

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**EFFECTOS DE ALTURA DEL MAIZ Y DISPOSICION DE SUS HILERAS
SOBRE EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE LA ASOCIACION
MAIZ (Zea mays L.) – VIGNA (Vigna unguiculata (L.) Walp.)**

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

JOSE NILSON DE MELO

**Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Departamento de Producción Vegetal
Turrialba, Costa Rica**

1984

DEDICATORIA

A la memoria de mis padres

A mis hermanos: Nazareno
Dalva
Mariano
Dilza
Nélio
Nivaldo
Doralice
Nival
Nicodemos

Al hombre del campo

AGRADECIMIENTO

El autor desea dejar constancia de sus sinceros agradecimientos al Dr. José Fargas, Consejero Principal, por su valiosa orientación de este trabajo y por la amistad que le brindó.

A los miembros del Comité Asesor, M.S. José Arze, Dr. Donald Kass y Dra. Margaret Smith por la colaboración prestada en la revisión del original y sugerencias para mejorar el trabajo, además por sus amistades.

Al M.S. Werner Rodríguez por sus ayudas apreciables en las diversas fases del trabajo.

A la familia Oviedo Valerio, principalmente a Felicia, por su comprensión, estímulo y colaboración eficiente en el trabajo de mecanografía.

A los señores José Joaquín Salazar, Arnoldo Barrantes, Luis Torres, Gustavo López y Francisco Solano por sus cooperaciones y amistades.

Al personal que trabaja en la Biblioteca y en la Oficina de Posgrado del CATIE, por las atenciones y el cariño mostrado.

Al personal obrero del campo experimental "La Montaña" que colaboraron en el mantenimiento del experimento y toma de datos, principalmente a los señores José Mata y Edgar Quirós.

A todos los profesores y compañeros de estudio en este Centro por su sinceras amistades y cooperaciones.

A la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria, EMBRAPA y a la Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuaria, IPA, por el apoyo y confianza depositada que hicieron posible la realización de sus estudios de posgrado en el CATIE.

BIOGRAFIA

El autor nació en Ipanguaçu, Rio Grande do Norte, Brasil.

Realizó sus estudios primarios en el Grupo Escolar Cel. Ovidio Montenegro, y secundarios en el Colegio Estadual de Açu y en el Colegio Técnico Agrícola de Jundiá, Macaíba, RN. En 1973 se graduó en Ingeniero Agrónomo en la Escola Superior de Agricultura de la Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

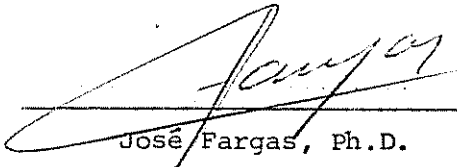
Trabajó de 1974 a 1975 en la Secretaria de Agricultura de Estado do Rio Grande do Norte. Desde 1976 trabaja como investigador en la Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuaria, IPA.

En marzo de 1982 ingresó al Programa Conjunto de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, UCR-CATIE, Turrialba, para graduarse de *Magister Scientiae* en abril de 1984.

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


Magister Scientiae

JURADO:



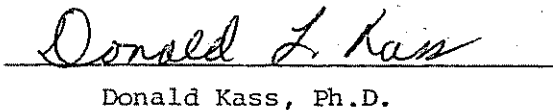
José Fargas, Ph.D.

Profesor Consejero



José Arze, M.S.

Miembro del Comité



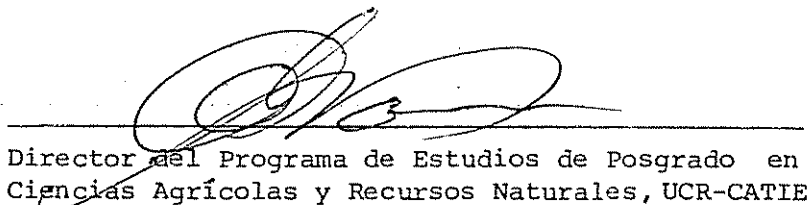
Donald Kass, Ph.D.

Miembro del Comité

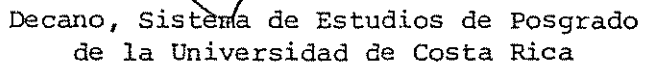


Margaret Smith, Ph.D.

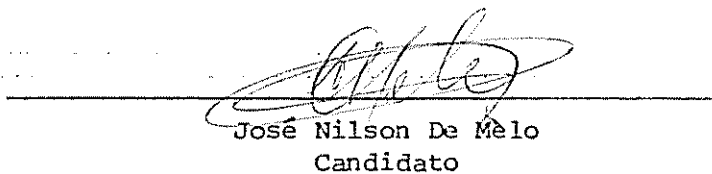
Miembro del Comité



Director del Programa de Estudios de Posgrado en
Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales, UCR-CATIE



Decano, Sistema de Estudios de Posgrado
de la Universidad de Costa Rica



José Nilson De Melo
Candidato

INDICE

	<u>Página</u>
RESUMEN.....	viii
SUMMARY.....	x
LISTA DE CUADROS.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xv
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades.....	3
2.2. La luz en el cultivo de vigna.....	4
2.3. Asociación maíz-vigna.....	5
2.3.1. Aspectos generales.....	5
2.3.2. Densidad de siembra.....	7
2.3.3. Disposición de hileras.....	8
3. MATERIALES Y METODOS.....	10
3.1. Localización del experimento.....	10
3.2. Especies y cultivares utilizados.....	10
3.3. Tratamientos.....	10
3.4. Diseño experimental.....	12
3.5. Preparación del terreno y siembra.....	12
3.6. Fertilización.....	12
3.7. Control fitosanitario.....	15
3.8. Cosechas.....	15
3.9. Recolección de información.....	16
3.9.1. Registro de la radiación solar.....	16
3.9.2. Características biológicas de la vigna.....	17
3.9.3. Características biológicas del maíz.....	20
3.9.4. Comparación entre los sistemas.....	23
3.9.4.1. Eficiencia energética.....	23
3.9.4.2. Índice de energía cosechada.....	23
3.9.4.3. Uso equivalente de la tierra.....	24
3.9.4.4. Ingreso bruto total.....	24
3.10. Análisis estadístico.....	26
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	27
4.1. Condiciones climáticas.....	27

	<u>Página</u>
4.2. Observaciones generales sobre los cultivos.....	30
4.3. Características biológicas de la vigna.....	31
4.3.1. Rendimiento de granos.....	31
4.3.2. Componentes del rendimiento.....	34
a) Número de vainas por planta.....	34
b) Número de semillas por vainas.....	36
c) Peso de 100 semillas.....	36
4.3.3. Número de plantas en la cosecha.....	37
4.3.4. Biomasa de la parte aérea.....	37
4.3.5. Índice de área foliar.....	40
4.3.6. Índice de cosecha.....	42
4.4. Características biológicas del maíz.....	42
4.4.1. Rendimiento de granos.....	42
4.4.2. Componentes del rendimiento.....	46
a) Número de mazorcas por planta.....	46
b) Número de semillas por mazorca.....	46
c) Peso de 100 semillas.....	49
4.4.3. Altura de plantas.....	49
4.4.4. Número de plantas en la cosecha.....	52
4.4.5. Plantas volcadas.....	52
4.4.6. Biomasa de la parte aérea.....	54
4.4.7. Índice de área foliar.....	54
4.5. Comparaciones entre los sistemas.....	56
4.5.1. Eficiencia energética.....	56
4.5.2. Índice de energía cosechada.....	56
4.5.3. Uso equivalente de la tierra - UET.....	60
4.5.4. Aspectos económicos.....	63
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
6. LITERATURA CITADA.....	67
APENDICE.....	75

RESUMEN

Este estudio se realizó en las instalaciones experimentales del CATIE, Turrialba, Costa Rica, en el período comprendido de mayo a setiembre de 1983, con el objetivo principal de evaluar el efecto de dos alturas de maíz, dos disposiciones de hilera y dos poblaciones de vinya sobre el crecimiento y rendimiento del maíz y vinya cultivados en asociación.

Los cultivares de maíz utilizados fueron el 'Tuxpeño C-7' (porte alto) y el 'Maicito' (porte bajo). De vinya se usó el cultivar 'TVu-401' de crecimiento semideterminado. Las disposiciones de hilera de maíz estudiadas fueron de hilera simple distanciadas de 1,0 m cada una y de hilera doble distanciadas de 1,5 m cada par de hilera y con 0,5 m la distancia entre hilera de cada par. Las densidades de vinya fueron de 80.000 y 106.600 plantas por hectárea. Para el maíz se utilizó una única densidad de siembra de 50.000 pl/ha.

Las principales variables evaluadas fueron rendimientos de granos, número de mazorcas o vainas por planta, número de semillas por mazorca o vaina, biomasa de la parte aérea, índice de área foliar y altura de plantas de maíz. Para evaluar los sistemas se analizaron datos de eficiencia energética, uso equivalente de la tierra y ingreso bruto total. También se registró la radiación solar dentro y fuera de los sistemas de cultivos.

Se detectó que el rendimiento de ambos cultivos, maíz y vinya, se reduce cuando son sembrados en asocio, siendo la vinya más perjudicada que el maíz. La reducción de la vinya en las asociaciones con el maíz 'Tuxpeño C-7' fue de un 54% y con el 'Maicito' de un 43%.

Se observó que el rendimiento de la vinya tiende a aumentar en las asociaciones con el maíz en hilera doble en relación al de hilera simple.

La radiación solar interceptada por el follaje del maíz posiblemente fue el factor que más contribuyó para la reducción del rendimiento de la vinya.

Los rendimientos de los cultivos no fueron afectados significativamente por la variación de la densidad de siembra de la vinya.

No se detectó diferencias significativas en rendimientos de granos de maíz por efecto de disposiciones de hilera.

Los sistemas que presentaron mayor eficiencia energética e ingreso bruto total por hectárea fueron los que incluyeron el maíz 'Tuxpeño'.

SUMMARY

This study was conducted at CATIE's experimental station in Turrialba, Costa Rica, between May and September of 1983, with the principal objective of evaluating the effects of two maize plant heights, two spatial arrangements, and two cowpea densities on the growth and yield of associated maize and cowpeas.

The varieties of maize used were 'Tuxpeño Cycle-7' (tall) and 'Maicito' (short). The cowpea variety used was 'TVu-401' which has a semi-determinate growth habit. Maize spatial arrangements studied were single rows at 1.0 m intervals, and paired rows with 0.5 m between rows within a pair, and 1.5 m between pairs. The cowpeas were planted at densities of 80,000 and 106,600 plants per hectare. Only one density of 50,000 plants/ha was utilized for the maize.

The main variables evaluated were grain yield, number of ears or pods per plant, number of seeds per ear or pod, aerial biomass, leaf area index and maize plant height. To compare the different systems, data on energy efficiency, equivalent land use and total gross income were analyzed. Solar radiation within and outside of the crop systems was also recorded.

A reduction in the yields of both maize and cowpeas was detected when planted in association, with the cowpeas being more affected than the maize. The reduction in yields for the cowpeas in association with the maize 'Tuxpeño C-7' was 54%, and with the 'Maicito', 43%.

The yield of the cowpeas in the associations tended to increase with the paired rows of maize compared to that with single rows of maize.

The solar radiation intercepted by maize foliage was possibly the factor contributing most to the yield reduction of the cowpeas.

The yield of the crops was not affected at a significant level by the difference in planting density of the cowpeas.

Significant differences were not found in grain yield for the maize due to the effect of spatial arrangements.

The systems which presented greater energy efficiency and total gross income per hectare were those which included the maize 'Tuxpeño'.

LISTA DE CUADROS

<u>Número</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
1.	Descripción de los sistemas estudiados (tratamientos).....	11
2.	Composición (%) de la materia seca en la porción alimenticia de los productos cosechados.....	25
3.	Energía (cal/g o Mcal/Tm) contenida en las proteínas, carbohidratos y grasas, de los productos cosechados.....	25
4.	Rendimiento en granos (kg/ha + 13% H ₂ O) de plantas de vigna en dos densidades de siembra, en monocultivo y asociaciones con maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera...	32
5.	Número de vainas por planta de vigna en dos densidades de siembra, en monocultivo y asociaciones con maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera.....	35
6.	Sobrevivencia (%), en el momento de la cosecha, de plantas de vigna en dos densidades de siembra, en monocultivo y asociaciones con maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera.....	38
7.	Producción de biomasa (g/pl) de la parte aérea de plantas de vigna en dos densidades de siembra, en monocultivo y asociaciones con maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera.....	39
8.	Índice de área foliar (dm ² de hojas/dm ² de suelo) de plantas de vigna en dos densidades de siembra, en monocultivo y asociaciones con maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera.....	41
9.	Índice de cosecha (%) de plantas de vigna en dos densidades de siembra, en monocultivo y asociaciones con maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera.....	43
10.	Rendimiento en granos (kg/ha + 14% H ₂ O) de plantas de maíz de dos alturas y dos disposiciones de hilera en monocultivo y asociaciones con vigna en dos densidades de siembra.....	44
11.	Número de mazorcas por planta de maíz de dos alturas y dos disposiciones de hilera, en monocultivo y asociaciones con vigna en dos densidades de siembra.....	47

<u>Número</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
12	Número de semillas por mazorca de plantas de maíz de dos alturas y dos disposiciones de hilera, en monocultivo y asociaciones con vigna en dos densidades de siembra.....	48
13	Peso seco (g) de 100 semillas de plantas de maíz de dos alturas y dos disposiciones de hilera, en monocultivo y asociaciones con vigna en dos densidades de siembra.....	50
14	Altura (m) de plantas de dos cultivares de maíz y en dos disposiciones de hilera, en monocultivo y asociaciones con vigna en dos densidades de siembra.....	51
15	Procentaje a la cosecha de plantas volcadas de maíz de dos alturas y dos disposiciones de hilera, en monocultivo y asociaciones con vigna en dos densidades de siembra.....	53
16	Producción de biomasa (g/pl) de la parte aérea de plantas de maíz de dos alturas y dos disposiciones de hilera, en monocultivo y asociaciones con vigna en dos densidades de siembra.....	55
17	Índice de área foliar (dm^2 de hojas/ dm^2 de suelo) por plantas de maíz de dos alturas y dos disposiciones de hilera, en monocultivo y asociaciones con vigna en dos densidades de siembra.....	57
18.	Eficiencia energética (%) de los sistemas monoculturales y asociaciones estudiados.....	58
19.	Índice de energía cosechada (%) de los sistemas monoculturales y asociaciones estudiados.....	59
20.	Uso equivalente de la tierra (UET) en base en rendimiento de granos de los sistemas monoculturales y asociaciones estudiados.....	61
21.	Ingreso bruto total en base en rendimientos de granos de los sistemas monoculturales y asociaciones estudiados.....	64

APENDICE

A1.	Posición geográfica, clima y suelo de la zona de donde se realizó el experimento, Turrialba, Costa Rica. 1983.....	76
-----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

<u>Número</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
A2.	Condiciones climáticas durante el período de investigación. Datos tomados en la Estación Meteorológica del CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1983.....	77
A3.	Condiciones de radiación solar total, externa a los cultivos y radiación no interceptada (%) en el interior de los cultivos de maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera. Datos acumulados por período de cuatro días.....	78
A4.	Cronología de las principales actividades realizadas durante la permanencia del experimento en el campo (año 1983)...	79
A5.	Grados de libertad, cuadrados medios y significancia de las características biológicas de plantas de vigna en dos densidades de siembra, en monocultivo y asociaciones con maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera.....	80
A6.	Grados de libertad, cuadrados medios y significancia para la variable rendimiento de granos de los sistemas estudiados.....	81
A7.	Matriz de correlación para variables biológicas de plantas de vigna en dos densidades de siembra, en monocultivo y asociaciones con maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera.....	82
A8.	Grados de libertad, cuadrados medios y significancia de las características biológicas de plantas de maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera, en monocultivo y asociaciones con vigna en dos densidades de siembra.....	83
A9.	Matriz de correlación para variables biológicas de plantas de maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera, en monocultivo y asociaciones con vigna en dos densidades de siembra.....	84
A10.	Rendimientos en granos de maíz (kg/ha + 14% H ₂ O) y vigna (kg/ha + 13% H ₂ O) por sistemas y repeticiones estudiados...	85
A11.	Producción de biomasa (kg/ha) de la parte aérea de plantas de maíz y de vigna por sistemas y repeticiones estudiados..	86
A12.	Características biológicas y agronómicas de plantas de vigna en dos densidades de siembra, en monocultivo y asociaciones con maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera.....	87
A13.	Características biológicas y agronómicas de plantas de maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera, en monocultivo y en asociaciones con vigna en dos densidades de siembra.....	88

LISTA DE FIGURAS

<u>Número</u>	<u>Título</u>	<u>Página</u>
1	Detalles de la parcela con maíz en hileras simples y vinya a 80.000 pl/ha.....	13
2.	Detalles de la parcela con maíz en hileras dobles y vinya a 80.000 pl/ha.....	14-
3.	Lluvia mensual (promedio de 42 años), lluvia y evaporación reales mensuales que ocurrieron durante la permanencia de los cultivos en el campo. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1983.....	28
4.	Radiación solar no interceptada por el follaje del maíz de dos alturas y dos disposiciones de hilera, expresada como porcentaje de la radiación solar exterior a los sistemas (100%).....	29
5.	Uso equivalente de la tierra (UET) en base a los rendimientos de granos de los sistemas de cultivos estudiados.	62

1. INTRODUCCION

En los trópicos es generalizado el uso de sistemas de cultivos múltiples siendo maíz-frijol uno de los más comunes. Dentro de estos se destaca la asociación maíz con vigna* en las regiones en que la temperatura e irregularidades pluviométricas son limitantes para otras leguminosas (33). Sin embargo, la productividad de estos sistemas es relativamente baja, siendo una de las causas principales el hecho de que los diseños de cultivos utilizados no son eficientes en el uso del recurso más barato y abundante en los trópicos, la energía solar, vital para la actividad fotosintética de la planta (9). Según Alvim (3), la productividad biológica es directamente proporcional a la intensidad de la radiación solar. El mismo autor informa que las densidades de siembra recomendadas para un determinado cultivo varían según la luminosidad del ambiente, debiendo ser más densas en los lugares que reciban mayor intensidad de radiación.

En estudios de la asociación de vigna con maíz se encontró que el rendimiento de la vigna fue más afectado cuando se asoció con el maíz que producía más sombra (49). En años recientes los estudios de la disposición de maíz en hileras dobles han tenido auge debido a que permiten una mayor incidencia de luz y facilitan las labores fitosanitarias y recolección de la cosecha (19). Lo anterior nos lleva a pensar que es posible mejorar el rendimiento del sistema maíz-vigna con la disposición del maíz en hilera doble y con el uso de un cultivar de porte bajo.

* Otros nombres vulgares: caupí, frijol de costa, rabiza, cowpea.

Con estos antecedentes se encontró justificada la realización de un trabajo de investigación con los objetivos siguientes:

- 1- Evaluar el efecto de dos alturas de maíz, dos disposiciones de hileras y dos poblaciones de vigna sobre el crecimiento y rendimiento del maíz y vigna cultivados en asociación.
- 2- Analizar la eficiencia en el uso de los recursos tierra y radiación solar de los sistemas considerados.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades

En las regiones tropicales y subtropicales es generalizado el uso de sistemas de cultivos múltiples. Las principales razones por las que se admite que estos sistemas son más ventajosos que sus monocultivos son: a) Uso más eficiente de la humedad y nutrientes del suelo, tanto en espacio como en tiempo (55); b) Menor crecimiento de malezas y menor erosión del suelo (6, 68); c) Desarrollo compensatorio de un cultivo cuando ocurre una condición ambiental desfavorable al otro (7, 62); d) Menos daños por plagas y enfermedades (2, 76); e) Una mejor utilización de la radiación solar total, tanto en espacio como en tiempo (46).

