

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

INTERACCION DE PLAGAS CON NIVELES DE FERTILIZACION EN LA
ASOCIACION MAIZ - CAUPI (*Zea mays* L. - *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

EDGAR AMILCAR MARTINEZ TAMBITO

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
Departamento de Producción Vegetal
Turrialba, Costa Rica
1982

DEDICATORIA

A DIOS

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

A mis padres Juventino Martínez
María S. Tambito

A mis hermanos

A Doña Catalina de Ordóñez

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su sincero agradecimiento:

Al Ing. Roberto Díaz-Romeu, M.S., Consejero principal, por la conducción del presente trabajo, así como por su amistad brindada.

A los Dres. Joseph Saunders, Carlos F. Burgos y Julio Henao, miembros del Comité Asesor, por su valiosa ayuda en el transcurso de la investigación.

Al Sr. José Mata y al personal de campo de "La Montaña" por su oportuna colaboración.

Al personal del Laboratorio de Suelos por su ayuda y amistad ofrecida durante mis estudios.

A la familia Ordóñez-Monzón por su estímulo y ayuda durante mi estancia en el CATIE.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, y al Gobierno de Holanda, por el apoyo económico brindado para la realización de mis estudios.

A todos mis compañeros de estudio que me brindaron su amistad incondicional.

A Lorena y Felicia, secretarias del Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas, por su ayuda y colaboración en todos los trámites durante mi permanencia en el CATIE.

BIOGRAFIA

El autor nació en Tiquisate, Departamento de Escuintla, Guatemala, en septiembre de 1953.

Realizó sus estudios primarios y secundarios en Ciudad de Guatemala; obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo en el año de 1979 en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Desde 1977 forma parte del personal docente de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, iniciándose como Auxiliar de Cátedra de Química y últimamente Profesor de la Cátedra de Suelos.

Ingresó al Programa de Cultivos Anuales del Sistema de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto UCR/CATIE, en marzo de 1980, obteniendo el título de *Magister Scientiae* en abril de 1982.

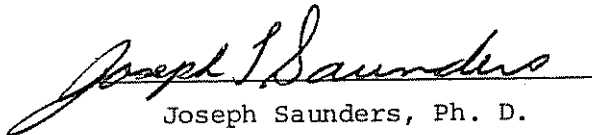
Esta Tesis ha sido aceptada en su forma presente por la
Comisión de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto UCR-CATIE,
como requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiae

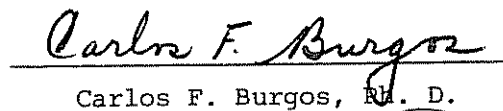
JURADO:


Roberto Díaz-Romeu, M.S.

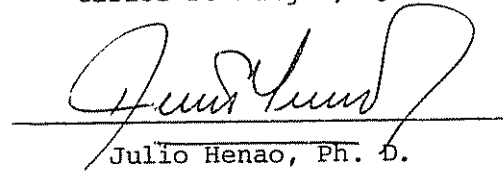
Profesor Consejero


Joseph Saunders, Ph. D.

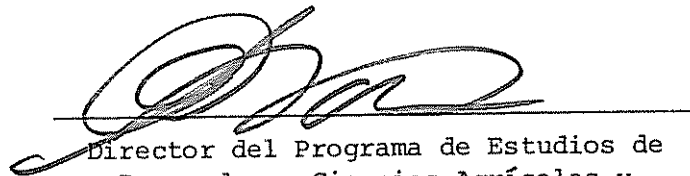
Miembro del Comité

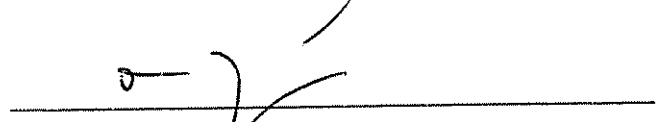

Carlos F. Burgos, Ph. D.

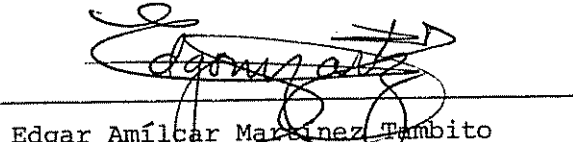
Miembro del Comité


Julio Henao, Ph. D.

Miembro del Comité


Director del Programa de Estudios de
Posgrado en Ciencias Agrícolas y
Recursos Naturales


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


Edgar Amílcar Martínez Tambito
Candidato

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN.....	ix
SUMMARY.....	xi
LISTA DE CUADROS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xvi
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 Insectos crisomélidos en frijol asociado con otros cultivos.....	3
2.2 Efecto de los cultivos asociados sobre la dinámica de poblaciones de insectos.....	4
2.3 Virosis en caupí y su relación con insectos crisomélidos.....	6
2.4 Fertilización en cultivos múltiples.....	7
2.4.1 Fertilización en sistemas de cultivos intercalados.....	7
2.4.2 Absorción de nutrimentos por cultivos en sistemas asociados.....	9
2.4.2.1 Absorción de nutrimentos en frijol y maíz asociados.....	10
2.5 Interacción plagas-fertilizante.....	12
2.5.1 Efecto de algunos nutrimentos sobre la incidencia de plagas de insectos en algunos cultivos.....	13
2.5.1.1 Nitrógeno.....	13
2.5.1.2 Fósforo.....	15
2.5.2 Efecto de la aplicación de nutrimentos foliares sobre la incidencia de plagas de insectos.....	15
3. MATERIALES Y METODOS.....	17
3.1 Localización y descripción del área experimental.....	17
3.2 Condiciones del suelo.....	17
3.3 Condiciones climáticas.....	17

	<u>Página</u>	
3.4	Epoca de siembra.....	18
3.5	Variedades usadas.....	18
3.6	Distancias de siembra.....	18
3.6.1	Maíz monocultivo.....	18
3.6.2	Caupí monocultivo.....	18
3.6.3	Maíz-Caupí Asociados.....	21
3.7	Tamaño de parcela.....	21
3.8	Diseño experimental.....	21
3.9	Tratamientos.....	24
3.9.1	Sistema de cultivo (parcela grande).....	24
3.9.2	Variación en el combate de plagas (parcela mediana).....	24
a)	Combate de plagas del suelo.....	24
b)	Combate de plagas del follaje.....	26
c)	Sin combate de plagas.....	26
3.9.3	Variación en el nivel de fertilización (parcela pequeña).....	26
3.10	Manejo del área experimental.....	26
3.10.1	Preparación del terreno.....	26
3.10.2	Siembra.....	27
3.10.3	Fertilización.....	27
3.10.4	Control de malezas.....	27
3.10.5	Cosecha.....	27
3.11	Registro de la información.....	27
3.11.1	Rendimiento.....	27
3.11.1.1	Componentes del rendimiento.....	29
a)	Número de mazorcas y número de vainas por planta.....	29
b)	Número de granos por mazorca y número de semillas por vaina.....	29
c)	Peso de semilla.....	29
3.11.2	Daño por insectos.....	29
3.11.2.1	Plagas del suelo.....	29
3.11.2.2	Plagas del follaje.....	29
a)	Maíz.....	29
b)	Caupí.....	30
3.11.3	Altura de planta.....	30
3.12	Análisis estadístico.....	30

	<u>Página</u>
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	34
4.1 Subsistema Maíz.....	34
4.1.1 Combate de plagas.....	34
4.1.1.1 Rendimiento de maíz.....	34
4.1.1.2 Componentes de rendimiento.....	34
4.1.1.3 Variables entomológicas.....	40
4.1.2 Fertilización.....	43
4.1.2.1 Rendimiento de maíz.....	43
4.1.2.2 Variables entomológicas.....	45
4.1.3 Interacción combate de plagas-fertilización...	48
4.1.3.1 Rendimiento de maíz.....	48
4.1.3.2 Variables entomológicas.....	50
4.2 Subsistema Caupí.....	52
4.2.1 Combate de plagas.....	52
4.2.1.1 Rendimiento de caupí.....	52
4.2.1.2 Virosis.....	57
4.2.1.3 Población de plantas de caupí.....	60
4.2.2 Fertilización.....	62
4.2.2.1 Rendimiento de caupí.....	62
4.2.3 Interacción combate de plagas-fertilización...	65
4.2.3.1 Rendimiento de caupí.....	65
4.3 Subsistema Maíz-Caupí.....	65
5. CONCLUSIONES.....	69
6. BIBLIOGRAFIA.....	70
7. APENDICE.....	77

RESUMEN

El efecto de la interacción entre el combate de plagas y la fertilización sobre el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) y caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en monocultivo y asociados fue estudiado bajo las condiciones de Turrialba, Costa Rica. Se usaron dos tipos de combate de plagas: al suelo, follaje y un testigo sin combate. Además se aplicaron tres niveles de fertilización: alto, medio y sin fertilización.

Los resultados mostraron que el rendimiento de maíz no fue afectado por el combate de plagas, pero sí significativamente por variaciones en el nivel de fertilización. Los mayores rendimientos de maíz se obtuvieron con los tratamientos protegidos contra daño por plagas y fertilizados simultáneamente.

El rendimiento de maíz asociado con caupí, fertilizado con la dosis alta y protegido contra daño por plagas del follaje fue superior a cualquier otro tratamiento.

La fertilización produjo plantas de maíz vigorosas, lo cual incrementó el daño por cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) y barrenador del tallo (*Diatraea lineolata* Walker).

El rendimiento de caupí no fue afectado significativamente por la fertilización ni por el combate de plagas; sin embargo, los mayores rendimientos se obtuvieron en los tratamientos protegidos contra daño por plagas del follaje y fertilizados, especialmente en caupí monocultivo. Los mayores rendimientos de caupí en asocio con maíz se obtuvieron en los tratamientos sin fertilización pero protegidos contra daño por plagas del suelo o del follaje. Aumentos en el rendimiento de caupí en el sistema correspondieron

con disminuciones en el rendimiento de maíz.

El combate de plagas del follaje fue más efectivo en el control de crisomélidos, especialmente *Cerotoma ruficornis rogersi* Olivier; aunque el combate de plagas del suelo (carbofuran) protegió de daño de insectos al follaje de caupí hasta aproximadamente 30 - 45 días a partir de la siembra.

La incidencia de virus del mosaico del frijol caupí (VMFC) se redujo hasta en un 75 por ciento cuando el caupí se asoció con maíz.

SUMMARY

Interactions between insect pest control and fertilization and their effects on maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), grown in monoculture and in association, were studied at Turrialba, Costa Rica.

Insect control treatments were: soil insect pest control, foliar insect pest control, and an untreated check. High, medium and low fertilization levels were used.

Maize yields were significantly affected by fertilization but not by insect control. Highest yields occurred when both fertilization and insect control were practiced.

Maize fertilized at the high rate and protected against foliar insect damage yielded more in association with cowpea than in the other treatments.

Fertilization produce more vigorous maize plants, which increase damage by the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) and the stalk borer (*Diatraea lineolata* Walker).

The yield of cowpea was not significantly affected by either fertilization or insect control. However, the highest yields were obtained in the treatments protected against foliar insect damage and fertilized, especially when cowpea was grown in monoculture. Highest yields of cowpea in association with maize were obtained in the treatments without fertilization but protected against damage by soil and foliar insects. An increase in yield of cowpea in the system corresponded to decreases in yield of maize.

Foliar insect control was more effective in the control of Chrysomelidae, specially *Cerotoma ruficornis rogersi* Olivier; although controlling soil

insects (carbofuran) protected the foliage of cowpea against leaf insects up to 45 days (from 30 to 35 days) after seedling.

The incidence of the cowpea mosaic virus (CVM) was reduced up to 75 percent when cowpea was grown in association with maize.

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro No.</u>		<u>Página</u>
<u>En el Texto</u>		
1	Distribución de tratamientos y unidades experimentales en el campo.....	25
2	Niveles de N, P ₂ O ₅ y K ₂ O en kg/ha aplicados en los diferentes sistemas de cultivos.....	28
3	Cuadrados medios y niveles de significancia para el rendimiento de maíz y sus componentes.....	35
4	Efecto del combate de plagas sobre el rendimiento de maíz en los sistemas maíz monocultivo y maíz asociado con caupí.....	37
5	Efecto del combate de plagas sobre la altura de planta en el sistema maíz monocultivo y asociado con caupí.....	39
6	Cuadrados medios y niveles de significancia para población de plantas e incidencia de cogollero y barrenador.....	41
7	Efecto del combate de plagas sobre la incidencia de cogollero y barrenador del tallo en maíz monocultivo y asociado con caupí.....	42
8	Rendimiento de grano de maíz en monocultivo y asociado con caupí, afectado por diferentes niveles de fertilización aplicados al suelo.....	44
9	Efecto de la fertilización sobre la incidencia de cogollero y barrenador en maíz monocultivo y asociado con caupí.....	47
10	Efecto del combate de plagas y la fertilización, sobre el rendimiento de maíz en monocultivo y asociado con caupí.....	49
11	Efecto del combate de plagas y la fertilización sobre la incidencia de cogollero y barrenador en plantas de maíz en monocultivo y asociado con caupí.	51
12	Cuadrados medios y niveles de significancia para rendimiento de caupí y sus componentes.....	53

En el Texto

13	Efecto del combate de plagas sobre el porcentaje de población de plantas 20 días después de la siembra (20 DDS) y a la cosecha de caupí monocultivo y asociado con maíz.....	54
14	Cuadrados medios y niveles de significancia para población de plantas, incidencia de virus y plantas cosechadas en caupí.....	59
15	Efecto del combate de plagas y la fertilización sobre el rendimiento de caupí en monocultivo y asociado con maíz.....	66

En el Apéndice

1A	Precipitación, temperatura y evaporación registradas durante el período experimental (diciembre 1980 a mayo 1981).....	78
2A	Rendimiento promedio de tres repeticiones de maíz y caupí en monocultivo y asociados, bajo tres tipos de combate de plagas y tres niveles de fertilización.....	79
3A	Concentración de nutrimentos en el suelo donde se instaló el experimento.....	80
4A	Efecto del combate de plagas y la fertilización sobre la incidencia del VMFC en caupí monocultivo y asociado con maíz.....	81
5A	Efecto del combate de plagas sobre el porcentaje de área foliar dañada por crisomélidos medidos 30, 37, 44 y 51 días después de la siembra en caupí monocultivo y asociado con maíz.....	82
6A	Efecto del combate de plagas sobre el porcentaje de área foliar dañada por míridos medidos 30, 37, 44 y 51 días después de la siembra en caupí monocultivo y asociado con maíz.....	83
7A	Efecto del combate de plagas sobre el porcentaje de la población de plantas de maíz 20 días después de la siembra (20 DDS) y a la cosecha en los sistemas maíz monocultivo y asociado con caupí.....	84

Cuadro No.

Página

En el Apéndice

8A	Efecto de la fertilización sobre la altura de planta de maíz monocultivo y asociado con caupí.....	85
9A	Matriz de correlación de algunas variables evaluadas en el sistema maíz.....	86
10A	Matriz de correlación de algunas variables evaluadas en el sistema caupí.....	87

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura No.</u>		<u>Página</u>
1	Precipitación y temperatura registradas durante el período experimental.....	19
2	Arreglo cronológico de los sistemas maíz, caupí y maíz-caupí asociados.....	20
3	Distancias de siembra de maíz, caupí, y maíz-caupí asociados.....	22
4	Tamaño de parcela útil de los sistemas maíz, caupí y maíz-caupí asociados.....	23
5	Modelo utilizado para determinar las relaciones entre los factores bajo estudio y las variables medidas durante el ciclo de cultivo de maíz.....	32
6	Relaciones entre combate de plagas y fertilización, rendimiento de grano y las variables medidas en el ciclo del cultivo del maíz.....	36
7	Modelo que muestra las relaciones entre los factores estudiados, el rendimiento y sus componentes, y las variables medidas en el ciclo de cultivo de maíz.....	38
8	Relaciones entre el factor fertilización, peso de grano y las variables medidas en el ciclo de cultivo de maíz.....	46
9	Relaciones entre el combate de plagas, variables medidas en el ciclo del cultivo y el rendimiento de Caupí.....	55
10	Relaciones entre el rendimiento de caupí y sus componentes.....	56
11	Relaciones entre el combate de plagas, variables medidas en el ciclo del cultivo y número de vainas cosechadas por planta de caupí.....	58

<u>Figura No.</u>		<u>Página</u>
12	Relaciones entre el combate de plagas, algunas variables entomológicas medidas en el ciclo del cultivo y la incidencia del virus del mosaico de frijol caupí (VMFC).....	61
13	Relaciones entre la fertilización, las variables medidas en el ciclo del cultivo y el número de semillas por vaina de caupí.....	64
14	Relaciones entre variables del Subsistema Maíz y variables del Subsistema Caupí.....	68

1. INTRODUCCION

El uso de fertilizantes y la protección de plantas son dos de los componentes principales de la estrategia moderna para incrementar el rendimiento de los cultivos.

