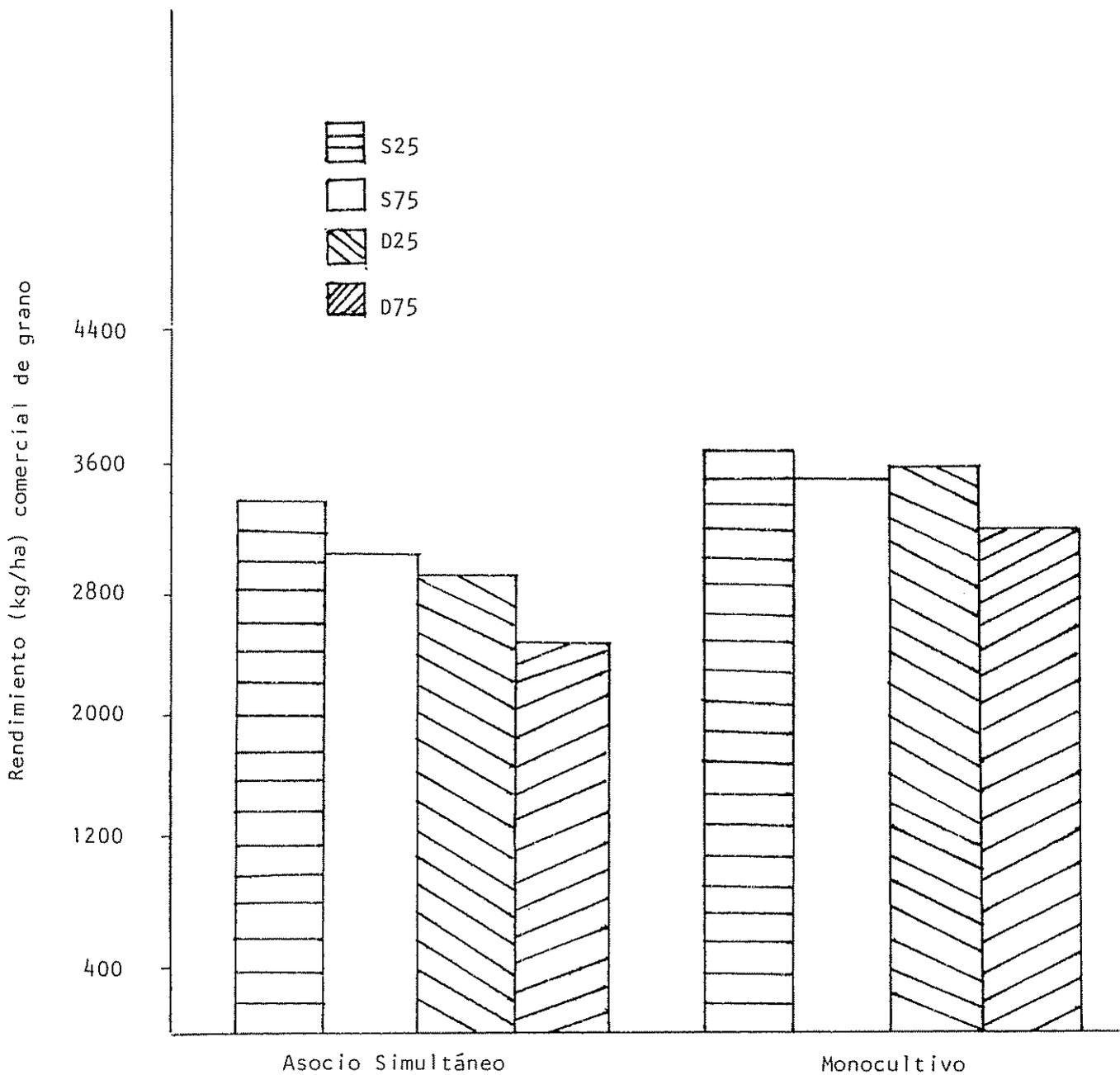


Fig. 6, Kilogramos por hectárea de maíz comercial en monocultivo y asociado con frijol lima en forma simultánea, bajo dos disposiciones de hileras (Simple=S y Doble=D) y dos distanciamientos de plantas (25 y 75 cm)

Cuadro 14. Número de plantas de maíz por parcela útil, en los diferentes sistemas evaluados

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (Simultánea)	25	40	40	37,3	34,8	36,1
	75	40	40	37,3	40,0	38,7 **
				\bar{X} 37,3	37,4	37,4
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	35,8	34,8	35,3
	75	40	40	39,5	36,3	37,9 **
				\bar{X} 37,7 **	35,6	36,6
C. Maíz + Lima (Simultáneo Poblac. Inversa)	75	13	40	14,3	14,3	14,3
	75	40	13	39,8	38,5	39,2 **
				\bar{X} 27,1	26,4	26,7

** Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 1%

ii Interacción excede al nivel de significancia de 1%

dentro del mismo espaciamiento (Cuadro 15).

No se detectaron diferencias significativas por efecto de hilera y distribución de plantas (Cuadro 11A).

Con respecto al volcamiento el más alto porcentaje de plantas de maíz volcadas (9,9%) se obtuvo cuando se asociaba tres plantas de frijol lima (40 mil plantas/ha) con una planta de maíz (13 mil plantas/ha) al espaciamiento de 75 cm, el cual fue reducido a 6,3% cuando se sembraba una planta de lima con tres de maíz al espaciamiento señalado (Cuadro 16).

En el sistema en relevo el porcentaje de plantas volcadas (3,7%) fue similar al promedio obtenido (3,0%) en la siembra simultánea.

El análisis estadístico no reflejó diferencias significativas por efecto de hilera, población y distribución de plantas (Cuadro 11A).

Al compararse el porcentaje de plantas de maíz quebradas en el asocio directo con frijol lima y en el sistema en relevo, se observan diferencias significativas entre ambos sistemas de siembra (Cuadro 11A), en el sistema en relevo fue mínima o inexistente la cantidad de plantas que presentaban dicha condición (Cuadro 17).

Cuando se asoció tres plantas de frijol lima con una planta de maíz, se dió el más alto porcentaje (55,9%) de plantas de maíz quebradas debajo del punto de inserción de la mazorca, este valor fue reducido notablemente a 19,7% cuando se sembraba una planta de lima con tres de maíz; por otro lado al asociar plantas de maíz y lima en una relación uno a uno a los distanciamientos de 25 y 75 cm entre golpes, se

Cuadro 15. Número de mazorcas por planta en los diferentes sistemas evaluados

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (Simultánea)	25	40	40	0,99	1,00	1,0
	75	40	40	0,98	0,93	0,96
				\bar{X} 0,99	0,97	0,98
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	1,07	1,06	1,07
	75	40	40	1,05	0,98	1,02
				\bar{X} 1,06	1,02	1,04
C. Maíz + Lima (Simultáneo Poblac. Inversa)	75	13	40	1,10	1,16	1,13 **
	75	40	13	0,96	0,93	0,95
				\bar{X} 1,03	1,05	1,04

** Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 1%

Cuadro 16. Porcentaje de plantas de maíz volcadas en los diferentes sistemas evaluados.

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (Simultáneo)	25	40	40	4,0	2,9	3,5
	75	40	40	1,4	3,7	2,6
				\bar{X}	2,7	3,3
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	0,7	5,7	3,2
	75	40	40	3,7	4,8	4,3
				\bar{X}	2,2	5,3
C. Maíz + Lima (Simultáneo Poblac. Inversa)	75	13	40	12,5	7,3	9,9
	75	40	13	5,1	7,5	6,3
				\bar{X}	8,8	7,4

Cuadro 17. Porcentaje de plantas de maíz quebradas en los diferentes sistemas evaluados.

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Línea	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (Simultánea)	25	40	40	18,9	28,3	23,6
	75	40	40	22,8	23,8	23,3
				\bar{X}	20,9	26,1
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	0,7	0,0	0,4
	75	40	40	0,0	0,0	0,0
				\bar{X}	0,4	0,0
C. Maíz + Lima (Simultáneo Poblac. Inversa)	75	13	40	60,9	50,9	55,9
	75	40	13	20,9	18,4	19,7
				\bar{X}	40,9	34,7

** Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 1%

obtuvo un promedio de 23,5% de plantas de maíz quebradas. No logró detectarse significancia por efecto de hilera y distribución de plantas.

El rendimiento comercial de grano estuvo estrechamente relacionado con el porcentaje de mazorcas dañadas. El más alto porcentaje (41,0%) de mazorcas enfermas se dió cuando se sembraban tres plantas de lima con una planta de maíz, mismo que fue reducido a 24,8% cuando se asoció una planta de lima con tres de maíz (Cuadro 18). Por otra parte la siembra de tres plantas de maíz con tres plantas de frijol lima, incrementó el porcentaje de mazorcas enfermas en 8,4% en relación al asocio de tres plantas de maíz con únicamente una planta de lima.

El maíz del sistema en relevo, mostró el menor número de mazorcas enfermas (18,1%).

En todos los sistemas estudiados se observó un incremento en el diámetro del tallo cuando se sembraba una planta de maíz por golpe en relación a la utilización de tres plantas (Cuadro 19).

El valor más alto para esta característica (26,5 mm) se dió cuando se sembraba simultáneamente maíz y lima con poblaciones de 13 mil y 40 mil plantas/ha respectivamente, mismo que fue reducido en 6,5 mm cuando se usaron poblaciones inversas.

Al utilizar poblaciones constantes (40 mil plantas/ha) de maíz y lima asociados en forma simultánea y en relevo, se obtuvo un diámetro promedio de 19,5 mm al espaciamiento de 75 cm, el cual se incrementó en 18% y 21% en el asocio directo y en el sistema en relevo respectivamente, al sembrar al espaciamiento de 25 cm.

Cuadro 18. Porcentaje de mazorcas enfermas en los diferentes sistemas evaluados.

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (simultánea)	25	40	40	17,4	30,3	23,9
	75	40	40	29,2	37,2	33,2
				\bar{X} 23,3	33,8	28,5
				**		
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	18,6	18,5	18,6
	75	40	40	20,6	14,8	17,7
				\bar{X} 19,6	16,7	18,1
C. Maíz + Lima (Simultáneo Poblac. inversa)	75	13	40	42,1	39,8	41,0
	75	40	13	28,3	21,2	24,8
				\bar{X} 35,2	30,5	32,9

** Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 1%

Cuadro 19. Diámetro en mm del tallo de maíz bajo diferentes sistemas de cultivos. .

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (Simultáneo)	25	40	40	23	23	23,0 **
	75	40	40	20	19	19,5
				\bar{X}	21,5	21,0
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	24	23	23,5 **
	75	40	40	20	19	19,5 **
				\bar{X}	22,0	21,0
				**		
C. Maíz + Lima (Simultáneo Poblac. Inversa)	75	13	40	27	26	26,5
	75	40	13	20	20	20,0 **
				\bar{X}	23,5	23,0

** Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 1%

No se detectó efecto de hilera al asociar maíz y lima en forma simultánea (Cuadro 11A).