Dias (26), en evaluaciones de sistemas multiculturales, concluyó que en la asociación existe mayor producción de biomasa, proteína y carbohidrato que los monocultivos por unidad de área y tiempo. Bradfield (15), afirma que la producción de plantas alimenticias puede aumentarse de dos a cuatro veces más, cuando son sembradas bajo sistemas de cultivos múltiples. Sin embargo, el éxito de cualquier método particular de producción depende de las condiciones que sean dadas a los cultivos para que aprovechen en la forma más eficiente los factores ambientales como luz, CO_2 , agua y nutrimentos (35).

En asociaciones de cultivos, la luz se convierte en un factor limitante, ya que por efecto del sombreamiento incluso la morfología de la planta es afectada (56, 97). Bokde (14) indica que es imprescindible que haya una alta y adecuada intensidad de luz solar para utilizar en forma más eficiente los otros factores del ambiente, tales como nutrimentos y agua, en la obtención de alta producción de cosechas. Otros investigadores afirman que la productividad biológica es directamente proporcional a la radiación solar cuando no existen

factores limitantes (3, 23, 63). Según Tanaka (88), en los climas tropicales la luz afecta más el crecimiento y desarrollo de las plantas que la temperatura.

En las regiones tropicales y subtropicales es frecuente el uso de vigna en los sistemas de cultivos asociados (13, 86). La vigna es citada como una de las más antiguas fuentes de alimento humano y probablemente ha sido cultivada desde la época Neolítica (21). Puede ser utilizada para la alimentación humana como vainas tiernas, granos secos y hojas tiernas todos como fuente de proteínas y de buen sabor (86). Es un cultivo con potencial para reemplazar al frijol común en zona donde las condiciones físicas y químicas del suelo son marginales para esta última especie (44, 51, 66). Johnson (52) y Whyte, citado por Sellschop (83), informan que las vinas son consideradas menos susceptibles a plagas y enfermedades que el frijol común.

2.2. La luz en el cultivo de vigna

En estudios de sistemas asociados se ha encontrado que la vigna presenta respuesta altamente significativa a la gradiente de sombra (28). Andrade y Frazao (5), en evaluaciones de sistemas policulturales con vigna, maíz y yuca, señalan que el rendimiento más bajo de la vigna se obtuvo del sistema en que estaban presente los tres cultivos, lo que se atribuyó al efecto de sombreado de la yuca y del maíz. En investigaciones sobre cultivares de vigna en ambiente bajo luz natural comparados con otros en que las hojas fueron completamente sombreadas a partir de los 31 días de la siembra, se encontró una acentuada reducción en el peso seco total por planta y en el rendimiento de semillas en los tratamientos sombreados (71). Resultados semejantes fueron encontrados por Summerfield et al. (87) quienes evaluaron la vigna en diferentes condiciones ambientales y encontraron que en un ambiente con solamente el 50% de luz solar total, se redujo en un 25% el rendimiento de grano de la vigna y

el componente de rendimiento que fue más afectado por la poca luz fue el número de vainas por planta.

La actividad fotosintética está directamente relacionada con la cantidad de luz solar que llega al follaje de un cultivo. Thomas y Hill (90) encontraron que en la alfalfa un 52% de la actividad fotosintética es función lineal de la radiación solar. También en trabajos con vigna (82) se demostró que al disminuir la radiación total se originó una reducción de la fotosíntesis de las hojas.

Otro factor que tiene influencia en la eficiencia fotosintética de los cultivos es el índice de área foliar (IAF) (36, 79). Existe un valor óptimo de IAF para el máximo aprovechamiento de la radiación incidente en la fijación de CO_2 por un cultivo. Este valor puede variar con las especies, con la intensidad de luz y con el arreglo espacial de las plantas en el campo (12). Sin embargo, la excesiva intensidad de radiación solar puede inhibir la actividad fotosintética (94).

La vigna, en condiciones ambientales adecuadas, puede obtener cerca de 80% del total de nitrógeno contenido en la planta a través de la fijación simbiótica (27). Pero la actividad simbiótica en la vigna es altamente influenciada por la cantidad de luz incidente (22). Se ha encontrado que también ocurre reducción en la fijación simbiótica de nitrógeno en frijol común (40) y en soya (92) cuando esos cultivos son sometidos a condiciones de poca luz.

2.3. Asociación maíz-vigna

2.3.1. Aspectos generales

El sistema de cultivo maíz-vigna es de uso bastante común principalmente donde las condiciones climáticas son adversas para otras leguminosas (33). Lima (55) informa que en Brasil cerca del 70% de la vigna es

cultivada en asocio con maíz y con otros cultivos. En Africa esta cifra alcanza un 98% (58).

Según Mongi (62), la vigna contribuye a mejorar la fertilidad del suelo y es un cultivo cuyo valor alimenticio es importante para el hombre. Además, el crecimiento no sincronizado de los dos cultivos permiten un mejor uso de los recursos ambientales, ya que la vigna florece y madura antes que el maíz (78).

Otra característica beneficiosa de la asociación maíz-vigna es la reducción de daños por algunos insectos plagas de la vigna, ya que el maíz, por ser más alto, funciona como barrera física para tales insectos (Risch, citado por Juárez (53).

Moreno (65), evaluando la diseminación de Ascochyta phascolarum en variedades de vigna bajo diferentes sistemas de cultivos, encontró que 83% de las plantas de vigna fueran atacadas en monocultivo, mientras que solamente un 50% lo fueron en asocio con maíz. González (39), también señala que la incidencia de virus en vigna es significativamente reducida cuando se encuentra asociada con maíz, en relación al monocultivo.

La rápida tasa de crecimiento y la altura que alcanza el maíz le permite, en este sistema, ser el competidor más fuerte principalmente en el aspecto luz (53, 79, 81, 98). En estudios de la asociación de vigna con cultivares de maíz con diferentes arquitecturas se encontró que el rendimiento de la vigna fue más afectado cuando se asoció con el maíz que más sombreaba (49, 93). Faris et al. (32), en evaluaciones de sistemas asociados de cereales (maíz y sorgo) con leguminosas (vigna y frijol común) en el Noreste del Brasil, informaron que las leguminosas fueron menos afectadas en asocio con sorgo que con maíz, lo que atribuyeron a la diferencia de altura de los cereales, siendo el sorgo más bajo que el maíz permitió más paso de luz para las leguminosas. Arze (10), encontró que no solo la altura de planta del maíz, sino también su peso seco y

biomasa aérea fueron las variables que con más frecuencia correlacionaron con la gradiente de la radiación solar disponible dentro del cultivo. Por otro lado, al asociar frijol común con cultivares de maíz de diferentes alturas se observó que los genotipos de maíz de porte bajo fueron más afectados en sus rendimientos que los de porte alto (24, 25).

2.3.2. Densidad de siembra

La densidad de siembra es un aspecto que afecta significativamente los rendimientos de la vigna (30, 74) y la mejor densidad depende en parte del hábito de crecimiento del cultivar (70, 80). Erskine y Khan (30), trabajando en diferentes condiciones ambientales, concluyeron que el ambiente influye fuertemente en el hábito de crecimiento de la vigna. Sin embargo, para los cultivares de crecimiento semideterminado los mejores resultados son obtenidos en densidades cercanas a 100.000 plantas por hectárea (pl/ha) (20, 69, 70). Por otro lado, Remison (80) informa que los mejores rendimientos son obtenidos con densidades inferiores a 100.000 pl/ha y que el mayor número de vainas por planta se obtuvo con 83.000 pl/ha. Faris et al. (32) admitieron que la baja productividad de la vigna en asocio con maíz o sorgo, en sus trabajos de evaluación de sistemas de cultivos múltiples, fue debido a su baja densidad de siembra de 31.500 pl/ha. Alvim (3) afirma que las densidades de siembra recomendadas para un determinado cultivo varían según la luminosidad del ambiente, debiendo ser más densas en los lugares que recibe mayor intensidad de luz.

Chang (20), a través de un estudio en series de reemplazo, con maíz y vigna de hábito de crecimiento semideterminado, consideró que la mejor densidad poblacional para la asociación era maíz a 50.000 pl/ha con vigna a 100.000 pl/ha. Por otro lado, Vanichyangkoll (91), asociando maíz con soya, informó

que la máxima producción de maíz fue alcanzada con una población de 40.000 pl/ha.

Son varios los trabajos que muestran que entre 40.000 y 60.000 pl/ha de maíz no hay diferencias significativas en rendimiento de granos, siendo con estas densidades que se obtienen los mejores resultados (60, 67, 75). Fisher (34) señala que, en la asociación maíz-vigna, la alta densidad del maíz afecta significativamente el comportamiento de la vigna principalmente en la obscuración de vainas.

2.3.3. Disposición de hileras

En asociaciones de cultivos con diferentes habilidades competitivas, los estudios sobre la disposición en hilera doble del cultivo dominante han recibido especial atención, tratándose de lograr una mayor incidencia de luz para el cultivo dominando y facilitar las labores fitosanitarias (19). Hildebrand y French (42), señalan que el sistema de cultivo en hilera doble presenta la ventaja de poderse aprovechar los espacios más anchos entre hileras con otros cultivos que no toleran las condiciones de la hilera simple.

En evaluaciones de los sistemas de cultivo con yuca en hilera simple y en hilera doble asociada con maíz (89) y con ñame, maíz o vigna (72), se mencionan las ventajas del sistema en hilera doble, los que se atribuyen a una mejor explotación del efecto de bordes. Mattos y colaboradores (57), informan que en hilera doble de yuca se minimiza el sombreamiento mutuo y la competencia entre plantas, consecuentemente aumenta el rendimiento de raíces, además reduce la mano de obra y facilita las inspecciones y aplicaciones de plaguicidas.

Arias y Barahona (9), al sembrar maíz en hilera doble, lograron rendimientos superiores a los obtenidos en hileras simples, sin embargo, en otros ensayos encontraron resultados totalmente opuestos, también encontraron diferencias

entre variedades de maíz en cuanto a adaptación al sistema de hilera doble.

Los rendimientos del maíz, en hileras dobles a 1,75 m de distancia, asociado con frijol común no presentaron diferencias significativas al ser comparados con rendimientos de hilera simple distanciadas de 1,00 m (73). Según Bieber, citado por Arias y Barahona (9), del cultivo de maíz en hileras dobles distanciadas a 1,50 m se obtienen mejores resultados que distanciadas a 2,00 m. A pesar de que en estudios de espaciamento de hileras de maíz no se ha encontrado respuestas significativas a la distancia entre hileras (38). Bieber (11) informa que del maíz en hileras dobles se obtuvieron los mismos rendimientos que en hileras simples pero además se logra una cosecha adicional de frijol.

Sintetizando la información encontrada sobre el uso de la doble hilera de maíz se puede decir que el efecto de esta disposición de hileras sobre el cultivo complementario depende de la especie con que se asocia, condiciones climáticas y separación de las hileras dobles y del maíz dentro de las hileras, por lo tanto sus ventajas económicas no siempre son evidentes aunque se facilitan muchas labores de cultivo.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del experimento

El trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental "La Montaña", del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica, de mayo a setiembre de 1983.

En el Cuadro A1^{*} se describen las características de posición geográfica, clima y clasificación del suelo, así como los resultados de los análisis de suelo efectuados una semana antes del establecimiento del ensayo.

3.2. Especies y cultivares utilizados

Se utilizaron semillas de maíz (Zea mays L.) de dos cultivares; un cultivar de porte alto ('Tuxpeño C-7') y otro de porte bajo ('Maicito'). Además se usaron semillas de vigna (Vigna unguiculata (L.) Walp.) del cultivar 'TVu - 401' de hábito de crecimiento semideterminado (48), el cual presentó buenos rendimientos y adaptabilidad a las condiciones de Turrialba en trabajos anteriores realizados en el CATIE^{**}.

3.3. Tratamientos

Los tratamientos consistieron de dos cultivares de maíz en dos disposiciones de hilera, y de un cultivar de vigna en dos poblaciones, sembrados en monocultivo y en forma asociada. En el Cuadro 1 se presenta la descripción de los diferentes sistemas. El tratamiento maíz alto a 50.000 pl/ha, en hilera

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

** Comunicación personal del M.S. Werner Rodríguez, Coordinador Técnico del Proyecto Sistemas de Producción basados en Raíces Tropicales y Plátano.

Cuadro 1. Descripción de los sistemas estudiados (tratamientos).

Sistemas		Distanciamientos dentro de cada cultivos (cm) 2/			
Cultivos	Simbología	Entre hileras		En la hilera	
		M	V	M	V
Maíz en monocultivo	Ma Hs	100		40	
	Ma Hd	50		40	
	Mb Hs	100		40	
	Mb Hd	50		40	
Vigna en monocultivo	V1 Hs *		50		50
	V1 Hd *		50		37,5
	V2 Hs *		50		37,5
	V2 Hd *		50		28,1
Maíz y vigna asociados	Ma Hs V1	100	50	40	50
	Ma Hs V2	100	50	40	37,5
	Ma Hd V1	50	50	40	37,5
	Ma Hd V2	50	50	40	28,1
	Mb Hs V1	100	50	40	50
	Mb Hs V2	100	50	40	37,5
	Mb Hd V1	50	50	40	37,5
	Mb Hd V2	50	50	40	28,1

1/ M = maíz; V = vigna; H = hilera del maíz; a = alto; b = bajo; s = simple; d = doble; 1 = 80.000 plantas/ha y 2 = 106.600 plantas/ha. Población de maíz siempre 50.000 plantas/ha.

2/ Distancia entre hileras dobles de maíz siempre 150 cm.

* Hileras de vigna en la posición que ocupan en las respectivas asociaciones con maíz.

simple, y en asocio con la vigna a 80.000 pl/ha, puede considerarse como testigo ya que dichas densidades se aproximan a las óptimas para rendimientos en los respectivos monocultivos (20).

Las áreas útiles de cosechas fueron de 9,6 m² y de 9,0 m² para el maíz y la vigna respectivamente. La disposición espacial de los cultivos, así como el área total de la parcela, área útil y áreas de muestreo son presentadas en las Figuras 1 y 2.

3.4. Diseño experimental

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

3.5. Preparación del terreno y siembra

El terreno fue preparado una semana antes de la siembra con una pasada de arado con tractor y dos pasadas de rotovator.

La siembra de los cultivos se realizó durante los días 18 y 19 de mayo de 1983, en forma simultánea.

El maíz fue sembrado a espeque, colocándose 4 semillas por hoyo. Al cabo de 20 días se raleó para dejar dos plantas por sitio.

La vigna también fue sembrado a espeque depositando 4 semillas por hoyo. El raleo se efectuó a los 15 días después de la siembra dejando 2 plantas por golpe.

3.6. Fertilización

En la siembra fueron usados 200 kg/ha, de fertilizante compuesto 10-30-10, de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente, y 150 kg/ha de cloruro de potasio. Fueron mezclados previamente y distribuidos uniformemente en toda el área de

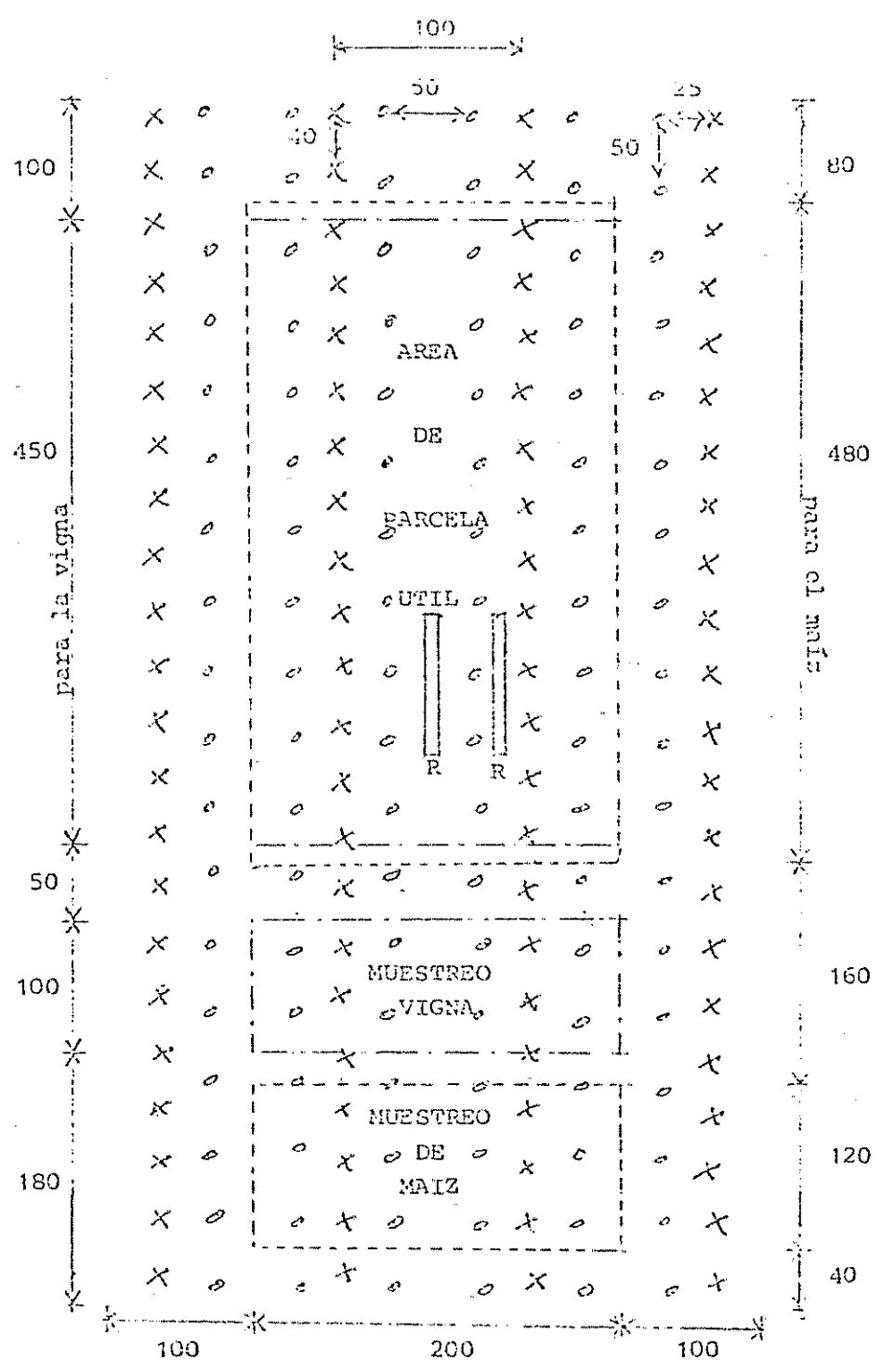


Figura 1. Detalles de la parcela con maiz en hileras simples y vigna a 80.000 plantas/ha. La misma disposición se utilizó para los respectivos monocultivos. Unidad = cm. X = 2 plantas de maiz. O = 2 plantas de vigna. R = radiómetro.