Durante los últimos años, especialmente desde la introducción de variedades de alto rendimiento, se ha observado que el aumento en el uso de fertilizantes ha dado por resultado una alta incidencia de plagas y enfermedades, haciéndose indispensable el uso de insumos.

El efecto de la fertilidad del suelo y de los fertilizantes aplicados al suelo sobre la incidencia de plagas en los cultivos, es un tipo de interacción que se ha venido estudiando desde hace mucho tiempo; la mayoría de los trabajos se han realizado bajo condiciones de monocultivo, por lo que bajo condiciones de cultivos asociados es poco lo que se conoce sobre este tipo de interacción (33, 34, 47, 55).

La situación más común de los agricultores de escasos recursos en el trópico americano, es combatir las plagas sin fertilizar o viceversa. Se ha determinado que estos insumos deben emplearse simultáneamente. De acuerdo con Huis (33), la fertilización dio como resultado incremento en el daño causado por *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en plantas de maíz bajo condiciones de monocultivo.

Con base en estos antecedentes se formuló la siguiente hipótesis:

H_0 : No existe interacción entre combate de plagas y nivel de fertilización en el sistema maíz-caupí.

El presente trabajo tiene como objetivo general:

Evaluar el efecto de componentes de manejo en el sistema maíz-caupí;

y como objetivos específicos, los siguientes:

- 1) Determinar el efecto del combate de plagas del suelo conjuntamente con la fertilización; sobre los componentes de rendimiento de la asociación maíz-caupí.
- 2) Determinar el efecto del combate de plagas del follaje conjuntamente con la fertilización, sobre los componentes de rendimiento de la asociación maíz-caupí.
- 3) Determinar la influencia del nivel de fertilización sobre la incidencia de plagas en la asociación maíz-caupí, y su efecto sobre los componentes de rendimiento.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Insectos crisomélidos en frijol asociado con otros cultivos

Los escarabajos crisomélidos de los géneros *Cerotoma* y *Diabrotica* son plagas de leguminosas en América Latina (62), cuyas larvas se alimentan de sus raíces y nódulos, y los adultos del follaje, especialmente hojas y flores, transmitiendo además enfermedades virales (43, 62, 63).

Ensayos realizados demuestran cierta preferencia de *Cerotoma ruficornis rogersi* (Olivier) por caupí, y *Diabrotica balteata* Le Conte por frijol común, así como también preferencia por plantas soleadas (43, 63, 64).

La práctica tradicional de cultivos asociados puede ser un método de control de plagas de insectos; al respecto, Risch (63) encontró tres veces la densidad de población de *D. balteata* y *C. ruficornis* en frijol y caupí monocultivo que cuando éstos estuvieron asociados con banano, diferencias que podrían explicar, en parte, las ventajas de policultivos de leguminosas; sin embargo, González Argüello (28) encontró inicialmente mayores poblaciones de crisomélidos bajo condiciones de caupí asociado con maíz que bajo condiciones de monocultivo, debido a que las raíces del maíz aparentemente sirven como hospedante de los crisomélidos, particularmente de las larvas.

En los sistemas de asociación maíz-frijol, en los cuales el maíz provee sombra al frijol, este último recibe cierto beneficio en la prevención de la transmisión de virus. El beneficio es a largo plazo por la disminución en la población de crisomélidos en el tiempo (63).

Existen dos razones básicas sugeridas para explicar las diferencias entre poblaciones de insectos en policultivos y monocultivos. La primera llamada hipótesis del enemigo, la cual predice cierta abundancia y diversidad

de enemigos naturales de insectos dañinos en los policultivos. Esto se debe principalmente a la abundancia de fuentes alimenticias tales como néctar y polen para los adultos de insectos predadores y parásitos. La segunda denominada hipótesis de la concentración de recursos, la cual predice menor probabilidad de que un insecto encuentre su hospedero, y mayor probabilidad de abandonarlo en sistemas policulturales, comparado con monocultivos (43).

2.2 Efecto de los cultivos asociados sobre la dinámica de poblaciones de insectos

Los cultivos múltiples crean ambientes en los cuales existe abundancia de enemigos naturales que afectan la dinámica de las poblaciones de insectos (58).

Ensayos del IRRI (35) indican una disminución en el daño de barrenador del tallo *Ostrinia furnacalis* (Guenée) en el cultivo de maíz, debido a la presencia de maní *Arachis hypogaea*; el autor considera que esto pudo ser debido a un mejor habitat para los predadores del barrenador provisto por el maní, lo cual redujo la población de barrenador.

Los cultivos múltiples también pueden afectar el microclima de insectos y agentes causales de enfermedades mediante el sobreamiento y las prácticas culturales, las cuales a menudo difieren de los monocultivos (58).

Existen pruebas de que arreglos espaciales amplios reducen las poblaciones de barrenador del tallo, por medio de una reducción de las condiciones adecuadas para la oviposición, y aumento en la mortalidad de larvas; sin embargo, estos espaciamientos no son económicos en monocultivos (71).

Valverde Rivas (74) localizó mayores poblaciones de insectos vectores: en caupí monocultivo que asociado con maíz debido, posiblemente, a la cobertura del follaje del maíz sobre el caupí, evitando de esta manera la llegada de insectos vectores.

González Argüello (28) observó que las poblaciones de *C. ruficornis* y *D. balteata* fueron afectadas por los períodos de mayor precipitación, tanto en caupí monocultivo como asociado con maíz, siendo mayor la población de *C. ruficornis* que la de *D. balteata*; aunque ambas fueron mayores en caupí monocultivo que asociado con maíz.

El beneficio de los cultivos múltiples puede depender de como las poblaciones de plagas afectan al cultivo en las etapas críticas del crecimiento, emergencia y floración, en donde la tolerancia al daño es mínima. Al respecto Ajbula, citado por Perrin (58), indica que el caupí sufrió menos daños en la floración debido a *Maruca testulalis* (Geyer) cuando se intercaló entre hileras de maíz, que cuando se intercaló dentro de las hileras de maíz; sin embargo, Barker y Cook, citados por Perrin (58), indican que dos o más cultivos creciendo juntos proveen condiciones ideales para el inicio de un ataque de insectos. Existe falta de concordancia en algunos resultados encontrados respecto a este tema debido, probablemente, a las condiciones ambientales bajo las cuales se ha trabajado; sin embargo, Perrin (58) indica que el uso de cultivos de menor importancia en asociaciones permite mayor diversidad de hospederos, protegiendo de daño de insectos al cultivo de primera prioridad.

2.3 Virosis en caupí y su relación con insectos crisomélidos

Los insectos crisomélidos de los géneros *Cerotoma* y *Diabrotica* son los vectores principales de virus en frijol común y caupí en América Central. Se ha observado que el progreso de la virosis en el caupí parece depender de la actividad de *C. ruficornis* y *D. balteata* aunque se ha observado que la mayor actividad corresponde a *C. ruficornis*, siendo éste el vector principal y más eficiente en la transmisión y retención del virus. Se han encontrado también las mayores poblaciones de este insecto en caupí monocultivo que cuando estuvo asociado con maíz (9, 28, 73).

Nangju (52) encontró que la asociación de maíz con caupí redujo la incidencia del virus del mosaico amarillo del caupí y el daño de las vainas causado por *M. testulalis*, especialmente en las plantas que no se protegieron contra daño de plagas. Este mismo autor encontró una reducción de 70% en el rendimiento para caupí monocultivo y 48% asociado con maíz, debido principalmente a la incidencia del virus y daños de insectos; asimismo la asociación fue de 29 a 32% más productiva que los monocultivos donde no se aplicaron insecticidas, y 2 a 14% donde se protegieron contra plagas, sugiriéndose que el caupí como hortaliza con bajas aplicaciones de insumos podría producir más asociado con maíz que en monocultivo (52).

Valverde Rivas (74) encontró una alta correlación positiva entre la población de insectos vectores y el progreso de la epifitía del virus del mosaico del frijol de costa (VMFC), tanto en caupí monocultivo como asociado con maíz. González Argüello (28) también encontró mayor desarrollo de la epifitía de VMFC bajo condiciones de caupí monocultivo que

asociado con maíz; en el primer caso la incidencia llegó a 84% y en el segundo a 63%. Este mismo autor indica que las variedades Centa 105 y Producer manifestaron mayor incidencia de VMFC comparado con las variedades Puerto Rico y Vigna 44, bajo condiciones de asociación con maíz (28).

Existen pruebas sobre pérdidas de rendimiento debido a daños por virus; cuando las infecciones ocurren durante las etapas del desarrollo de la planta, las pérdidas en el rendimiento pueden alcanzar hasta 90% de la producción total (28).

Shoyinka (67) encontró mayor incidencia de virus en plantas de caupí monocultivo comparado con caupí asociado con maíz, aumentando dichas diferencias cuando se aplicaron medidas de combate de plagas en ambos sistemas de cultivos.

En relación con la influencia de las condiciones meteorológicas, se ha demostrado que la precipitación juega un papel muy importante en la diseminación del VMFC. Araujo (9) encontró mayor actividad de las poblaciones de insectos crisomélidos en el período menos lluvioso debido, probablemente, a que cuando llueve los insectos son poco activos, mientras que en días soleados van de planta en planta diseminando el virus (28).

González Argüello (28) encontró mayor incidencia de virus en época lluviosa que en época seca, posiblemente debido a la mayor disponibilidad de tejido que puede ser infectado.

2.4 Fertilización de cultivos múltiples

2.4.1 Fertilización de sistemas de cultivos intercalados

No existen métodos adecuados para determinar dosis óptimas de fertilizantes para sistemas de cultivos intercalados. Actualmente la

información directa acerca de las prácticas de fertilización para cultivos múltiples es escasa; sin embargo, existe cierta información básica disponible de monocultivos, la cual puede ser aplicada a situaciones de cultivos múltiples (53). Estos mismos autores indican que las respuestas a fertilizantes de frijoles y maíz en relevo son casi idénticas a la de los monocultivos.

Jaramillo Martínez (37) para el caso de la asociación maíz-camote indica que la cantidad de fertilizante por aplicar no debe estar basada en la suma de los nutrimentos que cada cultivo necesita cuando se cultiva individualmente, aunque sí deben de tomarse en cuenta los requisitos nutricionales de cada uno de los cultivos en juego. Soria *et al.* (69) fertilizaron los policultivos tomando como referencia las dosis por hectárea aplicadas a monocultivos, de tal forma que los sistemas de dos cultivos recibieron un 56% más de N, 10% más de P_2O_5 y 49% más de K_2O comparados con su monocultivo más exigente.

Espino Caballero (25) indica que un nivel equivalente a 50 Kg de N/ha, 100 kg de P_2O_5 y 25 kg de K_2O /ha podría constituir un nivel inicial para sistemas de cultivos asociados con árboles forestales bajo condiciones de Turrialba, Costa Rica.

En el cálculo de los requerimientos de fertilizantes para sistemas de cultivos policulturales, Hart (29) recomienda tener en cuenta la interacción entre especies de cultivos.

Brioso de León (14) no encontró diferencias significativas en rendimientos de la asociación maíz-frijol, fertilizada con cuatro dosis diferentes de nitrógeno, fósforo y potasio, indicando la necesidad de investigar con mayor profundidad el mejor nivel de fertilizante por aplicar

en sistemas de maíz-frijol asociados.

2.4.2 Absorción de nutrimentos por cultivos en sistemas asociados

Existe concordancia en que los cultivos asociados extraen más nutrimentos del suelo que los monocultivos por unidad de superficie (18, 41, 65, 71).

Una de las ventajas de los cultivos asociados, además de su potencial para incrementar la producción, es su eficiencia en el uso de nutrimentos aplicados y nativos (53).

Las tasas de absorción de nutrimentos de una planta varían con su edad, y el período de máxima demanda de una especie, puede no coincidir con la otra especie en una asociación de cultivos (53). Por lo tanto, dentro de especies diferentes, la curva de absorción de un elemento puede diferir de la otra como lo demostró Dalal (21), quien trabajó con maíz asociado con gandul *Cajanus cajan* y encontró que cuando el maíz llega a su madurez reduce su influencia competitiva, lo que le permite al gandul producir semilla comparable a su monocultivo.

La demanda de nutrimentos por el frijol es mayor a los 30 días después de la siembra, mientras que el maíz muestra mayor exigencia entre los 50 y 75 días después de la siembra; las tendencias parecen mantenerse cuando estos se cultivan en forma asociada, por lo tanto, las aplicaciones de fertilizantes deben preceder o coincidir con la mayor absorción de nutrimentos y períodos de rápido crecimiento (49).

Mojica (49) y Espino Caballero (25) indican que los sistemas policulturales hacen uso más eficiente de los fertilizantes debido probablemente al gran volumen de raíces de los cultivos. Suryactna (71) observó que en

las asociaciones de cultivo los sistemas radicales de éstos se entrelazan, aumentando esto con el grado de similitud de las especies.

2.4.2.1 Absorción de nutrimentos en frijol y maíz asociados

La absorción de nutrimentos por maíz y frijol asociados es variable. Se ha observado que el frijol asociado con maíz tiende a disminuir la absorción de nitrógeno y fósforo, mientras que en el maíz aumenta, probablemente debido al mayor volumen de raíces del maíz comparado con las de frijol (38, 49), sin embargo, el maíz asociado con yuca absorbe menos nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio comparado con su monocultivo, debido a la fuerte competencia de la yuca en la absorción de dichos nutrimentos (7).

Adepetu y Akapa (2) encontraron diferencias significativas entre cultivares de caupí en cuanto a absorción de nutrimentos; Cassman y colaboradores (17) también afirman que algunas leguminosas pueden producir cantidades apreciables de grano con poco o sin fertilizante fosfatado. Willey (77) indica que con mucha frecuencia las leguminosas cultivadas en asociación y con bajo nivel de nitrógeno pueden ser competitivas y a altos niveles son dominadas.

Chang (19) encontró una fuerte competencia por nitrógeno entre caupí y maíz asociados, especialmente cuando no se aplicó nitrógeno, debido principalmente a las altas demandas de ambos cultivos; sin embargo, la competencia disminuyó cuando se aplicó nitrógeno.

El caupí está considerado como un cultivo tolerante al estrés de fósforo, comparado con la soya, especialmente cuando depende del nitrógeno

atmosférico fijado (17).

Chang (19) no encontró competencia por fósforo entre caupí y maíz asociados, ya que cambios en el contenido de fósforo en las plantas no correlacionaron con la producción de materia seca; sin embargo, el fósforo fue más limitante para el crecimiento del maíz.

Dalal (21) indica que el frijol en monocultivo extrae más nitrógeno, fósforo y potasio que asociado con maíz.

Recientes investigaciones han revelado que las leguminosas asociadas con cereales en el mismo período de crecimiento son incapaces de beneficiar al cereal. Agboola y Fayemi (4) indican que el caupí asociado con maíz e incorporado al suelo como abono verde, benefició al maíz en la segunda época de siembra, como fuente importante de nitrógeno.

Ciertos experimentos han demostrado que la respuesta de un cereal en monocultivo a determinado nivel de fertilizante, puede ser la misma que asociado con una leguminosa (77); sin embargo, morales (50) encontró mayor extracción de nitrógeno en maíz monocultivo que asociado con frijol, y menor extracción de fósforo y potasio.

Angulo Garvizu (7) encontró mayor absorción de potasio que nitrógeno, en maíz monocultivo que cuando éste estuvo asociado con yuca *Manihot esculenta* Crantz, posiblemente debido a las grandes cantidades de potasio aplicadas o a la existencia de un antagonismo entre nitrógeno y potasio. Al respecto Zúñiga Martínez (79) indica que los fertilizantes altos en potasio y bajos en nitrógeno disminuyen el contenido de nitrógeno foliar, de allí la importancia de la relación potasio:nitrógeno para cosechas óptimas de maíz.

Laid y Lawton (44) encontraron competencia por fósforo entre maíz y

frijol asociados, indicando que ésta puede deberse a la forma de aplicación del fertilizante y a los sistemas radicales de los cultivos; por ejemplo, el maíz absorbe más fósforo cuando se asocia con ajonjolí *Sesamum* sp. que con frijol aplicando el fósforo en banda.

Zúñiga Martínez (79) afirma que el camote *Ipomoea batatas* Lam. puede sembrarse con maíz simultáneamente sin detrimento en la absorción de fósforo en ambas especies.