El rendimiento y sus componentes no estuvieron correlacionados con la altura de plantas de maíz.

Los datos de altura registrada a intervalos de 15 días hasta el período de floración, para los diferentes sistemas estudiados se presentan en el Cuadro 9A.

A los 15 días de edad se detectó efecto significativo por distribución de planta, disposición de hilera y población sobre la altura del maíz cuando se encontraba sembrado simultáneamente con frijol lima (Cuadro 10A).

Cuando las plantas de maíz tenían 30 días de edad se encontraron diferencias significativas por efecto de distribución de planta en el asocio directo y por disposición de hilera en el sistema en relevo.

A los 45 días de edad no se manifestaron diferencias significativas en la altura de planta de maíz creciendo en los diferentes sistemas, pero sí se hicieron evidentes los efectos de distribución de planta, hilera y población cuando se efectuó la última medición a la época de la floración. En este período se observa en forma general un ligero incremento de altura (6 a 13 cm) cuando las plantas se encontraban dispuestas en hileras dobles en relación a hileras simples y cuando se pasa de 25 a 75 cm de espaciamiento entre plantas. La mayor altura promedio (272 cm) se obtuvo con plantas de maíz creciendo en forma asociada con frijol lima con un espaciamiento de 25 cm entre golpes (Cuadro 20).

Cuadro 20. Altura en cm de planta de maíz a los 60 días de edad bajo diferentes sistemas de cultivos.

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (Simultáneo)	25	40	40	249	269	259 **
	75	40	40	272 ⁱⁱ	271	272
				\bar{X}	261	270
B. Maíz - Lima (Rrelevo)	25	40	40	256	265	261 *
	75	40	40	262	271	267
				\bar{X}	259	268
C. Maíz + Lima (Simultáneo Poblac. Inversa)	75	13	40	261	261	261
	75	40	13	263	272	268 **
				\bar{X}	262	267

* Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 5%

** Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 1%

ⁱⁱ Interacción excede al nivel de significancia de 1%

Aunque el análisis estadístico efectuado reveló diferencias significativas, por efecto de hilera, distribución y población, las diferencias obtenidas en el crecimiento expresado en altura no fueron relevantes como se muestra en las Figuras 7 y 8.

4.2.2. Biomasa aérea

El promedio general del peso seco por planta de maíz fue de 276 gramos (Cuadro 21). No se detectaron diferencias significativas por efecto de disposición de hilera, población y distribución de plantas (Cuadro 12A).

4.2.3. Índice de Area Foliar (IAF)

Al asociar maíz con frijol lima en forma simultánea y en relevo la superficie foliar por unidad de área fue de 3,2 y 3,1 dm^2 respectivamente. Por otro lado, el valor más bajo (1,0 dm^2) registrado para este índice se obtuvo cuando se sembraba maíz a una población de 13 mil plantas/ha con 40 mil plantas de frijol lima (Cuadro 22).

4.2.4. Índice de cosecha

Los valores obtenidos con este índice variaron de 29,2 a 35,6% (Cuadro 23), sin embargo al comparar los promedios no se encontraron diferencias significativas entre los diversos sistemas evaluados (Cuadro 12A).

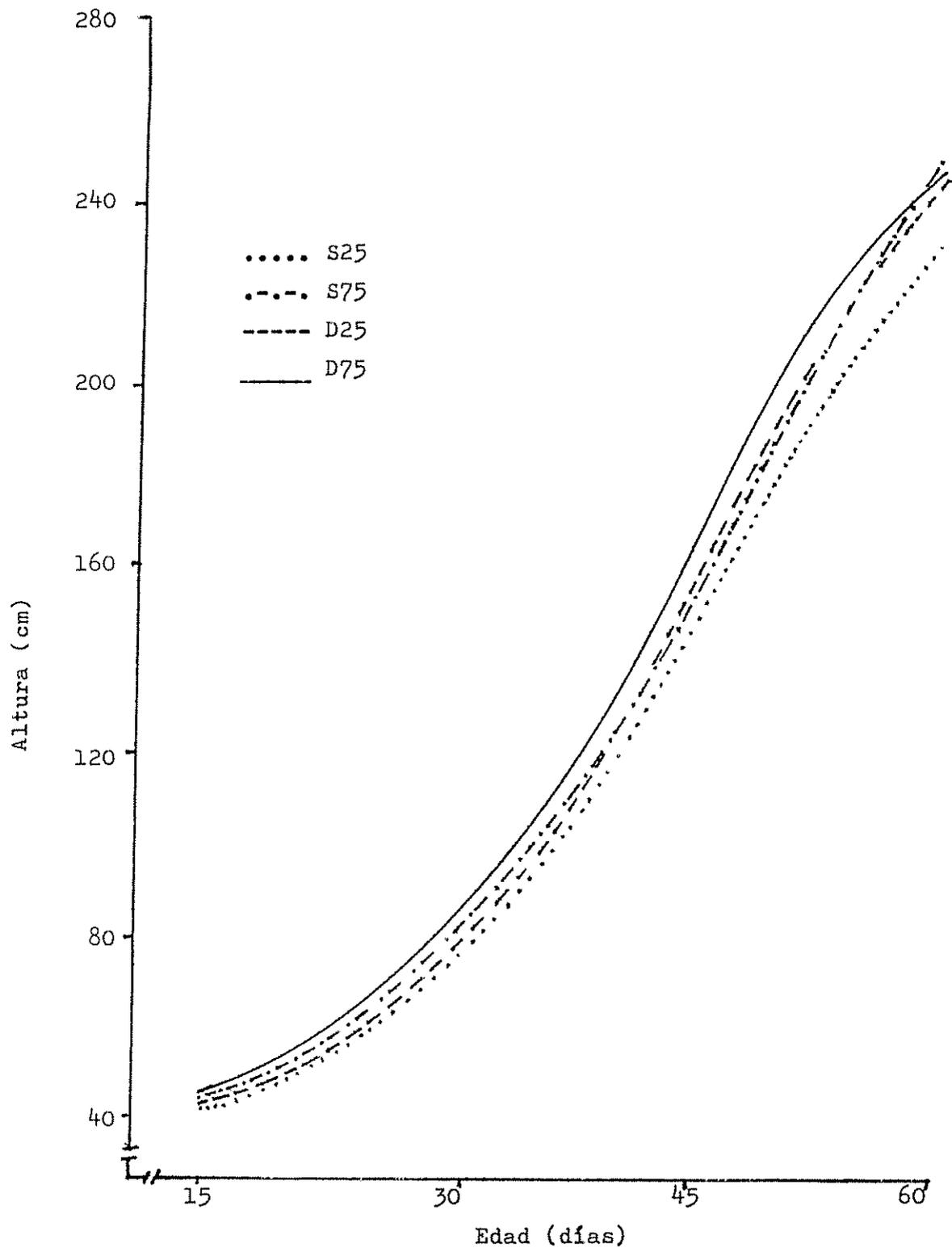


Fig. 7. Variaciones de la altura de plantas de maíz asociado con frijol lima, bajo dos disposiciones de hileras (Simple= S y Doble= D) y dos distanciamientos de plantas (25 y 75).

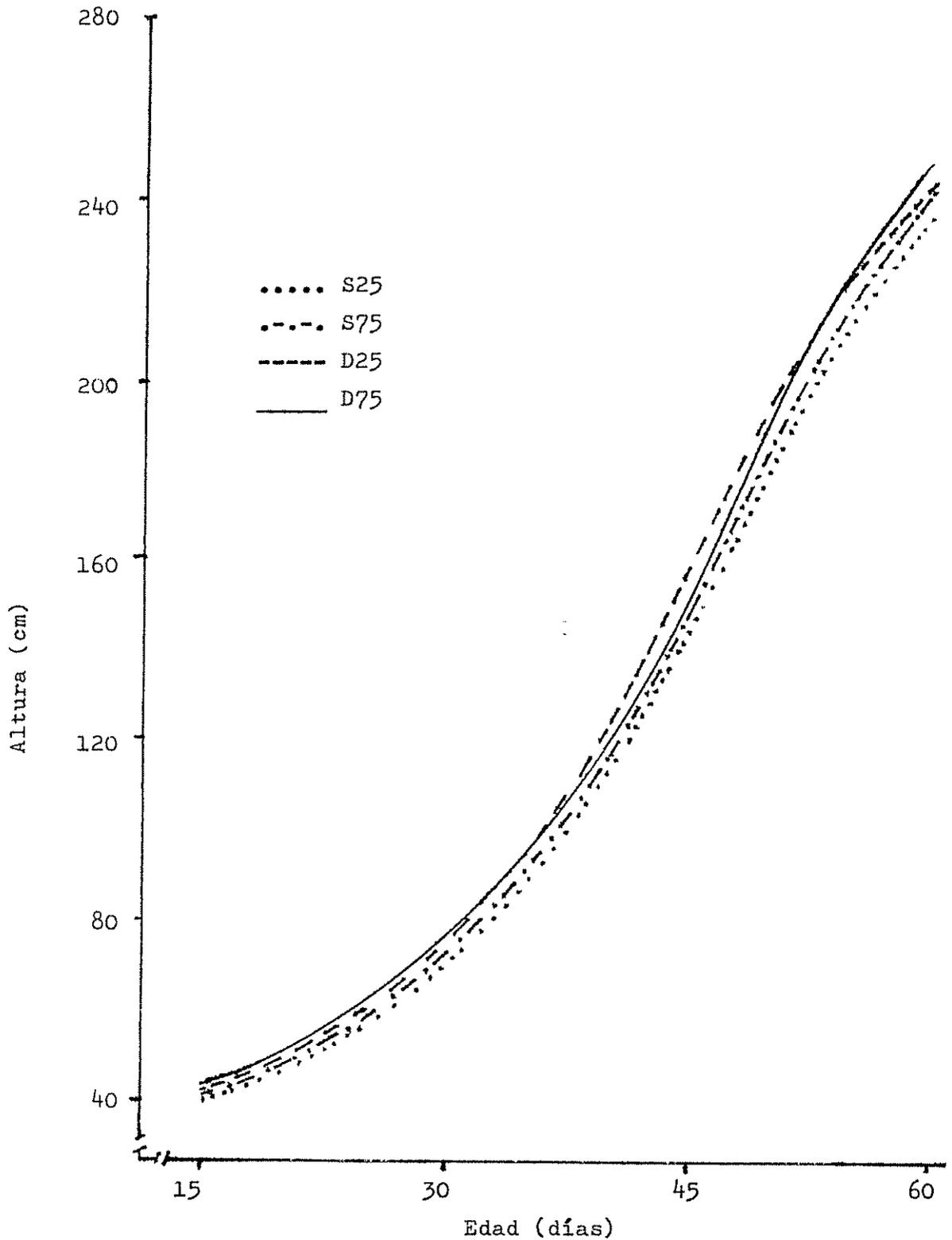


Fig 8. Variaciones de la altura de plantas de maíz en el sistema de relevo, bajo dos disposiciones de hileras (Simple=S y Doble= D) y dos distanciamientos de plantas (25 y 75 cm)

Cuadro 21. Gramos por planta de Biomasa aérea de maíz bajo diferentes sistemas de cultivos.