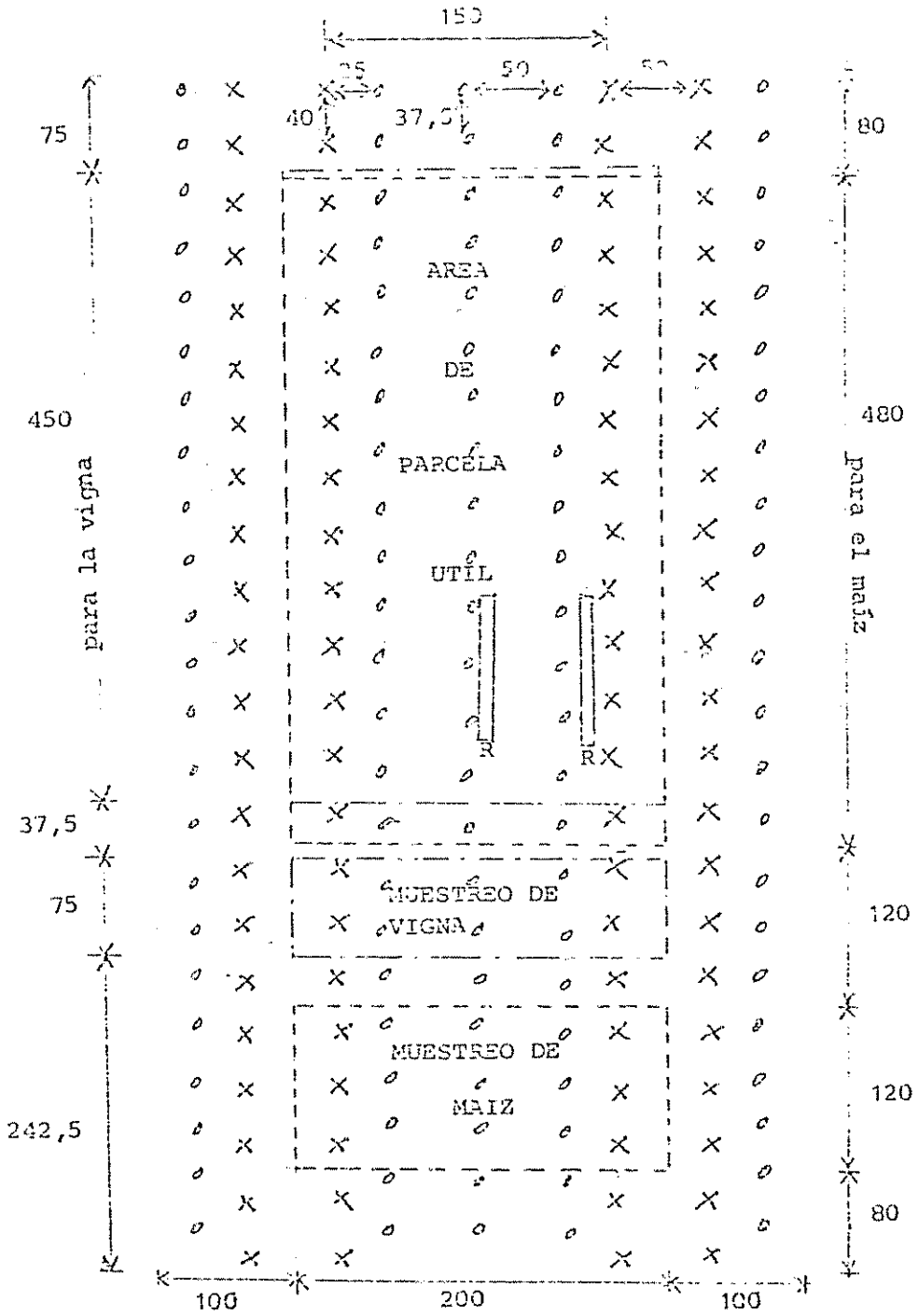


Figura 2. Detalles de la parcela con maíz en hileras dobles y vigna a 80.000 plantas/ha. La misma disposición se utilizó para los respectivos monocultivos. Unidad = cm. X = 2 plantas de maíz. O = 2 plantas de vigna. R = radiómetro.

la parcela, haciendo en seguida su incorporación al suelo con asada.

Treinta días después de la siembra se efectuó una segunda fertilización, dirigida solamente al maíz, utilizando 150 kg/ha de nitrato de amonio (50 kg/ha de N) como fuente de nitrógeno. Fue aplicado en banda, a 10 cm del pie de las plantas del cultivo.

3.7. Control fitosanitario

Al momento de la siembra se aplicó a ambos cultivos, en forma localizada en los hoyos, Furadán 5% granulado, a dosis de 30 kg/ha, para prevenir el ataque de plagas del suelo.

Durante el transcurso del ciclo de los cultivos se hicieron 2 aplicaciones de Sevin PM (80% Carbaryl) en dosis de 960 g de ingrediente activo/ha para el control de 'vaquitas' (Diabrotica sp.). Para combatir el cogollero (Spodoptera frugiperda) se efectuaron 2 aplicaciones de Volatón granulado (2,5% Phoxin) en dosis de 9 kg/ha. En forma preventiva se hicieron 3 asperciones de Benlate (50% Benomil) en dosis de 200 g de ingrediente activo/ha.

A los 40 días después de la siembra se presentó un ataque de Pythium spp. en la vigna, contra el cual se aplicó una mezcla de Dithane M-45 (mancozeb 80% P.M.) con Difolatán (captafol 80% P.M.) a una dosis de 1,3 kg/ha y 2 kg/ha respectivamente.

El control de malezas se efectuó en forma manual, a los 10, 25 y 40 días después de la siembra.

3.8. Cosechas

Se efectuaron dos cosechas de vigna, a los 90 y 104 días después de la siembra, respectivamente. Las vainas fueron cosechadas secas y se evaluó su rendimiento en grano al 13% de humedad.

Los cultivares de maíz de porte bajo y de porte alto fueron cosechados a los 119 y 128 días después de la siembra, respectivamente. Las mazorcas fueron cosechadas secas, siendo la evaluación de rendimiento en grano efectuada al 14% de humedad.

A los 60 días después de la siembra se tomaron muestras de plantas de vigna para determinación de biomasa en hojas y tallos (época de su máximo desarrollo). Procedimiento semejante fue efectuado para el maíz a los 75 y 88 días después de la siembra para los cultivares de porte bajo y de porte alto respectivamente. A estos resultados fueron agregados, después de las cosechas, la biomasa completa de las vainas, en el caso de la vigna, y de las mazorcas para el maíz.

3.9. Recolección de información

3.9.1. Registro de la radiación solar

Fueron utilizados seis radiómetros de línea con integradores de milivoltios tipo VM1* y un radiómetro integrador de destilación tipo Gunn-Bellani (de agua) previamente calibrados en la estación meteorológica del CATIE.

La medición de la radiación dentro de los diferentes arreglos espaciales del maíz asociado con vigna se realizó con los seis radiómetros de línea, colocados a altura del follaje de la vigna, en dos posiciones paralelas a las hileras del cultivo; una al centro y otra cerca de las hileras del maíz, como se muestran en las Figuras 1 y 2.

El registro de la radiación total que llegaba al follaje de la vigna, sin

* Delta - T Devices. Cambridge, England.

asociaciones fue tomado con el radiómetro tipo Gunn-Bellani instalado en una parcela de vinya en monocultivo.

Las observaciones fueron efectuadas diariamente a las 7 a.m., a partir de los 37 días de la siembra hasta la última cosecha de la vinya.

El cálculo de la radiación total se efectuó mediante la fórmula:

$$Q = n \times r \times k. \quad (\text{Para los radiómetros de línea}).$$

$$Q = h \times k. \quad (\text{Para el radiómetro tipo Gunn-Bellani}).$$

Donde:

Q = radiación solar total en calorías cm^{-2}

n = 0,0159 (Factor para expresar el resultado en calorías cm^{-2}).

r = registro en la integradora.

h = ml de la columna de agua destilada.

k = constantes instrumentales calculadas al efectuarse la calibración.

3.9.2. Características biológicas de la vinya

3.9.2.1. Biomasa de la parte aérea

Para obtener este dato se cosecharon 16 plantas por parcela a los 60 días después de la siembra, determinándose peso seco de tallos y hojas. A estos valores les fue agragado el peso seco de vainas determinado después de cada cosecha, obteniéndose así la biomasa total de la parte aérea que lograron producir las plantas durante su ciclo.

3.9.2.2. Area foliar

El área foliar fue determinada con base a área foliar específica (AFE) que representa la superficie de lámina foliar (en dm^2)

correspondiente a un gramo de peso seco de la misma lámina. Para calcular el AFE fueron sacados 50 discos con un sacabocado de superficie de corte conocida, de las hojas de las 16 plantas usadas para la determinación de la biomasa, y se dividió el área de todos los discos para su respectivo peso seco.

Para el cálculo del área foliar se usó la siguiente relación:

$$AF = PSF \times AFE$$

Donde:

AF = área foliar en dm^2 .

PSF = peso seco de las hojas en gramos por planta, basado en las 16 plantas usadas para determinación de la biomasa.

AFE = área foliar específica en dm^2/g .

3.9.2.3. Índice de área foliar (IAF)

Es la relación entre el área de todas las hojas de la planta y el área de suelo ocupada por la planta. Para su determinación se usó la fórmula que sigue:

$$IAF = \frac{\text{Area foliar por planta } (\text{dm}^2)}{\text{Area del suelo por planta } (\text{dm}^2)}$$

3.9.2.4. Rendimiento de grano

Se calculó a partir del peso de granos obtenidos por parcela útil, provenientes de las dos cosechas. Este valor fue corregido al 13% de humedad aplicando la fórmula:

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

Donde:

Pf = peso del grano (corregido al porcentaje de humedad deseado).

Po = peso del grano a la cosecha.

Ho = porcentaje de humedad en el grano a la cosecha.

Hf = porcentaje de humedad con que se desea expresar los rendimientos.

3.9.2.5. Componentes del rendimiento

a) Número de vainas por planta

Se obtuvo dividiendo el número de vainas totales cosechadas en la parcela útil entre el número de plantas cosechadas.

b) Número de semillas por vaina

Para obtener este dato se utilizó una muestra de 50 vainas, tomadas al azar, por parcela.

c) Peso de 100 semillas

Se calculó basando en el promedio del peso seco de 4 muestras de 100 semillas cada una, tomadas al azar, por parcela.

3.9.2.6. Número de plantas útiles (%)

Se efectuó la cuenta de las plantas existentes en la parcela útil en el momento de la cosecha. Para expresarlos en porcentaje, se consideró como 100% la población teórica de la misma área.

3.9.2.7. Índice de cosecha

Este índice se determinó dividiendo el peso seco

de los granos totales por planta, para el peso seco total de la planta, sin incluir las raíces. El resultado obtenido se multiplicó por 100 para expresarlo en porcentaje.

3.9.3. Características biológicas del maíz

3.9.3.1. Altura de plantas

La determinación de la altura de plantas se efectuó a los 75 y 88 días después de la siembra para el 'Maicito' y 'Tuxpeño C-7' respectivamente. Se tomó el promedio de 12 plantas por parcela y fue medido desde el nivel del suelo hasta el extremo de la inflorescencia masculina.

3.9.3.2. Biomasa de la parte aérea

El peso seco del tallo, hojas e inflorescencia masculina fue determinado a los 75 y 88 días después de la siembra para el 'Maicito' y 'Tuxpeño C-7' respectivamente. Se calculó en base a las 12 plantas del área de muestreo previamente establecida, por parcela. A este valor fue adicionado el peso seco de la mazorca completa, determinado en la cosecha.

3.9.3.3. Área foliar

El área foliar fue determinada con base a 3 plantas tomadas al azar entre las 12 plantas usadas para determinación de la biomasa. En todas las hojas de las 3 plantas identificadas, se midió largo y ancho para aplicar en la siguiente fórmula:

$$AF = \sum (L \times A \times C)$$

Donde:

AF = área foliar.

Σ = Sumatoria.

L = largo de hoja.

A = ancho máximo de hoja.

C = constante (0.7517 usada para el 'Maicito' y 0.7535 usada para el 'Tuxpeño C-7') determinada en ese trabajo.

Para determinación de la constante 'C' fueron tomadas al azar 50 hojas de cada cultivar de maíz en la misma época de la determinación de la biomasa. De cada hoja se midió el largo y el ancho máximo, y en seguida se determinó su área utilizando un instrumento electrónico*.

Con estos valores fue calculado el factor de corrección de área para cada hoja usando la fórmula:

$$C_i = \frac{Y}{L \times A}$$

Donde:

C_i = factor de corrección (C = promedio de C_i para $i = 50$ hojas).

Y = área foliar determinada por el medidor electrónico.

L = largo de hoja.

A = ancho máximo de hoja.

3.9.3.4, Índice de área foliar

Para la determinación de este índice se siguió el procedimiento descrito en el cultivo de la vinya (ver párrafo 3.9.2.3.).

3.9.3.5, Número de plantas volcadas (%)

Como planta volcada se consideró aquella que pre-

* Potable Area Meter. Model Li-3000. Land Instruments Corporation. Lincoln, Nebraska, U.S.A.

sentaba una inclinación mayor de 45° de la perpendicular formado por una planta erecta con el suelo. Para expresarlo en porcentaje se tomó como 100% el número total de planta de la parcela útil.

3.9.3.6. Rendimiento de grano

Este parámetro se calculó a partir del peso de granos totales obtenidos por parcela útil. Los resultados fueron uniformizados al 14% de humedad aplicando la misma fórmula descrita para la vinya (ver párrafo 3.9.2.5.).

3.9.3.7. Componentes del rendimiento

a) Número de mazorcas por planta

Para la determinación de este dato, se dividió el número de mazorcas totales cosechadas en la parcela útil, entre el número de plantas cosechadas en la misma parcela.

b) Número de semillas por mazorcas

Se calculó en base a una muestra de 10 mazorcas tomadas al azar, por parcela.

c) Peso de 100 semillas

Para determinación de este parámetro se siguió el mismo procedimiento descrito en el peso de 100 semillas para el cultivo de la vinya.

3.9.3.8. Número de plantas útiles (%)

Este dato se calculó mediante el conteo de las plantas existentes en la parcela útil en el momento de la cosecha. Se expresó en porcentaje, considerando la población original (teórica) de la misma parcela como el 100%.

3.9.4. Comparación entre los sistemas

3.9.4.1. Eficiencia energética

Este parámetro representa la eficiencia del sistema para transformar la energía solar fotosintéticamente activa en materia seca.

Se determinó dividiendo la energía contenida en la biomasa para la radiación fotosintéticamente activa recibida durante la permanencia de los cultivos en el campo, multiplicando el resultado por 100.

Para este cálculo se consideró que la radiación neta disponible para la fotosíntesis o radiación fotosintéticamente activa es el 50% de la radiación total recibida por los cultivos, durante su permanencia en el campo (63, 85); y que un gramo de materia seca contiene 4.000 calorías (54).

3.9.4.2. Índice de energía cosechada

Este índice nos indica la eficiencia del sistema en invertir energía de la biomasa en energía alimenticia, o sea, la proveniente de proteínas, carbohidratos y grasas. Para su cálculo se dividió la suma de la energía contenida en estos tres componentes de los alimentos para la energía de la biomasa total, expresándolo en porcentaje.

Para determinar la energía contenida en la parte comestible se utilizaron los contenidos, en porcentaje, de proteínas, carbohidratos y grasas de los gra

nos del maíz y vigna presentados en el Cuadro 2 y la energía contenida en estos componentes presentados en el Cuadro 3.

3.9.4.3. Uso equivalente de la tierra

Es un índice que indica, en porcentaje, el área que habría de emplearse bajo el sistema de referencia (monocultivo) para obtener una producción equivalente a la obtenida con el sistema evaluado (asociación).

Se calculó mediante la fórmula (96)

$$UET = \left(\sum_{i=1}^n \frac{Ria}{Rim} \right) \times 100$$

Donde:

UET = uso equivalente de la tierra.

\sum = sumatoria.

n = número de cultivos en asociación.

Ria = producción del cultivo en el sistema evaluado (asociación).

Rim = producción del cultivo en el sistema de referencia (monocultivo).

3.9.4.4. Ingreso bruto total

El ingreso bruto total se evaluó con base en el peso de granos obtenidos con 14 y 13 por ciento de humedad para el maíz y vigna respectivamente. Se consideraron los precios vigentes en el mercado local en la época de la cosecha, siendo ₡ 10,50 por kg para el maíz y ₡ 18,00 por kg para la vigna.

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

	Proteínas	Carbohidratos	Grasas	Referencias
Maíz	11,33	80,97	4,70	(*)
Vigna	22,75	69,09	1,30	(86)

* Información obtenida del Laboratorio de Fisiología del CATIE.

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

	Proteínas	Carbohidratos	Grasas	Referencias
Maíz	2730	4030	8370	(61)
Vigna	3470	4070	8370	(61)

3.10. Análisis estadístico

Las diferentes variables fueron analizadas de acuerdo al modelo estadístico de Bloque Completo al Azar (17).

Para tratar de detectar la significancia estadística de las diferencias de los promedios de los datos se utilizó la prueba de Duncan al nivel del 5% de probabilidad.

Con el propósito de determinar el grado de asociación entre las variables, se efectuaron métricas de correlación.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Condiciones climáticas

Durante el desarrollo del experimento de mayo a octubre de 1983, prevalecieron las condiciones climáticas cuyo resumen mensual se muestran en el Cuadro A2. Las variaciones mensuales de evaporación, precipitación real y promedio de 42 años pueden observarse en la Figura 3. Este período se caracterizó por un balance hídrico atmosférico siempre positivo y con la precipitación mensual real durante la fase de crecimiento de los cultivos, inferior a la esperada de acuerdo con los promedios, condiciones que probablemente contribuyeron a mejorar el desarrollo vegetativo. Sin embargo, en el último mes del experimento el promedio de la precipitación real fue superior en cerca de un 30%, al promedio de la precipitación esperada. Este exceso perjudicó considerablemente los rendimientos de los cultivos.

La radiación solar total acumulada disponible para la vinya asociada con maíz a partir de los 37 días hasta a los 100 días después de la siembra bajo los diferentes sistemas de cultivos se muestra en el Cuadro A3. En este período la mayor cantidad de radiación solar total acumulada (10.569 cal/cm^2) se obtuvo bajo el 'Maicito' en disposición de hilera doble, que correspondió a un 41% de la radiación solar total externa (energía solar disponible de la vinya en monocultivo) durante el mismo período. La menor cantidad de radiación solar (25% de la radiación externa) se dió bajo el maíz 'Tuxpeño' en hilera simple.