Suryactna y Harwood (71) encontraron mayor absorción de nitrógeno en la asociación maíz-arroz que en sus respectivos monocultivos, debido a la mayor producción de materia seca y a los altos niveles de nitrógeno aplicados.

Finalmente Chang (19) sugiere tomar en cuenta los niveles bajos de fertilizantes en la investigación de cultivos intercalados, debido a que es la situación más común en las fincas de pequeños agricultores del trópico.

2.5 Interacción plagas-fertilizante

El efecto de la fertilidad del suelo y de los fertilizantes aplicados al suelo sobre la incidencia de plagas en los cultivos, es un tipo de interacción que se ha venido observando y estudiando desde hace mucho tiempo (22, 32, 47, 56). Huis (33) observó sinergismo entre protección de plantas y el uso de fertilizantes, en forma individual incrementaron el rendimiento de grano de maíz en 24 y 6 por ciento respectivamente, mientras que en forma conjunta este aumento fue de 60 por ciento. Ese mismo efecto fue encontrado en el IITA (34) en Nigeria trabajando con caupí. Este tipo de interacción y sus efectos son de mucha importancia

y deben de tomarse en cuenta cuando se esté trabajando con agricultores de escasos recursos económicos.

2.5.1 Efecto de algunos nutrimentos sobre la incidencia de plagas de insectos en algunos cultivos

2.5.1.1 Nitrógeno

El nitrógeno es uno de los elementos al cual se le atribuye el mayor efecto de favorecer la incidencia de plagas en algunos cultivos; sin embargo, los resultados obtenidos han sido variables.

Mistic (47) y Parisi *et al.* (55) observaron que conforme aumentaba el nivel de nitrógeno aumentaba también el daño de insectos. Cannon y Ortega (15), y Scott *et al.* (66) encontraron mayor sobrevivencia de larvas de barrenador del tallo en plantas de maíz de parcelas fertilizadas con nitrógeno, comparado con parcelas no fertilizadas; asimismo Tandon (72) y Ghosh (27) encontraron mayor incidencia de plagas insectiles, y por ende, mayor daño en plantas que recibieron nitrógeno comparados con plantas testigo. Singh (68), trabajando con maíz encontró que el porcentaje de plantas infestadas por el barrenador del tallo fue menor en las plantas testigo y tendió a aumentar conforme aumentó el nivel de nitrógeno aplicado, posiblemente debido a la pared celular de los tejidos más delgada y más débil expuesta al ataque. Huis (33) concluyó que la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio aumentó el daño causado por *Diatraea lineolata* (Walker) y *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), siendo la alta oviposición y la sobrevivencia de larvas de ambas plagas las responsables de dichos efectos. Por el contrario Haseman (30) indica que la deficiencia de nitrógeno es uno de los principales factores en el ataque de plagas de insectos en ciertos cultivos. Blickenstaff (12) y Arant y Jones (8) encontraron un efecto

negativo sobre los insectos, debido a la aplicación de cal, principalmente cuando no se aplicó nitrógeno. También Wittwer y Haseman (78) encontraron mayor daño por insectos en plantas cultivadas en sustratos con niveles bajos en nitrógeno.

Brioso de León (14) no encontró ninguna relación entre dosis de nitrógeno y daño por *S. frugiperda* en maíz asociado con frijol.

Las aplicaciones de fertilizantes al suelo pueden afectar el estado nutricional de la planta y su fenotipo; como consecuencia éstos pueden afectar el comportamiento de algunos insectos. El estado nutricional de la planta hospedera juega un papel importante en la incidencia de plagas insectiles, modificando la capacidad de resistencia.

Bravo (13) afirma que cuando se utilizan fertilizantes en el cultivo de variedades mejoradas, con frecuencia se presentan efectos secundarios en las plantas, que pueden dar como resultado un incremento en la población de plagas y por consiguiente del daño a la plantación.

Altas poblaciones de plagas bajo buenas condiciones de fertilidad han sido atribuidas a cultivos más suculentos y de gran cantidad de follaje (27, 72). Huis (33) encontró mayor número de masas de huevos ovi-positados por *D. lineolata* sobre hojas de planta de maíz que habían sido fertilizadas (hojas de color verde oscuro) que sobre aquéllas sin fertilizante (hojas de color verde claro).

Taylor *et al.* (73) encontraron mayor sobrevivencia de larvas de barrenador del tallo en plantas de maíz vigorosas y grandes, que en plantas pequeñas y deficientes en nutrimentos.

Los resultados obtenidos sobre el efecto de los fertilizantes en la incidencia de plagas en árboles forestales son variables. Merker citado

por Johnson *et al.* (39) indican que la fertilización ha dado como resultado una disminución del daño de algunas plagas insectiles; Mitchell y Paul (48) encontraron lo contrario trabajando con pinos de oregon *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.).

Johnson *et al.* (39) encontraron menor número de áfidos en plántulas de pino cultivadas con bajas concentraciones de nitrógeno.

2.5.1.2 Fósforo

El efecto del fósforo sobre la incidencia de plagas ha sido muy discutido. Cannon y Ortega (15) encontraron correlaciones positivas entre el nivel de fósforo en el suelo y el número de perforaciones causadas por el barrenador del tallo de maíz.

En el IITA, Nigeria (34) se encontró una disminución en el rendimiento de caupí cuando se aplicó fósforo y no se combatieron las plagas, comparado con parcelas donde no se aplicó fósforo ni se combatieron las plagas. Por el contrario Singh (68) no encontró ningún efecto significativo del fósforo sobre el porcentaje de plantas de maíz dañadas por el barrenador del tallo. El efecto de otros nutrimentos, además de nitrógeno y fósforo sobre la incidencia de plagas ha sido poco estudiado. Haseman (30) indica que la deficiencia de calcio, potasio, azufre y magnesio no tienen ningún efecto sobre el daño causado por plagas insectiles.

2.5.2 Efecto de la aplicación de nutrimentos foliares sobre la incidencia de plagas de insectos

La aplicación de nutrimentos foliares en cantidades adecuadas para corregir deficiencias nutricionales, pueden actuar en algunos casos como

agentes reguladores de plagas insectiles (45). Carrow y Graham (16) observaron disminuciones en las poblaciones de áfidos en árboles asperjados con solución de nitrato de amonio al 1%, comparado con árboles testigo, debido probablemente a alteraciones en la composición nutricional del tejido del hospedero causado por el nitrato de amonio.

Leuck *et al.* (45) observaron una disminución en la tasa de alimentación de larvas de *S. frugiperda* en plantas de maíz, sorgo y pasto bermuda asperjadas con solución nutritiva, comparado con plantas no tratadas.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización y descripción del área experimental

El trabajo se llevó a cabo en el campo experimental "La Montaña", del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, en Turrialba, Costa Rica, el cual se localiza a 9° 53' latitud norte y 83° 39' longitud oeste, con una altitud de 602 metros sobre el nivel del mar.

3.2 Condiciones del suelo

Los suelos donde se instaló el experimento corresponden a la serie Instituto Fase Normal clasificado según la séptima aproximación como Typic Dystropept del Orden Inceptisol (5).

El análisis químico del suelo y la interpretación se determinó de acuerdo con la metodología descrita por Díaz-Romeu y Hunter (23) (Cuadro 3A).

3.3 Condiciones climáticas

De acuerdo con el sistema de clasificación de Holdridge, Turrialba pertenece a la formación ecológica Bosque muy húmedo premontano (31).

La temperatura media anual promedio de 22 años es 22,3°C con una máxima de 27°C y una mínima de 17,7°C.

La precipitación media anual promedio de 37 años es 2639,1 mm con un promedio de 251 días de lluvia por año.

La humedad relativa promedio de 22 años es 87,6% y el brillo solar diario es de 4,5 horas. El promedio de radiación solar diaria es de 430,2 cal/cm²/día y el promedio de evaporación diaria es de 3 mm.

Los datos climáticos durante el período experimental se obtuvieron

de la estación meteorológica del CATIE (*). Los datos de precipitación durante ese mismo período se ilustran en la Figura 1.

3.4 Epoca de siembra

La fase experimental de campo se llevó a cabo de diciembre de 1980 a mayo de 1981 en la época, generalmente, seca (Figura 2).

3.5 Variedades usadas

La semilla de maíz (*Zea mays* L.) utilizada fue de la variedad Tico V-1, de color crema, y para el caupí (*Vigna unguiculata* Walp.), fue de la variedad Centa 105, de hábito determinado y semilla de color negro.

3.6 Distancias de siembra

3.6.1 Maíz monocultivo

La distancia de siembra en maíz monocultivo fue de un metro entre hileras y de 0,5 metros entre postura, con dos plantas por postura, lo cual dió una densidad de 40.000 plantas/ha.

3.6.2 Caupí monocultivo

En caupí monocultivo fue de 0,5 metros entre hileras y 0,5 metros entre posturas con dos plantas por postura, lo cual dio una densidad de 80.000 plantas/ha.

(*) CATIE, Resumen de datos meteorológicos desde la iniciación de las observaciones hasta 1981.

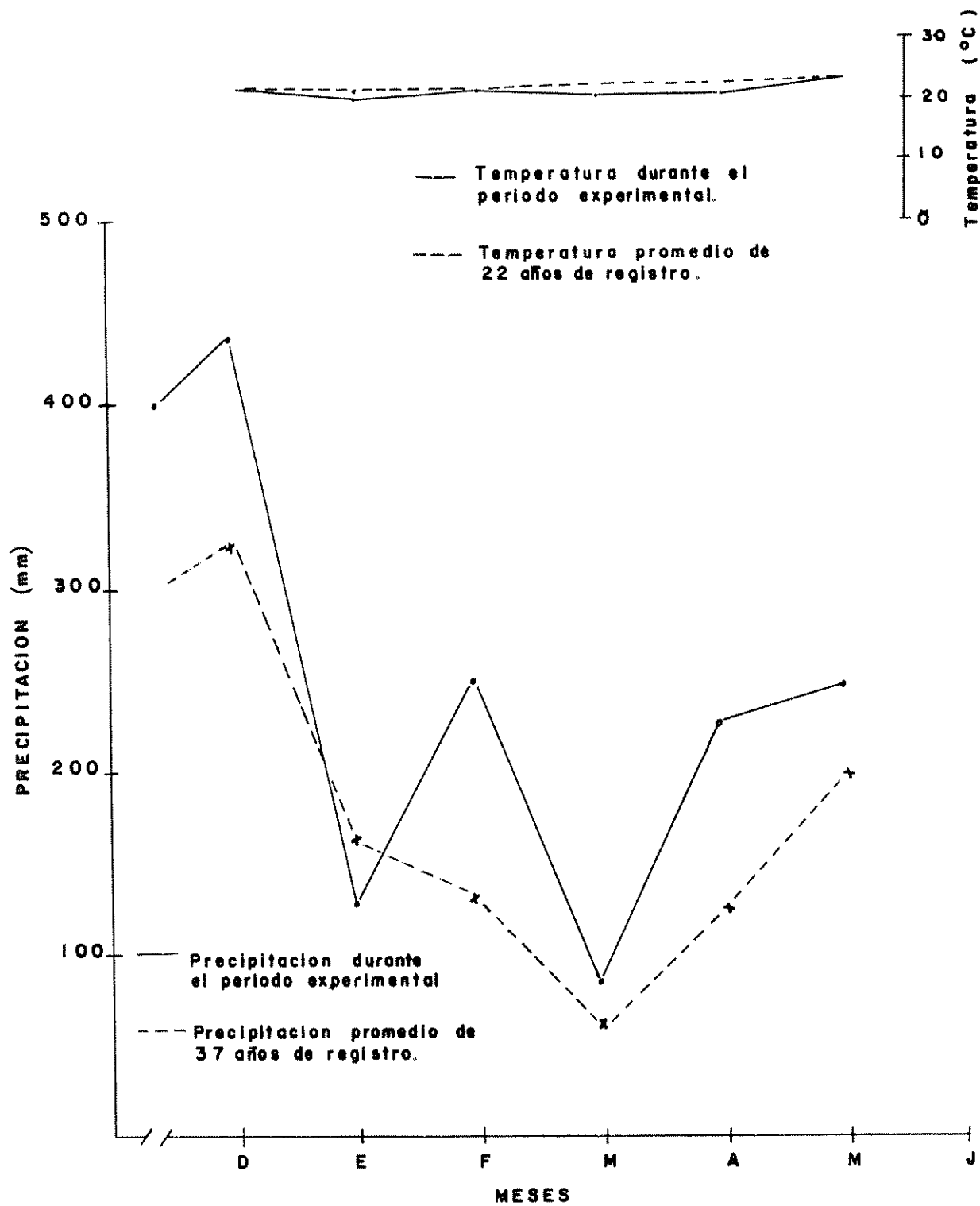


Fig. 1. Precipitación y temperatura registradas durante el periodo experimental.

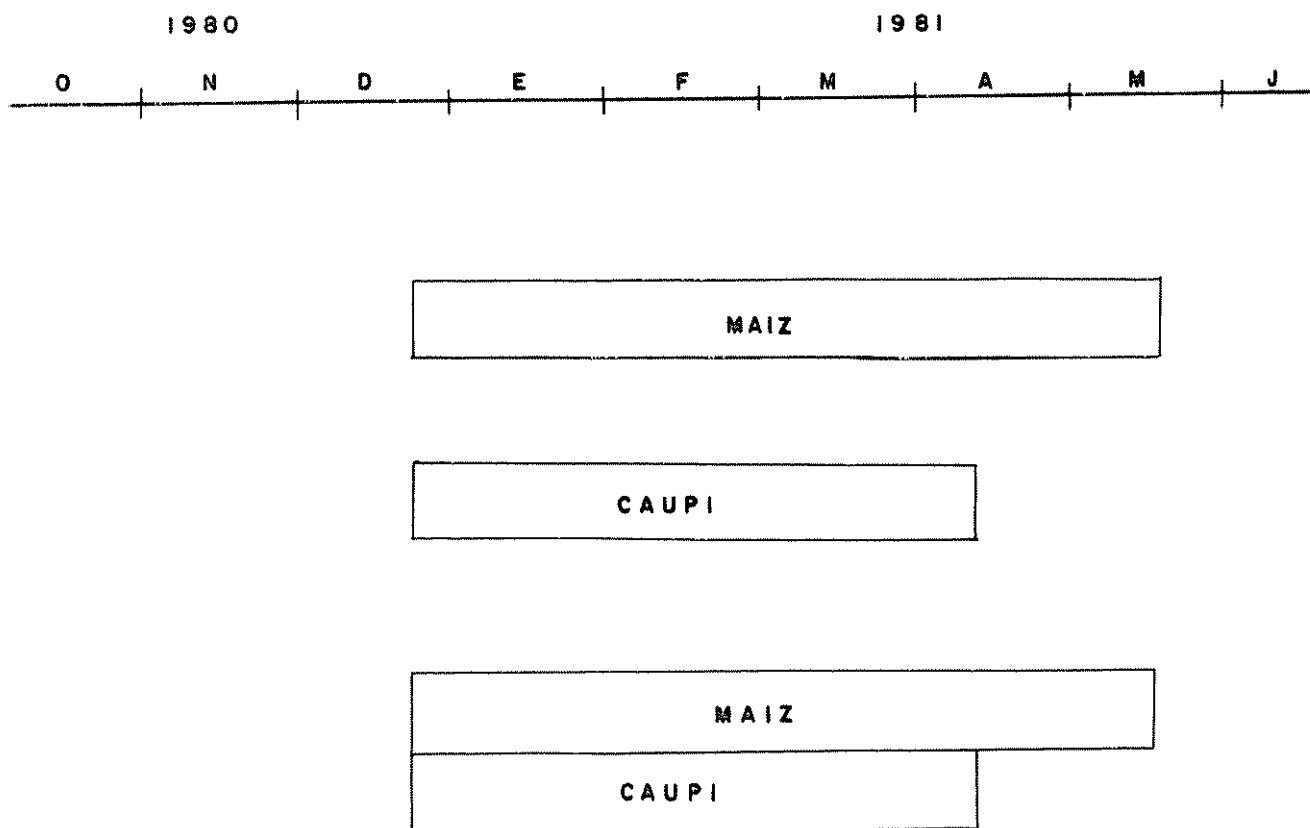


Fig. 2. Arreglo cronologico de los sistemas maiz, caupi y maiz-caupi asociados.

3.6.3 Maíz-Caupí asociados

En el sistema maíz-caupí asociados las distancias y densidades de siembra fueron las mismas de sus respectivos monocultivos. Se intercalaron dos hileras de caupí distanciadas 0,5 metros entre sí y 0,25 metros de la hilera de maíz (Figura 3).