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (Simultánea)	25	40	40	288	271	280
	75	40	40	279	247	263
				\bar{X} 284	259	271
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	299	292	296
	75	40	40	267	247	257
				\bar{X} 283	270	276
C. Maíz + Lima (Simultáneo Poblac. Inversa)	75	13	40	307	309	308
	75	40	13	261	249	255
				\bar{X} 284	279	282

Cuadro 22. Índice de área foliar (dm^2 hoja/ dm^2 suelo) de maíz bajo diferentes sistemas de cultivos

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (Simultáneo)	25	40	40	3,4	3,1	3,3
	75	40	40	3,2	3,1	3,2
				\bar{X}	3,3	3,1
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	3,3	3,1	3,2
	75	40	40	3,1	3,0	3,1
				\bar{X}	3,2	3,1
C. Maíz + Lima (Simultáneo Poblac. Inversa)	75	13	40	1,0	1,0	1,0
	75	40	13	2,8	2,8	2,8
				\bar{X}	1,9	1,9

** Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 1%

Cuadro 23. Índice de cosecha de maíz bajo diferentes sistemas de cultivos.

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (Simultáneo)	25	40	40	32,3	34,5	33,4
	75	40	40	32,1	30,6	31,4
				\bar{X}	32,2	32,6
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	34,9	35,6	35,3
	75	40	40	33,6	34,9	34,3
				\bar{X}	34,3	35,3
C. Maíz + Lima (Simultánea Poblac. Inversa)	75	13	40	29,2	31,3	30,3
	75	40	13	34,7	33,9	34,3
				\bar{X}	32,0	32,6

4.3. Comparaciones entre los sistemas.

4.3.1. Eficiencia energética

Los sistemas más eficientes para transformar energía solar fotosintéticamente activa en biomasa almacenada por los cultivos, fueron las siembras simultáneas de maíz y frijol lima, alcanzando la mayor eficiencia de 1,94% con el arreglo de hileras dobles y plantas espaciadas a 25 cm (Cuadro 24).

Los valores promedios más bajos, alrededor de 0,65 fueron obtenidos con los diferentes arreglos espaciales del sistema monocultural de frijol lima.

Al comparar los promedios dentro de cada grupo (Cuadro 14A) únicamente pudo detectarse significancia por efecto de población, habiéndose obtenido un incremento en la eficiencia energética de 1,13 a 1,43% cuando se utilizaban 40 mil y 13 mil plantas/ha de maíz y lima respectivamente, en relación al asocio de estos cultivos utilizando poblaciones inversas.

4.3.2. Índice de energía cosechada

El valor más alto (35,8%) para este índice que refleja el porcentaje de la energía de la biomasa total que se encuentra en forma de energía de biomasa comestible, fue obtenido al sembrar simultáneamente maíz y frijol lima con poblaciones de 40 mil y 13 mil plantas/ha respectivamente, espaciadas a 75 cm entre golpes. Este valor fue reducido a 24,6% cuando se sembraba maíz y lima con poblaciones inversas (Cuadro 25).

Cuadro 24. Eficiencia energética de los diferentes sistemas estudiados.

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (simultáneo)	25	40	40	1,78	1,94	1,86
	75	40	40	1,80	1,73	1,77
				\bar{X}	1,79	1,84
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	1,15	1,19	1,17
	75	40	40	1,07	0,96	1,02
				\bar{X}	1,11	1,08
C. Maíz + Lima (Simultáneo Poblac. Inversa)	75	13	40	1,17	1,09	1,13
	75	40	13	1,45	1,41	1,43
				\bar{X}	1,31	1,25
D. Lima (Monocultivo)	25	-	40	0,67	0,72	0,70
	75	-	40	0,57	0,65	0,61
				\bar{X}	0,62	0,69

* Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 5%

Cuadro 25. Índice de energía cosechada de los diferentes sistemas estudiados.

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (Simultáneo)	25	40	40	30,1	26,5	28,3
	75	40	40	28,5	26,9	27,7
				\bar{X} 29,3 *	26,7	28,0
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	31,3	30,4	30,9
	75	40	40	32,5	32,4	32,5
				\bar{X} 31,9	31,4	31,7
C. Maíz + Lima (Simultáneo Poblac. Inversa)	75	13	40	21,9	27,2	24,6
	75	40	13	36,8 ⁱ	34,8	35,8 *
				\bar{X} 29,4	31,0	30,2
D. Lima (Monocultivo)	25	-	40	27,0	34,5	30,8
	75	-	40	26,2 ⁱⁱ	22,5	24,4 **
				\bar{X} 26,6	28,5	27,6

* Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 5%

** Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 1%

ⁱ Interacción excede al nivel de significancia de 5%

ⁱⁱ Interacción excede al nivel de significancia de 1%

En relación al maíz del sistema en relevo, la mayor eficiencia (32,5%) se obtuvo al sembrar al espaciamiento de 75 cm, sin embargo al comparar los promedios de los diferentes arreglos espaciales no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 14A).

La siembra de frijol lima solo, al más amplio espaciamiento entre plantas (75 cm) dió el valor más bajo para este índice (24,4%).

4.3.3. Relación Equivalente del Area en el Tiempo (REAT)

Los valores más altos para este índice, de 1,24 y 1,23 se obtuvieron al asociar maíz y frijol lima en forma simultánea, dispuestos en hileras simples y plantas espaciadas a 25 y 75 cm respectivamente (Cuadro 26).

El asocio indirecto o relevo, en sus diferentes arreglos espaciales fueron menos eficientes ($REAT = 0,55$) en la utilización del área-tiempo que los monocultivos.

4.3.4. Biomasa de malezas

Los datos de esta variable (Cuadro 27), indican que en forma general los más altos valores de peso seco o biomasa de malezas se obtuvieron bajo el arreglo de hileras dobles y al mayor espaciamiento entre plantas (75 cm).

Para el frijol lima cultivado solo se encontró que la mayor cantidad de biomasa de malezas de 3835 kg/ha bajo hileras dobles, superó en 1225 kg a la obtenida bajo hilera simple. De manera similar se observó un incremento de biomasa de 2890 a 3556 kg/ha al aumentar la distancia de siembra de 25 a 75 cm.

Cuadro 26. Relación equivalente del Area en el tiempo (REAT), para frijol lima y maíz en siembra simultánea y relevo

Sistema	Hilera	Distancia entre golpes (cm)	Número de plantas por golpe		Rendimiento Relativo del área en el tiempo		REAT
			Maíz	Lima	Frijol Lima	Maíz	
Maíz + Lima (simultáneo)	Simple	25	1	1	0,54	0,70	1,24
		75	3	3	0,54	0,69	1,23
	Doble	25	1	1	0,31	0,64	0,95
		75	3	3	0,54	0,60	1,14
Maíz - Lima (Relevo)	Simple	25	1	1	0,01	0,53	0,54
		75	3	3	0,01	0,53	0,54
	Doble	25	1	1	0,02	0,53	0,55
		75	3	3	0,02	0,53	0,55
Lima (monocultivo)	Simple	25	-	1	1,00	-	1,00
		75	-	3	1,00	-	1,00
	Doble	25	-	1	1,00	-	1,00
		75	-	3	1,00	-	1,00
Maíz (monocultivo)	Simple	25	1	-	-	1,00	1,00
		75	3	-	-	1,00	1,00
	Doble	25	1	-	-	1,00	1,00
		75	3	-	-	1,00	1,00

Cuadro 27. Kilogramos por hectárea de Biomasa de maleza de los diferentes sistemas estudiados.

Sistema	Distancia entre plantas (cm)	Población miles/ha		Hilera		Promedio (\bar{X})
		Maíz	Lima	Simple	Doble	
A. Maíz + Lima (Simultáneo)	25	40	40	2128	2350	2239
	75	40	40	2227	2466	2347
				\bar{X}		
				2178	2408	2292
B. Maíz - Lima (Relevo)	25	40	40	2755	3054	2905
	75	40	40	2942	2905	2924
				\bar{X}		
				2849	2980	2914
C. Maíz + Lima (Simultáneo Poblac. Inversa)	75	13	40	3238	3144	3191 *
	75	40	13	2469	2888	2679
				\bar{X}		
				2854	3016	2935
D. Lima (monocultivo)	25	-	40	2432	3347	2890
	75	-	40	2788	4323	3556 **
				\bar{X}		
				2610	3835	3223

* Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 5%

** Diferencias entre promedios exceden al nivel de significancia de 1%

Al sembrar maíz y frijol lima en forma simultánea y en relevo se obtuvieron en promedio 2292 y 2914 kg/ha de malezas respectivamente. Al comparar los promedios dentro de cada grupo no se encontraron diferencias significativas por efecto de hilera y distribución de plantas.

4.3.5. Evaluaciones económicas:

El análisis económico de los diferentes sistemas de producción se presentan en el Cuadro 28. El mayor ingreso neto de \$ 24618,68 se obtuvo al sembrar frijol lima solo bajo hileras dobles y plantas espaciadas a 25 cm, este cultivo sembrado simultáneamente con maíz (13 mil plantas/ha), bajo el mismo arreglo de hileras y plantas espaciadas a 75 cm, le sigue en orden de rentabilidad con un ingreso neto de \$ 15698,75.

El sistema de maíz con frijol lima en relevo, en sus diferentes arreglos espaciales reportó valores negativos en los ingresos netos.

El frijol lima creciendo sobre soporte artificial representa los mayores costos totales.

La influencia de la mano de obra familiar es considerable puesto que los valores son más altos para ingreso familiar en relación al obtenido por el ingreso neto.

Los costos de producción y los precios de los insumos y productos en la época en que se efectuó esta evaluación se presentan en los Cuadros 15A y 16A respectivamente.

Cuadro 28. Análisis beneficio-costo de los sistemas de cultivos estudiados considerando la producción de maíz como grano seco y frijol lima como grano tierno. Turrialba, Costa Rica, 1980 (¢/ha).