En la Figura 4 se presentan las curvas de regresión a través del tiempo de la variación de la radiación solar no interceptada por el follaje de los dos cultivares de maíz en las dos disposiciones de hilera estudiados. Se observa que dentro de cada cultivar la hilera simple intercepta más radiación solar que

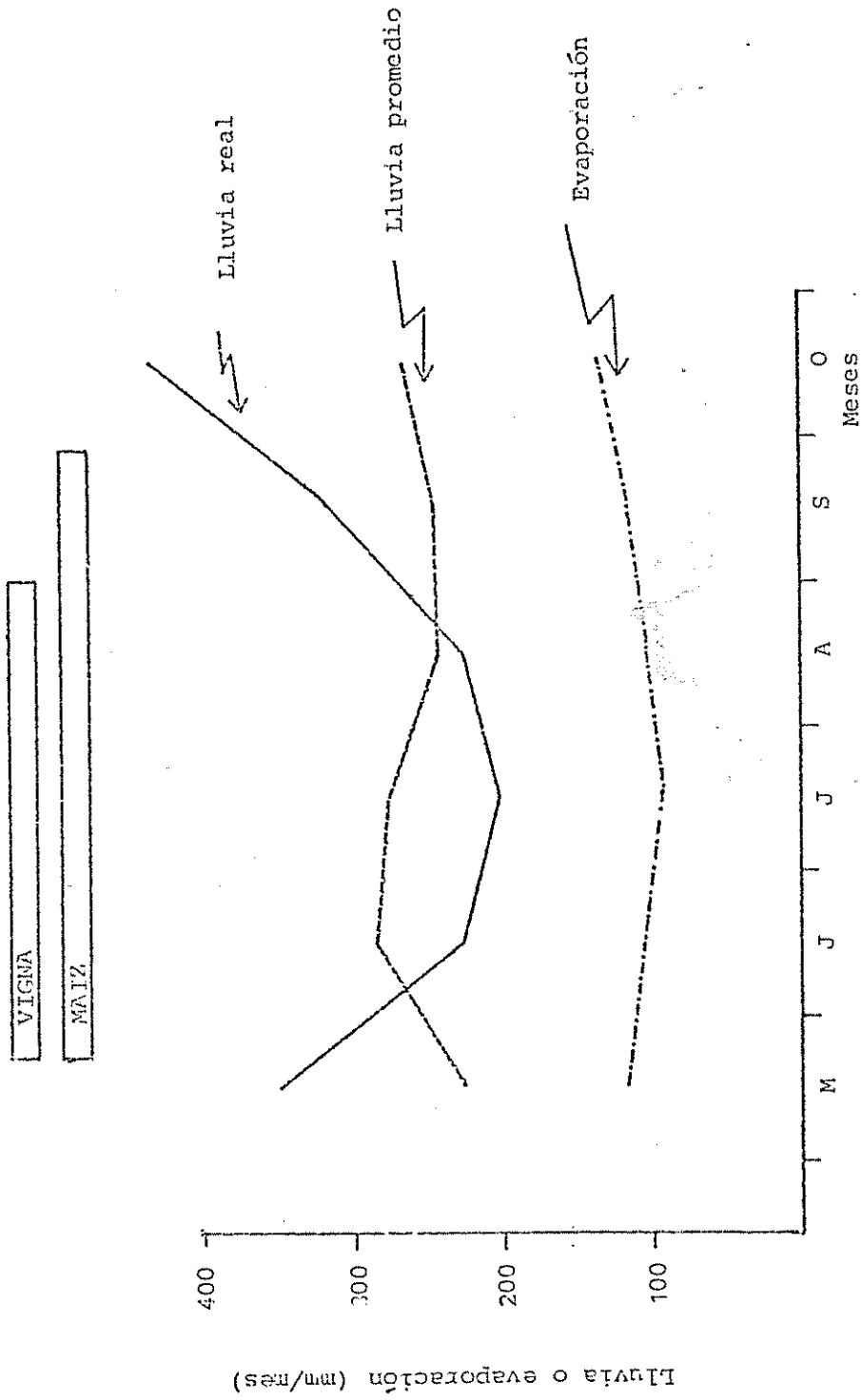
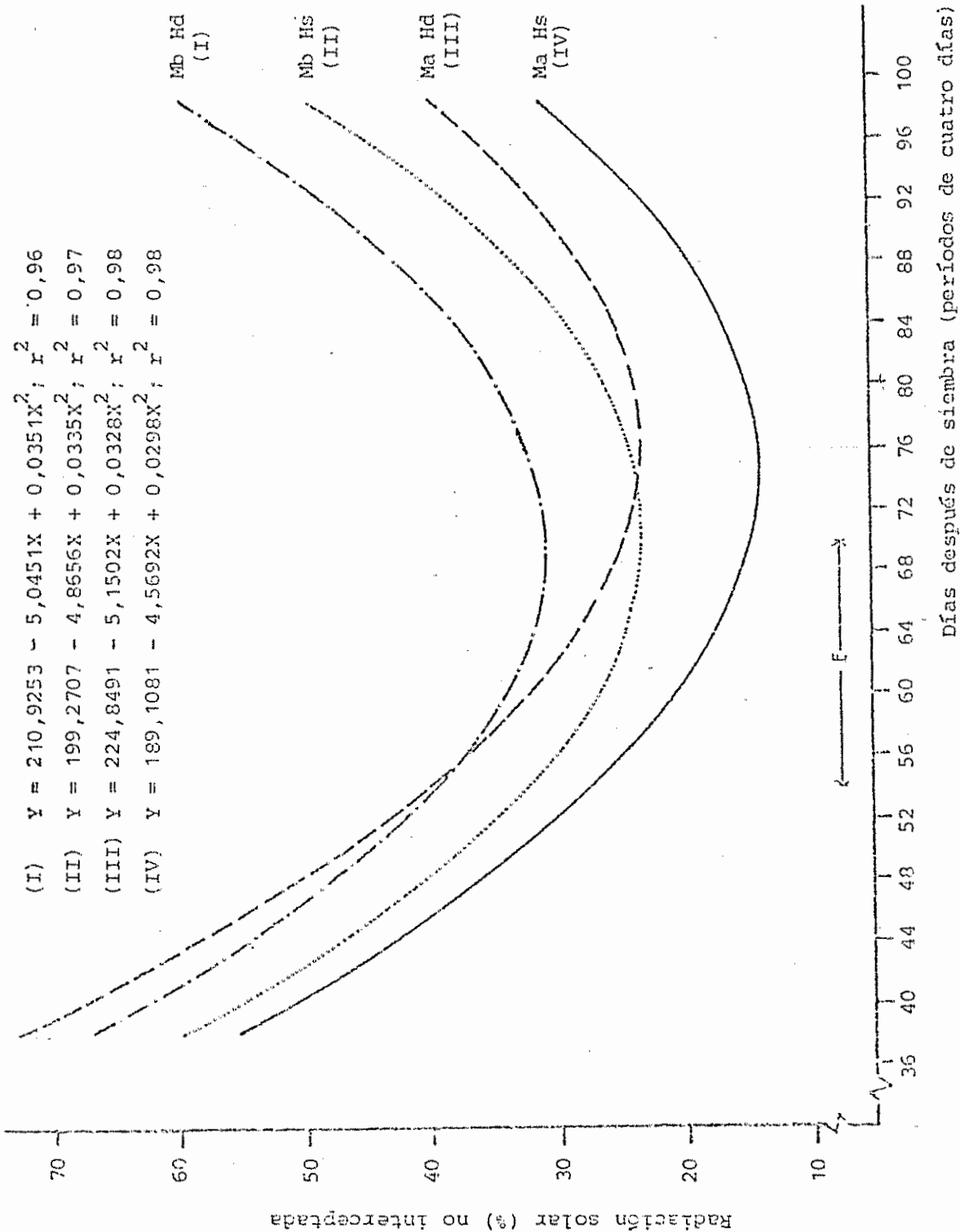


Figura 3. Lluvia mensual (promedio de 42 años), lluvia y evaporación reales que ocurrieron durante la permanencia de los cultivos en el campo. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1983.



- (I) $Y = 210,9253 - 5,0451X + 0,0351X^2$; $r^2 = 0,96$
- (II) $Y = 199,2707 - 4,8656X + 0,0335X^2$; $r^2 = 0,97$
- (III) $Y = 224,8491 - 5,1502X + 0,0328X^2$; $r^2 = 0,98$
- (IV) $Y = 189,1081 - 4,5692X + 0,0298X^2$; $r^2 = 0,98$

Días después de siembra (períodos de cuatro días)

Figura 4. Radiación solar no interceptada por el follaje del maíz de dos alturas y dos disposiciones de hilera, expresada como porcentaje de la radiación solar exterior a los sistemas (100%). Esta fue la radiación que llegó al follaje de las plantas de vinya asociadas con maíz. (f = período de floración de la vinya; M = maíz; a = alto-'Mujicho'; b = bajo-'Mujicho'; II = hilera; S = sim (plo) d = doble).

la hilera doble. En la fase inicial de crecimiento de los cultivos, se observó una tendencia de mayor interceptación solar en los sistemas con el 'Maicito', que alcanzó el máximo sombreamiento alrededor de los 70 días después de la siembra. Mientras que el 'Tuxpeño', por ser de crecimiento más lento y más tardía que el 'Maicito', alcanzó el máximo sombreamiento más ó menos a los 80 días después de la siembra. Durante el período de observación el maíz 'Tuxpeño' en hilera simple siempre interceptó más luz que las demás condiciones. Pero, el 'Tuxpeño' en hilera doble solamente a partir de los 55 días después de la siembra, época de floración de la vigna fue que pasó a interceptar más luz que el 'Maicito' en hilera doble. Esas condiciones influenciaron significativamente en el comportamiento de la vigna.

4.2. Observaciones generales sobre los cultivos

La emergencia de las plantas ocurrió al sexto día después de la siembra y con buena uniformidad. La floración en la vigna y en los cultivares de maíz 'Maicito' y 'Tuxpeño C-7' ocurrió alrededor de los 52, 60 y 75 de edad, respectivamente.

En el Cuadro A4 se presenta la secuencia cronológica de las principales actividades realizadas en el experimento. Se puede observar que se efectuaron aplicaciones de plaguicidas de manera frecuente con el propósito de evitar daños severos de plagas ó enfermedades. Todas las aplicaciones de los plaguicidas efectuaron control satisfactorio, excepto la última aplicación de fungicida a la vigna para combatir el Pythium. El ataque del hongo se presentó a los 40 días después de la siembra por lo cual fue difícil su combate debido al buen desarrollo vegetativo que presentaron las plantas de vigna en esa época, además en el comercio local no se consiguió un fungicida sistémico, apropiado para el

control de esta enfermedad.

4.3. Características biológicas de la vigna

4.3.1. Rendimiento de granos

En el Cuadro A5 se muestra el cuadrado medio para esta variable y su respectiva significancia. A través de la prueba de Duncan aplicada a esta característica (Cuadro 4) se observó que los sistemas en monocultivo fueron significativamente superiores a todos los sistemas en que la vigna se encontró en asocio con maíz. La causa principal de la reducción de la vigna asociada con el maíz puede ser atribuída a fuerte competencia que ejerce este último cultivo en sus asociaciones. Este efecto competitivo del maíz también fue mencionado por otros autores en trabajos de asociaciones maíz-leguminosas (4, 59). En general, las mayores reducciones del rendimiento de la vigna (54%) se verificaron en las asociaciones con maíz 'Tuxpeño' (Porte alto), ya que con el maíz 'Maicito' (Porte bajo) la reducción fue de 43%.

Dentro de los sistemas asociados, se observaron diferencias significativas sólo entre los rendimientos de vigna obtenidos en las asociaciones con 'Maicito' en la disposición de hilera doble (947 y 1030 kg/ha con la densidad de vigna a 80.000 y 106.600 pl/ha respectivamente), y los rendimientos obtenidos en la asociación con 'Tuxpeño' en hilera simple (625 kg/ha) con la vigna a 80.000 pl/ha. Este resultado podría atribuirse al efecto negativo del sombreado sobre la vigna, pues fue en el sistema formado con 'Tuxpeño' en hilera simple que ocurrió la mayor interceptación de luz solar (75%) y el maíz bajo en hilera doble fue el que menos interceptó la luz (59%) (Cuadro A3).

A través de un análisis del rendimiento de granos de plantas de vigna, con los tratamientos en arreglo factorial se detectó efecto significativo so-

Cuadro 4. Rendimientos en granos (kg/ha + 13% H₂O) de plantas de vinya en dos densidades de siembra, en monocultivo y asociaciones con maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera.

Sistemas	Densidad de vinya (pl/ha)	Disposición de hilera *		Diferencias (Hd-Hs)	Diferencias (%) (Hs=100%)
		Simple (Hs)	Doble (Hd)		
Asociación Maíz alto ('Tuxpeño') + Vinya	80.000 (V1)	625 c	748 bc	123	19,7%
	106.600 (V2)	799 bc	789 bc	-10	-1,2%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	174 (27,8%)	41 (5,5%)		
Asociación Maíz bajo ('Maicito') + Vinya	80.000 (V1)	847 bc	947 b	100	11,8%
	106.600 (V2)	830 bc	1030 b	200	24,1%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	-17 (-2,0%)	83 (8,8%)		
Monocultivo de Vinya	80.000 (V1)	1519 a	1697 a	178	11,7%
	106.600 (V2)	1598 a	1652 a	54	3,4%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	79 (5,2%)	-45 (-2,7%)		

* La diferencia entre promedios con letras iguales no es significativa según prueba de Duncan ($P < 0,05$).

lamente para el factor altura de maíz, no habiendo significancia para los demás factores y sus respectivas interacciones. Ver Cuadro A6.

Las diferencias entre los promedios de los rendimientos obtenidos en los sistemas con hileras dobles de 'Maicito' y 'Tuxpeño' (Cuadro 4) no fueron significativas estadísticamente, sin embargo, se observa, en promedio, un aumento cercano a un 20% en favor del 'Maicito', con estos resultados y observando la variación de luz dentro de estos sistemas (Fig. 4) se puede decir que es desde la fase de floración a la de madurez de los frutos que el sombreamiento afecta más el rendimiento de la vigna, ya que antes de estas fases el sistema que presentaba una menor interceptación de luz era con 'Tuxpeño' en hilera doble. Este efecto detrimental del sombreamiento en estas fases de los cultivos fue mencionado por Yoshida (97).

Analizando el efecto de disposición de hilera de maíz se observa que no hubieron diferencias significativas entre los promedios de rendimiento en ningún caso. Pero, la tendencia de aumentar los rendimientos al pasar de la disposición del maíz de hilera simple para hilera doble fue evidente, con un sistema presentando hasta 24,1% de ventaja como fue el caso de vigna a 106.600 pl/ha en asocio con 'Maicito'. Solamente en la asociación de vigna a 106.600 pl/ha con 'Tuxpeño' se presentó una pequeña reducción (1,3%). Esa tendencia de mejorar el comportamiento de la vigna en los sistemas de hilera doble puede ser atribuido no solo a una mejor luminosidad en el microclima sino también a una menor competencia interespecífica por nutrimentos así como un mayor efecto de bordes como puede ser visto en los sistemas de vigna en monocultivo.

En cuanto al efecto de la densidad de vigna no se observaron diferencias estadísticas entre promedios de rendimiento dentro de cada sistema. Sin embargo, en los sistemas de hilera doble tanto con 'Tuxpeño' como con 'Maicito' hubo un incremento en el rendimiento de la vigna al aumentar su densidad. Por lo

tanto investigaciones adicionales de asociaciones de vigna con maíz en hilera doble son necesarios para obtener resultados más concretos.

En relación a la vigna en monocultivo se notó tendencia a aumentar el rendimiento al disponer las plantas en arreglos correspondientes a la doble hilera sin alcanzar niveles significativos.

Los datos completos de rendimiento de granos de vigna por repetición son presentados en el Cuadro A10.

4.3.2. Componentes del rendimiento:

a) Número de vainas por planta

Los resultados de esta variable se presentan en el Cuadro 5. Por la prueba de Duncan aplicada a esa variable se puede observar que los promedios siguieron una tendencia parecida a la de los rendimientos de granos, lo cual fue también demostrado por el coeficiente de correlación altamente significativo ($r = 0,92$) entre esas variables (Cuadro A7). Resultados semejantes de correlación positiva también fueron encontrados en otros trabajos de investigación realizados con vigna (30, 45, 47, 84). El número de vainas por planta de vigna en los monocultivos, superiores al de las plantas asociadas, se debió posiblemente al efecto perjudicial del sombreamiento del maíz. Los valores más altos de esta variable en asociaciones fueron obtenidos en los sistemas con 'Maicito' en hilera doble, detectándose diferencias significativas en relación con el promedio obtenido de las plantas en asociación con 'Tuxpeño' en hilera simple. Estos resultados ponen en evidencia el efecto negativo de la sombra en la abscisión de frutos en la vigna (34). El bajo número de vainas por planta puede ser considerado como un mecanismo de defensa para compensar la reducida fotosíntesis bajo condiciones de poca luminosidad (53).

Analizando el efecto de densidad de población de vigna se observó que en

Cuadro 5. Número de vainas por planta de vigna en dos densidades de siembra, en monocultivo y asociaciones con maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera.

Sistemas	Densidad de vigna (pl./ha)	Disposición de hilera *		Diferencias	
		Simple (Hs)	Doble (Hd)	(Hd-Hs)	(%) (Hs=100%)
Asociación Maíz alto ('Tuxpeño') + Vigna	80.000 (V1)	4,78 d	7,34 cd	2,56	53,6%
	106.600 (V2)	5,94 cd	7,17 cd	1,23	20,7%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	1,16 (24,3%)	-0,17 (-2,3%)		
Asociación Maíz bajo ('Maicito') + Vigna	80.000 (V1)	6,82 cd	8,59 c	1,77	25,9%
	106.600 (V2)	7,00 cd	7,96 c	0,96	13,7%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	0,18 (2,6%)	-0,63 (-7,3%)		
Monocultivo de Vigna	80.000 (V1)	13,94 ab	11,26 b	-2,68	-19,2%
	106.600 (V2)	14,75 a	11,43 b	-3,32	-22,5%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	0,81 (5,8%)	0,17 (1,5%)		

* La diferencia entre promedios con letras iguales no es significativa según prueba de Duncan (P < 0,05).

ninguno de los sistemas se presentaron diferencias significativas entre promedios en número de vainas por planta. Esto contrasta con lo encontrado por Brathwaite (16) quien reportó que el aumento de la densidad redujo el número de vainas por planta.

b) Número de semillas por vaina

En el Cuadro A5 se presenta el cuadrado medio de esta característica donde se puede observar que no hubo efecto significativo entre tratamientos. Los valores obtenidos variaron de 13,83 a 14,99 semillas por vaina (Cuadro A12). Este fue uno de los componentes del rendimiento que no presentó correlación significativa con las demás características evaluadas (Cuadro A7). La baja influencia del ambiente sobre el número de semillas por vaina en vigna fue reforzado en un trabajo de Huxley y Summerfield (45). En caso más específico, Summerfield et al. (87) trabajando con vigna encontró poca influencia del sombreado sobre esta variable.

c) Peso de 100 semillas

El peso de 100 semillas presentó poca variación por efecto de tratamientos como se puede ver en el Cuadro A12. Resultados similares fueron encontrados por Rego (77) al asociar la vigna con yuca. En general, se observó que en los tratamientos en monocultivo fueron obtenidos los menores pesos (no significativos) comparados con los tratamientos asociados. Esa tendencia de aumentar el peso de semillas de la vigna en asocio puede ser explicada, en parte, por el efecto reductor del sombreado del maíz sobre el número de vainas por planta y consecuentemente sobre el número de granos por planta. Al reducirse el número de granos había disponible mayor cantidad de productos de la fotosíntesis para su crecimiento. Summerfield et al. (87) obtuvo resultados semejantes a los de este trabajo. Posiblemente, este comportamiento debe haber contribuido para obtener la correlación negativa encontrada entre peso de 100 semillas y rendimiento (Cuadro A7).

4.3.3. Número de plantas en la cosecha

El cuadrado medio y la significancia correspondiente a esta variable se muestran en el Cuadro A5. A través del resultado de la prueba de Duncan (Cuadro 6) se observa que dentro de los sistemas en monocultivo no se encontraron diferencias significativas entre promedios. Sin embargo, en los sistemas asociados fue evidente el efecto de densidad de vigna tanto en presencia de 'Tuxpeño' como de 'Maicito', principalmente en las disposiciones de hilera simple, en que el aumento de la densidad resultó en una reducción en el porcentaje de plantas vivas al finalizar el experimento. Tendencias similares también fueron encontradas al pasar de la disposición de hilera simple para hilera doble con la densidad de vigna a 80.000 pl/ha. Ese comportamiento puede ser parcialmente explicado por el ataque del hongo Pythium el que posiblemente encontró ambiente más favorable para su diseminación en los sistemas en que las plantas estuvieron más juntas.

4.3.4. Biomasa de la parte aérea

Los promedios de peso seco total de la parte aérea, por planta, se presentan en el Cuadro 7 con los respectivos resultados de la prueba de Duncan. En monocultivo los promedios fueron significativamente superiores a los asociados, pudiendo ser atribuido parcialmente al efecto de intercepción de luz solar, por el maíz. Resultados semejantes fueron reportados por Espino (31).

Analizando el efecto del cultivar de maíz se observó que en general las plantas de vigna presentaron mayores rendimientos de biomasa cuando se encontraban asociados con 'Maicito', el mayor valor (42.00 g/pl) fue obtenido con la densidad de vigna a 80.000 pl/ha y con el 'Maicito' en hilera doble. No se detectaron diferencias significativas entre promedios por efecto de densidades de vigna en los sistemas asociados, sin embargo, todos los valores tienden a dis-

Cuadro 6. Supervivencia (%) en el momento de la cosecha, de plantas de vinya, en dos densidades de siembra, en monocultivo y asociaciones con maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera.

Sistemas	Densidad de vinya (pl/ha)	Disposición de hilera**		Diferencia (Hd-Hs)
		Simple (Hs)	Doble (Hd)	
Asociación Maíz alto ('Tuxpeño') + Vinya	80.000 (V1)	91,67 b	83,34 c	-8,33
	106.600 (V2)	80,99 cd	75,78 de	-5,21
	Dif. V2-V1	-10,68	-7,56	
Asociación Maíz bajo ('Maicito') + Vinya	80.000 (V1)	98,61 a	91,67 b	-6,94
	106.600 (V2)	73,96 e	75,00 de	1,04
	Dif. V2-V1	-24,65	-16,67	
Monocultivo de Vinya	80.000 (V1)	96,18 ab	95,66 ab	-0,52
	106.600 (V2)	90,37 b	92,71 ab	2,34
	Dif. V2-V1	-5,81	-2,95	

* Porcentaje de plantas vivas al momento de cosecha en relación al número de plantas vivas en el área útil al iniciarse el experimento.