3.7 Tamaño de parcela

El tamaño de la unidad experimental (sub-subparcela) fue de 50 metros cuadrados (10 x 5 metros). La parcela útil fue de 24 metros cuadrados (8 x 3 metros) (Figura 4).

3.8 Diseño experimental

El diseño experimental usado fue el de parcelas divididas con sub-subparcelas dispuestas en bloques completos al azar con tres repeticiones, con el modelo siguiente:

$$Y_{ijkl} = M + R_i + S_j + E_{ij} + P_k + (SP)_{jk} + E_{ijk} + F_l + (SF)_{jl} + (PF)_{kl} + (SPF)_{jkl} + E_{ijkl}$$

donde:

Y_{ijkl} = variable de respuesta.

M = media general.

R_i = efecto de repeticiones.

S_j = efecto de sistema de cultivo.

P_k = efecto debido a la variación en el combate de plagas.

F_l = efecto debido a la variación en el nivel de fertilización,

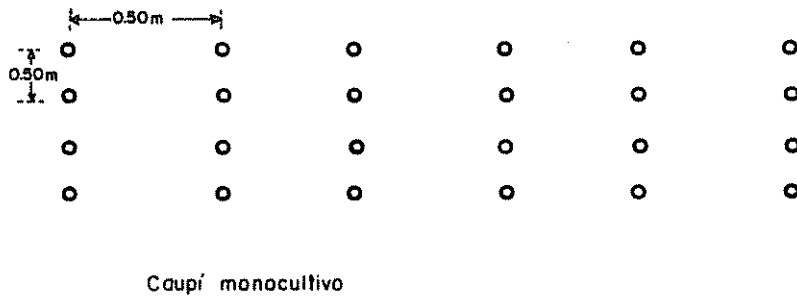
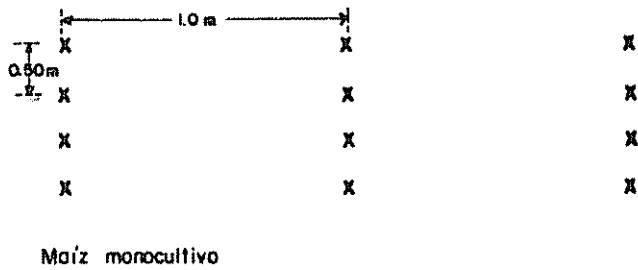
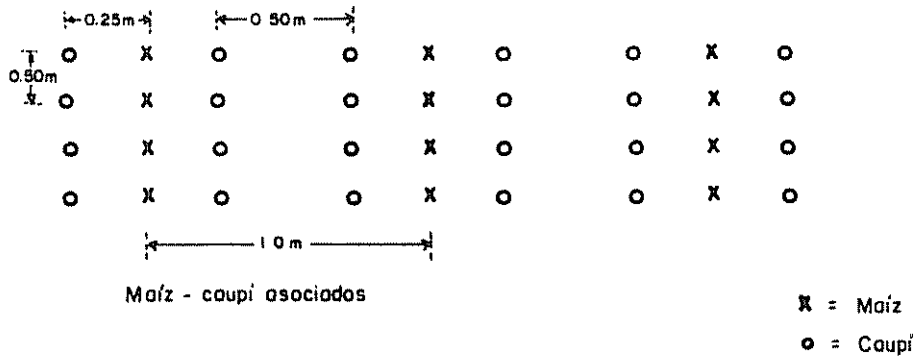


Fig. 3. Distancias de siembra de maíz, caupí y maíz - caupí asociados

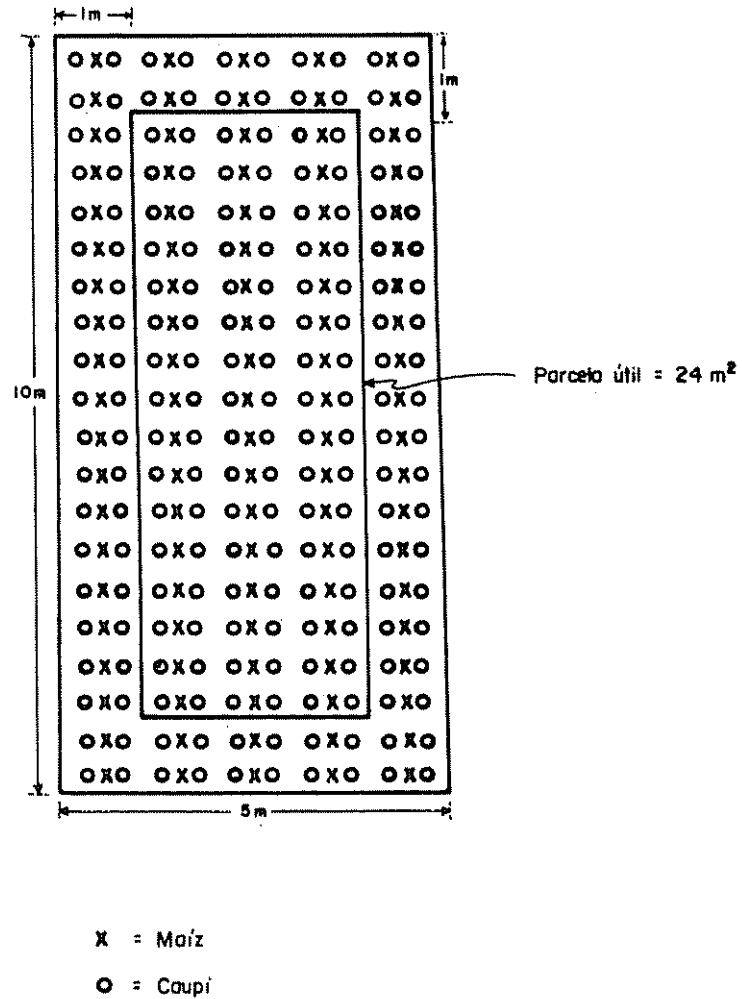


Fig. 4. Tamaño de parcela útil de los sistemas maíz, caupí y maíz - caupí asociados

$(SP)_{jk}$ = efecto de la interacción sistema de cultivo por combate de plagas.

$(SF)_{jl}$ = efecto de la interacción sistema de cultivo por nivel de fertilización.

$(PF)_{kl}$ = efecto de la interacción combate de plagas por nivel de fertilización.

$(SPF)_{jkl}$ = efecto de la interacción sistema de cultivo por combate de plagas por nivel de fertilización.

E_{ij} = error "a".

E_{ijk} = error "b".

E_{ijkl} = error "c".

3.9 Tratamientos

La distribución de tratamientos se ilustra en el Cuadro 1, Los factores y niveles estudiados fueron los siguientes:

3.9.1 Sistema de cultivo (parcela grande)

- a) Maíz monocultivo.
- b) Caupí monocultivo.
- c) Maíz-Caupí asociados.

3.9.2 Variación en el combate de plagas (parcela mediana)

a) Combate de plagas del suelo

La protección contra plagas del suelo se realizó aplicando 1,0 - 1,5 kg ia/ha de carbofuran (Furadan 5G) al momento de la siembra, en los tres sistemas de cultivo (maíz, caupí, maíz + caupí).

A los 20 días después de la siembra se aplicó phoxim (Volaton) a razón de 2 ml de producto comercial/litro de agua, en los mismos sistemas

Cuadro I Distribución de tratamientos y unidades experimentales en el campo

REPETICION III REPETICION II REPETICION I

REPETICION III		REPETICION II		REPETICION I		
M+C	C	M	M+C	M+C	M	C
S.F.	S.F.	F.A.	F.A.	S.F.	F.M.	S.F.
F.M.	F.M.	F.M.	F.M.	F.M.	F.A.	F.A.
F.A.	F.A.	S.F.	S.F.	F.A.	S.F.	F.M.
F.A.	S.F.	F.A.	S.F.	F.M.	F.A.	S.F.
F.M.	F.M.	F.M.	F.M.	F.A.	S.F.	F.M.
S.F.	F.A.	S.F.	F.A.	S.F.	F.M.	F.A.
S.F.	F.M.	S.F.	F.M.	F.M.	S.F.	S.F.
F.M.	S.F.	F.M.	F.A.	F.A.	F.M.	F.A.
F.A.	F.A.	F.A.	S.F.	S.F.	F.A.	F.M.

LEYENDA:
 M + C = Maíz + coupi
 M = Maíz
 C = Coupi
 F. A. = Fertilización alta
 F. M. = Fertilización media
 S. F. = Sin fertilizante
 CPS = Combate plagas suelo
 CPF = Combate plagas folaje
 SCP = Sin combate de plagas

de cultivo.

b) Combate de plagas del follaje

La protección del follaje del maíz se realizó mediante la aplicación de meposfolan (Citrolane), un gramo de producto comercial/planta 30 días después de la siembra, y phoxim (un gramo de Volaton 2,5 G/planta infestada) 50 días después de la siembra. Ambos productos fueron aplicados para combatir *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith).

La protección del follaje de caupí se realizó mediante cinco aplicaciones de 0,15% carbaryl (Sevin 80W) ó 0,05% methomy (Lannate 90 P.S) en forma alterna, comenzando 18 días después de la siembra y terminando al momento de la floración. Estos productos se aplicaron para combatir crisomélidos, principalmente *Cerotoma ruficornis rogersi* (Olivier).

c) Sin combate de plagas

3.9.3 Variación en el nivel de fertilización (parcela pequeña)

- a) Fertilización alta.
- b) Fertilización media.
- c) Sin fertilizante.

3.10 Manejo del área experimental

3.10.1 Preparación del terreno

El terreno fue preparado dos semanas antes de la siembra arando una vez con dos pasadas de rastra.

3.10.2 Siembra

El maíz y el caupí se sembraron simultáneamente, haciéndose la siembra con espeque; posteriormente se hizo un raleo para ajustar las poblaciones respectivas.

3.10.3 Fertilización

El fertilizante se aplicó en banda. Las fuentes usadas fueron 10-30-10 y sulfato de amonio. Al momento de la siembra se aplicó 1/3 del nitrógeno, todo el fósforo y el potasio, y a los 30 días después de la siembra se aplicó el nitrógeno restante (2/3). Las dosis aplicadas se presentan en el Cuadro 2.

3.10.4 Control de malezas

Dos días antes de la siembra se hizo una aplicación de herbicida glifosato (Roundup 1,5 kg ia/ha), y a los 40 días después de la siembra se realizó un combate manual de malezas.

3.10.5 Cosecha

Se cosechó el caupí y el maíz a los 90 y 150 días después de la siembra, respectivamente. El maíz se dobló 120 días después de la siembra.

3.11 Registro de la información

3.11.1 Rendimiento

El rendimiento de grano de maíz y caupí se corrigió al 14 y 13% de humedad, respectivamente.

Cuadro 2. Niveles de N, P₂O₅ y K₂O en kg/ha aplicados en los diferentes sistemas de cultivos.

	Maíz monocultivo (kg/ha)	Caupí monocultivo (kg/ha)	Maíz-caupí asociados. (kg/ha)
N	alto	120	160
	medio	60	80
	sin fertilizante	0	0
P ₂ O ₅	alto	100	160
	medio	50	80
	sin fertilizante	0	0
K ₂ O	alto	30	60
	medio	15	30
	sin fertilizante	0	0

3.11.1.1 Componentes del rendimiento

a) Número de mazorcas y número de vainas por planta

Se calculó dividiendo el número de mazorcas y vainas cosechadas por parcela útil entre el número de plantas cosechadas en dicha parcela.

b) Número de granos por mazorca y número de semillas por vaina

Para esta determinación se realizó un conteo en una muestra de 10 por ciento de mazorcas y vainas cosechadas por parcela útil.

c) Peso de semilla

Se pesaron 100 semillas de caupí y maíz por parcela útil, y se corrigió al porcentaje de humedad deseado.

3.11.2 Daño por insectos

3.11.2.1 Plagas del suelo

El daño de las plagas del suelo a los sistemas maíz, caupí y maíz-caupí, se evaluó mediante un conteo de la población de plantas a los 20 días después de la siembra y al momento de la cosecha.

3.11.2.2 Plagas del follaje

a) Maíz

El daño por cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) se evaluó mediante un conteo de la población de maíz dañado a los 40 días después de la siembra. El daño por barrenador del tallo *Diatraea lineolata* (Walker) se evaluó siguiendo la metodología de Peairs y Saunders (57) que consiste en contar el número de entrenudos perforados y el número de

perforaciones por entrenudo; en este estudio se tomaron 24 plantas por parcela útil.

b) Caupí

Los insectos crisomélidos *Cerotoma ruficornis rogersi* (Olivier) y míridos *Prepops latipennis* (Stal.) se evaluaron en cada parcela a los 30, 37, 44 y 51 días después de la siembra, estimando el porcentaje de área foliar dañada mediante la siguiente escala:

<u>Indice</u>	<u>Porcentaje de área foliar dañada</u>
1	Menos del 5
2	6 - 10
3	11 - 25
4	26 - 50
5	Más del 50

El virus del mosaico del frijol caupí (VMFC) se evaluó en cada parcela contando el número de plantas que presentaban los síntomas visuales del virus a los 50 días después de la siembra.

3.11.3 Altura de planta

En cada parcela útil se tomaron 10 plantas de maíz y se midió su altura desde la superficie del suelo hasta el último nudo del tallo, en el momento de la antesis.

3.12 Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza (Pruebas de F) para determinar

efectos principales e interacciones. También se hicieron comparaciones múltiples entre promedios (Pruebas de Duncan); posteriormente la información se analizó utilizando el "Path Analysis". Para este análisis se elaboran modelos que establecen relaciones causales entre variables, constituyendo así ecuaciones estructurales (20, 75). Los modelos se prueban con base en valores de "t" (5% ó 1%) para coeficientes de regresión parcial estandarizados (CE), los cuales de acuerdo a su magnitud indican la importancia de cada variable independiente para afectar otra variable considerada dependiente.

En el presente estudio inicialmente se contruyeron modelos que relacionaron cada uno de los factores bajo estudio (combate de plagas y fertilización) con las variables medidas durante el ciclo del cultivo de maíz y caupí (Figura 5).

Los modelos establecen relaciones de causa a efecto en tiempo y espacio, por lo que algunas variables dependientes pueden constituirse en variables independientes permitiendo de esta manera poder determinar sus efectos sobre las variables de respuesta. Con base en lo anterior se establecieron modelos relacionando variables independientes con variables de respuesta (rendimiento y sus componentes) (Figura 5).

El efecto de una variable sobre otra puede ser directo o indirecto, así por ejemplo, el rendimiento de maíz puede ser afectado directamente por el cogollero e indirectamente a través del peso de grano (Figura 5); esto significa que existe una interacción entre el cogollero y el peso de grano, lo cual está afectando el rendimiento de grano de maíz.