Sistema ^{1/}	Ingreso total	Costos totales	Ingreso neto	Ingreso neto familiar	
Maíz + Lima (Simultáneo)	S25	30417,46	15814,96	14602,50	26660,03
	S75	24209,69	14355,78	9853,91	20452,26
	D25	26186,60	14946,38	11240,22	22429,17
	D75	24344,81	14762,18	9582,63	20587,38
Maíz - Lima (Relevo)	S25	8868,27	11154,76	-2286,49	5131,68
	S75	8605,96	11068,31	-2462,35	4869,37
	D25	9336,23	11250,04	-1913,81	5599,64
	D75	7905,13	10970,25	-3065,12	4168,54
Lima (Monocultivo)	S25	46519,50	35122,64	11396,86	28718,39
	S75	37837,50	28666,07	9171,43	23587,24
	D25	63367,50	38748,82	24618,68	45566,39
	D75	37962,00	28692,91	9269,09	23711,74
Maíz + Lima (Simultáneo) (Poblac. Inver.)	S(13M-40L)	25171,22	14624,17	10547,05	21452,03
	S(40M-13L)	21350,01	13460,80	7889,21	17859,48
	D(13M-40L)	31670,64	15971,89	15698,75	27951,45
	D(40M-13L)	22656,18	13799,36	8856,82	19165,65

^{1/} M = maíz; L = frijol lima; S = hilera simple; D = hilera doble; 25 y 75 = distancia (cm) entre plantas; 13 y 40 = población (miles/ha).

4.4. Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas que prevalecieron durante el período experimental se caracterizaron por una precipitación mensual similar al promedio de 35 años, exceptuando los meses de Julio, Agosto y Octubre que alcanzaron valores inferiores a dichos promedios, sin llegar a ser limitantes, registrándose la menor precipitación de 132,5 mm durante el mes de Octubre. Caso contrario, Diciembre se caracterizó por ser un mes sumamente lluvioso, cayendo 110 mm más que lo indicado por el promedio (Figura 9).

Las condiciones climáticas especialmente la alta precipitación y las menores temperaturas durante los meses de Noviembre y Diciembre favorecieron el desarrollo y difusión del hongo Phytophthora phaseoli.

4.4.1. Radiación solar

La radiación solar disponible a 1 m de altura para el frijol lima durante el período crítico de floración, cuando se encontraba en monocultivo y asociado con maíz en forma simultánea, bajo dos disposiciones de hilera y dos distribuciones de planta se muestra en la Figura 10. En forma general la menor cantidad de radiación disponible ocurre cuando las plantas de frijol lima se encuentran asociadas con maíz espaciados a 25 cm entre golpe, tanto bajo la forma de hilera simple o doble. El registro diario de la radiación solar en calorías/cm²/día y su porcentaje relativo se presentan en el Cuadro 3A.

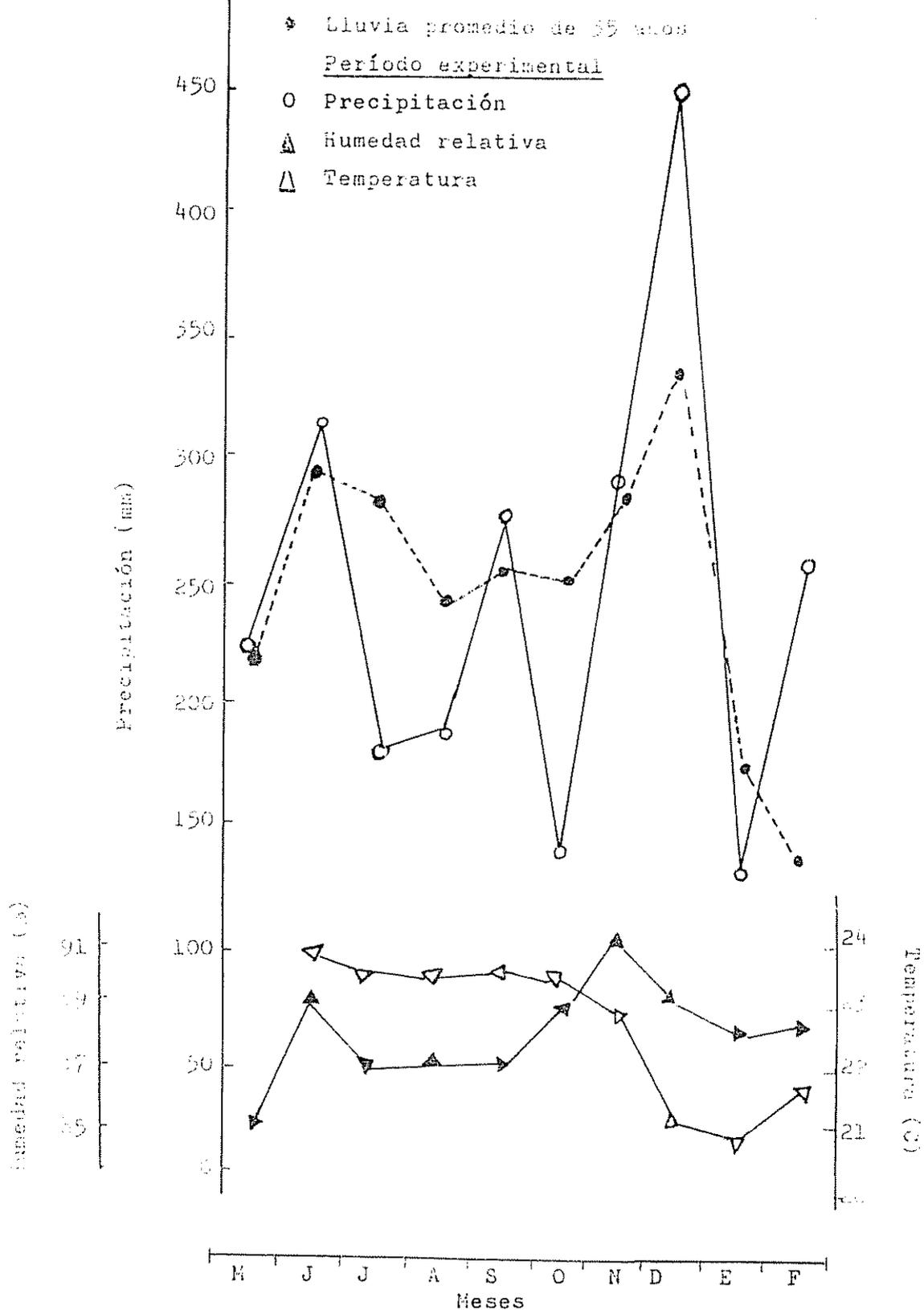


Fig 9. Variación de las condiciones climáticas que prevalecieron durante el periodo experimental (Mayo 1980-Febrero 1981), y precipitación promedio de 35 años, Turrialba, Costa Rica.

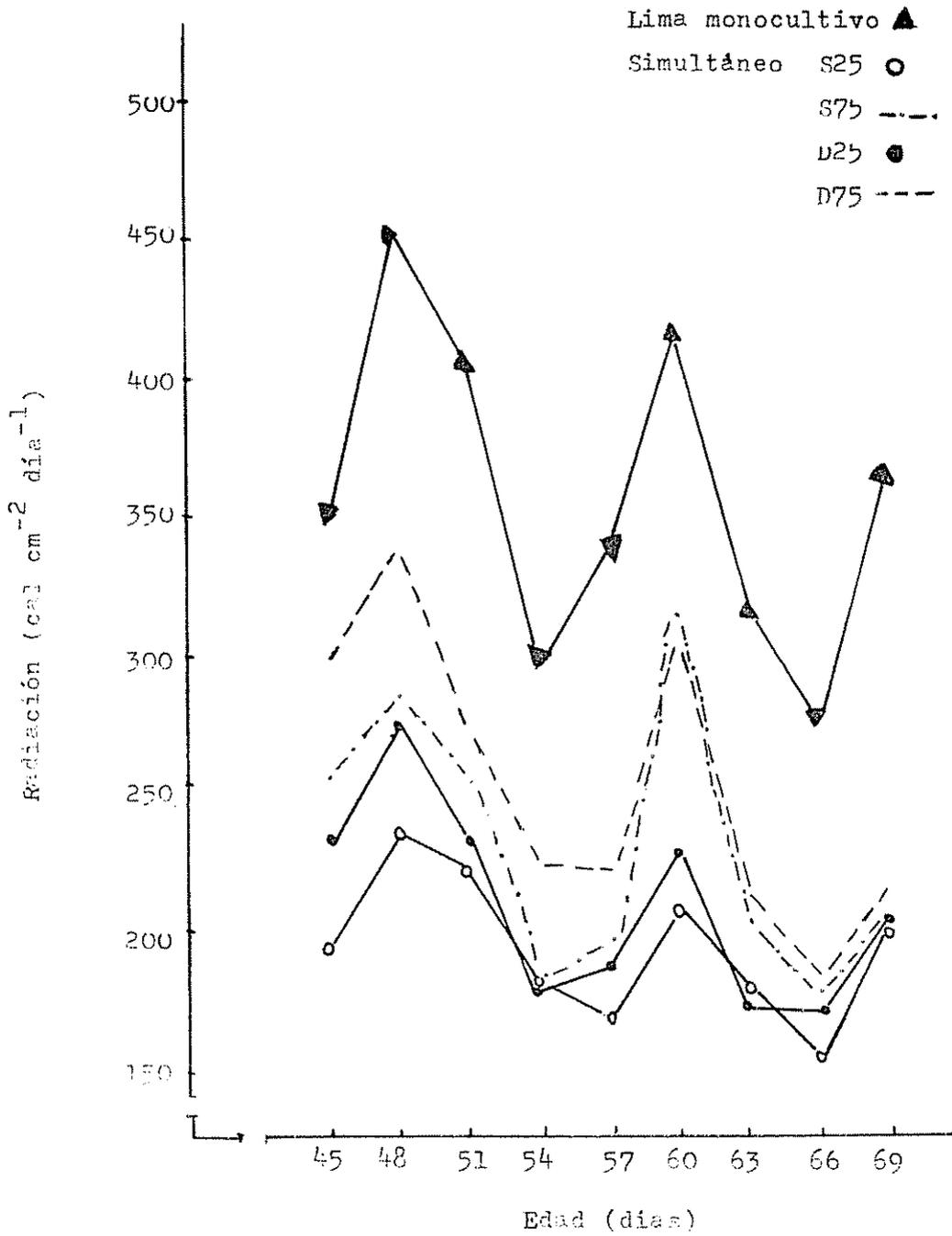


Fig. 10. Radiación disponible para el frijol lima solo y asociado con maíz bajo dos disposiciones de hileras (Simple=S y Doble=D) y dos distribuciones de plantas (25 y 75 cm) durante el período crítico de floración.