** La diferencia entre promedios con letras iguales no es significativa según prueba de Duncan ($P < 0,05$).

Cuadro 7. Producción de biomasa (g/pl) de la parte aérea de plantas de vigna en dos densidades de siembra, en monocultivo y asociaciones con maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera.

Sistemas	Densidad de vigna (pl/ha)	Disposición de hilera*		Diferencia (Hd-Hs) (Hs=100%)	Diferencia (%) (Hs=100%)
		Simple (Hs)	Doble (Hd)		
Asociación Maíz alto ('Tuxpeño') + Vigna	80.000 (V1)	26,50 fg	34,50 def	8,00	30,2%
	106.600 (V2)	25,50 g	31,50 efg	6,00	23,5%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	-1,00 (-3,8%)	-3,00 (-8,7%)		
Asociación Maíz bajo ('Maicito') + Vigna	80.000 (V1)	39,25 de	42,00 d	2,00	7,0%
	106.600 (V2)	31,25 efg	34,75 def	3,25	10,3%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	-7,75 (-19,7%)	-7,25 (-17,3%)		
Monocultivo de Vigna	80.000 (V1)	70,00 b	58,50 c	-11,50	-16,4%
	106.600 (V2)	78,00 a	58,00 c	-20,00	-25,6%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	8,00 (11,4%)	-0,50 (-0,8%)		

* La diferencia entre promedios con letras iguales no es significativa según prueba de Duncan (P < 0,05).

minuir con el aumento de la densidad.

La tendencia del rendimiento de biomasa de vigna fue de aumentar cuando se asoció con el maíz en hilera doble, presentando incrementos de hasta 30% como es el caso de la vigna a 80.000 pl/ha asociada con 'Tuxpeño'. Resultados similares fueron encontrados por Meda (59) con el cultivo de frijol lima asociado con maíz en diferentes disposiciones de hilera.

Relacionando esos resultados con la luz solar disponible a la vigna en cada sistema (Figura 4) se observa que las plantas de vigna fueron más vigorosas en los ambientes de mayor luminosidad, como fue igualmente demostrado por Neves y colaboradores (71). Es importante el estudio del ambiente que favorece a la vigna en la producción de biomasa ya que esta es una característica que presentó una correlación positiva y altamente significativa con el número de vainas por planta ($r = 0,92$), rendimiento de granos ($r = 0,91$) y número de plantas en la cosecha ($r = 0,46$) como puede ser visto en el Cuadro A7.

En el Cuadro A11 puede ser visto como varió los datos de biomasa de plantas de vigna por repeticiones.

4.3.5. Índice de área foliar

Los mayores valores de superficie foliar por unidad de área fueron obtenidos en los sistemas en monocultivo (Cuadro 8). Otros investigadores (37), trabajando con frijol común, también encontraron reducciones en el índice de área foliar de esta leguminosa en los sistemas de asociaciones con maíz, comparado con los resultados obtenidos en monocultivo. Sin embargo, Meda (59), en trabajo con frijol lima en monocultivo y asociado con maíz, encontró valores más alto del índice de área foliar en los sistemas asociados.

A través de la prueba de Duncan (Cuadro 8) no se detectaron diferencias significativas por efecto de densidad. El menor valor obtenido fue con la den

Cuadro 8. Índice de área foliar (dm^2 de hojas/ dm^2 de suelo) de plantas de vigna en dos densidades de siembra, en monocultivo y asociaciones con maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera.

Sistemas	Densidad de vigna (pl/ha)	Disposición de hilera*		Diferencia (Hd-Hs) (%) (Hs=100%)
		Simple (Hs)	Doble (Hd)	
Asociación Maíz alto ('Tuxpeño') + Vigna	80.000 (V1)	1,42 d	1,77 cd	0,35 24,6%
	106.600 (V2)	1,71 cd	2,07 c	0,36 21,0%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	0,29 (20,4%)	0,3 (16,9%)	
Asociación Maíz bajo ('Maicito') + Vigna	80.000 (V1)	2,23 bc	2,03 c	-0,20 -9,0%
	106.600 (V2)	2,05 c	2,04 c	-0,01 -0,5%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	-0,18 (-8,1%)	0,01 (0,5%)	
Monocultivo de Vigna	80.000 (V1)	3,03 a	2,89 a	-0,14 -4,6%
	106.600 (V2)	3,16 a	2,70 ab	-0,46 -14,6%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	0,13 (4,3%)	-0,19 (-6,6%)	

* La diferencia entre promedios con letras iguales no es significativa según prueba de Duncan ($P < 0,05$).

sidad de vinya a 80.000 pl/ha asociado con 'Tuxpeño' en hilera simple, presentando diferencias significativas para todos los valores obtenidos en las asociaciones con 'Maicito' y en los monocultivos. Basados en esos resultados se puede atribuir un efecto negativo indirecto de la luz solar sobre el índice de área foliar de la vinya, ya que en ambiente de luminosidad reducida las plantas de vinya presentaron menor producción de biomasa y esta característica estuvo altamente correlacionada con el índice de área foliar ($r = 0,89$). Ver Cuadro A7.

4.3.6. Índice de cosecha

En el Cuadro 9 se presentan los resultados de la prueba de Duncan aplicada a esta variable. Se observa que no hubieron diferencias significativas entre los promedios de la vinya en monocultivo y los promedios correspondientes a la vinya en los sistemas asociados. En cuanto al efecto de disposiciones de hilera de maíz se detectó diferencia significativa entre promedios solamente entre los sistemas con la densidad de vinya a 106.600 pl/ha asociada con maíz 'Tuxpeño', siendo en hilera simple superior a hilera doble. El índice de cosecha, en ese trabajo, no estuvo correlacionado significativamente con las demás variables evaluadas (Cuadro A7).

4.4. Características biológicas de maíz

En el Cuadro A8 se muestran los cuadrados medios de estas características con sus significancias, cuando estas fueron detectadas.

4.4.1. Rendimiento de granos

En el Cuadro 10 se presentan los rendimientos en granos de maíz y la prueba de Duncan correspondientes. Se observó que los rendimientos

Cuadro 9. Índice de cosecha (%) de plantas de vigna en dos densidades de siembra, en monocultivo y asociaciones con maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera.

Sistemas	Densidad de vigna (pl/ha)	Disposición de hilera *		Diferencia (HG-Hs)
		Simple (Hs)	Doble (HD)	
Asociación Maíz alto ('Tuxpeño') + Vigna	80.000 (V1)	26,48 ab	23,81 ab	-2,67
	106.600 (V2)	27,53 a	22,29 b	-5,24
	Dif. V2-V1	1,05	-1,52	
Asociación Maíz bajo ('Maicito') + Vigna	80.000 (V1)	23,81 ab	24,81 ab	1,00
	106.600 (V2)	22,40 b	26,67 ab	4,27
	Dif. V2-V1	-1,41	1,86	
Monocultivo de Vigna	80.000 (V1)	23,85 ab	23,61 ab	-0,24
	106.600 (V2)	24,87 ab	23,71 ab	-1,16
	Dif. V2-V1	1,02	0,10	

* La diferencia entre promedios con letras iguales no es significativa según prueba de Duncan ($P < 0,05$).

Cuadro 10. Rendimiento en granos (kg/ha + 14% H₂O) de plantas de maíz de dos alturas y dos disposiciones de hilera, en monocultivo y asociaciones con vigna en dos densidades de siembra.

Sistemas	Densidad de vinya o maíz (pl/ha)	Disposición de hilera *		Diferencia (II-I) (III=100%)	Diferencia (%)
		Disposición de hilera *			
		Simple (Hs)	Doble (HD)		
Asociación Maíz alto ('Tuxpeño') + Vigna	80.000 (V1)	3458 b	3529 b	71	2,0%
	106.600 (V2)	3530 b	3379 b	-151	-4,3%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	72 (2,1%)	-150 (-4,2%)		
Asociación Maíz bajo ('Maicito') + Vigna	80.000 (V1)	1941 d	1849 d	-92	-4,7%
	106.600 (V2)	1889 d	1943 d	54	2,9%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	-52 (-2,7%)	94 (5,1%)		
Monocultivo	50.000 **	4443 a	4452 a	9	0,2%
	50.000	2543 c	2861 c	318	12,5%

* La diferencia entre promedios con letras iguales no es significativa según prueba de Duncan ($P < 0,05$).

** Densidad del maíz tanto en monocultivo como en asociaciones.

de maíz alto ('Tuxpeño') fueron superiores a los rendimientos de maíz bajo ('Maicito') tanto en monocultivo como en los sistemas asociados, pudiendo esto atribuirse a diferencias en el potencial genético de producción de los cultivos.

Los análisis de variancia de los rendimientos de granos de maíz en arreglo factorial presentó efecto significativo únicamente para altura de maíz como se puede ver en el Cuadro A6. Dentro de cada cultivar de maíz se observaron diferencias significativas entre los promedios de los sistemas monocultivos comparados con sus respectivos sistemas asociados indicando que los rendimientos de maíz fueron afectados significativamente por la competencia de la vigna (Cuadro 10). Wien y Nangju (95), reportaron resultados similares a estos, sin embargo, en trabajos de otros investigadores (41, 50) los rendimientos de granos de maíz no sufrieron reducciones significativas al asociarse con vigna.

La variación de la densidad poblacional de vigna no afectó significativamente al rendimiento de maíz en ninguno de los cultivares o disposición de hileras. Chang (20), en evaluaciones de rendimiento en la asociación maíz-vigna, comentó también la influencia nula que las densidades de siembra de vigna tuvieron sobre el rendimiento del maíz.

En cuanto al efecto de la disposición de hilera fue importante observar que el maíz no presentó diferencias significativas entre los promedios de sus rendimientos al sembrarlo en hilera doble en comparación con los de hilera simple. Respuestas parecidas a éstas fueron encontradas por Padilla (73). Relacionando ese comportamiento del maíz con los resultados de la vigna obtenidos en los sistemas asociados respectivo (Cuadro 4) se puede apreciar la ventaja potencial de la asociación maíz-vigna en sistema de hilera doble, ya que la vigna mostró tendencia a aumentar sus rendimientos en dicho sistema.

Según se indica en el Cuadro A9 los rendimientos del maíz estuvieron altamente correlacionados, en forma positiva, con semillas por mazorca, peso de

100 semillas, altura de planta, biomasa por planta, área foliar e índice de área foliar. En forma negativa estuvieron correlacionados con plantas volcadas.

En el Cuadro A10 se presentan los rendimientos de granos por repetición.

4.4.2. Componentes del rendimiento

a) Número de mazorcas por planta

Esa característica demostró ser poco afectada por influencia con los tratamientos o sistemas evaluados (Cuadro 11). El valor más alto, 1,01 mazorcas/pl, fue obtenido por 'Maicito' en monocultivo e hilera doble, y el valor más bajo de 0,76 mazorcas/pl se obtuvo también con el 'Maicito' en hilera doble asociado con vigna a 80,000 pl/ha. En el Cuadro A9 se observa que esta característica estuvo poco correlacionada con las demás variables evaluadas, resultados semejantes fueron reportados por Medal (59).

b) Número de semillas por mazorca

En el Cuadro 12 se muestran las variaciones del número de semillas por mazorcas bajo efecto de los tratamientos y su respectiva prueba de Duncan. Se puede ver que las principales diferencias entre promedios estuvieron relacionadas con el cultivar de maíz, siendo los valores mas bajos los obtenidos con 'Maicito'. Posiblemente los mayores rendimientos en granos del 'Tuxpeño' en relación a 'Maicito' se debieron en parte a esta característica (número de semillas), pues estuvo altamente correlacionada en forma positivas ($r = 0,85$) con los rendimientos (Cuadro A9). Dentro de cada cultivar, la asociación con vigna y su densidad de siembra no afectaron significativamente las diferencias entre promedios del número de semillas por mazorca, tanto para

Cuadro 11. Número de mazorcas por planta de maíz de dos alturas y dos disposiciones de hilera, en monocultivo y asociaciones con vigna en dos densidades de siembra.

Sistemas	Densidad de vinya o maíz (pl/ha)	Disposición de hilera *		Diferencia (Hd-Hs) (%) (Hs=100%)
		Doble (Hd)		
		Simple (Hs)	Doble (Hd)	
Asociación Maíz alto ('Tuxpeño') + Vigna	80.000 (V1)	0,89 abc	0,81 bc	-0,08 -9,0%
	106.600 (V2)	0,90 abc	0,87 abc	-0,03 -3,3%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	0,01 (1,1%)	0,06 (7,4%)	
Asociación Maíz bajo ('Maicito') + Vigna	80.000 (V1)	0,86 abc	0,76 c	-0,10 -11,6%
	106.600 (V2)	0,80 c	0,83 bc	0,03 3,7%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	-0,06 (-7,0%)	0,07 (9,2%)	
Monocultivo	50.000 **	0,86 abc	0,92 abc	0,06 7,0%
	50.000	0,98 ab	1,01 a	0,03 2,1%

* La diferencia entre promedios con letras iguales no es significativa según prueba de Duncan ($P < 0,05$).

** Densidad del maíz tanto en monocultivo como en asociaciones.

Cuadro 12. Número de semillas por mazorca de maíz de dos alturas y dos disposiciones de hilera, en monocultivo y asociaciones con vigna en dos densidades de siembra.

Sistemas	Densidad de vinya o maíz (pl/ha)	Disposición de hilera *		Diferencia	
		Simple (Hs)	Doble (Hd)	(Hd-Hs)	Diferencia (%) (Hs=100%)
Asociación Maíz alto ('Tuxpeño') + Vigna	80.000 (V1)	367 ab	358 ab	-9	-2,4%
	106.600 (V2)	361 ab	335 bc	-26	-7,2%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	-6 (-1,6%)	-23 (-6,4%)		
Asociación Maíz bajo ('Maicito') + Vigna	80.000 (V1)	248 d	263 d	15	6,0%
	106.600 (V2)	259 d	240 d	-19	-7,3%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	11 (4,4%)	-23 (-8,7%)		
Monocultivo	50.000 **	390 ab	460 a	16	4,1%
	50.000	253 d	290 cd	37	14,6%

* La diferencia entre promedios con letras iguales no es significativa según prueba de Duncan ($P < 0,05$).

** Densidad del maíz tanto en monocultivo como en asociaciones.

la disposición del maíz en hileras simples como dobles. La única excepción fue la diferencia entre maíz alto ('Tuxpeño') en monocultivo e hilera doble y el mismo maíz e hilera asociado con 106.600 plantas/ha de vigna.

c) Peso de 100 semillas

En el Cuadro 13 se encuentran los datos de peso seco de 100 semillas con los resultados de la prueba de Duncan. Se encontró significancia entre promedios únicamente por efecto de cultivar de maíz. Los valores más bajos correspondieron a las semillas del 'Maicito'. Esta fue otra característica que estuvo correlacionada en forma significativa con el rendimiento de granos como se nota a través de su coeficiente de correlación ($r = 0,74$) en el Cuadro A9. No se observó efecto de densidad de población de vigna ni de disposición de hilera del maíz.

4.4.3. Altura de plantas

Los resultados de la prueba de Duncan aplicada a esa variable son presentados en el Cuadro 14. Las diferencias significativas observadas entre promedios fueron principalmente debido al efecto de cultivar de maíz. Analizando las variaciones dentro de cada cultivar de maíz se observa que no hubo efecto sobre esta variable de los sistemas de cultivo evaluados. Sin embargo, en terminos generales las plantas en los sistemas asociados mostraron tendencia a ser más altas comparadas a las de los sistemas en monocultivo. Esa tendencia de las plantas de maíz a crecer más cuando están asociadas con vigna, en relación a su monocultivo, fue referida con anterioridad en el trabajo de Remison (81). Por otro lado, Enyi (29) obtuvo resultados contrarios a los anteriores en asociaciones de maíz con frijol común o vigna, en que las plantas de maíz fueron significativamente más altas en monocultivo que en los

Cuadro 13. Peso seco (g) de 100 semillas de plantas maíz de dos alturas y dos disposiciones de hilera, en monocultivo y asociaciones con vigna en dos densidades de siembra.

Sistemas	Densidad de vinya o maíz (pl/ha)	Disposición de hilera *		Diferencias	
		Simple (Hs)	Doble (Hd)	(Hd-Hs)	(%) (Hs=100%)
Asociación Maíz alto ('Tuxpeño') + Vigna	80.000 (V1)	23,76 a	23,09 a	-0,67	-2,8%
	106.600 (V2)	22,94 a	23,56 a	0,62	2,7%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	-0,82 (-3,4%)	0,47 (2,0%)		
Asociación Maíz bajo ('Maicito') + Vigna	80.000 (V1)	18,21 bc	17,24 c	-0,97	-5,3%
	106.600 (V2)	17,49 c	17,37 c	-0,12	-0,7%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	-0,72 (-3,9%)	0,13 (0,7%)		
Monocultivo	Maíz alto 50.000 **	23,81 a	20,98 ab	-2,83	-11,9%
	Maíz bajo 50.000	18,58 bc	19,22 bc	0,64	3,4%

* La diferencia entre promedio con letras iguales no es significativa según prueba de Duncan ($P < 0,05$).

** Densidad del maíz tanto en monocultivo como en asociaciones.

Cuadro 14. Altura (m) de plantas de dos cultivares de maíz y en dos disposiciones de hileras, en monocultivo y asociaciones con vigna en dos densidades de siembra.

Sistemas	Densidad de vinya o maíz (pl/ha)	Disposición de hilera *		Diferencias	
		Simple (Hs)	Doble (Hd)	(Hd-Hs)	Diferencias (%) (Hs=100%)
Asociación Maíz alto ('Tuxpeño') + Vigna	80.000 (V1)	2,73 a	2,61 a	-0,12	-4,4%
	106.600 (V2)	2,71 a	2,70 a	-0,01	-0,4%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	-0,02 (-0,7%)	0,09 (3,4%)		
Asociación Maíz bajo ('Maicito') + Vigna	80.000 (V1)	2,34 b	2,31 b	-0,03	-1,3%
	106.600 (V2)	2,35 b	2,29 b	-0,06	-2,5%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	0,01 (0,4%)	-0,02 (-0,9%)		
Monocultivo	50.000 **	2,58 a	2,65 a	0,07	2,7%
	50.000	2,25 b	2,22 b	-0,03	-1,3%

* La diferencia entre promedios con letras iguales no es significativa según prueba de Duncan ($P < 0,05$).

** Densidad del maíz tanto en monocultivo como en asociaciones.

respectivos sistemas asociados.

En todos los casos en que el maíz estuvo asociado, la altura de las plantas de los sistemas en hilera simple tendieron a ser superiores (no significativamente) a la de los sistemas en hilera doble. Posiblemente en las disposiciones de maíz en hilera simple, las plantas sufrieron autocompetencia por luz razón por la cual tendieron a alargarse.

Esta característica estuvo correlacionada en forma significativa principalmente con biomasa/planta, y área foliar.

4.4.4. Número de plantas en la cosecha

El número de plantas que sobrevivieron hasta la cosecha, por parcela útil, presentó poca variación por efecto de tratamientos (Cuadro A13). Por otra parte sus coeficientes de correlación con otras características fueron muy bajos como puede verse en el Cuadro A9.

4.4.5. Plantas volcadas

En los sistemas asociados se observó un mayor número de plantas volcadas que en los monocultivos (Cuadro 15) lo que se puede atribuir al efecto del crecimiento de la vigna sobre las plantas de maíz provocando su tumbamiento, resultados que coinciden con los encontrados por Araujo et al. (8).