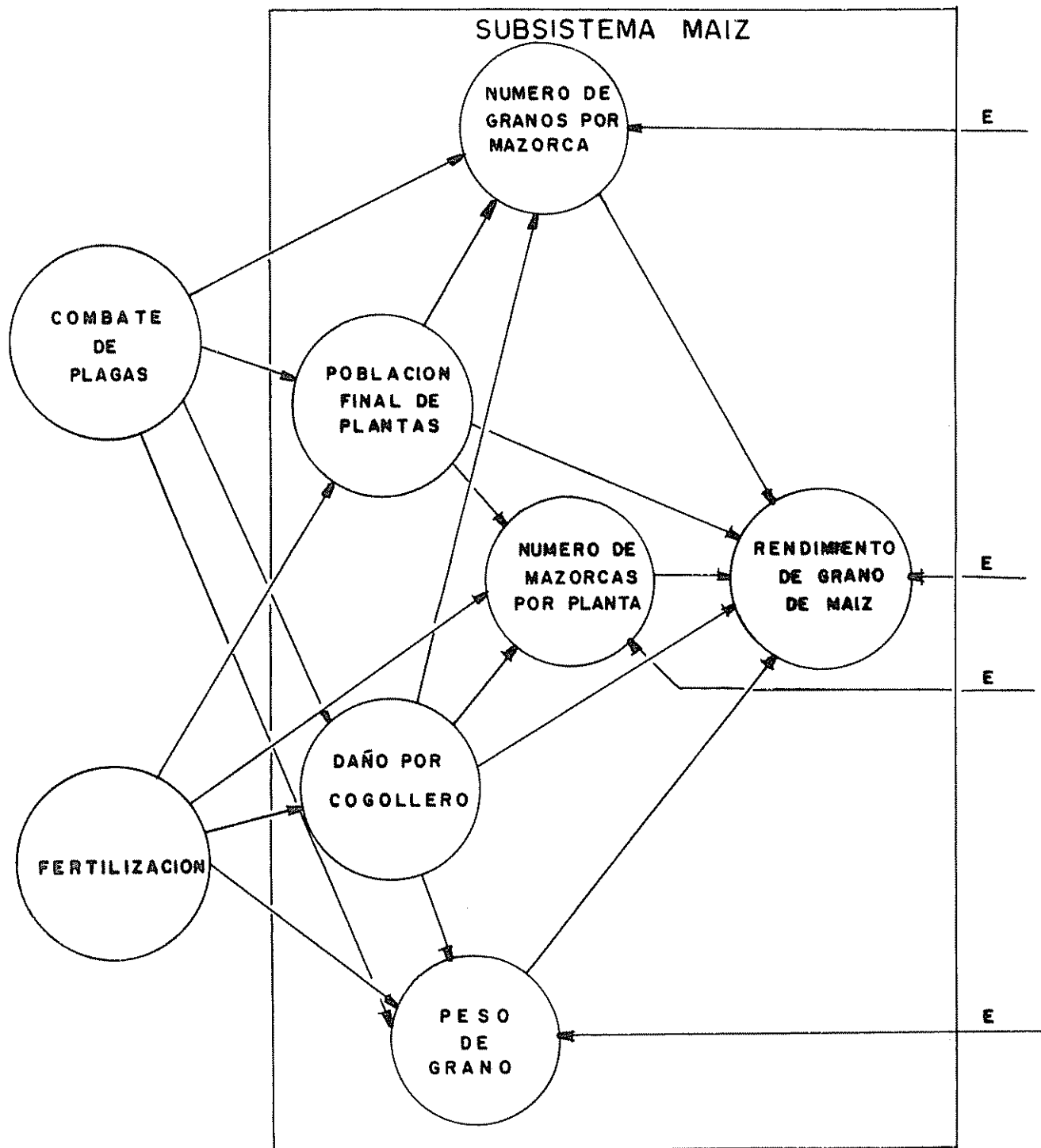


Fig. 5. Modelo utilizado para determinar las relaciones entre los factores bajo estudio y las variables medidas durante el ciclo de cultivo de maíz.

El diagrama de la Figura 5 puede representarse a través de un modelo estructural de causa-efecto de la siguiente forma:

$$Y_{1j} = b_{11} X_1 + b_{21} X_2 + e_{ij}$$

$$Y_{2j} = b_{21} X_1 + b_{22} X_2 + e_{ij}$$

$$Y_{3j} = b_{31} X_1 + b_{32} X_2 + e_{ij}$$

donde:

$$j = 1, 2 \dots n$$

$$Y_1 = \text{variable dependiente.}$$

$$X_1, X_2 = \text{variables independientes.}$$

$$b_{ij} = \text{coeficiente de regresión parcial estandarizado.}$$

$$e_{ij} = \text{variación no explicada por el modelo.}$$

Entre algunas variables no se puede definir la relación causa-efecto, por lo tanto, únicamente se puede establecer que existe una correlación (r_{ij}) entre variables representándose por una línea de doble sentido.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Subsistema maíz

4.1.1 Combate de plagas

4.1.1.1 Rendimiento de maíz

Cuando se analizaron los datos considerando las relaciones entre factores mediante el uso de modelos causales, pudo determinarse el efecto directo del combate de plagas sobre el rendimiento de maíz (Coeficiente estandarizado CE 0,20) (Figura 6). Asimismo pudo notarse el efecto indirecto del combate de plagas a través de la altura de planta (CE 0,26) y población inicial de plantas (CE 0,16).

De acuerdo con el análisis de varianza (Cuadro 3) el combate de plagas no afectó significativamente al rendimiento de maíz.

El rendimiento en parcelas donde se combatieron las plagas fue superior al testigo, en monocultivo y asociado, aunque no hubo diferencia significativa entre ambos (Cuadro 4). Esto se debió a la baja incidencia de plagas que prevaleció durante el ciclo de cultivo 1980-81. Paniagua (54) obtuvo resultados similares durante la misma época, indicando que dichos resultados se debieron a la baja incidencia de plagas insectiles en la estación experimental de Turrialba, Costa Rica.

4.1.1.2 Componentes de rendimiento

El número de mazorcas por planta, número de granos por mazorca y peso de grano no fueron afectados significativamente por el combate de plagas (Cuadro 3) debido a que estas características están, en parte, gobernadas genéticamente y son poco alteradas por factores externos, además

Cuadro 3. Cuadros medios y niveles de significancia para el rendimiento de maíz y sus componentes.

Fuente de variación	G.L.	Rendimiento	Mazorcas por planta	Granos por mazorcas	Peso de 100 granos	Altura de planta
Sistema de cultivo (A)	1	220088 n.s.	0,0063 n.s.	1187,51 n.s.	0,1600 n.s.	0,0417 n.s.
Error "a"	2	533852	0,0070	2170,92	3,22	0,0175
Combate de plagas (B)	2	304665 n.s.	0,0032 n.s.	915,28 n.s.	3,12 n.s.	0,1056 *
A x B	2	48040,7 n.s.	0,0029 n.s.	201,58 n.s.	1,21 n.s.	0,0034 n.s.
Error "b"	8	248841	0,18	2063,82	1,71	0,0142
Fertilización (C)	2	1317630 **	0,0035 n.s.	1414,75 n.s.	10,00 **	0,0976 **
A x C	2	202540 n.s.	0,0029 n.s.	5267,80 n.s.	0,4826 n.s.	0,0490 *
B x C	4	70185,7 n.s.	0,0019 n.s.	1868,32 n.s.	1,20 n.s.	0,0104 n.s.
A x B x C	4	13617,9 n.s.	0,00045 n.s.	105,33 n.s.	1,77 n.s.	0,0121 n.s.
Error "c"	24	61996,197	0,0027	1853,51	1,59	0,0133

* = Significativo al 5%

** = Significativo al 1%

n.s. = No significativo

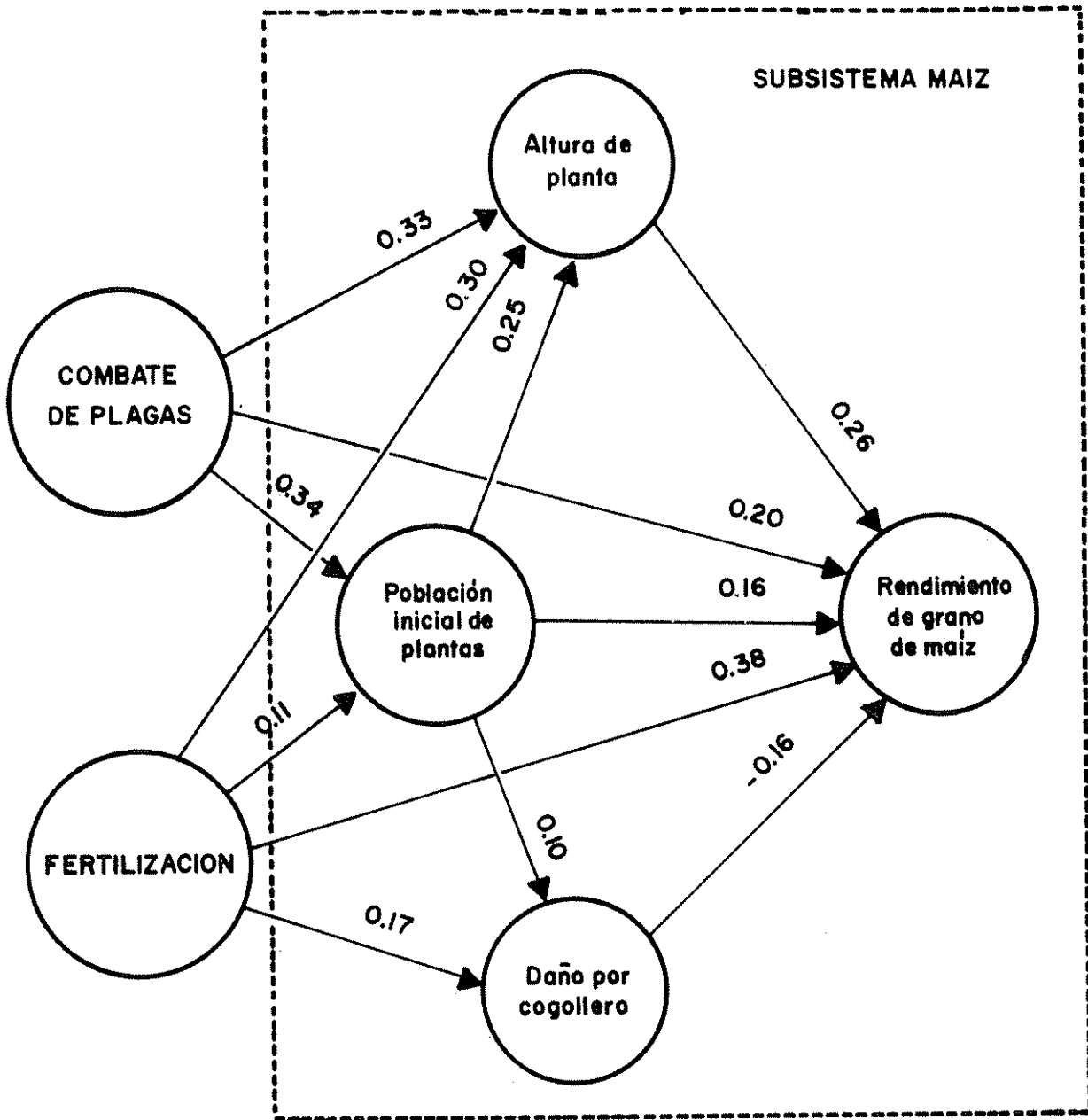


Fig. 6 Relaciones entre combate de plagas y fertilización, rendimiento de grano y las variables medidas en el ciclo del cultivo del maíz.

Cuadro 4. Efecto del combate de plagas sobre el rendimiento de maíz en los sistemas maíz monocultivo y maíz asociado con caupí.

Combate de plagas	Rendimiento de maíz	
	Monocultivo	Asociado
Suelo	3.646	3.491
Follaje	3.581	3.567
Sin combate	3.453	3.239
\bar{X}	3.560	3.432

de las bajas poblaciones de plagas insectiles prevalecientes durante el ciclo de cultivo 1980-1981. Sin embargo, el combate de plagas estuvo relacionado indirectamente con los componentes de rendimiento a través de la altura de planta, incidencia de cogollero y barrenador. Estos dos últimos afectaron negativamente al rendimiento reduciendo el número de granos por mazorca (CE -0,18 y -0,11, respectivamente) (Figura 7). Resultados similares fueron obtenidos por Paniagua (54).

El peso de grano fue el componente que afectó en mayor grado al rendimiento como lo demuestra la magnitud del CE de 0,55 (Figura 7).

La altura de planta como índice de vigor fue afectada significativamente por el combate de plagas (Cuadro 3). La aplicación de carbofuran al suelo protegió contra daño por plagas insectiles al sistema radical del maíz, lo que contribuyó en un mejor aprovechamiento de los nutrientes aplicados y nativos del suelo; esto se tradujo en mayor altura (Cuadro 5).

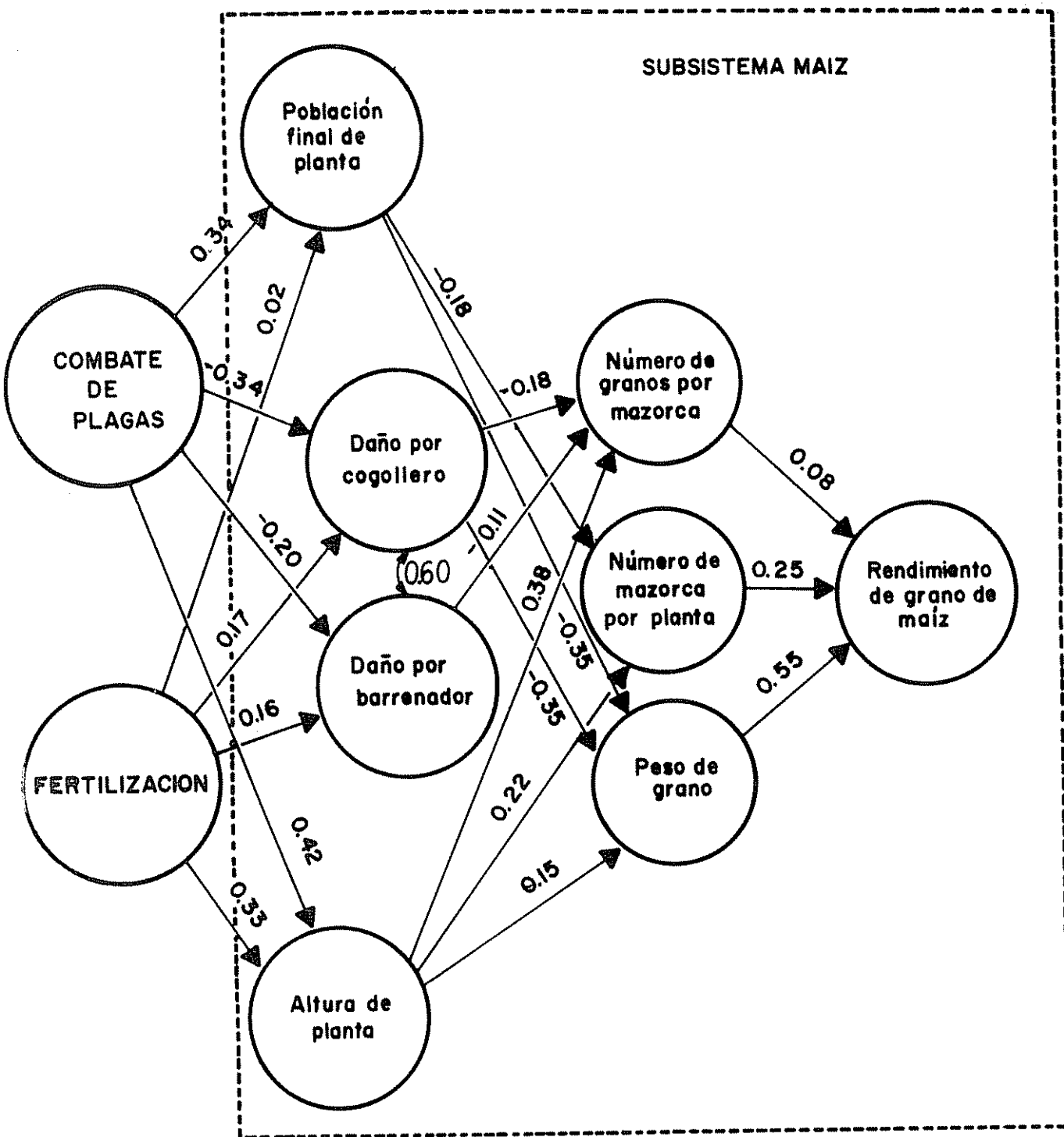


Fig. 7 Modelo que muestra las relaciones entre los factores estudiados, el rendimiento y sus componentes, y las variables medidas en el ciclo de cultivo de maíz.

Cuadro 5. Efecto del combate de plagas sobre la altura de planta en el sistema maíz monocultivo y asociado con caupí.

Combate de plagas	Altura de planta	
	Monocultivo	Asociado
	cm	
Suelo	208 a*	210 a
Follaje	200 a	206 a
Sin combate	190 b	198 b

* Valores con letra diferente dentro de un mismo sistema de cultivo, son diferentes significativamente según la prueba de Duncan.

Las alturas mayores estuvieron relacionadas positivamente tanto con el combate de plagas (CE 0,33), como con el rendimiento (CE 0,26); lo que indica que la altura de planta como índice de vigor favoreció el rendimiento de maíz (Figura 6).

La población de plantas de maíz a los 20 días después de la siembra (20 DDS) y la población final de plantas de maíz, también fueron afectadas significativamente por el combate de plagas (Cuadro 6). Las mayores poblaciones de plantas correspondieron a los tratamientos protegidos contra daño por plagas insectiles (Cuadro 7A). Esto indica que las medidas de protección favorecieron el mantenimiento de la población de plantas como lo demuestran los CE de 0,34 para ambas variables (Figuras 6 y 7).

Sin embargo, la población final de plantas estuvo relacionada negativamente con el número de mazorcas por planta y peso de grano (CE -0,18 y -0,35, respectivamente) (Figura 7), efectos debidos a fenómenos de

competencia demostrados ampliamente por Arze Borda (10), Vidaurre (76) y Juárez Arellano (40).