5. DISCUSION

Los valores promedios más altos obtenidos al utilizar una planta por golpe al menor distanciamiento (25 cm) y dispuestas en hileras dobles (4224,5 kg/ha) y simples (3101,3 kg/ha) de frijol lima en monocultivo podrían atribuirse a una menor competencia y a un mejor aprovechamiento de la radiación solar disponible, debido a la distribución más amplia de la superficie foliar. Caso contrario la mayor competencia intraespecífica cuando se siembran tres plantas de frijol lima, se hace evidente por las mayores alturas e índice de área foliar obtenidos, por otro lado la mayor presión de competencia a que se encuentran sometidas estas plantas se hace evidente por la menor proporción de biomasa total que se encuentra en forma de grano (Índice de cosecha).

El rendimiento de las plantas de frijol lima asociado bajo los diferentes arreglos espaciales, a pesar de que la falta de uniformidad en el número de plantas por daño de gusanos cortadores, no mostraron diferencias significativas, debido a que el menor número de plantas fue compensado con un incremento en el número de vainas por planta, como se observa por la correlación negativa (Cuadro 8A) encontrada para estas variables.

Los rendimientos sumamente bajos, alrededor de 59 kg/ha, del frijol lima creciendo sobre cañas de maíz fueron debidos al daño ocasionado por el hongo Phytophthora phaseoli que afectó severamente la abscisión de flores y la formación de vainas, habiéndose obtenido únicamente una cosecha.

La disminución de los rendimientos de grano tierno de frijol lima, alrededor del 56%, cuando se encuentra asociado simultáneamente con

maíz, en relación a los monocultivos, se explica probablemente por la menor cantidad de radiación solar disponible (56,5 a 69,5%) para el frijol lima, a un metro de altura, durante el período crítico de floración, sin excluirse la competencia del maíz. Resultados similares fueron reportados por Edge y Laing (23), quienes encontraron una reducción del 50,5% en los rendimientos de frijol común trepador asociado con maíz, lo cual fue atribuido a que la luz interceptada por el frijol a 60 cm de altura, al momento de la floración era un 21% del testigo.

La competencia ejercida por el frijol lima sobre el maíz reduce los rendimientos de este cultivo en 15,3%, el efecto negativo del frijol lima sobre el maíz fue principalmente mecánico al quebrar las plantas de maíz por el peso del follaje, ésto se corrobora por el hecho de que el porcentaje de plantas de maíz quebradas mostró una alta correlación positiva con el número de plantas de frijol lima por golpe y con el número de mazorcas enfermas, y se correlaciona negativamente con el rendimiento total y comercial de maíz.

Por otro lado el efecto competitivo del frijol lima hacia el maíz cuando el número de plantas se sembraban en una relación uno a uno, se muestra claramente por el incremento en los rendimientos de maíz cuando se asocian tres plantas de éste con una planta de frijol lima en sustitución de tres.

Las diferencias existentes entre el rendimiento comercial de maíz y su rendimiento total (Cuadros 12 y 13) se deben al daño por hongos (Diplotidia sp y Fusarium sp) en las mazorcas. El daño del grano fue mayor (17,37%) cuando el maíz se sembró simultáneamente con la li-

ma, pérdida que se redujo (9,73%) en el sistema en relevo, ésto se explica por el mayor porcentaje de plantas de maíz quebradas por el peso de las plantas de frijol lima en el asocio directo.

En relación al efecto de los arreglos espaciales sobre el rendimiento comercial, en general se observa un ligero incremento en rendimientos cuando se siembra una planta a la distancia de 25 cm tanto en forma simultánea como en relevo, en relación a la siembra de tres plantas al distanciamiento de 75 cm, lo cual probablemente se deba a un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles y una menor competencia intraespecífica por la más amplia cobertura y distribución de las plantas en el suelo. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Flor y Francis (27) al asociar maíz a una población constante de 44 mil plantas/ha, con frijol común arbustivo, a 25, 50, 75 y 100 cm entre golpes, utilizando 1, 2, 3 y 4 plantas por golpe respectivamente, donde los más altos rendimientos de maíz se obtuvieron a los menores espaciamientos. Diversos investigadores (25, 58, 65) han encontrado una tendencia similar en la siembra de maíz como cultivo solo.

La disminución de los rendimientos promedios del maíz en hileras dobles en relación a hileras simples, concuerdan con lo observado por Fargas (24), de que la competencia intraespecífica aumenta cuando las plantas de maíz, con poblaciones de 40 mil plantas/ha pasan de la siembra en hileras simples (1 x 0,5 m) a hileras dobles (2,50 x 0,75 x 0,30), sin embargo, la magnitud de la reducción fue inferior al valor (31%) reportado por Fargas.

Cuando se comparan desde el punto de vista energéticos los diferentes sistemas evaluados, se observa que los más altos valores de eficiencia energética obtenidos por la siembra simultánea de maíz y fri -

jol lima a una población constante de 40 mil plantas/ha, son el reflejo de la mayor cantidad de materia seca acumulada en las plantas y superan en eficiencia al sistema en relevo por los rendimientos bajos de grano obtenidos en el frijol lima y por la mayor duración en el campo de este sistema de cultivo.

El valor promedio (1,09%) de eficiencia energética del sistema en relevo, es superior a la eficiencia energética encontrada por Santos - (61) en Turrialba al utilizar frijol lima creciendo sobre cañas de maíz.

A pesar de las altas producciones de biomasa comestible por el frijol lima en monocultivo, en sus diferentes arreglos espaciales, resultaron los sistemas más ineficientes desde el punto de vista energético, debido al menor aporte de energía en la biomasa total en relación a los sistemas asociados.

De manera similar los sistemas de siembra simultánea tuvieron una mayor eficiencia (14 a 24%) en la utilización del área de terreno considerando el tiempo de permanencia, esto se debió a que la eficiencia relativa en la producción de granos de maíz y frijol lima resultaron altas (Cuadro 26).

Los sistemas más ineficientes en cuanto al uso de la tierra, con valores menores que 1,0 son consecuencia de los bajos rendimientos obtenidos en el frijol lima del sistema en relevo.

En relación a los valores obtenidos de biomasa de malezas, se observa (Cuadro 27) que las más altas cantidades de biomasa de malezas se obtuvieron con los arreglos espaciales (hilera doble y 75 cm entre plantas) que permitían la llegada de mayor cantidad de radiación solar al suelo.

Los valores promedios obtenidos contrastan notablemente con las - reducidas cantidades de biomasa de malezas reportadas por Padilla (56), y se encuentra dentro del rango (1320 a 8000 kg/ha) encontrado por Soria (62) para 25 sistemas de cultivos con una permanencia en el campo de 3 a 12 meses.

Evaluaciones económicas:

El mayor ingreso neto obtenido al sembrar frijol lima solo dispuesto en hileras dobles y plantas espaciadas a 25 cm, superó en un - 56,82% al ingreso obtenido con la siguiente alternativa (maíz + lima), sin embargo es necesario establecer que existe una diferencia considerable entre los costos, con un desembolso 142,6% mayor para la primera alternativa (Cuadro 28), por lo que considerando el factor riesgo, se podría optar por la siembra de frijol lima con maíz (13 mil plantas/ha) en hileras dobles y plantas espaciadas a 75 cm.

Los valores negativos en los ingresos netos al sembrar maíz con frijol lima en relevo en sus diferentes arreglos espaciales fue debido a la baja producción de frijol lima.

Los costos de producción de frijol lima en monocultivo, fueron elevados debido al valor de los materiales (postes, alambres e hilos) y de la mano de obra requerida para la instalación del soporte a estas plantas de hábito trepador.

Para propósitos de decisión a nivel de agricultor que cuenta con mano de obra familiar durante todo el año, la cifra sobre ingreso neto familiar puede ser de mayor interés (Cuadro 28); con base en este parámetro la alternativa más conveniente, siembra de frijol lima solo en

hileras dobles y 25 cm entre plantas proporciona una mayor utilización de la mano de obra familiar.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos bajo las condiciones en que se llevó a cabo este experimento, se llega a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Existió competencia entre el maíz y el frijol lima, cuando se sembraron simultáneamente. El maíz reduce su producción en 15,3% y el frijol lima disminuye su rendimiento en 56%.
- La competencia por luz pudo haber sido el factor que más repercutió en la disminución de los rendimientos del frijol lima cuando se sembró simultáneamente con maíz.
- El efecto negativo del frijol lima sobre el maíz fue principalmente mecánico al quebrar las plantas de maíz por el peso del follaje.
- Se produce una menor competencia intraespecífica entre las plantas de frijol lima cuando se utiliza una planta por golpe espaciadas a 25 cm.
- La distribución espacial de plantas no afectó significativamente los rendimientos de maíz y frijol lima cuando se sembraron simultáneamente o en relevo.
- Existe una relación inversa entre el número de vainas por planta y el número de plantas de frijol lima por golpe.
- El rendimiento comercial de frijol lima estuvo correlacionado positivamente con biomasa aérea y número de vainas por planta y en forma -

negativa con el número de plantas de maíz por golpe.

- Las enfermedades de la mazorca (Diplodia sp y Fusarium sp) fueron los principales factores bióticos responsables de la disminución de los rendimientos comerciales de maíz.
- Los sistemas de maíz asociado simultáneamente con frijol lima hacen un uso más eficiente de la tierra en el tiempo, superando en 14 a 24% a los monocultivos correspondientes. Esto no ocurrió cuando se sembraba maíz y frijol lima en hileras dobles y plantas espaciadas a 25 cm.
- El sistema más eficiente desde el punto de vista energético fue la siembra simultánea de maíz y frijol lima, sin embargo, el arreglo espacial no influyó en la eficiencia energética de ninguno de los sistemas evaluados.
- Los ingresos económicos más altos se obtuvieron al sembrar frijol lima solo en hileras dobles y plantas espaciadas a 25 cm.
- La siembra de frijol lima para ser cosechado como grano tierno (60% de humedad) se considera factible para regiones que por sus condiciones de altas precipitaciones no permiten la cosecha del frijol como grano seco. Se sugiere orientar las futuras investigaciones hacia los factores bióticos que limitan su potencial de rendimiento.

7. LITERATURA CITADA

1. AGBOOLA, A. A. and FAYEMI, A. A. Preliminary trials on the intercropping of maize with different tropical legumes in western Nigeria. *Journal of the Agriculture Science* 77:219-225. 1971.
2. AGUIRRE, V. Estudio de los suelos del área del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, IICA - CTEI. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 178p.
3. ARZE BORDA, J. A. Condiciones de radiación solar y otros factores microclimáticos dentro de un cultivo de maíz (Zea mays). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1975. 111p.
4. AVILA, M. La evaluación económica de la producción animal: conceptos y algunas aplicaciones. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 26p.
5. BIEBER, J. L. Estudio de distanciamiento entre pares de surcos dobles y densidad de población de maíz y frijol, utilizando dos variedades de frijol. s. f. (mimeo). 6p.
6. _____. Comparación de 12 variedades de frijol sembradas en asociación con surcos pareados de maíz. s. f. (mimeo). 8p.
7. _____. Ensayo N° 1 de distanciamiento de maíz y frijol. s. f. (mimeo). 8p.
8. CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Informe anual 1978. Turrialba, Costa Rica, 1979. 203p.
9. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe anual 1976. Cali, Colombia, CIAT, 1977. p. irr.
10. _____. Programa de frijol 1977. Cali, Colombia, CIAT serie 02518-77. 1977. 34p.
11. _____. Informe anual 1978. Cali, Colombia, CIAT, 1979. p. irr.
12. _____. Informe anual del programa de frijol 1979. Cali, Colombia, CIAT, 1980. 115p.

13. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe 1980. Cali, Colombia, CIAT, 1980. 101p.
14. CHACON, A. E. y BARAHONA, M. A. Granos básicos en multicultivos. Agricultura El Salvador:8-19. 1975.
15. COCHRAN, W. G. and COX, G. M. Diseños experimentales. México, Trillas, 1974. 661p.
16. CORDNER, H. B. External and internal factors affecting Blossom drop and set of pods in lima beans. Proceeding of the American Society for Horticulture Science 30:571-576. 1933.
17. CORDOBA, H. S.; VILCA, L. y GONZALEZ, P., M. R. Estudio sobre distanciamiento y densidad de siembra con maíz H-3 y H-5 en El Salvador, C. A. In Reunión anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 18^a, San Salvador. 1972. pp. 1-9.
18. COSTA RICA, UNIVERSIDAD. Estación Experimental Agrícola "Fabio Baudrit Moreno". Memoria 1974. Alajuela, Costa Rica, 1974. 129p.
19. _____. Estación Experimental Agrícola "Fabio Baudrit Moreno". Informe anual 1971-1972. Alajuela, Costa Rica, 1972. 161p.
20. DAVIS, J. H. C. Mejoramiento de frijoles volubles para sistemas de siembra de asociación con maíz. In Reunión anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de cultivos Alimenticios, 24^a, El Salvador. Vol. 1 p. irr. 1978.
21. DESIR, S. Producción de maíz y frijol común asociados según hábito de crecimiento y población de plantas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 1975. 41p.
22. EDJE, O. T.; AYONOADU, U. W. U. and MUGHOGHO, L. K. Response of indeterminate beans to varying plant populations. Turrialba, (Costa Rica) 24(1):100-103. 1974.
23. _____. and LAING, D. Physiological factor in maize and bean association. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. s. f. (mimeografiado). 3p.

24. 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).
25. FAYEMI, A. A. Effect of plant population and spacing on the yield of maize in the humid tropics. *Empire Journal of the Experimental Agriculture* 31(24):371-375. 1963.
26. FISHER, V. J. and WEAVER, C. K. Flowering, pod set, and pod retention of lima bean in response to night temperature, humidity, and soil moisture. *Journal of the American Society for Horticulture Science* 99(5):448-450. 1974.
27. FLOR, C. A. y FRANCIS, C. A. Propuesta de estudio de algunos componentes de una metodología para investigar los cultivos asociados en el trópico latinoamericano. In Reunión anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 21^a, El Salvador. 1975. pp. 45-62.
28. FRANCIS, C. A.; FLOR, C. A. y PRAGER, M. Potenciales de la asociación frijol-maíz en el trópico. Cali, Colombia. CIAT. s. f. 23 p. (mimeografiado).
29. GARCIA, S. y DAVIS, J. H. C. Sistemas de siembra de maíz y frijol en asociación. In Reunión anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 26^a, Guatemala. 1980. p. 201.
30. GARCIA B., C. M. Comparación de sistemas de siembra en la asociación maíz-frijol en El Salvador. In Reunión anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos alimenticios, 24^a, San Salvador. 1978. pp. 7-15.
31. GOOD, J. M. Assesment of crop losses caused by nematodes in the United States. *FAO Plant Protection Bulletin* 16(3):37-40. 1968.
32. HARDENBURG, E. V. Bean culture. The MACMILLAN Company, New York. 1927. 238p.

33. HERNANDEZ-BRAVO, G. Potentials and problems of production of dry beans in the lowland tropics. In: Potentials of field beans and other legumes in Latin America. Cali, Colombia, CIAT. 1973. pp. 144-150.
34. HOLDRIDGE, L. R. Life zone ecology. 2a. ed. San José, Costa Rica, Tropical Science Center. 1967. 206p.
35. INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. Annual report 1972. Ibadan, Nigeria, IITA, 1973. pp. 22-24.
36. _____. Annual report 1973. Ibadan, Nigeria, IITA, 1974. pp. 25-27.
37. _____. Annual report 1974. Ibadan, Nigeria, IITA, 1975. pp. 82-82.
38. _____. Annual report 1975. Ibadan, Nigeria, IITA, 1976. 219p.
39. _____. Annual report 1976. Ibadan, Nigeria, IITA, 1977. pp. 47-51.
40. _____. Annual report 1978. Ibadan, Nigeria, IITA, 1978. pp. 44-46.
41. JALDIN CAMARA, E. Efectos de tipo de planta y distribución de surcos sobre el crecimiento y rendimiento de la vainita (Phaseolus vulgaris L.) asociada con maíz (Zea mays). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 1978. 90p.
42. KAPLAN, L.; LYNCH, T. F. and SMITH, C. E. JUNIOR. Early cultivated beans (Phaseolus vulgaris) from an intermontane Peruvian valley. Science 179:76-76. 1973.
43. _____. Archeology and domestication in american Phaseolus (beans). Economic Botany 15:358-368. 1965.
44. LARSON, R. E. and PENG-FI, L. The influence of various row and plant spacings on yields of lima beans. Proceeding of the American Society for Horticultural Science 51:479-485. 1948.

45. 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.
46. LEPIZ, I. R. Asociación de cultivos de maíz-frijol. Agricultura Técnica de México 3(3):98-101. 1971.
47. MAC GILLIVRAY, J. H. et al. Spacing effect on the yield of green lima beans for freezing. Proceeding of the American Society for Horticultural Science 60:330-334. 1952.
48. MACKIE, W. W. Origin, dispersal, and variability of the lima bean, Phaseolus lunatus. Hilgardia 15(1):1-29. 1943.
49. MANCINI, M. S. y CASTILLO D., M. A. Observaciones sobre ensayos preliminares en el cultivo asociado de frijol de enredadera y maíz. Agricultura Tropical (Colombia) 16(3):161-166. 1960.
50. MATTHEWS, W. A. The influence of planting distances on the yield of snap and lima beans. Proceeding of the American Society for Horticultural Science 30:567-570. 1934.
51. MERRILL, A. L. and WATT, B. K. Energy value of foods: basis and derivations. U. S. Department of Agriculture. Agricultural Handbook No. 74. 1955. 105p.
52. MEZA FERNANDEZ, R. Asociación de dos cultivares de maíz (Zea mays L.) con dos de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en siembra simultánea. Tesis Ing. Agr., San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1979. 51p.
53. MORENO, O. R.; TURRENT, A. F. y NUÑEZ, R. E. Las asociaciones de maíz-frijol, una alternativa en el uso de los recursos de los agricultores del Plan Puebla. Agrociencia (México) 14:103-107. 1973.
54. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Tropical legumen: Resources for the future. Edit. National Academy of Sciences. Washington, D. C. 1979. 331p.
55. ORLANDO TOALA, A. Influencia del microclima sobre el comportamiento fisiológico y rendimiento del frijol común y de costa asociados con maíz, yuca y plátano. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 1976. 135p.

56. PADILLA YEPEZ, A. Tipo de planta y distribución de surcos en la producción de maíz-frijol asociados. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1976. 68p.
57. 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. 54p.
58. SALAS F., C. A. Efecto de las distancias, densidades de siembra y fertilización en el rendimiento del maíz. Agricultor Costarricense 28(9):317-320. 1970.
59. SANDERS, J. H. y ALVAREZ, C. Evolución de la producción de frijol en América Latina durante la última década. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 1978. 48p.
60. SANTA-CECILIA, F. C. and VIEIRA, C. Associated cropping of beans and maíz. I. Effects of bean cultivars with different growth habits. Turrialba 28(1):19-23. 1978.
61. 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. 172p.
62. SORIA, J. et al. Investigación sobre sistemas de producción agrícola para el pequeño agricultor del trópico. Turrialba 25(3): 283-293. 1975.
63. TERNES, M. Análisis agro-económico del sistema maíz-yuca según variaciones de población y arreglo espacial. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 1981. 118p.
64. VIEIRA, C.; AIDAR, H. and VIEIRA, R. F. Populacoes de plantas de milho e de feijao, no sistema de cultura consorciada, utilizadas na Zona da Mata de Minas Gerais. Revista Ceres 22(122): 286-290. 1975.
65. VILORIA, L. P. A study on the growth and yield of a glutinous corn as affected by the distances and number of plants per hill. Philippine Abstracts 5(4):434. 1964.
66. WILLIAMS, W. A.; TUCKER, C. L. and GUERRERO, F. P. Competition between two genotypes of lima bean with morphologically different leaf types. Crop Science 18:62-64.

8. APENDICE

Cuadro 1A. Posición geográfica, clima y suelo de la zona donde se realizó el experimento, Turrialba.

Posición Geográfica

Altura sobre el nivel del mar: 602 m,

Longitud: 83°38' Oeste

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)

Número promedio de días con lluvia: 251

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

Radiación diaria promedio: 423,72 cal/cm²/día (\bar{x} de 14 años)

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

Zona de vida: Bosque muy húmedo premontano (34)

Suelo (2)

Origen: Aluvial fluvio lacustre

Serie: Instituto arcilloso, fase normal

Drenaje: Moderado a impedido

Fertilidad natural: mediana a baja

Textura: Franco - arcillosa

pH: Fuertemente ácida (5,3 - 5,7)

* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

Resumen de datos meteorológicos desde la iniciación hasta diciembre de 1977.

Cuadro 2A. Análisis de suelo* previo al establecimiento del ensayo

pH (H ₂ O)	<u>Miliequivalentes/100 ml suelo</u>			P Microgramos/ml
	Ca	Mg	K	
5,23**	5,27	1,38***	0,31	7,17***

* Laboratorio de Suelos, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

** Acido

*** Deficiente

Cuadro 3A. Radiación solar ($\text{cal}/\text{cm}^2/\text{día}$) disponible para el frijol lima en monocultivo y asociado con maíz bajo 2 disposiciones de hileras (simple = S y Doble = D) y 2 distribuciones de plantas (25 y 75 cm).