En forma general se observó efecto de disposiciones de hilera de maíz sobre esta variable, notándose una tendencia a aumentar el número de plantas volcadas en los sistemas de hilera doble. En parte ese comportamiento puede ser explicado por el mayor desarrollo de la vigna (biomasa) en dichos sistemas como fue visto en el Cuadro 7.

Las correlaciones negativas y altamente significativas de esta variable con el rendimiento y sus componentes (Cuadro A9) se deben posiblemente a mayo-

Cuadro 15. Porcentaje* a la cosecha de plantas volcadas de maíz de dos alturas y dos disposiciones de hilera, en monocultivo y asociaciones con vigna en dos densidades de siembra.

Sistemas	Densidad de vinya o maíz (pl/ha)	Disposición de hilera**		Diferencia (Hd-Hs)
		Simple (Hs)	Doble (Hd)	
Asociación Maíz alto ('Tuxpeño') + Vigna	80.000 (V1)	15,78 c	25,73 c	9,95
	106.600 (V2)	23,35 c	19,98 c	-4,17
	Dif. V2-V1	7,57	-5,75	
Asociación Maíz bajo ('Maicito') + Vigna	80.000 (V1)	66,46 ab	86,50 a	20,04
	106.600 (V2)	54,36 b	82,88 a	28,52
	Dif. V2-V1	-12,10	-3,62	
Monocultivo	Maíz alto 50.000***	1,14 c	2,15 c	1,01
	Maíz bajo 50.000	7,68 c	6,77 c	-0,91

* En porcentaje con relación al número de plantas la cosecha por área útil.

** La diferencia entre promedios con letras iguales no es significativa según prueba de Duncan ($P < 0,05$).

*** Densidad del maíz tanto en monocultivo como en asociaciones.

res daños en las mazorcas por plagas y/o enfermedades ya que al caer las plantas las mazorcas se quedan cerca o en contacto con el suelo, condiciones que favorecen la incidencia de estos factores desfavorables.

4.4.6. Biomasa de la parte aérea

En el Cuadro 16 se muestran los rendimientos de biomasa de la parte aérea por planta de maíz y los respectivos resultados de la prueba de Duncan. Tanto en los sistemas en monocultivo como en los sistemas asociados las plantas de 'Tuxpeño' produjeron más biomasa que las de 'Maicito'.

Analizando los promedios dentro de cada cultivar de maíz se observó que las plantas de 'Maicito', en los sistemas asociados, presentaron comportamiento semejante estadísticamente al de las plantas en monocultivo o sea que no se afectó su producción de biomasa por efecto de competencia de las plantas de vigna o por el diseño de hileras del maíz. En el caso de las plantas de 'Tuxpeño', estas si redujeron su biomasa significativamente por la presencia de las plantas de vigna aunque dentro de la asociación no se notó efecto de disposición de hilera.

De acuerdo a la matriz de correlación del Cuadro A9 la biomasa fue la variable mejor correlacionada con rendimientos ($r = 0,94$) y con las variables del rendimiento: semillas por mazorca ($r = 0,84$) y peso de 100 semillas ($r = 0,75$).

Los datos completos de la biomasa de plantas de vigna por repetición, se presentan en el Cuadro A11.

4.4.7. Índice de área foliar

Diferencias significativas entre los promedios de esta variable fueron observadas únicamente entre cultivares de maíz, según los resul-

Cuadro 16. Producción de biomasa (g/pl) de la parte aérea de plantas de maíz de dos alturas y dos disposiciones de hilera, en monocultivo y asociaciones con vigna en dos densidades de siembra.

Sistemas	Densidad de vinya o maíz (pl/ha)	Disposición de hilera *		Diferencias	
		Simple (Hs)	Doble (Hd)	(Hd-Hs)	(%) (Hs=100%)
Asociación Maíz alto ('Tuxpeño') + Vigna	80.000 (V1)	235,8 b	227,5 b	-8,3	-3,5%
	106.600 (V2)	236,8 b	231,8 b	-5,0	-2,1%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	1,0 (0,4%)	4,3 (1,9%)		
Asociación Maíz bajo ('Maicito') + Vigna	80.000 (V1)	149,3 c	135,3 c	-14,0	-9,4%
	106.600 (V2)	145,8 c	152,0 c	6,2	4,2%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	-3,5 (-2,3%)	16,7 (12,3%)		
Monocultivo	Maíz alto 50.000 **	281,8 a	275,8 a	-6,0	-2,1%
	Maíz bajo 50.000	159,5 c	157,8 c	-1,7	-1,1%

* La diferencia entre promedios con letras iguales no es significativa según prueba de Duncan ($P < 0,05$).

** Densidad del maíz tanto en monocultivo como en asociaciones.

tados de la prueba de Duncan presentados en el Cuadro 17.

Las tendencias de los promedios de esta variable son muy parecidos a las de la biomasa lo cual se puede deducir viendo el Cuadro A9 donde se muestra que la biomasa estuvo correlacionada con el índice de área foliar en forma significativa ($r = 0,87$). El índice de área foliar estuvo también correlacionado con rendimientos ($r = 0,82$) y altura de planta ($r = 0,81$).

4.5. Comparaciones entre los sistemas

4.5.1. Eficiencia energética

Los sistemas que mostraron mayor eficiencia en la transformación de la energía solar fotosínteticamente activa en biomasa de cultivos, fueron los formados por maíz 'Tuxpeño', con el valor más alto de 2,08% obtenido con el maíz en hilera doble asociado con vigna a 106.600 pl/ha (Cuadro 18).

La superioridad de los sistemas con 'Tuxpeño' en esta característica se debe en parte a una mayor cantidad de materia seca acumulada en las plantas de este cultivar que tienen también un período de crecimiento más prolongado.

Las diferencias existentes entre promedios dentro de cada sistema por efecto de densidad de vigna y por disposición de hilera de maíz no fueron significativas. Sin embargo, en la mayoría de los casos la eficiencia energética tendió a aumentar en las asociaciones con vigna a 106.600 pl/ha así como, al pasar de hilera simple para hilera doble de maíz.

4.5.2. Índice de energía cosechada

Los sistemas asociados fueron superiores a los sistemas en monocultivo en el porcentaje de energía de la biomasa que se invirtió en energía alimenticia, como se muestran en el Cuadro 19.

Cuadro 17. Índice de área foliar (dm^2 de hojas/ dm^2 del suelo) por planta de maíz de dos alturas y dos disposiciones de hilera, en monocultivo y asociaciones con vigna en dos densidades de siembra.

Sistemas	Densidad de vigna ó maíz (pl/ha)	Disposición de hilera*		Diferencia	
		Simple (Hs)	Doble (Hd)	(Hd-Hs)	(%) (Hs=100%)
Asociación Maíz alto ('Tuxpeño') + Vigna	80.000 (V1)	3,51 a	3,32 a	-0,19	-5,4%
	106.600 (V2)	3,28 a	3,33 a	0,05	1,5%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	-0,23 (-6,5%)	0,01 (0,3%)		
Asociación Maíz bajo ('Maicito') + Vigna	80.000 (V1)	2,37 b	2,54 b	0,17	7,2%
	106.600 (V2)	2,69 b	2,38 b	-0,31	-11,5%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	0,32 (13,5%)	-0,16 (-6,3%)		
Maíz alto	50.000**	3,67 a	3,68 a	0,01	0,3%
	50.000	2,50 b	2,63 b	0,13	5,2%
Monocultivo					

* La diferencia entre promedios con letras iguales no es significativa según prueba de Duncan ($P < 0,05$).

** Densidad del maíz tanto en monocultivo como en asociaciones.

Cuadro 18. Eficiencia energética (%) de los sistemas monoculturales y asociaciones estudiados.

Sistemas	Densidad de vinya o maíz (pl./ha)	Disposición de hilera *		Diferencia (Há-Hs)
		Simple (Hs)	Doble (Hd)	
Asociación Maíz alto ('Tuxpeño') + Vigna	80.000 (V1)	1,97 a	2,04 a	0,07
	106.600 (V2)	2,05 a	2,08 a	0,03
	Dif. V2-V1	0,08	0,04	
Asociación Maíz bajo ('Maicito') + Vigna	80.000 (V1)	1,63 b	1,57 b	-0,06
	106.600 (V2)	1,57 b	1,68 b	0,11
	Dif. V2-V1	-0,06	0,11	
Monocultivo de Vigna	80.000 (V1)	1,01 c	1,07 c	0,06
	106.600 (V2)	1,08 c	1,07 c	-0,01
	Dif. V2-V1	0,07	0,00	
Maíz alto	50.000 **	2,05 a	2,04 a	-0,01
	50.000	1,20 c	1,21 c	0,01

* La diferencia entre promedios con letras iguales no es significativa según prueba de Duncan ($P < 0,05$).

** Densidad del maíz tanto en monocultivo como en asociaciones.

Cuadro 19. Índice de energía cosechada (%) de los sistemas monoculturales y asociaciones estudiados.

Sistemas	Densidad de vigna o maíz (pl/ha)	Disposición de hilera [*]		Diferencia (Hd-Hs)
		Simple (Hs)	Doble (Hd)	
Asociación Maíz alto ('Tuxpeño') + Vigna	80.000 (V1)	50,29 ab	49,29 abc	-1,69
	106.600 (V2)	52,65 a	47,15 bcd	-6,76
	Dif. V2-V1	2,36	-2,14	
Asociación Maíz bajo ('Maicito') + Vigna	80.000 (V1)	44,61 cd	45,33 cd	0,72
	106.600 (V2)	44,23 d	45,21 cd	0,98
	Dif. V2-V1	-0,38	-0,12	
Monocultivo de Vigna	80.000 (V1)	22,13 f	23,07 f	0,94
	106.600 (V2)	21,90 f	21,99 f	0,09
	Dif. V2-V1	-0,23	-1,08	
Maíz alto	50.000 ^{**}	27,44 e	27,79 e	0,35
	50.000	28,51 e	31,38 e	2,87

* La diferencia entre promedios con letras iguales no es significativa según prueba de Duncan ($P < 0,05$).

** Densidad del maíz tanto en monocultivo como en asociaciones.

Los valores más bajos fueron obtenidos con la vigna en monocultivo.

En forma general, los mayores valores de este índice en los sistemas asociados, provinieron de 'Tuxpeño' en hilera simple (59,38 y 56,79%) en asociaciones con vigna a 106.600 y 80.000 pl/ha respectivamente.

El valor promedio (47,35%) de este índice en los sistemas asociados fue superior a los índices de energía cosechada encontrados en trabajos con las asociaciones maíz-yuca (89) y maíz-frijol lima (59) conducidos en Turrialba.

4.5.3. Uso equivalente de la tierra - UET

En el Cuadro 20 se muestran los valores promedios obtenidos de esta variable con los respectivos resultados de la prueba de Duncan.

Todos los sistemas asociados demostraron ser más eficientes que los monocultivos en el uso de la tierra con base en los rendimientos. Sin embargo dentro de los sistemas asociados las diferencias no fueron significativas.

El valor más alto de este índice que fue 1,33 se obtuvo con el 'Maicito' en hilera doble asociado con vigna a 106.600 pl/ha. Este resultado se debió principalmente a una mayor eficiencia en el uso de la tierra por parte de la vigna en este sistema, como se muestra en la Figura 5.

En la misma Figura 5 se observa que todas las fracciones de los UET provenientes de la vigna en las asociaciones con 'Maicito' fueron superiores a aquellos encontrados en las asociaciones con el 'Tuxpeño', debido a que en los sistemas con 'Maicito' la vigna sufrió menos competencia.

Analizando las asociaciones de 'Maicito' con vigna a 80.000 pl/ha se observa que al pasar del sistema de maíz en hilera simple al de hilera doble hubo una reducción en la eficiencia en el uso de la tierra debido principalmente a la disminución de la fracción del UET provenientes del maíz. En las asociaciones con 'Tuxpeño' las variaciones en UET de los sistemas se debieron prin-

Cuadro 20. Uso equivalente de la tierra (UEE) en base en rendimientos de granos de los sistemas monoculturales y asociaciones estudiados.

Sistemas	Densidad de vinya o maíz (pl/ha)	Disposición de hilera*		Diferencia
		Simple (Hs)	Doble (Hd)	
Asociación Maíz alto ('Tuxpeño') + Vigna	80.000 (V1)	1,20 a	1,24 a	0,04
	106.600 (V2)	1,29 a	1,25 a	-0,04
	Dif. V2-V1	0,09	0,01	
Asociación Maíz bajo ('Maicito') + Vigna	80.000 (V1)	1,32 a	1,23 a	-0,09
	106.600 (V2)	1,26 a	1,33 a	0,07
	Dif. V2-V1	-0,06	0,10	
Monocultivos	**	1,00 b	1,00 b	

* La diferencia entre promedios con letras iguales no es significativa según prueba de Duncan ($P < 0,05$).

** 50.000 pl/ha la densidad del maíz tanto en los monocultivos como en asociaciones. Los monocultivos de vinya tuvieron las mismas densidades de sus asociaciones.

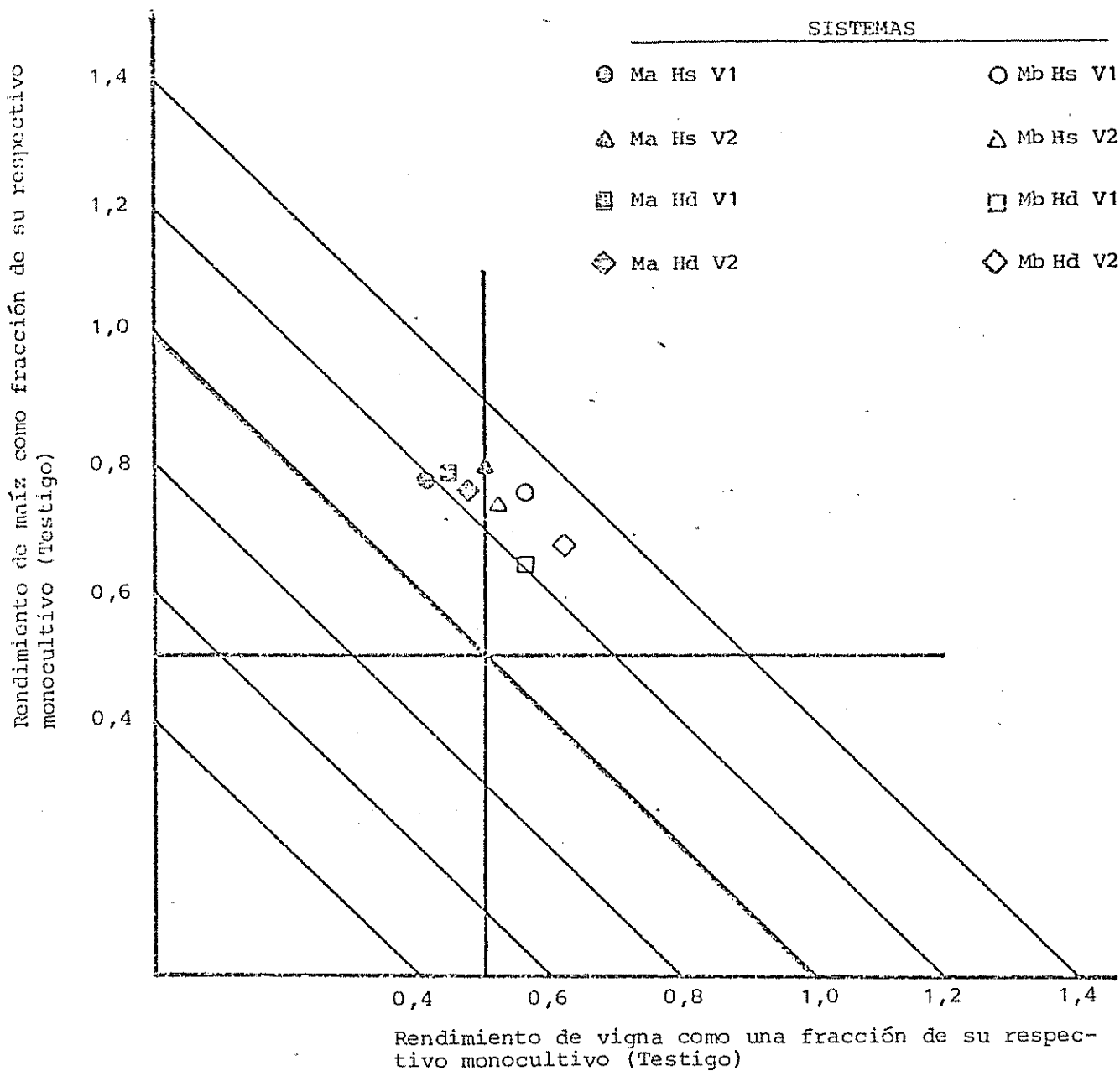


Figura 5. Uso equivalente de la tierra (UET) en base a los rendimientos de granos de maíz y vinya obtenidos bajo diferentes sistemas de cultivo estudiados. (M = maíz; a = alto-'Tuxpeño'; b = bajo-'Maicito'; H = hilera; s = simple; d = doble; V = vinya; 1 = 80.000 pl/ha; 2 = 106.600 pl/ha).

principalmente a las fracciones del UET correspondientes a la vigna.

4.5.4. Aspectos económicos

La evaluación económica de los sistemas se limitó únicamente al cálculo de los ingresos brutos, con base en la comercialización del producto útil a precios de mercado existentes en la época de la cosecha.

En el Cuadro 21 aparecen los valores correspondientes al ingreso bruto obtenido con cada uno de los sistemas de cultivo y los resultados de la prueba de Duncan aplicada a esta variable. Se observa que los mayores ingresos se lograron con los sistemas en que participó el 'Tuxpeño', debido a la mayor capacidad productiva de este cultivar en relación al 'Maicito', pero no se detectaron diferencias significativas entre el monocultivo y las asociaciones de 'Tuxpeño'.

Los menores valores encontrados fueron en los sistemas de monocultivo de vigna y de 'Maicito'. No se detectaron diferencias significativas por efecto de densidades en vigna ni por disposiciones de hilera en maíz. Sin embargo, en la mayoría de los sistemas asociados, se observó una tendencia a incrementarse el ingreso bruto al pasar de la disposición de hilera simple a hilera doble de maíz.

Cuadro 21. Ingreso bruto total* en base a rendimientos de granos de los sistemas monoculturales y asociaciones estudiados.

Sistemas	Densidad de vinya o maíz (pl/ha)	Disposición de hilera**		Diferencia (Hd-Hs) (Hs=100%)
		Simple (Hs)	Doble (Hd)	
Asociación Maíz alto ('Tuxpeño') + Vigna	80.000 (V1)	47.572 a	50.465 a	2.893 6,1%
	106.600 (V2)	51.450 a	49.673 a	-1.777 -3,4%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	3.878(8,1%)	-792(-1,6%)	
Asociación Maíz bajo ('Maicito') + Vigna	80.000 (V1)	35.629 bc	36.466 b	837 2,3%
	106.600 (V2)	34.768 bcd	38.934 b	4.166 12,0%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	-861(-2,4%)	2.468(6,8%)	
Monocultivo de Vigna	80.000 (V1)	27.342 e	28.764 e	1.422 5,2%
	106.600 (V2)	30.551 cde	29.732 de	-1.819 -5,9%
	Dif. V2-V1 (V1=100%)	3.209(11,7%)	968(3,4%)	
Maíz alto	50.000	46.649 a	46.749 a	100 0,2%
	50.000	26.702 e	30.000 de	3.336 12,5%

* En ¢/ha, donde U\$ 1,00 = ¢ 43,15.