4.1.1.3 VARIABLES ENTOMOLÓGICAS

De acuerdo con el análisis de varianza (Cuadro 6) el combate de plagas afectó significativamente la incidencia de cogollero y barrenador del tallo. El combate al follaje fue más efectivo, medido por el porcentaje de plantas dañadas, sobre el control de cogollero en ambos sistemas de cultivo (monocultivo y asociado) (Cuadro 7), lo cual demuestra la efectividad de los insecticidas (phoxim y mepfosfolan) utilizados. Este efecto se confirma con la magnitud del CE $-0,34$ (Figura 7) lo cual indica claramente la efectividad del combate de plagas sobre la incidencia de cogollero. La mayor incidencia de cogollero se registró en el tratamiento con protección al suelo, lo cual estuvo relacionado con el vigor de las plantas (altura, color) predisponiéndolas a un mayor daño, en ambos sistemas de cultivos. Se cree que cambios en el fenotipo y composición nutritiva de las plantas pueden afectar el comportamiento de algunos insectos (27, 33, 46, 48, 78) como la oviposición (33); es probable que en este experimento la oviposición haya sido afectada, aunque no se hizo ningún conteo de masas de huevos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith).

El tratamiento testigo fue el segundo en incidencia de cogollero debido al menor vigor que presentaron estas plantas.

La aplicación de insecticida al follaje también produjo un ligero efecto benéfico en el maíz, disminuyendo la incidencia de barrenador en ambos sistemas de cultivos (Cuadro 7). Aunque este efecto no fue tan

Cuadro 6. Cuadrados medios y niveles de significancia para población de plantas e incidencia de cogollero y barrenador.

Fuente de variación	G.L.	Población 20 DDS	Población final de plantas	Incidencia de cogollero	Incidencia de barrenador
Sistema de cultivo (A)	1	81,30 *	51,018 n.s.	78,24 n.s.	15,75 n.s.
Error "a"	2	3,96	7,98	75,58	409,27
Combate de plagas (B)	2	46,57 *	64,41 *	3739,3 **	3681,6 **
A x B	2	64,309 n.s.	75,095 **	438,46 *	1374,6 n.s.
Error "b"	8	15,032	7,95	56,26	420,90
Fertilización (C)	2	8,34 n.s.	3,13 n.s.	88,61 n.s.	469,14 *
A x C	2	11,687 n.s.	20,73 *	21,51 n.s.	40,89 n.s.
B x C	4	1,92 n.s.	4,03 n.s.	64,91 n.s.	38,41 n.s.
A x B x C	4	7,00 n.s.	19,40 *	5,26 n.s.	261,29 n.s.
Error "c"	24	5,16	5,88	60,84	108,20

* = Significativo al 5%

** = Significativo al 1%

n.s. = No significativo

Cuadro 7. Efecto del combate de plagas sobre la incidencia de cogollero y barrenador del tallo en maíz monocultivo y asociado con caupí.

Combate de plagas	Incidencia de cogollero (% plantas dañadas)	Incidencia de barrenador (% plantas dañadas)
SUELO		
monocultivo	37	69
asociado	23	52
FOLLAJE		
monocultivo	1	35
asociado	2	30
SIN COMBATE		
monocultivo	16	41
asociado	21	59

marcado como en el caso de cogollero, la magnitud del CE $-0,20$ refleja la relación negativa entre el combate de plagas e incidencia de barrenador (Figura 7).

La incidencia de cogollero y barrenador del tallo estuvo regulada por el combate de plagas y la fertilización (Figura 7), sin embargo, ambas plagas, debido a efectos de clima, pudieron aparecer al mismo tiempo para afectar el crecimiento de maíz; por lo cual no se puede establecer una relación causa-efecto. El CE de $0,60$ indica la magnitud de la asociación entre ambas variables (Figura 7).

4.1.2 Fertilización

4.1.2.1 Rendimiento de maíz

El efecto de la fertilización sobre el rendimiento de maíz fue positivo y altamente significativo (Cuadro 3).

Tanto el rendimiento del sistema maíz monocultivo como el del asociado con caupí se vieron afectados por variaciones en el nivel de fertilización (Cuadro 8). El nivel alto de fertilización produjo una ligera tendencia al aumento del rendimiento de maíz asociado sobre el del monocultivo sin ser diferentes significativamente. Nair *et al.* (51) y Remison (60) obtuvieron resultados similares con el mismo tipo de asociación. Aparentemente existió un efecto benéfico del caupí sobre el rendimiento de maíz debido a que el maíz es más eficiente en la absorción de nutrientes, especialmente nitrógeno, cuando se cultiva asociado con caupí o frijol común (7, 19, 49). La competencia a nivel radical del caupí por agua y nutrientes pudo ser otro factor que haya estimulado el buen aprovechamiento de los nutrientes del suelo por el maíz.

El maíz asociado y fertilizado fue superior al monocultivo sin fertilizante (Cuadro 8), lo cual indica el efecto benéfico del fertilizante aplicado, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Agboola y Fayemi en Nigeria (4).

El maíz en monocultivo y asociado respondió a los diferentes niveles de fertilizante superando significativamente al testigo. Esto se puede atribuir a los bajos contenidos de fósforo y posiblemente de nitrógeno en el suelo antes de la siembra y además a la competencia por nutrientes ejercida por el caupí cuando se asoció con maíz. Chang (19) encontró fuerte competencia por nitrógeno entre maíz y caupí asociados, especialmente

Cuadro 8. Rendimiento de grano de maíz en monocultivo y asociado con caupí, afectado por diferentes niveles de fertilización aplicados al suelo.

Fertilización	Maíz monocultivo	Maíz asociado
	(kg/ha)	
Alta	3592,99 a*	3710,27 a
Media	3778,11 a	3528,93 a
Sin fertilizante	3309,53 b	3058,38 b

* Valores con letra diferente dentro de un mismo sistema de cultivo, son diferentes significativamente según la prueba de Duncan al 0,05.

cuando este nutrimento no se aplicó. Remison (61) indica que en la asociación maíz-caupí, la competencia por luz es más importante que por nutrientes; sin embargo, Enyi (24) afirma que el caupí ofrece fuerte competencia al maíz debido a que los períodos de absorción de nutrientes de ambos cultivos coinciden.

El efecto directo de la fertilización sobre el rendimiento de maíz fue mayor (CE 0,38) que el del combate de plagas (CE 0,20), lo cual indica que la fertilización fue más limitante para la obtención de altos rendimientos, como lo demuestra la relación positiva existente entre la fertilización y el rendimiento (Figura 6). El peso de grano también fue afectado significativamente por la fertilización (Cuadro 3). El efecto de los niveles de fertilización aplicados fue ligeramente más notorio en el sistema maíz monocultivo que asociado, alcanzando valores de 29, 29 y 27 gramos por 100 granos para la dosis alta, media y sin fertilizante respectivamente. Niveles mayores de fertilizante aplicados al suelo

representaron aumento en el peso de grano de maíz (CE 0,44) (Figura 8).

Asimismo, la fertilización afectó indirectamente a través de la altura de la planta al número de granos por mazorca, número de mazorcas por planta y peso de grano, aumentando estos componentes de rendimiento a medida que aumentó la altura (CE 0,38, 0,22 y 0,15, respectivamente), la cual también aumentó con la fertilización (CE 0,33) (Figura 7 y Cuadro 8A).

4.1.2.2 Variabes entomológicas

La incidencia de cogollero no fue afectada significativamente por la fertilización (Cuadro 6), aunque se observó cierta tendencia al aumento de la incidencia en ambos sistemas de cultivos monocultivo y asociado (Cuadro 9); esto se debió posiblemente a la mejor composición nutritiva de las plantas fertilizadas. Wittwer y Haseman (78) indican que el estado nutritivo de la planta hospedera puede ser alterado por la fertilidad del suelo, especialmente por el nitrógeno y a este elemento se le ha atribuído el favorecer la incidencia de ciertas plagas insectiles en los cultivos (47, 55, 46).

La incidencia de barrenador se vió afectada significativamente por la fertilización (Cuadro 6). Las plantas de los tratamientos fertilizados, los cuales tenían hojas de una coloración verde más oscuro, presentaron la mayor incidencia de cogollero. Huis (33) en Nicaragua encontró mayor incidencia de cogollero y barrenador del tallo en plantas de maíz fertilizadas así como mayor número de masas de huevos ovipositados por barrenador sobre hojas de plantas de maíz fertilizadas (hojas de color verde oscuro) comparado con plantas sin fertilizar (hojas de color verde

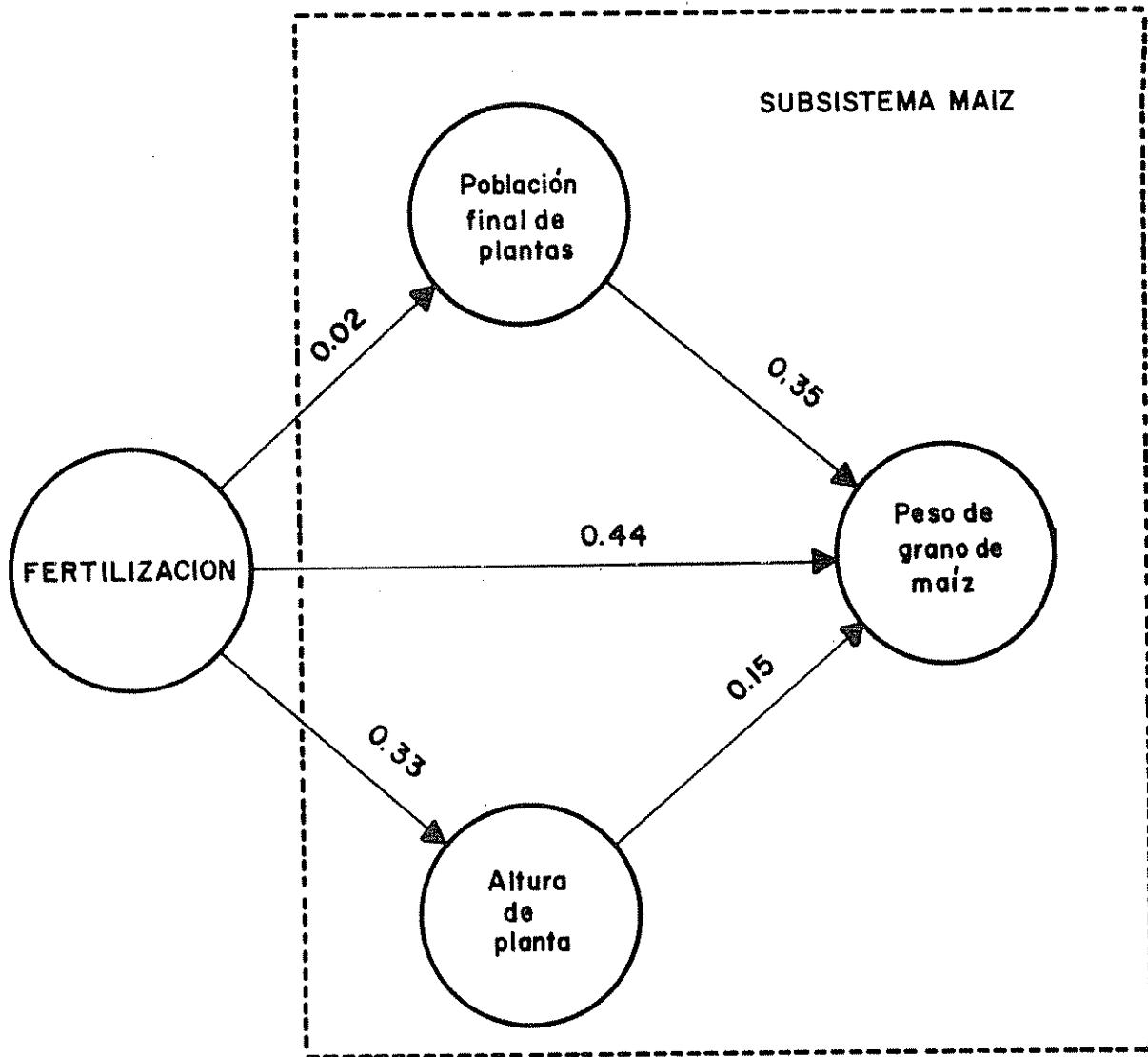


Fig. 8 Relaciones entre el factor fertilización, peso de grano y las variables medidas en el ciclo de cultivo de maíz.

Cuadro 9. Efecto de la fertilización sobre la incidencia de cogollero y barrenador en maíz monocultivo y asociado con caupí.

	INCIDENCIA DE	
	Cogollero (% plantas dañadas)	Barrenador
FERTILIZADO		
monocultivo	19	50
asociado	17	50
SIN FERTILIZAR		
monocultivo	16	45
asociado	12	41

claro). El mismo autor indica que las pérdidas en el rendimiento de maíz causadas por barrenador variaron entre 3 y 6 por ciento debido a la baja incidencia, por lo que consideró sin justificación el control de dichas plagas.

El nivel de fósforo también puede afectar la incidencia de plagas insectiles. Cannon y Ortega (15) encontraron que el nivel de fósforo del suelo afectó la sobrevivencia de larvas de barrenador (*Ostrinia nubilalis*), y aumentó el número de perforaciones en el tallo de plantas de maíz.

La fertilización y la incidencia de cogollero y barrenador se relacionaron positivamente, favoreciendo la fertilización la incidencia de ambas plagas como lo demuestran los CE 0,17 y 0,16, respectivamente (Figura 7).

4.1.3 Interacción combate de plagas-fertilización

4.1.3.1 Rendimiento de maíz

Tanto el sistema maíz monocultivo como el asociado con caupí rindieron mejor en los tratamientos donde se combatieron las plagas y se fertilizó simultáneamente, que en los tratamientos protegidos pero sin fertilización (Cuadro 10), aunque no hubo significancia estadística en la interacción entre el combate de plagas y la fertilización para la variable rendimiento (Cuadro 3).

Se observó que el rendimiento de los tratamientos fertilizados, incluyendo en donde no se combatieron las plagas, fue mayor que en aquellos donde no se fertilizó aun con protección contra plagas insectiles. Esto indica que bajo condiciones de bajas poblaciones de insectos la fertilización fue más limitante que el combate de plagas. Resultados similares fueron encontrados por Nangju (52) en maíz asociado con caupí.

En el sistema maíz monocultivo sin fertilizante, el tratamiento protegido contra plagas del suelo produjo más que los sistemas protegidos contra plagas del follaje y que el testigo (Cuadro 10); esto resalta la importancia de proteger de daño de insectos el sistema radical del maíz, lo cual contribuyó en el mejor aprovechamiento de los nutrimentos disponibles del suelo y por lo tanto mayor rendimiento.

En el sistema monocultivo la dosis media de fertilización (60 - 50 15 kg de N, P_2O_5 y K_2O /ha respectivamente) aplicada al maíz fue la que produjo el mayor rendimiento, aún en donde no se combatieron las plagas. En maíz asociado en donde se combatieron las plagas, el mayor rendimiento fue obtenido con la dosis alta de fertilización (160 - 160 - 60 kg de N, P_2O_5 y K_2O /ha respectivamente), no así donde no hubo combate de plagas,

Cuadro 10. Efecto del combate de plagas y la fertilización, sobre el rendimiento de maíz en monocultivo y asociado con caupí.

Fertilización	Combate de plagas del suelo		Combate de plagas del follaje		Sin combate de plagas	
	monocultivo	asociado	monocultivo	asociado	monocultivo	asociado
	(kg/ha)		(kg/ha)		(kg/ha)	
Alta	3735	3809	3716	3875	3324	3449
Media	3783	3485	3772	3635	3779	3467
Sin fertilizante	3419	3180	3254	3193	3256	2802

tratamientos en los cuales el mayor rendimiento se obtuvo con la dosis media de fertilización (Cuadro 10). Estos resultados demuestran que el maíz no tuvo problemas con plagas de insectos, y la mejor respuesta al nivel alto de fertilización que presentó el maíz asociado con caupí fue debido, probablemente, a su mejor habilidad de utilización del fertilizante.

En el sistema maíz-caupí asociados, aumentos en el rendimiento de maíz, en general, correspondieron a disminuciones en el rendimiento de caupí. Estos efectos en las asociaciones de cultivos son autocompensatorios, siendo ésta una característica contra riesgo de los cultivos asociados, es decir, que si un cultivo es dañado por plagas, enfermedades o estrés físico, el otro cultivo puede, en algún grado, compensar la pérdida en el rendimiento (6, 29, 41).