Días	Ubicación del radiómetro *				
	F	(F+M) D75	(F+M) S75	(F+M) D25	(F+M) S25
45	346	296	253	231	194
46	422	331	323	195	219
47	477	430	223	259	217
48	454	244	303	365	276
49	404	274	291	298	233
50	379	261	225	188	223
51	425	272	241	207	211
52	224	173	126	135	126
53	323	232	183	198	188
54	339	262	227	198	225
55	319	262	173	236	221
56	321	209	223	157	134
57	358	194	189	161	150
58	450	233	280	269	182
59	401	348	326	250	215
60	388	330	328	162	225
61	387	313	301	171	227
62	205	119	122	146	130
63	337	201	171	196	174
64	341	174	200	177	209
65	318	255	236	229	214
66	155	114	92	97	212
67	293	209	225	247	251
68	425	214	187	181	193
69	374	212	198	179	158
Total	8865	6162	5646	5132	5007
Promedio	354,6	246,5	225,84	205,28	200,28
% Relativo	100,0	69,5	63,69	57,89	56,48

* F = Frijol lima solo

F + M = Frijol lima con maíz en siembra simultánea

Cuadro 5A. Altura en cm de plantas de frijol lima a intervalos de 15 días bajo diferentes sistemas de cultivos.

Sistema	Hilera	Distancia entre golpes (cm)	N° de plantas por golpe	Altura de planta a diferentes edades (días)			
				Maíz	Lima		
A. Maíz+Lima (Simultáneo)	Simple	25	1	13	50	108	179
		75	3	14	52	92	181
	Doble	25	1	15	53	115	197
		75	3	16	62	120	223
	Simple	25	1	15	86	186	218
		75	3	14	63	156	206
B. Maíz-Lima (Relvo)	Doble	25	1	14	63	142	199
		75	3	14	73	173	223
	Simple	75	1	15	62	108	213
		75	3	13	55	87	175
	Doble	75	1	15	59	102	202
		75	3	14	58	96	201
C. Maíz+Lima (Simultáneo Poblac. inversa)	Simple	25	-	13	102	158	176
		75	-	15	100	179	189
	Doble	25	-	13	110	164	170
		75	-	15	113	180	178
	Simple	25	-	13	102	158	176
		75	-	15	100	179	189
Doble	25	-	13	110	164	170	
	75	-	15	113	180	178	

Cuadro 6A. Puentes de variación, grados de libertad y cuadrados medios del análisis de varianza de la altura de plantas de frijol lima a intervalos de 15 días.

FV	G.L.	CM de altura a diferentes edades (días)		
		15	30	45
Bloques	3	3,22	820,06**	550,5*
Tratamientos	15	2,98	1934,24**	5005,3**
A. Siembra	1		138,06	110,3
Distribución(D)	1		162,56	1190,3**
Hileras(H)	1		52,56	420,3
D x H	1		81,0	689,1*
B. Siembra	1		0,3	7,6
Distribución	1		30,3	203,1
Hileras	1		162,6	770,1**
D x H	1		175,6	1,6
C. Población	1		1072,6**	3751,6**
Inversa	1		0,6	1296,0*
H x P	1		473,1**	49,0
Distribución	1		33,1	25,0
Hileras	1		87838,1*	180837,6**
D x H	1		234,1	6984,2**
ABD vs. C	1		140,3	850,8**
AB vs. D	1		144,5	66,1
A vs. B	1			
Error	45	1,94		375,2

* Significativo al 5% de probabilidades

** Significativo al 1% de probabilidades

Cuadro 7A. Fuentes de variación, grados de libertad y cuadrados medios del análisis de varianza de variables biológicas e índices de crecimiento de frijol lima bajo diferentes sistemas de cultivos.

FV	G.L	Rendimiento Comercial		Vainas por planta		Plantas por parcela		Biomasa aérea		Índice de área foliar		Índice de cosecha	
		CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM
Bloque	3	441305,23	148,22**	102,14**	121,22	0,08	12,07						
Tratamientos	15	5692040,40**	1327,16**	247,32**	4842,07**	2,90**	318,84**						
A. Siembra { Distribución (D)	1	195629,29	219,04**	100,00**	453,69	0,49	36,00*						
Simultánea { Hileras (H)	1	21112,09	295,84**	16,00	2371,69**	10,89**	21,16						
{ D x H	1	105820,09	16,00	153,76**	691,69	0,01	0,36						
B. Siembra { Distribución	1	1303,21	0,25	4,84	110,25	0,01	2,25						
Relevo { Hileras	1	2970,25	0,81	51,84	24,01	0,09	2,89						
{ D x H	1	930,25	0,25	0,04	650,25	0,49	15,21						
C. Población { Hileras	1	289659,24	116,64*	27,04	161,29	0,49	94,09**						
Inversa { Población (P)	1	2211763,84**	1648,36**	2043,04**	590,49	9,61**	204,49**						
{ H x P	1	86553,64	17,64	38,44	136,89	0,49	34,81*						
D. Monocultivo { Distribución	1	5164256,25**	213,16**	104,04**	795,24	1,69**	441,00**						
{ Hileras	1	1280292,25**	40,96	51,84	432,64	0,01	125,44**						
{ D x H	1	1243002,01**	0,35	84,64**	33,64	0,81*	51,84**						
ABD vs. C	1	38533677,00**	17095,56**	36290,25**	194701,56**	240,25**	19740,25**						
AB vs. D	1	16104076,83**	968,40**	1776,33**	681,01	19,76**	40,00**						
A vs. B	1	12281959,22**	6809,45**	3,92	25492,82**	13,52**	3604,01**						
Error	45	302199,38	55,78	31,72	519,07	0,33	15,51						

* Significativo al 5% de probabilidades

** Significativo al 1% de probabilidades

Cuadro 8A. Matriz de correlación para variables biológicas e índices de crecimiento de frijol lima solo y asociado con maíz bajo dos disposiciones de hileras y dos distribuciones de plantas

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X1	1,00											
X2	0,00	1,00										
X3	0,00	0,53*	1,00									
X4	0,00	0,77**	0,20	1,00								
X5	0,08	-0,16	-0,62**	-0,06	1,00							
X6	-0,06	0,13	0,10	0,22	0,09	1,00						
X7	0,12	0,02	-0,29	-0,23	0,69**	-0,23	1,00					
X8	0,13	0,02	-0,28	0,33	0,35	-0,03	0,24	1,00				
X9	0,10	0,08	-0,25	-0,14	0,65**	-0,16	0,85**	0,39	1,00			
X10	0,09	-0,04	-0,33	-0,18	0,78**	-0,12	0,84**	0,20	0,66**	1,00		
X11	-0,16	0,00	-0,49*	0,43	0,40	0,35	-0,13	0,45	-0,03	-0,01	1,00	
X12	0,02	0,07	0,30	0,10	-0,38	0,20	-0,33	-0,07	-0,31	-0,37	0,01	1,00

1/ X1 = Hilera; X2 = Distribución de plantas; X3 = Plantas de maíz por golpe; X4 = Plantas de frijol lima por golpe; X5 = Rendimiento comercial; X6 = Semillas por vaina; X7 = Vainas por planta; X8 = Índices de área foliar; X9 = Biomasa aérea; X10 = Índice de cosecha; X11 = Plantas por parcela; X12 = Altura final.

* Significativo al 5% de probabilidades

** Significativo al 1% de probabilidades

Cuadro 9A. Altura en cm de plantas de maíz bajo diferentes sistemas de cultivos.

Sistema	Hilera	Distancia entre golpes (cm)	N° de plantas por golpe		Altura de planta a diferentes edades (días)			
			Maíz	Lima	15	30	45	60
A. Maíz+Lima (simultáneo)	Simple	25	1	1	14	53	146	249
		75	3	3	16	60	152	272
	Doble	25	1	1	15	56	154	269
		75	3	3	18	62	167	271
B. Maíz-Lima (Relevo)	Simple	25	1	1	14	50	144	256
		75	3	3	16	50	147	262
	Doble	25	1	1	16	57	157	265
		75	3	3	16	58	151	271
C. Maíz+Lima (Simultáneo Poblac. Inversa)	Simple	75	1	3	14	60	157	261
		75	3	1	16	60	154	263
	Doble	75	1	3	15	63	153	261
		75	3	1	16	59	160	272

Cuadro 10A. Fuentes de variación, grados de libertad y cuadrados medios del análisis de varian-
cia de altura de plantas de maíz, registrado a intervalos de 15 días.

FV	G.L	CM de altura a diferentes edades (días)		
		15	30	45
Bloque	3	9,3*	651,1**	1271,5**
Tratamientos	11	5,3*	72,4*	158,8
A. Siembra Distribución (D)	1	25,0**	169,0*	625,0**
Simultánea Hileras (H)	1	9,0**	25,0	361,0**
D vs. H	1	1,0	1,0	441,0**
Distribución	1	4,0	1,0	144,0*
B. Relevo Hileras	1	4,0	225,0**	324,0**
D vs. H	1	4,0	1,0	0,0
C. Población Hílera	1	1,0	4,0	81,0
Inversa Población (P)	1	9,0**	16,0	169,0**
H vs. P	1	1,0	16,0	81,0
B vs. C	1	1365,3**	13872,0**	373121,3**
A vs. B	1	0,5	128,0**	24,5
Error	33	2,1	29,3	88,6

* Significativo al 5% de probabilidades

** Significativo al 1% de probabilidades

Cuadro 11A. Fuentes de variación, grados de libertad y cuadrados medios: en el análisis de varianza del rendimiento y otras variables estudiadas en maíz bajo diferentes sistemas de cultivo.

FV	G.L	Rendimiento		Plantas por parcela	Mazorcas		Plantas volcadas		Diámetro del tallo		Plantas quebradas	
		comercial	total		por planta	Mazorcas enfermas	CH	CH	CH	CH	CH	CH
Bloque	3	491060,74	286231,91	13,91*	0,030**	74,22**	26,79	4,5**	117,52			
Tratamientos	11	3129311,84**	3313205,84**	337,20**	0,020*	148,61**	75,70	26,8**	1269,04**			
A. Siembra	1	33406,70	15252,25	27,04**	0,006	127,69**		49,0**	0,06			
Simultánea	1	64198,89	24180,25	0,04	0,002	219,04**		1,0	58,52			
D x H	1	2150,64	7182,56	27,04**	0,004	8,70		1,0	30,80			
Distribución	1	17128,27	18598,14	27,04**	0,010	3,42		64,0**	5,59			
B. Retevo	1	15159,77	13636,40	17,64**	0,006	22,09		4,0**	5,59			
D vs. H	1	2929,52	18940,64	4,84	0,004	23,04		0,0	5,59			
C. Población	1	96,53	5290,84	1,69	0,001	44,56		1,0	93,61			
Inversa	1	1113394,28**	1353848,60**	2470,09**	0,137**	381,23**		169,0**	2118,30**			
H vs. P	1	4702,53	17569,50	1,69	0,008	7,70		1,0	12,78			
AB vs. C	1	6071153,89**	7572935,76**	11894,10**	5,096**	2606,33**		2028,0**	341,55**			
A vs. B	1	140662,08	41191,68	4,50	0,034**	386,42**		0,5	6214,45**			
Error	33	235486,99	181429,39	4,70	0,010	30,70	68,81	0,7	63,09			

* Significativo al 5% de probabilidades

** Significativo al 1% de probabilidades

Cuadro 12A. Fuentes de variación, grados de libertad y cuadrados medios del análisis de varianza del índice de área foliar, biomasa aérea e índice de cosecha de maíz bajo diferentes sistemas de cultivos.