** La diferencia entre promedios con letras iguales no es significativa según prueba de Duncan ($P < 0,05$).

*** Densidad del maíz tanto en monocultivo como en asociaciones.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos bajo las condiciones en que se desarrolló este experimento, se puede llegar a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. Tanto las plantas de vigna como las plantas de los cultivares de maíz ('Tuxpeño' y 'Maicito') reducen sus rendimientos por competencia interespecífica cuando son sembrado en asocio. La vigna reduce su rendimiento de granos en 54% en las asociaciones con maíz 'Tuxpeño' y en 43% con 'Maicito'. La reducción del maíz es de un 22% y 29% para 'Tuxpeño' y 'Maicito' respectivamente, por lo tanto vigna se perjudica más en las asociaciones.
2. La vigna, al asociarse con el maíz en hilera doble, tiende a aumentar su rendimiento en relación con las asociaciones en hilera simple.
3. La interceptación de la radiación solar por el follaje del maíz, de las fases de floración a la madurez de la vigna, es posiblemente el factor que ejerce mayor influencia en la reducción del rendimiento de la vigna. Por lo tanto, se recomienda hacer pruebas atrasando la época de siembra de la vigna en relación a la del maíz para que el período de máximo sombreamiento no coincida con las fases de floración y llenado de granos de la vigna.
4. La variación de la densidad de siembra de la vigna no afecta significativamente los rendimientos de ambos cultivos asociados.
5. El rendimiento en granos de la vigna está altamente correlacionado y en forma positiva con número de vainas por planta, biomasa de la parte aérea e índice de área foliar y en forma negativa con peso de 100 semillas.

6. La siembra del maíz en hilera doble no afecta su propio rendimiento, y además la vinya con esa disposición de hileras tiende a producir más, por lo que se recomienda continuar el estudio del potencial de la doble hilera del maíz probando densidades de siembra de diferentes cultivares de maíz.
7. Los sistemas asociados de maíz con vinya hacen un mejor uso de la tierra, superando sus respectivos monocultivos en un 25% en el caso de las asociaciones con el maíz 'Tuxpeño' y en un 29% con las de 'Maicito'.
8. Los sistemas que presentan mayor eficiencia en la transformación de la energía solar en biomasa y mayor ingreso bruto por hectárea son los que incluyen el maíz 'Tuxpeño'. Pero hay que tener en cuenta que la densidad de siembra de 'Maicito' talvez no fue la óptima para este cultivar. Para investigaciones futuras se puede sugerir el uso de cultivares de maíz de porte bajo que permiten el paso de más energía solar, pero con rendimientos parecidos a los de 'Tuxpeño'.

6. LITERATURA CITADA

1. AGUIRRE ASTE, V. Estudio de los suelos de área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA; 1971. 138 p.
2. ALTIERI, M. A., SCHOONHOVEN, A. VAN y DOLL, L. D. A review of insect prevalence in maize (Zea mays L.) and bean (Phaseolus vulgaris L.) polycultural systems. *Field Crops Research* 1(1):33-49. 1978.
3. ALVIM, P. DE T. Energía solar y producción agrícola. *Agronomía (Perú)* 29(2):115-123. 1962.
4. ALVIM, R. y ALVIM P. DE T. Efeito da densidade de plantio no aproveitamento da energia luminosa pelo milho (Zea mays) e pelo feijão (Phaseolus vulgaris), en culturas exclusivas e consorciadas. *Turrialba (Costa Rica)* 19(3):389-393. 1969.
5. ANDRADE, E. B. DE y FRAZÃO, D. A. C. Sistemas de produção em policultivo de mandioca, milho e caupi para a microrregião Bragantina-Pará. Brasil, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Umido. Circular Técnico no. 4. 1980. 27 p.
6. ANDREWS, D. J. Intercropping with Guine corn-a biological cooperative. *Samaru Agricultural Newsletter* 14(1):20-22. 1972.
7. _____. Responses of sorghum varieties to intercropping. *Experimental Agriculture* 10(1):57-63. 1974.
8. ARAUJO, A. G. DE et al. Cultivares e populações de plantas de milho, em monocultivo e em dois sistemas de consórcio com caupí (Vigna unguiculata (L.) Walp.). *Revista Ceres (Brasil)* 27(150):125-133. 1980.
9. ARIAS MILLA, R. y BARAHONA, M. Efecto de dos métodos de siembra (surcos sencillos y surcos dobles) a dos densidades de población sobre el rendimiento de grano de las variedades H-8 y Centa MIB. *In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 22a.*, San José, Costa Rica, 1976. Memoria. San José, Costa Rica, 1976. v.2, M5/1-M5/16
10. ARZE BORDA, J. A. Condiciones de radiación solar y otros factores microclimáticos dentro de un cultivo de maíz (Zea mays) a diferentes densidades y orientaciones de surcos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1975. 111 p.
11. BIBBER, J. L. Sistemas de maíz, frijol, camote y sorgo. *In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 25a.*, Tegucigalpa, 1979. Memoria. Tegucigalpa, 1979. pp. M31/1-M31/14.

12. BLACKMAN, G. E. y BLACK, J. N. Physiological and ecological studies and the analysis of plant environment. XII. The role of the light factor in limiting growth. *Annals of Botany* 23(89):131-145. 1959.
13. BLISS, F. A. et al. Genetic and environmental variation of seed yield, yield components, and seed protein quantity and quality of cowpea. *Crop Science* 13(6):656-660. 1973.
14. BOKDE, S. Luz solar en la producción de maíz. Pergamino, Argentina. Estación Experimental Regional Agropecuaria. Informe Técnico no. 69. 1967. 12 p.
15. BRADFIELD, R. Increasing food production in the tropics by multiple cropping. In Aldrich, C. G. ed. *Research of the world food crisis*. Washington, D.C. American Association for the Advancement of Science. Publication no. 92. 1970. pp. 229-243.
16. BRATHWAITE, R. A. I. Bodie bean responses to changes in plant density. *Agronomy Journal* 74(4):593-596. 1982.
17. CALZADA BENZA, J. Bloque completo randomizado, cuadrado latino y otros diseños similares. In _____. *Métodos estadísticos para la investigación*. 2 ed. Lima, SESATOR, 1964. pp. 223-299.
18. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Datos meteorológicos. Turrialba, Costa Rica, 1983. 1 p.
19. CHACON, A. E. y BARRAHONA, M. A. Granos básicos en multicultivos. *Agricultura en El Salvador* 14(2):8-19. 1975.
20. CHANG, J. F. An analysis of competition between intercropped cowpea and maize. Ph.D. Thesis. Ames, Iowa State University, 1981. 98 p.
21. CHEVALIER, A. Le dolique de Chine en Afrique; son histoire, ses affinités. Les farnes sauvages et cultivées, son role dans l'alimentation indigène ete en agriculture tropicale et subtropicale. *Review de Botanique Appliquée et D'Agriculture Tropicale* 24(272):128-152. 1944.
22. DART, P. J. y MERCER, F. V. The effect of growth temperature, level of ammonium nitrate, and light intensity on the growth and nodulation of cowpea (*Vigna sinensis* Endl. ex Hassk). *Australian Journal of Agricultural Research* 16(3):321-345. 1965.
23. DAUGHTRY, C. S. T., GALLO, K. P. y BAUER, M. E. Spectral estimates of solar radiation intercepted by corn canopies. *Agronomy Journal* 75(3):527-531. 1983.
24. DAVIS, 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*, 24a., San Salvador, 1978. Memoria. San Salvador, CENTA, 1978. pp. L3/1-L3/12.
25. DESIR, S. Producción de maíz y frijol común asociados según hábito de crecimiento y población de plantas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1975. 41 p.

26. DIAS, B. C. Alguns índices bioeconômicos associados as combinações multi-culturais; feijão (Phaseolus vulgaris L.), milho (Zea mays L.) e batata doce (Ipomoea batata L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1974. 110 p.
27. EAGLESHAM, A. R. J. et al. Nitrogen nutrition of cowpea (Vigna unguiculata). III. Distribution of nitrogen within effectivety nodulated plants. Journal of Agricultural Science 90(2):311-317. 1978.
28. ENRIQUEZ, G. A. y SALAZAR, L. G. Respuesta de 4 intensidades de sombra de plátano en 4 cultivos de ciclo corto. In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 25a., Guatemala, 1980. Memoria. Guatemala, 1980. pp. SP202/1-11.
29. ENYI, B. A. Effects of intercropping maize or sorghum with cowpeas, pigeonpeas or beans. Experimental Agriculture 90(1):83-90. 1973.
30. ERSKINE, W. y KHAN, T. N. Effects of spacing on cowpea genotypes in Papua New Guinea. Experimental Agriculture 12(4):401-410. 1976.
31. ESPINO CABALLERO, E. F. Productividad de maíz (Zea mays L.) y frijol de costa (Vigna sinensis Endl.) asociados dentro de una plantación forestal en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1975. 78 p.
32. FARIS, M. A. et al. Intercropping of sorghum or maize with cowpeas or common beans under two fertility regimes in Northeastern Brazil. Experimental Agriculture 19(3):251-261. 1983.
33. FERY, R. L. Cowpea production in the United States. HortScience 16(4):474. 1981.
34. FISHER, N. M. Investigations into the competitive relations of maize and beans in mixed crops. Nairobi University. Faculty of Agriculture. Department of Crop Science. Technical Communications no. 15. 1975. 16 p.
35. FORDHAM, R. Intercropping - What are the advantages?. Outlook on Agriculture 12(3):142-146. 1983.
36. GAASTRA, P. Photosynthesis of leaves and field crop. Netherlands Journal of Agricultural Science 10(5):311-324. 1962.
37. GARDINER, T. R. y CRAKER, L. E. Bean growth and light interception in a bean-maize intercrop. Field Crops Research 4(4):313-320. 1981.
38. GIESBRECHT, J. Effect of population and row spacing on the performance of four corn (Zea mays L.) hybrids. Agronomy Journal 61(3):439-441. 1969.

39. GONZALEZ, C. E. Identidad, transmisión por insectos crisomélidos y epifitología de virus de frijol de Costa en Costa Rica. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1978. 77 p.
40. GRAHAM, P. H. y ROSAS, J. C. Plant and nodule development and nitrogen fixation in climbing cultivars of Phaseolus vulgaris L. grown in monoculture or associated with Zea mays L. *Experimental Agriculture* 13(4):369-380. 1977.
41. HAIZEL, K. A. The agronomic significance of mixed cropping. I. Maize interplanted with cowpea. *Ghana Journal of Agricultural Science* 7(3):169-178. 1974.
42. HILDEBRAND, P. y FRENCH, J. Un sistema salvadoreño de monocultivos su potencial y sus problemas. In Conferencia sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico, Turrialba, Costa Rica, 1974. Informe final. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1974. pp. 1-26.
43. HOLDRIDGE, L. E. Life zone ecology. 2 ed. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1967. 206 p.
44. HOLLE, M. et al. Prueba de 6 arreglos cronológicos del maíz (CV. Tuxpeño y local), frijol (Phaseolus vulgaris CVs. Turrialba 4 CATIE 1) y caupí (Vigna unguiculata CV. Centa 105) en el Cantón de Pérez Zeledón, Región Pacífico Sur, Costa Rica. In Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 24a., San Salvador, 1978. Memoria. San Salvador, CENTA, 1978. pp. L19/1-24.
45. HUXLEY, P. A. y SUMMERFIELD, R. J. Effects of night temperature and photoperiod on the reproductive ontogeny of cultivars of cowpea and of soybean selected for the wet tropics. *Plant Science Letters* 3(1): 11-17. 1974.
46. IGEOZURIKE, M. U. Ecological balance in tropical agriculture. *Geographical Review* 61(4):519-529. 1971.
47. IMRIE, B. C. y BUTLER, K. L. Joint contribution of individual plant attributes to seed yield of cowpea (Vigna unguiculata L.) in small plots. *Field Crops Research* 6(3):161-170. 1983.
48. INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. Cowpea germplasm: catalog. Ibadan, Nigeria, 1974. 209 p.
49. _____. Annual report, 1976. Ibadan, Nigeria, 1977. 126 p.
50. _____. Annual report, 1982. Ibadan, Nigeria, 1983. 217 p.
51. JOHNSON, D. T. The cowpea in the African areas of Rhodesia. *Rhodesia Agronomy Journal* 67(3):61-64. 1970.
52. JOHNSON, R. M. y RAYMOND, W. D. The chemical composition of some tropical food plants: II. Pigeon peas and cowpeas. *Tropical Science* 6(1):62-73. 1964.

53. JUAREZ, H. A., BURGOS, C. F. y SAUNDERS, J. L. Maize-cowpea mixed crop system response to insect control and maize population variation. *Journal of Economic Entomology* 75(2):61-74. 1975.
54. LEMON, E. R. Energy conversion and water use efficiency in plants. In Pierre, W. H. et al. eds. *Plant environment and efficient water use*. Madison, Wis., American Society of Agronomy, 1966. pp. 28-48.
55. LIMA, A. A. *Cultura do feijão-de-corda*. Fortaleza, Brasil, s.e., 1980. 200 p.
56. LOACH, K. Shade tolerance in tree seedlings. II. Growth analysis of plants raised under artificial shade. *New Phytologist* 69(2):273-286. 1970.
57. MATTOS, P. L. P., SILVA, L. S. DA y CALDAS, C. R. Double row planting systems in Brazil. International Development Research Centre. Series 151e. 1980. pp. 54-58.
58. MEAD, R. y RILEY, J. A review of statistical ideas relevant to intercropping research. *Journal of the Royal Statistical Society (Serie A)* 144(4):462-509. 1981.
59. MEDAL MENDIETA, J. C. Efecto de la distribución espacial de siembra sobre la producción de maíz-frijol lima en siembra simultánea y en relevo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1981. 113 p.
60. MENDEZ AROCHA, J. L. Máximos rendimientos de maíz dependen de población fijada por el plantador. *Hacienda* 59(9):42-43. 1964.
61. MERRILL, W. A. y WATT, B. K. Energy value of foods: basis and derivations. U.S. Department of Agriculture. *Agricultural Handbook No. 74*. 1955. 105. p.
62. MONGI, H. O. et al. An appraisal of some intercropping methods in terms of grain yield, response to applied phosphorus and monetary return from maize and cowpeas. *East African Agricultural and Forestry Journal* 42(1):66-70. 1976.
63. MONTEITH, J. L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of Applied Ecology* 9:747-766. 1972.
64. _____. Climate. In Alvim, P. de T. y Koslowsk, T.T., eds. *Ecophysiology of tropical crops*. New York, Academic Press, 1977. pp. 1-27.
65. MORENO, R. Diseminación de Ascochyta phaseolorum en variedades de frijol de costa bajo diferentes sistemas de cultivos. *Turrialba (Costa Rica)* 25(4):361-364. 1975.

66. MORENO, R. Algunos estudios epidemiológicos de enfermedades en sistemas mixtos de producción de cultivos. In Control Integrado de Plagas en Sistemas de Producción de Cultivos para Pequeños Agricultores. Turrialba, Costa Rica, CATIE-US/USAID-OIRSA, 1979. v.2, pp.133-153.
67. MORENO R., O., TURRENT, A. F. y NUÑEZ, E. R. Las asociaciones de maíz-frijol una alternativa en el uso de los recursos de los agricultores del Plan Puebla. Agrociencia (México) no. 14:103-117. 1973.
68. MUGABE, N. R., SINJE, M. E. y SIBUGA, K. P. A study of crop weed competition in intercropping. In Symposium on Intercropping in Semi-Arid Areas, 2a., Morongoro, Tanzania, 1980. Intercropping: Proceedings. Edited by C.L. Keswani y B.J. Ndunguru. Ottawa, 1982. pp. 96-101.
69. NANGJU, D., LITTLE, T. M. y ANJORINOHU, A. Effect of plant density and spatial arrangement on seed yield of cowpea (Vigna unguiculata (L.) Walp.). Journal of the American Society for Horticultural Science 100(5):467-470. 1975.
70. _____. Effect of density, plant type, and season on growth and yield of cowpea. Journal of the American Society for Horticultural Science 104(4):466-470. 1979.
71. NEVES, H. C. P., SUMMERFIELD, R. J. y MINCHIN, F. R. Effects of complete leaf shading during the late reproductive period on carbon and nitrogen distribution and seed production by nodule-dependent cowpea (Vigna unguiculata) plants. Tropical Agriculture 59(3):248-253. 1982.
72. OKEKE, J. E. Cassava productivity in intercropping systems. Urudike Umuahia, Nigeria, National Root Crops Research Institute, 1983? 11 p.
73. 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. 68 p.
74. PAIVA, J. B., JACKSON, J. y ALBUQUERQUE, L. DE. Espaçamento em feijão-de-corda (Vigna sinensis Endl.) no Ceará. Turrialba (Costa Rica) 20(4): 413-414. 1970.
75. PEREZ, R., BUSTOS, I. y VIOLIC, A. Efectos de densidad de planta sobre el rendimiento y algunos de sus componentes en las variedades Tuxpeño crema-1 planta baja y Tuxpeño braquítico-2 de maíz (Zea mays L.). El Batán, México, CIMMYT, 1972. 14 p.
76. PERRIN, R. M. Pest management in multiple cropping systems. Agro-ecosystems 3:93-118. 1977.
77. REGO, J. R. S. Efecto de arreglos espaciales de yuca sobre las competencias interespecíficas en un cultivo intercalado de yuca con caupí. Informe de adiestramiento de Posgrado. Cali, Colombia, CIAT, 1981. 22 p.

78. REMISON, S. U. Neighbour effects between maize and cowpea at various levels of N and P. *Experimental Agriculture* 14(3):205-212. 1978.
79. _____. Interaction between maize and cowpea at various frequencies. *Journal of Agriculture Science* 94(3):617-621. 1980.
80. _____. Varietal response of cowpea to a range of densities in a forest zone. *Experimental Agriculture* 16(2):201-205. 1980.
81. _____. Interaction between maize and cowpea sown simultaneously and at intervals in a forest zone of Nigeria. *Indian Journal of Agricultural Science* 52(8):500-505. 1982.
82. SCHOCH, P. G. y SANTOS, C. L. Influencia de la sombra sobre el crecimiento y la productividad de las hojas de Vigna sinensis L. *Turrialba* (Costa Rica) 24(1):84-89. 1974.
83. SELLSCHOP, J. P. F. Cowpeas, Vigna unguiculata (L.) Walp. *Field Crops Abstracts* 15(4):259-266. 1962.
84. SINGH, K. B. y MEHNDIRATTA, P. D. Genetic variability and correlation studies in cowpea. *Indian Journal of Genetic and Plant Breeding* 29(1):104-109. 1969.
85. STIGTER, C. J. y MUSABILHA, V. M. M. The conservative ratio of photosynthetically active to total radiation in the tropics. *Journal of Applied Ecology* 19(3):853-858. 1982.
86. SUMMERFIELD, R. J., HUXLEY, P. A. y STEELE, W. Cowpea (Vigna unguiculata (L.) Walp.). *Field Crop Abstracts* 27(7):301-312. 1974.
87. _____. et al. Some effects of environmental stress on seed yield of cowpea (Vigna unguiculata (L.) Walp.) CV. prima. *Plant and Soil* 44(3):527-546. 1976.
88. TANAKA, A., KAWANO, K. y YAMAGUCHI, J. Photosynthesis respiration, and plant type of the tropical rice plant. *International Rice Research Institute. Technical Bulletin no. 7.* 1966. 46 p.
89. TERNES, M. Análisis agro-económico del sistema maíz-yuca según variaciones de poblaciones y arreglo espacial. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1981. 118 p.
90. THOMAS, M. D. y HILL, G. R. The continuous measurement of photosynthesis, respiration and transpiration of alfalfa and wheat growing under field conditions. *Plant Physiology* 12(2):285-307. 1937.