4.1.3.2 Variables entomológicas

Los tratamientos sin combate de plagas, especialmente los no fertilizados, fueron menos dañados por cogollero que los tratamientos protegidos contra plagas del suelo (Cuadro 11). Esto se debió al menor vigor de las plantas y a la coloración verde oscuro que presentaban éstas cuando no se protegieron contra daño de insectos del suelo.

La fertilización aumentó el vigor de las plantas y el daño por cogollero. Este mismo efecto fue encontrado por Huis (33), quien lo atribuyó a una mayor oviposición y sobrevivencia de larvas sobre plantas fertilizadas. Leuck (45) también indica que la sobrevivencia de larvas es mayor en plantas fertilizadas.

El efecto del fertilizante sobre la incidencia de daño por barrenador del tallo fue variable en los diferentes sistemas de cultivo y tipos

Cuadro 11. Efecto del combate de plagas y la fertilización sobre la incidencia de cogollero y barrenador en plantas de maíz en monocultivo y asociado con caupí,

	Combate de plagas del suelo		Combate de plagas del follaje		Sin combate de plagas	
	Cogollero (% plantas dañadas)	Barrenador	Cogollero (% plantas dañadas)	Barrenador	Cogollero	Barrenador
FERTILIZADO						
Monocultivo	37	74	1	33	19	42
Asociado	25	51	2	36	24	63
SIN FERTILIZAR						
Monocultivo	36	58	1	38	10	40
Asociado	20	56	2	17	15	51

de combate de plagas (Cuadro 11), observándose mayor número de perforaciones en los tratamientos que recibieron fertilizante, sin llegar a afectar el rendimiento de grano. Huis (33) también encontró mayor porcentaje de plantas dañadas por *Diatraea lineolata* (Walker) en parcelas fertilizadas.

En el caso de incidencia de cogollero el combate al follaje fue más efectivo en reducir el número de plantas que para barrenador. Huis (33) indica que las aplicaciones de insecticidas para el control de barrenador, son ineficaces, en la mayoría de los casos, resultando más eficaz la destrucción de rastros en la estación seca.

Las plantas de los tratamientos con combate de plagas del suelo, con o sin fertilizante, en ambos sistemas de cultivos, presentaron niveles de incidencia de cogollero arriba del nivel crítico establecido en 20 por ciento, lo cual podría disminuir el rendimiento de grano, que en algunos casos ha alcanzado hasta el 60 por ciento (33).

4.2 Subsistema Caupí

4.2.1 Combate de plagas

4.2.1.1 Rendimiento de caupí

El rendimiento de caupí no fue afectado por el combate de plagas (Cuadro 12). En el sistema caupí asociado con maíz los mayores rendimientos se obtuvieron donde se combatieron las plagas del suelo y del follaje (261 y 307 kg/ha respectivamente) comparado con el testigo que produjo 225 kg/ha, sin que estas diferencias fueran estadísticamente significativas.

En caupí monocultivo el tratamiento con combate de plagas del

Cuadro 12. Cuadros medios y niveles de significancia para rendimiento de caupí y sus componentes.

Fuentes de variación	G.L.	Rendimiento	Vainas por planta	Semilla por vaina	Peso de 100 semillas
Sistema de cultivo (A)	1	1,299 x 10 ⁷ *	799 **	186,80 **	22,46 **
Error "a"	2	34560	0,1096	0,4907	0,2503
Combate de plagas (B)	2	108800 n.s.	6,60 *	0,5674 n.s.	0,2291 n.s.
A x B	2	50250 n.s.	1,37 n.s.	0,2160 n.s.	0,3080 *
Error "b"	8	33490	0,7820	2,8340	0,0645
Fertilización (C)	2	2467 n.s.	0,8933 n.s.	4,17 **	0,0486 n.s.
A x C	2	27270 n.s.	1,24 n.s.	94,29 n.s.	0,1813 n.s.
B x C	4	17660 n.s.	1,80 n.s.	0,9559 n.s.	0,0749 n.s.
A x B x C	4	18960 n.s.	1,30 n.s.	0,0664 n.s.	0,0307 n.s.
Error "c"	24	10770	0,70	0,5684	0,3354

* = Significativo al 5%

** = Significativo al 1%

n.s. = No significativo.

follaje (1278 kg/ha) superó al tratamiento testigo (1234 kg/ha); sin embargo, este último superó al tratamiento con combate de plagas del suelo (1125 kg/ha) debido a una disminución de la población de plantas (Cuadro 13).

Cuadro 13. Efecto del combate de plagas sobre el porcentaje de población de plantas 20 días después de la siembra (20 DDS) y a la cosecha en caupí monocultivo y asociado con maíz.

Combate de plagas	Caupí monocultivo		Caupí asociado	
	20 DDS	Cosecha (%)	20 DDS	Cosecha (%)
Suelo	76	73	63	59
Follaje	91	87	81	75
Sin combate	89	83	74	64

Los mayores rendimientos estuvieron relacionados positivamente con la población final de plantas (CE 0,28) y el número de plantas cosechadas (CE 1,02) (Figura 9).

El número de vainas por planta fue el componente que afectó en mayor grado al rendimiento de caupí (CE 0,77) (Figura 10). Asimismo el número de vainas fue afectado significativamente por el combate de plagas (Cuadro 12).

En caupí monocultivo los tratamientos con protección de plagas del suelo, al follaje y sin protección, produjeron 12, 13 y 11 vainas por planta respectivamente, sin ser estas diferencias significativas estadísticamente.

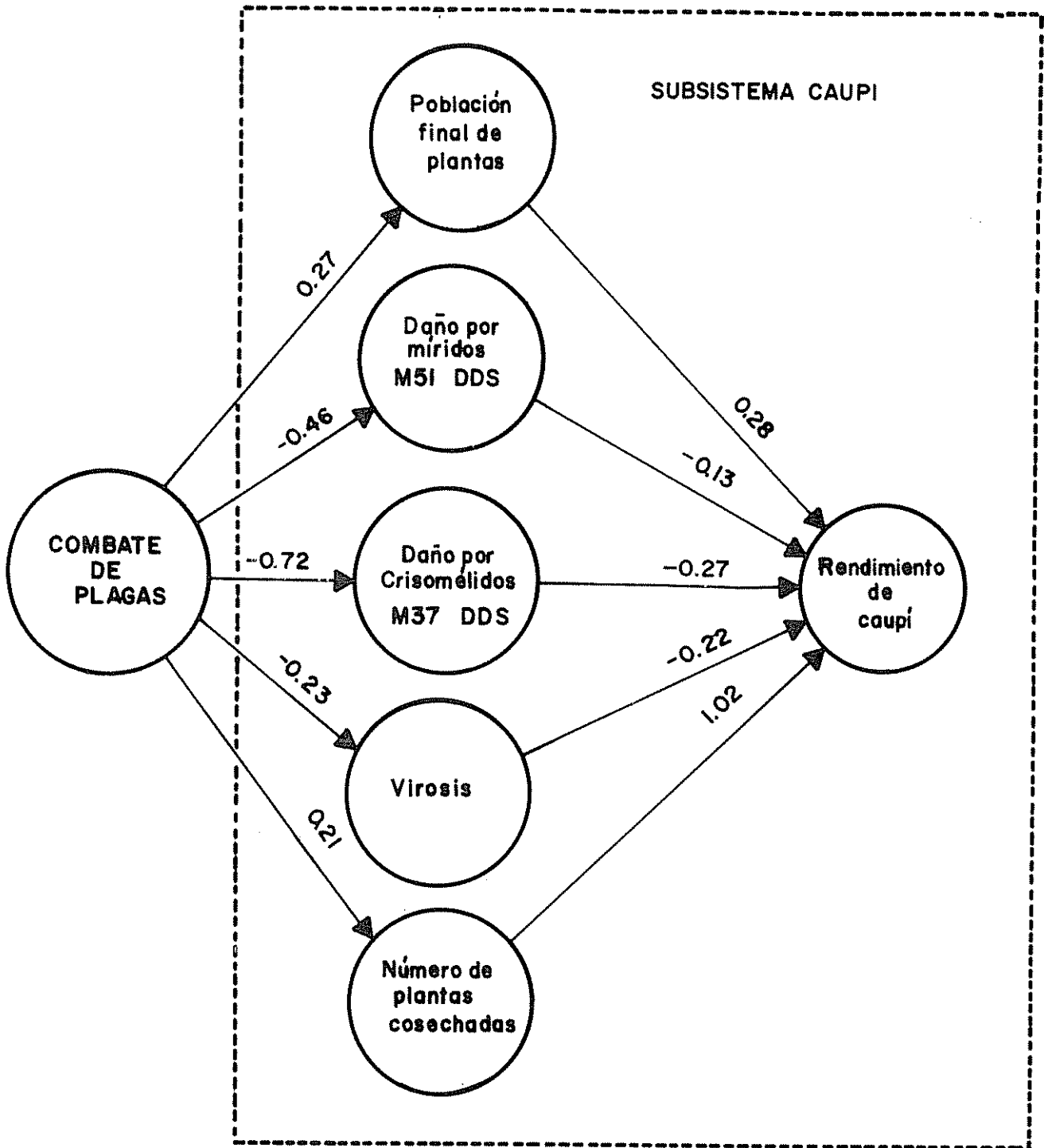


Fig. 9 Relaciones entre el combate de plagas, variables medidas en el ciclo del cultivo y el rendimiento de Caupí.

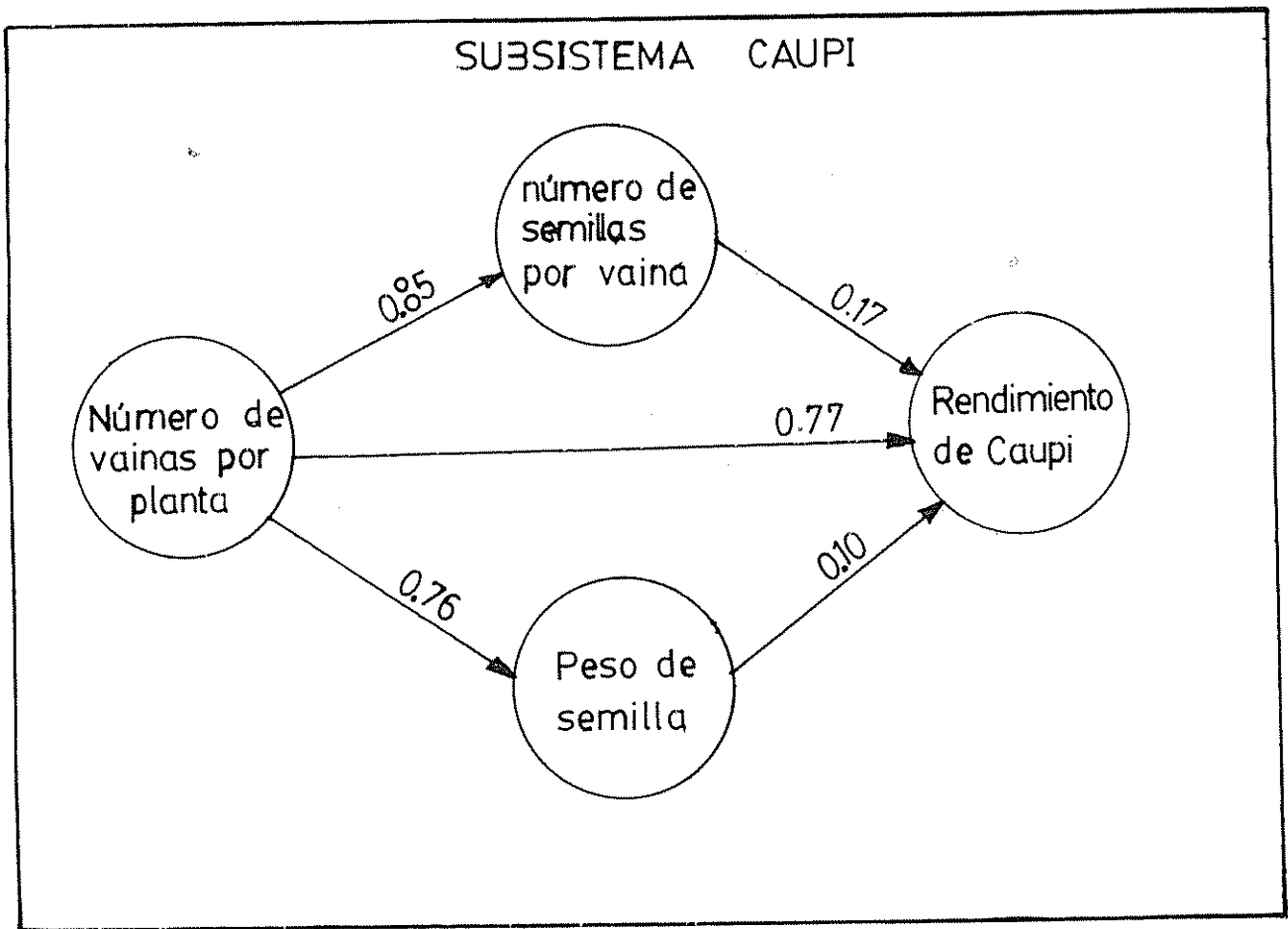


Fig. 10 Relaciones entre el rendimiento de caupi y sus componentes.

El caupí asociado y protegido contra daño de insectos del suelo y del follaje produjo 4 y 5 vainas por planta respectivamente, ligeramente superior al testigo (tres vainas por planta).

La Figura 11 ilustra la relación entre el combate de plagas y el número de vainas por planta. La virosis fue la variable que estuvo relacionada, negativamente, en mayor grado con el número de vainas por planta (CE -0,71), debido a que las plantas con alta incidencia de virus del mosaico del frijol caupí (VMFC) produjeron menor número de vainas. Los crisomélidos medidos a los 37 días después de la siembra (M 37 DDS) y míridos medidos 51 días después de la siembra (M 51 DDS) también afectaron el número de vainas por planta (CE de -0,45 y -0,28 respectivamente); debido, probablemente, a la disminución del área fotosintética de la planta e indirectamente a través de la transmisión de virus por crisomélidos.

4.2.1.2 Virosis

La incidencia de virus fue afectada significativamente por el combate de plagas y por el sistema de cultivo (Cuadro 14).

Los valores porcentuales obtenidos para la incidencia del VMFC fueron de 28 y 9 en caupí monocultivo y asociado respectivamente. La incidencia reducida de virus en caupí asociado se debió, probablemente, a que el maíz formó una barrera con su follaje, evitando de esta manera la llegada de insectos vectores. Resultados similares han sido obtenidos por otros investigadores (9, 28, 74).

El combate de plagas del follaje fue más efectivo que el combate al suelo en disminuir insectos vectores de virus, en este caso *Cerotoma ruficornis*. El plaguicida utilizado en el tratamiento para el combate

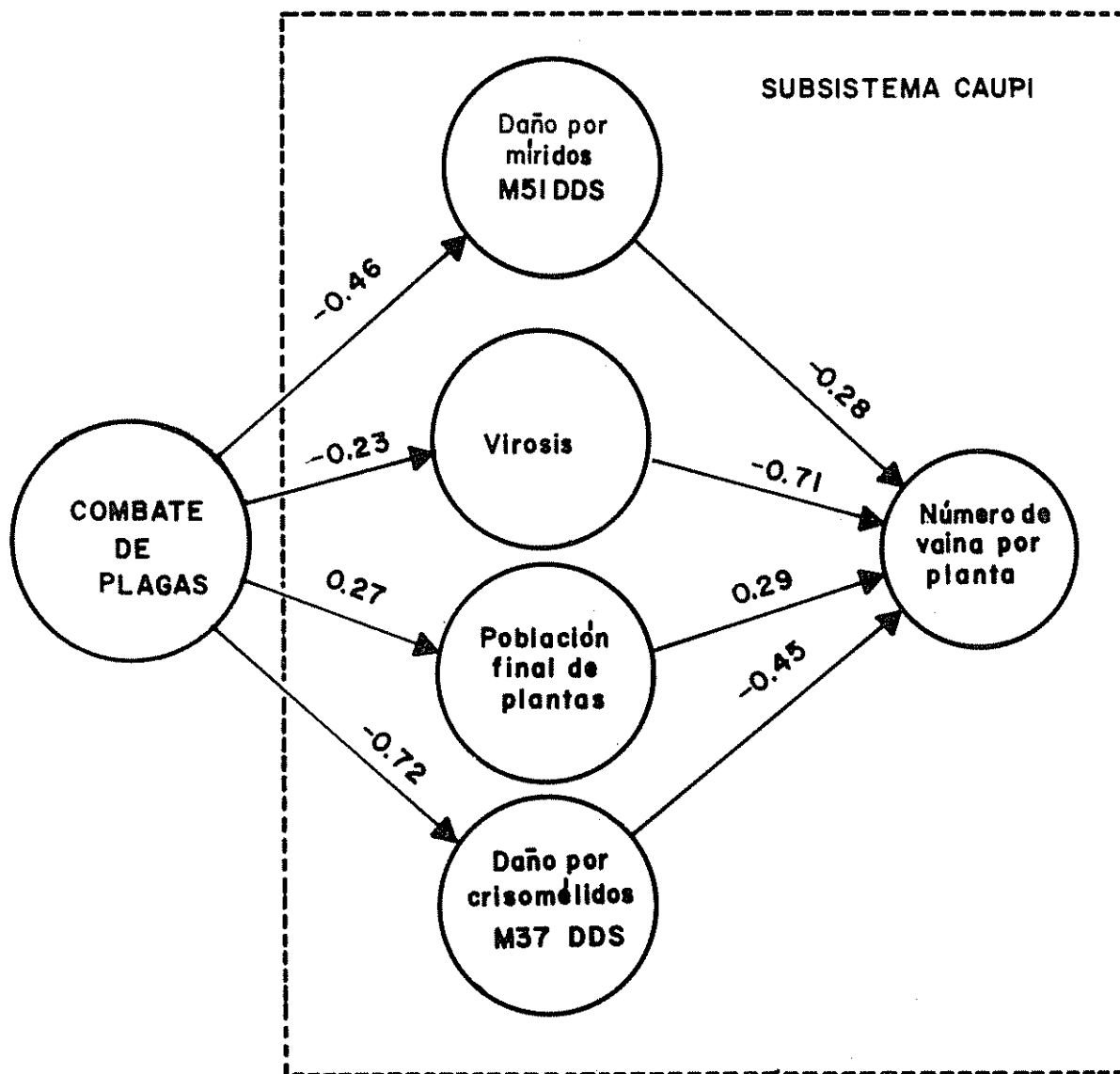


Fig. 11 Relaciones entre el combate de plagas, variables medidas en el ciclo del cultivo y número de vainas cosechadas por planta de caupi.