FV		G.L	Indice Area Foliar CM	Biomasa área CM	Indice de cosecha CM
Bloque		3	0,31	147,67	53,93
Tratamientos		11	2,74**	2103,86	16,23
A. Siembra	Distribución (D)	1	0,03		
	Simultánea Hilera (H)	1	0,14		
	D vs. H	1	0,08		
	Distribución	1	0,12		
B. Relevo	Hilera	1	0,12		
	D vs. H	1	0,01		
C. Población	Hilera	1	0,00		
	Inversa Población (P)	1	13,33**		
	H vs. P	1	0,00		
B vs. C		1	102,38**		
A vs. B		1	0,02		
Error		33	0,18	1056,53	13,56

** Significativo al 1% de probabilidades

Cuadro 15A. Matriz de correlación para variables biológicas e índices de crecimiento de maíz a dos disposiciones de hileras y dos distribuciones de plantas.

i/	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16
X1	1,00															
X2	0,00	1,00														
X3	0,00	0,71**	1,00													
X4	0,00	0,47	0,00	1,00												
X5	-0,14	-0,38	0,26	-0,69**	1,00											
X6	-0,21	-0,22	-0,52	0,14	-0,11	1,00										
X7	0,08	-0,21	0,04	-0,41	0,63*	-0,16	1,00									
X8	-0,16	-0,24	-0,15	-0,06	0,16	0,42	-0,22	1,00								
X9	-0,06	-0,35	-0,85**	0,19	-0,52	0,49	-0,18	0,03	1,00							
X10	0,38	0,33	0,44	0,13	0,02	-0,17	-0,10	-0,06	-0,28	1,00						
X11	-0,05	-0,16	0,56*	-0,51	0,76**	-0,51	0,23	0,11	-0,78**	0,16	1,00					
X12	0,04	0,30	-0,11	0,65*	-0,76**	0,01	-0,55*	-0,14	0,30	0,16	-0,44	1,00				
X13	0,08	0,19	-0,05	0,06	-0,23	0,03	0,03	-0,18	0,16	-0,13	-0,29	-0,03	1,00			
X14	-0,10	0,12	-0,27	0,60*	-0,54	0,00	-0,19	-0,24	0,43	-0,02	-0,46	0,54	-0,02	1,00		
X15	-0,07	-0,07	-0,43	0,09	-0,17	0,51	0,22	-0,13	0,57**	-0,11	-0,59*	0,09	0,07	0,12	1,00	
X16	-0,12	-0,36	0,32	-0,64*	0,97**	-0,14	0,54	0,20	-0,59*	0,07	0,84**	-0,62*	-0,23	-0,56*-0,25	1,00	

i/ X1 = Hileras; X2 = Distribución de plantas; X3 = Plantas de maíz por golpe; X4 = Plantas de Frijol Lima por golpe; X5 = Rendimiento comercial; X6 = Biomasa Aérea; X7 = Índice de Cosecha; X8 = Índice de Área Foliar; X9 = Diámetro del tallo; X10 = Altura Final; X11 = Plantas por parcela; X12 = Mazorcas enfermas; X13 = Plantas volcadas; X14 = Plantas quebradas; X15 = Mazorcas por Planta; X16 = Rendimiento Total.

* Significativo al 5% de probabilidades

** Significativo al 1% de probabilidades

Cuadro 14A. Fuentes de variación, grados de libertad y cuadrados medios del análisis de varianza de eficiencia energética, índice de energía cosechada y biomasa de maleza de los sistemas estudiados.

FV	G.L.	Eficiencia Energética CM	Índice de Energía cosechada CM	Biomasa de de malezas CM
Bloque	3	0,040	2,35	568318,11
Tratamientos	15	5,640**	29,77**	1158757,28*
A.- Siembra Simultánea	1	0,036	1,63	46332,56
{ Distribución (D) Hileras (H)		0,008	27,83*	212751,56
{ D x H		0,053	3,71	297,56
B.- Siembra Relevo	1	0,096	10,24	1463,06
{ Distribución Hileras		0,005	1,00	68513,06
{ D x H		0,023	0,64	113400,56
C.- Población Inversa	1	0,014	10,89	105625,00
{ Hileras Población (P)		0,360*	506,25*	1051650,25*
{ H x P		0,002	53,29*	262656,25
D.-Monocultivo Lima	1	0,029	163,84**	1772892,25**
{ Distribución Hileras		0,017	14,44	5997601,00**
{ D x H		0,001	125,44**	385020,25
ABD vs. C	1	46,444**	26581,23**	120747132,30**
AB vs. D	1	27,060**	5489,10**	20998656,33**
A vs. B	1	4,147**	107,68**	3088855,13**
Error	45	0,180	11,29	526568,36

* Significativo al 5% de probabilidades

** Significativo al 1% de probabilidades

Cuadro 15A. Costos de producción (C/ha) de los sistemas de cultivos evaluados. Turrialba, Costa Rica, 1980.

S I S T E M A S

Concepto	Simultáneo (M-L)			Relieve (M-L)			Lima monocultivo (L)			Simultáneo (Pobiac. Inversa)						
	S25	S75	S25	S25	S75	S25	S25	S75	S25	S75	S25	S75	S25	S75	S25	
A-Preparación de tierra																
Arido	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	
Rastrada	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	
Subtotal A	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	
B-Mano de obra																
Siembrá	245,13	124,88	245,13	124,88	245,13	124,88	198,88	99,44	198,88	99,44	198,88	124,88	124,88	124,88	124,88	
Fertilización	245,12	183,16	245,12	183,16	367,68	274,74	122,56	91,58	122,56	91,58	122,56	245,12	183,16	245,12	183,16	
Raico	57,81	57,81	57,81	57,81	57,81	57,81	57,81	57,81	57,81	57,81	57,81	57,81	57,81	57,81	57,81	
Aplicación insecticida	138,75	115,63	138,75	115,63	138,75	115,63	138,75	115,63	138,75	115,63	138,75	115,63	138,75	115,63	115,63	
Aplicación fungicida	69,38	57,81	69,38	57,81	69,38	57,81	69,38	57,81	69,38	57,81	69,38	57,81	69,38	57,81	57,81	
Desherba	4162,50	4162,50	4162,50	4162,50	4162,50	4162,50	4162,50	4162,50	4162,50	4162,50	4162,50	4162,50	4162,50	4162,50	4162,50	
Instalación de postes	-	-	-	-	-	-	289,06	289,06	289,06	289,06	289,06	289,06	289,06	289,06	289,06	
Extensión de alambres	-	-	-	-	-	-	346,88	346,88	346,88	346,88	346,88	346,88	346,88	346,88	346,88	
Amorre de hilos	-	-	-	-	-	-	1284,83	428,28	1284,83	428,28	1284,83	428,28	1284,83	428,28	1284,83	
Beshoja de maíz	6538,84	5290,50	6538,84	5290,50	6538,84	5290,50	6538,84	5290,50	6538,84	5290,50	6538,84	5290,50	6538,84	5290,50	6538,84	
Cosecha y Desgrane	11457,53	9998,55	11457,53	9998,55	11457,53	9998,55	11457,53	9998,55	11457,53	9998,55	11457,53	9998,55	11457,53	9998,55	11457,53	
Subtotal B	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	
C-Materiales																
Sevilla	453,82	453,82	453,82	453,82	453,82	453,82	453,82	453,82	453,82	453,82	453,82	453,82	453,82	453,82	453,82	
Insecticida	461,82	461,82	461,82	461,82	461,82	461,82	461,82	461,82	461,82	461,82	461,82	461,82	461,82	461,82	461,82	
Fungicida	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	
Adherente	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	12,28	
Fertilizante	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	1895,58	
Postes de madera	-	-	-	-	-	-	8872,57	8872,57	8872,57	8872,57	8872,57	8872,57	8872,57	8872,57	8872,57	
Alambre	-	-	-	-	-	-	10,94	10,94	10,94	10,94	10,94	10,94	10,94	10,94	10,94	
Pirola	-	-	-	-	-	-	5072,64	1690,88	5072,64	1690,88	5072,64	1690,88	5072,64	1690,88	5072,64	
Clavos	-	-	-	-	-	-	10,94	10,94	10,94	10,94	10,94	10,94	10,94	10,94	10,94	
Subtotal C	2878,50	2878,50	2878,50	2878,50	2878,50	2878,50	2878,50	2878,50	2878,50	2878,50	2878,50	2878,50	2878,50	2878,50	2878,50	
D-Costos Fijos																
Alquiler tierra	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	600,00	
Intereses	178,95	178,95	178,95	178,95	178,95	178,95	178,95	178,95	178,95	178,95	178,95	178,95	178,95	178,95	178,95	
Subtotal D	778,95	778,95	778,95	778,95	778,95	778,95	778,95	778,95	778,95	778,95	778,95	778,95	778,95	778,95	778,95	
COSTOS TOTALES:	15814,96	14555,58	14940,58	14555,58	11151,70	11068,51	11250,04	10970,25	55122,64	28666,07	38748,82	28692,91	14624,17	13460,80	15971,89	13759,36

1/ \$8,54 Colones de Costa Rica = US \$1,00
 2/ M = maíz; L = frijol lima; S = hilera lima; P = hilera habler; 25 y 75 = distancia (cm) entre plantas; 15 y 40 = población (miles/ha)
 3/ Un jornal (8 horas) = \$46,25

Cuadro 16A. Precios de insumos y productos utilizados en la evaluación económica de los sistemas de producción. Turrialba, Costa Rica. 1980.

Rubro	Precio (¢) ^{1/}
<u>Semilla</u>	
Maíz/kg	2,17
Frijol lima/kg	9,50
<u>Fertilizante</u>	
10-30-10/kg	3,56
Urea/kg	3,23
<u>Pesticidas</u>	
Furadán 5g/kg	12,30
Sevin 80% FM/kg	30,25
Orthocide/kg	32,00
Daconil/kg	75,00
<u>Adherente</u>	
Extravon/gl	77,50
<u>Materiales para soporte</u>	
Postes tratados de madera ^{2/}	12,50
Alambre/kg	16,85
Piola/kg	32,00
Clavos/kg	6,00
<u>Productos cosechados</u>	
Maíz/kg	2,17
Frijol lima/kg	15,00

^{1/} ¢ 8,54 Colones de Costa Rica = U.S. \$ 1,00

^{2/} Postes vida útil = 5 años