91. VANICHYANGMOOL, S. A comparison of corn yield at different rates of planting interplanted with soybean in the dry season. B.S. Thesis. Thailand, Kasetsart University, College of Agriculture, 1967. 37 p.
Resumen en: Field Crop Abstracts 25(2):225. 1972.
92. WAHUA, T. A. T. y MILLER, D. A. Effects of intercropping on soybean N_2 -fixation and plant composition on associated sorghum and soybeans. Agronomy Journal 70(2):292-295. 1978.
93. _____, BABALOLA, O. y AKEN'OVAN, M. E. Intercropping morphologically different types of maize with cowpeas: LER y growth attributes of associated cowpeas. Experimental Agriculture 17(4):407-413. 1981.
94. WARD, H. S. y FERRY, J. F. Fundamentals of plant physiology. New York, MacMillan, 1959. 228 p.
95. WIEN, H. C. y MANGJU, D. The cowpeas as an intercrop under cereals. In Symposium on Intercropping for Semi-Arid Areas, Morogoro, Tanzania, 1976. Report. Edited by J. H. Monyo, A. D. R. Ker y M. Campbell. Ottawa, 1976. p. 32.
96. WILLEY, R. W. Intercropping its importance and research needs. I. Competition and yield advantages. Field Crop Abstracts 32(1):1-10. 1979.
97. YOSHIDA, S. Rice. In Alvim, P. de T. y Koslowski, T. T., eds. Ecophysiology of tropical crops. New York, Academic Press, 1977. pp. 57-58.
98. ZELITCH, I. Photosynthesis, photorespiration, and plant productivity. New York, Academic Press, 1972. 347 p.

APENDICE

Cuadro A1. Posición geográfica, clima y suelo de la zona de donde se realizó el experimento, Turrialba, Costa Rica. 1983

Posición geográfica

Altura sobre el nivel del mar: 602 m

Longitud: 83°38' Oeste GW

Latitud: 9°53' Norte

Clima (90)

Temperatura media anual: 21,7°C (\bar{X} de 25 años)

Precipitación media anual: 2636,7 mm (\bar{X} de 42 años)

Humedad relativa promedio: 87,5% (\bar{X} de 25 años)

Radiación diaria promedio: 420,0 cal/cm²/día (\bar{X} de 19 años)

Evaporación diaria promedio: 3,3 mm (\bar{X} de 16 años)

Zona de vida: Bosque muy húmedo premontano (88)

Suelo (1)

Origen: Aluvial fluvio-lacustre

Serie: Instituto arcilloso, fase normal

Drenaje: Originalmente pobre e imperfecto: drenado artificialmente con surcos abiertos y profundos en 1975

Densidad aparente: Baja

Textura: Franco-arcillosa

Materia orgánica: Alto contenido

pH: Fuertemente ácido (5,1 - 5,6)

Análisis de suelo al inicio del experimento

pH	P	Ca	Mg	K
(H ₂ O)	µg/ml	meq/100 ml suelo		
5,13	18,5	4,9	1,15	0,39
(ácido)	(alto)	(regular)	(deficiente)	(regular)

Cuadro A2. Condiciones climáticas durante el período de investigación. Datos tomados en la Estación Meteorológica del CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1983.

Meses	Temperatura (°C) *		Precipitación pluviométrica (mm)		Evaporación Real (mm/mes)	Humedad Relativa (%)	Radiación Solar (cal/cm ² /mes)
	Max.	Mín.	Total mensual	Promedio 42 años			
Mayo	28,0	19,5	350,2	227,2	115,7	87,8	13.881
Junio	28,6	19,6	226,0	282,4	105,3	87,5	13.291
Julio	27,7	19,6	203,9	279,7	93,2	87,8	12.193
Agosto	27,7	19,5	227,2	242,4	101,8	88,0	13.587
Setiembre	27,9	19,2	314,3	246,6	117,8	87,0	14.046
Octubre	27,1	19,0	438,7	254,1	113,2	89,8	13.065

* Valores promedios.

Cuadro A3. Condiciones de radiación solar total, externa a los cultivos, y radiación no interceptada en el interior de los cultivos de maíz, de dos alturas y en dos disposiciones de hilera. Datos acumulados por períodos de cuatro días.

Días después siembra	Radiación solar externa (cal/cm ²)	Radiación solar no interceptada							
		Maíz bajo				Maíz alto			
		Hilera simple		Hilera doble		Hilera simple		Hilera doble	
		(cal/cm ²)	(%) *	(cal/cm ²)	(%) *	(cal/cm ²)	(%) *	(cal/cm ²)	(%) *
37-40	1.478	878	59	897	60	828	56	1110	75
41-44	1.398	752	54	811	58	685	49	892	64
45-48	1.303	514	39	624	48	464	36	645	49
49-52	1.602	572	35	760	47	470	29	737	46
53-56	1.568	469	29	671	43	393	25	618	39
57-60	1.808	454	25	608	34	362	20	591	33
61-64	1.408	383	27	502	36	296	21	473	34
65-68	1.619	416	26	443	27	279	17	480	29
69-72	1.739	422	24	442	25	297	17	485	28
73-76	1.677	355	21	457	27	281	16	394	23
77-80	1.551	341	22	442	28	248	16	328	21
81-84	1.863	490	26	653	35	394	16	381	20
85-88	1.979	675	34	845	43	315	16	432	22
89-92	1.321	493	37	598	45	233	18	348	26
93-96	1.656	664	40	828	50	417	25	535	32
97-100	1.699	768	45	988	58	544	32	721	42
Total (64 días)	25.669	8646		10569		6506		9170	
Porcentaje	100	34		41		25		36	

* El porcentaje con relación a la radiación solar externa.

Cuadro A4. Cronología de las principales actividades realizadas durante la permanencia del experimento en el campo (año 1983).

Fechas	Actividades
Mayo 11	Preparación del suelo.
Mayo 13	Toma de muestra de suelo para análisis.
Mayo 18 y 19	Fertilización, aplicación de insecticida al suelo y siembra de los cultivos.
Mayo 25	Emergencia de las plántulas tanto de maíz como de vigna.
Mayo 30	Control de malezas: deshierba manual en todo el experimento.
Junio 3	Raleo de la vigna y aplicación de fungicida como preventivo.
Junio 8	Raleo del maíz y aplicación de insecticida como preventivo.
Junio 10	Aplicación de fungicida y insecticida a ambos cultivos.
Junio 13	Control de malezas: deshierba manual.
Junio 18	Fertilización del maíz.
Junio 20	Aplicación de fungicida y insecticida a la vigna.
Junio 23	Aplicación de insecticida contra cogollero.
Junio 28	Control de malezas: deshierba manual.
Junio 30	Aplicación de fungicida a la vigna.
Junio 18 y 19	Muestreo para determinación de biomasa y área foliar de la vigna.
Agosto 2 y 3	Muestreo para determinación de biomasa y área foliar del 'Maicito'.
Agosto 15 y 16	Muestreo para determinación de biomasa y área foliar del 'Tuxpeño'.
Agosto 17	Primera cosecha de la vigna.
Agosto 31	Segunda cosecha de la vigna.
Setiembre 2	Dobra del 'Maicito'.
Setiembre 8	Dobra del 'Tuxpeño'.
Setiembre 15 y 16	Cosecha del 'Maicito'.
Setiembre 23 y 24	Cosecha del 'Tuxpeño'.

Cuadro A5. Grados de libertad, cuadrados medios, y significancia de las características biológicas de plantas de vinya en dos densidades de siembra, en monocultivo y en asociaciones con maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera.

Fuente de variación	Grados de libertad	Rendimiento de granos	Vainas/plantas	Somillas/vainas	Plantas cosechadas	Peso 100 semillas	Índice de cosecha	Biomasa/planta	Índice de área foliar
Repeticiones	3	55254,9 ns	4,459 ns	0,595 ns	24,909 ns	0,066 ns	22,718 ns	69,722 ns	0,188 ns
Tratamientos	11	649333,1**	40,610**	0,563 ns	316,550**	0,339 ns	10,955 ns	1236,833**	1,253 ns
Error	33	32086,5	3,139	0,747	29,967	0,416	8,495	27,586	0,112

** Significativo al 1% de probabilidades.

ns No significativo.

Cuadro A6. Grados de libertad, cuadrados medios y significancia para la variable rendimiento de granos de los sistemas estudiados.

Fuente de Variación	GL	Vigna	Maíz
Repeticiones	3	104180,75 [*]	119351,03 ns
Tratamientos	7	419363,20 [*]	19736362,71 ^{**}
Altura de maíz (A)	1	239432,00 [*]	19651747,78 ^{**}
Disposición de hilera (D)	1	39060,12 ns	488,28 ns
Población de Vigna (P)	1	84460,12 ns	7533,78 ns
A x D	1	11026,12 ns	6583,78 ns
A x P	1	17860,60 ns	1023,78 ns
D x P	1	496,12 ns	2646,28 ns
A x D x P	1	27028,12 ns	66339,03 ns
Error	21	32057,63	54178,36

* Significativo al 5% de probabilidades.

** Significativo al 1% de probabilidades.

ns No significativo.

Cuadro A7. Matriz de correlación para variables biológicas de plantas de vinya en dos densidades de siembra, en monocultivo y asociaciones con maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera.

	Rendimiento de granos	Vainas/ planta	Semillas/ vainas	Plantas en la cosecha	Peso 100 semillas	Índice de cosecha	Biomasa/ planta	Índice de área foliar	Área foliar
Rendimiento de granos	1,00								
Vainas/ planta	0,92**	1,00							
Semillas/ vainas	-0,12	-0,16	1,00						
Plantas en la cosecha	0,32*	0,30*	0,00	1,00					
Peso 100 semillas	-0,30*	-0,30*	-0,14	0,00	1,00				
Índice de cosecha	0,14	0,11	-0,13	0,00	0,00	1,00			
Biomasa/ planta	0,91**	0,92**	0,00	0,46**	-0,33*	0,00	1,00		
Índice de área foliar	0,87**	0,86**	0,00	0,37**	-0,23	-0,13	0,89**	1,00	
Área foliar	0,74**	0,83**	0,00	0,55**	-0,24	-0,12	0,91**	0,88**	1,00

* Significativo al 5% de probabilidades.

** Significativo al 1% de probabilidades.

Cuadro A8. Grados de libertad, cuadrados medios y significancia de las características biológicas de plantas de maíz de dos alturas y en dos días posiciones de hilera, en monocultivo y asociaciones con vinya en dos densidades de siembra.

Fuente de variación	Grados de libertad	Rendimiento de granos	Mazorcas/Planta	Semillas/mazorca	Plantas cosechadas	Peso 100 semillas	Altura de planta	Plantas volcadas	Biomasa/planta	Indice de área foliar
Repeticiones	3	173751,4 ns	0,003 ns	825,458 ns	24,133 ns	7,426 ns	1009,111 **	130,180 *	1346,910 **	0,439 **
Tratamientos	11	3680959,3 **	0,022 ns	54746,434 **	316,330 ns	30,510 **	1608,333 **	3939,180 **	11725,096 **	1,069 **
Error	33	71704,5	0,011	1292,711	29,967	3,552	101,232	316,562	272,485	0,095

* Significancia al 5% de probabilidades.

** Significancia al 1% de probabilidades.

ns No significativo.

Cuadro A9. Matriz de correlación para variables biológicas de plantas de maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera, en monocultivo y asociaciones con vinya en dos densidades de siembra.

	Rendimiento de granos	Mazorcas/planta	Semillas/mazorca	Plantas en la cosecha	Peso 100 semillas	Altura de plantas	Plantas volcadas	Biomasa/planta	Índice de área foliar	Área foliar
Rendimiento de granos	1,00									
Mazorcas/planta	0,27	1,00								
Semillas/mazorcas	0,85**	0,0	1,00							
Plantas en la cosecha	0,0	0,0	-1,15	1,00						
Peso de 100 semillas	0,74**	0,16	0,65**	-0,25	1,00					
Altura de planta	0,67**	0,0	0,70**	-0,34*	0,70*	1,00				
Plantas volcadas	-0,71**	-0,45**	-0,61**	0,0	-0,50**	-0,38**	1,00			
Biomasa/planta	0,94**	0,18	0,84**	-0,20	0,75**	0,80**	-0,63**	1,00		
Índice de área foliar	0,82**	0,0	0,76**	0,0	0,71**	0,81**	-0,47**	0,87**	1,00	
Área foliar	0,85**	0,12	0,73**	0,0	0,71**	0,70**	-0,54**	0,85**	0,84**	1,00

* Significativo al 5% de probabilidades.

** Significativo al 1% de probabilidades.

Cuadro A10. Rendimientos en granos de plantas de maíz (kg/ha + 14% H₂O) y de vigna (kg/ha + 13% H₂O) por sistemas y repeticiones estudiados.

Sistemas*	Repeticiones							
	Vigna				Maíz			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Ma Hs V1	515	544	796	649	3836	3233	3251	3510
Ma Hs V2	801	676	926	793	3672	3899	3227	3323
Ma Hd V1	962	620	744	664	3331	3853	3035	3880
Ma Hd V2	761	620	973	800	3478	3653	2970	3415
Mb Hs V1	875	679	1039	795	1807	1895	1891	2172
Mb Hs V2	576	1079	716	947	1970	1773	1792	2022
Mb Hd V1	894	661	1432	800	1754	1744	2009	1889
Mb Hd V2	908	1128	1346	737	2076	1847	1885	1963
Ma Hs	-	-	-	-	4421	4728	4029	4593
Ma Hd	-	-	-	-	4318	4594	4775	4122
Mb Hs	-	-	-	-	2669	2595	2406	2602
Mb Hd	-	-	-	-	2198	3342	2676	3227
V1 Hs	1382	1568	1455	1671	-	-	-	-
V1 Hd	1902	1435	1590	1862	-	-	-	-
V2 Hs	1602	1671	1624	1495	-	-	-	-
V2 Hd	1600	1639	1585	1783	-	-	-	-

* M = maíz; a = alto-'Tuxpeño'; b = bajo-'Maicito'; H = hilera; s = simple
d = doble; V = vigna; 1 = 80,000 pl/ha; 2 = 106,600 pl/ha,

Cuadro A11. Producción de biomasa (kg/ha)* de la parte aérea de plantas de maíz y de vinya por sistemas y repeticiones estudiados.

Sistemas**	R E P E T I C I O N E S							
	Vinya				Maíz			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Ma Hs V1	1923	1573	2490	2291	12189	11872	10421	10281
Ma Hs V2	2436	2173	2978	2512	13505	12127	9658	9642
Ma Hd V1	3205	2513	2539	2218	10943	12543	9467	11288
Ma Hd V2	2780	2730	3344	3433	10920	12466	9682	10584
Mb Hs V1	3206	2193	3584	3562	7366	7399	6682	7974
Mb Hs V2	2567	3152	2808	4262	6567	7245	6157	7653
Mb Hd V1	3222	2417	3929	3544	6228	7253	7154	6296
Mb Hd V2	2952	3516	3690	3172	7767	7279	6971	7821
Ma Hs	-	-	-	-	13795	14655	13131	13587
Ma Hd	-	-	-	-	13976	14099	13103	13548
Mb Hs	-	-	-	-	8782	7517	6960	7678
Mb Hd	-	-	-	-	7211	8036	7179	8530
V1 Hs	5606	5666	5238	5646	-	-	-	-
V1 Hd	6372	5612	5785	6041	-	-	-	-
V2 Hs	5504	6039	6650	5750	-	-	-	-
V2 Hd	5529	6261	5961	6498	-	-	-	-

* Peso seco de tallo más hojas más vainas o mazorcas completas.

** M = maíz; a = alto-'Tuxpeño'; b = bajo-'Maicito'; H = hilera; s = simple; d = doble; V = vinya; 1 = 80.000 pl/ha; 2 = 106.600 pl/ha.

Cuadro A12. Características biológicas y agronómicas de plantas de vinya en dos densidades de siembra, en monocultivo y asociaciones con maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera*.

Sistemas**	Rendimientos granos (kg/ha)	Vainas/planta	Semillas/vainas	Peso 100 semillas (g)	Sobrevivencia en la cosecha (%)	Biomasa g/pl	Índice Área Foliar	Índice de cosecha
Ma Hs V1	625 c	4,78 d	14,98 a	10,30 a	91,67 b	26,50 fg	1,42 d	26,48 ab
Ma Hd V1	748 bc	7,34 cd	14,18 a	10,42 a	83,34 c	34,50 def	1,77 cd	23,81 ab
Ma Hs V2	799 bc	5,94 cd	13,83 a	10,36 a	80,99 cd	25,50 g	1,71 cd	27,53 a
Ma Hd V2	789 bc	7,17 cd	14,51 a	10,18 a	75,78 de	31,50 efg	2,07 c	22,29 b
Mb Hs V1	847 bc	6,82 cd	14,44 a	10,57 a	98,61 a	39,25 de	2,23 bc	23,81 ab
Mb Hd V1	947 b	8,59 c	14,99 a	10,60 a	91,67 b	42,00 d	2,03 c	24,81 ab
Mb Hs V2	830 bc	7,00 cd	14,56 a	10,37 a	73,96 e	31,25 efg	2,05 c	22,40 b
Mb Hd V2	1030 b	7,96 c	14,79 a	10,22 a	75,00 de	34,75 def	2,04 c	26,67 ab
V1 Hs	1519 a	13,94 ab	13,84 a	9,78 a	96,18 ab	70,00 b	3,03 a	23,85 ab
V1 Hd	1697 a	11,26 b	14,30 a	10,25 a	95,66 ab	58,50 c	2,89 a	23,61 ab
V1 Hs	1598 a	14,75 a	14,52 a	9,69 a	90,37 b	78,00 a	3,16 a	24,87 ab
V2 Hd	1652 a	11,43 b	14,46 a	9,93 a	92,71 ab	58,00 c	2,70 ab	23,71 ab

* La diferencia entre promedios con letras iguales por columnas no es significativa según prueba de Duncan (P 0,05).

** M = maíz; a = alto-'Maicito'; b = bajo-'Maicito'; H = hilera; s = simple; d = doble; V = vinya; 1 = 80.000 pl/ha; 2 = 106.600 pl/ha.

Cuadro A13. Características biológicas y agronómicas de plantas de maíz de dos alturas y en dos disposiciones de hilera, en monocultivo y asociaciones con vigna en dos densidades de siembra*.

Sistemas**	Rendimientos granos (kg/ha)	Mazorcas/planta	Semillas/mazorca	Peso 100 semillas (g)	Altura planta (m)	Sobrevivencia en la cosecha (%)	Plantas volcadas (%)	Biomasa (g/pl)	Indice Area Foliar
Ma Hs V1	3458 b	0,89 abc	367 ab	23,76 a	2,73 a	90,11 bcd	15,78 c	235,8 b	3,51 a
Ma Hd V1	3529 b	0,81 bc	358 ab	23,09 a	2,61 a	95,31 abcd	25,73 c	227,5 b	3,32 a
Ma Hs V2	3530 b	0,90 abc	361 ab	22,94 a	2,71 a	89,07 cd	23,35 c	236,8 b	3,28 a
Ma Hd V2	3379 b	0,87 abc	335 bc	23,56 a	2,70 a	87,50 d	19,98 c	231,8 b	3,33 a
Mb Hs V1	1941 d	0,86 abc	248 d	18,21 bc	2,34 b	96,37 abcd	66,46 ab	149,3 c	2,37 b
Mb Hd V1	1849 d	0,76 c	263 d	17,24 c	2,31 b	97,92 abc	86,50 a	135,3 c	2,54 b
Mb Hs V2	1889 d	0,80 c	259 d	17,49 c	2,35 b	95,83 abcd	54,36 b	145,8 c	2,69 b
Mb Hd V2	1943 d	0,83 bc	240 d	17,37 c	2,29 b	95,84 abcd	82,88 a	152,0 c	2,38 b
Ma Hs	4443 a	0,86 abc	390 abc	23,81 a	2,58 a	95,84 abcd	1,14 c	281,8 a	3,67 a
Ma Hd	4452 a	0,92 abc	460 a	20,98 ab	2,65 a	98,44 ab	2,15 c	275,8 a	3,68 a
Mb Hs	2543 c	0,98 ab	253 d	18,58 bc	2,25 b	95,32 abcd	7,68 c	159,5 c	2,50 b
Mb Hd	2861 c	1,01 a	290 cd	19,22 bc	2,22 b	100,00 a	6,77 c	157,8 c	2,63 b

* La diferencia entre promedios con letras iguales por columnas no es significativa según prueba de Duncan ($P < 0,05$).

** M = maíz; a = alto-'Tuxpeño'; b = bajo-'Maicito'; H = hilera; s = simple; d = doble; V = vigna; 1 = 80.000 pl/ha; 2 = 106.600 pl/ha.