Cuadro 14. Cuadros medios y niveles de significancia para población de plantas, incidencia de virus y plantas cosechadas en caupí.

Fuentes de variación	G.L.	Población 20 DDS	Población cosecha	Virosis	Plantas cosechadas
Sistema de cultivo (A)	1	207,30 *	2965,19 **	5901,12 *	49807,40 *
Error "a"	2	0,5213	21,45	163,89	902,02
Combate de plagas (B)	2	1330 **	973,66 *	745,93 **	4520,57 *
A x B	2	33,29 n.s.	64,68 n.s.	184,17 n.s.	170,69 n.s.
Error "b"	8	125,80	182,72	68,54	1000,71
Fertilización (C)	2	70,63 n.s.	83,11 n.s.	13,41 n.s.	686,13 *
A x C	2	56,24 n.s.	64,56 n.s.	2,07 n.s.	589,46 *
B x C	4	17,78 n.s.	29,02 n.s.	17,88 n.s.	138,49 n.s.
A x B x C	4	10,19 n.s.	22,30 n.s.	46,93 n.s.	93,32 n.s.
Error "c"	24	25,63	28,20	33,40	146,79

* = Significativo al 5%

** = Significativo al 1%

n.s. = No significativo.

de plagas del suelo (carbofuran) a través de su efecto sistémico protegió el follaje del caupí contra daños causados por crisomélidos hasta aproximadamente 30 - 45 días después de la siembra. Las parcelas sin combate de plagas presentaron la mayor incidencia de virus tanto en caupí monocultivo como asociado (Cuadro 4A).

Estableciendo las relaciones entre variables la incidencia de virus fue regulada en forma directa por el combate de plagas, e indirectamente a través del daño causado por crisomélidos (Figura 12). Aumentos en los daños por crisomélidos M 30 DDS y M 44 DDS representaron aumentos en la epifitia de virus (CE de 0,26 y 0,56 respectivamente). El combate de plagas disminuyó la incidencia de virus (CE de -0,29).

Además del combate de plagas hubo otros factores que probablemente afectaron las poblaciones de insectos crisomélidos, como lo fue la alta precipitación registrada durante el ciclo de cultivo del caupí (Figura 1). Estas observaciones concuerdan con las indicaciones de Valverde Rivas (74), quien demostró la existencia de una baja actividad de *C. ruficornis* y *D. balteata* en los días lluviosos.

4.2.1.3 Población de plantas de caupí

La población de plantas 20 días después de la siembra (20 DDS) y a la cosecha fueron afectadas significativamente por el combate de plagas (Cuadro 14).

El combate de plagas del follaje presentó las mayores poblaciones de plantas de caupí comparado con el testigo (Cuadro 13). El tratamiento combate de plagas del suelo presentó menor población de plantas que el

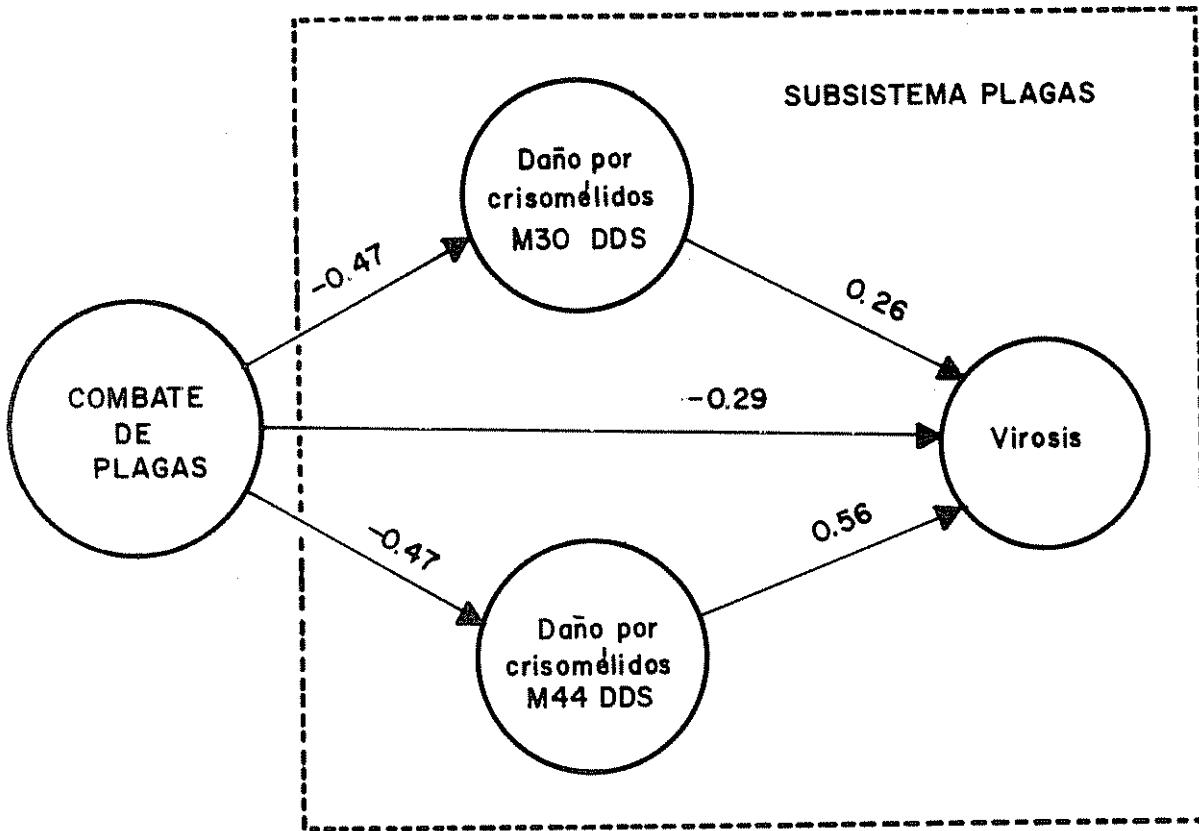


Fig. 12 Relaciones entre el combate plagas, algunas variables entomológicas medidas en el ciclo del cultivo y la incidencia del virus del mosaico de frijol caupí (VMFC).

testigo debido a un ataque fuerte de hongos del suelo (*Rhizoctonia* spp. y *Phytophthora* spp.), el cual afectó negativamente la población y el rendimiento de caupí. Se cree que el vigor de las plantas jugó un papel importante en este fenómeno observado. Black (11) indica que el suministro de nitrógeno, fósforo y potasio puede influir de muchas formas en la incidencia de enfermedades. Se ha observado que el nitrógeno estimula el crecimiento vegetativo exuberante aumentando la humedad relativa alrededor de las plantas, lo cual acentúa la infección provocada por hongos (11). El mismo autor indica que el nitrógeno sensibiliza los tejidos vegetales como medio para el desarrollo de la enfermedad una vez lograda la penetración.

4.2.2 Fertilización

4.2.2.1 Rendimiento de caupí

La fertilización no afectó significativamente al rendimiento de caupí (Cuadro 12). Los rendimientos en caupí asociado fueron 251, 236 y 306 kg/ha en las dosis alta, media y sin fertilizante respectivamente; el tratamiento sin fertilización rindió más que los tratamientos a los cuales se les aplicó fertilizante. Willey (77) considera que el caupí, al igual que otras leguminosas, es dominado cuando se cultiva en forma asociada con cereales y se aplican altas dosis de fertilizantes, especialmente nitrógeno.

En cuanto a sistema de cultivo, hubo diferencia significativa en rendimiento (Cuadro 12). El caupí en monocultivo rindió más (1237 kg/ha) que el cultivo en asociación con maíz (264 kg/ha). Remison (61) indica que las diferencias de rendimiento se deben, en parte, a la variedad de caupí, y que la mejor variedad de caupí para monocultivo no necesariamente

es la mejor para sistema de cultivos asociados. Francis *et al.* (26) indican la importancia de identificar tipos de plantas de ambas especies que puedan ser más eficientes para el sistema. Acevedo (1) encontró rendimientos en frijol monocultivo hasta tres veces mayor que asociado con maíz, debido principalmente a la competencia a nivel radical que impone el cultivo de maíz; asimismo Espino Cabellero (25) atribuye los bajos rendimientos de caupí asociado con maíz a la competencia por luz, dando como resultado bajo porcentaje de floración.

La fertilización causó diferencias significativas en el número de semillas por vaina (Cuadro 12), especialmente en el sistema caupí asociado; el tratamiento sin fertilización produjo seis semillas por vaina, 5 y 4 semillas por vaina los fertilizados con la dosis alta y media respectivamente. La misma tendencia se observó en caupí monocultivo, aunque las diferencias no fueron significativas. El efecto negativo del fertilizante sobre el número de semillas por vaina ha sido también observado por otros investigadores (4, 17, 70). Se cree que el caupí es más tolerante al estrés de fósforo que otras leguminosas como la soya (17, 19), así como más capaz de fijar grandes cantidades de nitrógeno en ausencia de fósforo (4).

La Figura 13 ilustra la relación entre el número de semillas por vaina y las variables medidas durante el ciclo de cultivo de caupí. La variable virus ejerció el mayor efecto sobre este componente de rendimiento (CE de -0,62); a su vez ésta fue modificada por la fertilización, aunque en mínimo grado (CE de 0,04). Los daños por crisomélidos M 37 DDS y míridos M 51 DDS ejercieron un efecto negativo sobre el número de semillas por vaina, con CE de -0,61 y -0,39, respectivamente, los cuales estuvieron

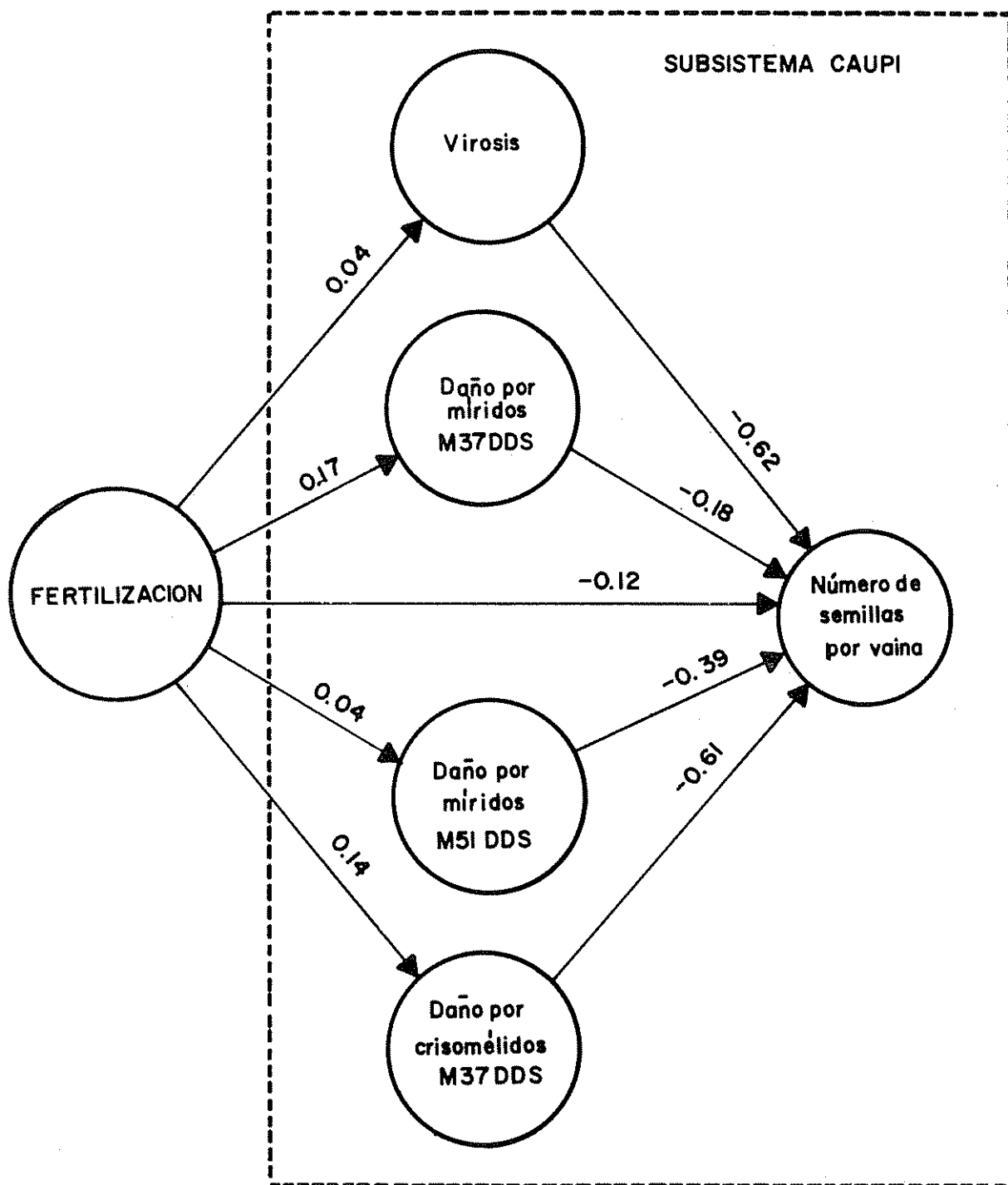


Fig. 13 Relaciones entre la fertilización, las variables medidas en el ciclo del cultivo y el número de semillas por vaina de caupí.

relacionados positivamente con la fertilización.

El efecto directo y negativo de la fertilización sobre el número de semillas por vaina con un CE de $-0,12$ se puso también de manifiesto en este tipo de análisis.

4.2.3 Interacción combate de plagas-fertilización

4.2.3.1 Rendimiento de caupí

Los rendimientos de caupí monocultivo que tuvieron combate de plagas del follaje con fertilizante fueron superiores a cualquier otro tratamiento (Cuadro 15). El combate de plagas del follaje brindó protección al caupí contra daño de insectos crisomélidos, especialmente *C. ruficornis*, incrementando, conjuntamente con la fertilización, el rendimiento, especialmente en caupí monocultivo. Cuando no se protegió al caupí de daño de insectos, el mejor rendimiento se obtuvo con la dosis media de fertilización.

En caupí asociado los mayores rendimientos se obtuvieron en los tratamientos sin fertilizante, con o sin combate de plagas, lo que refleja la baja incidencia de plagas y el efecto de la barrera ofrecida por el maíz (Cuadro 15). Estos aumentos en el rendimiento de caupí asociado coincidieron con disminuciones en el rendimiento de maíz, que según Chang (19) puede atribuirse a que el caupí es más competitivo que el maíz bajo condiciones de baja fertilidad del suelo.

4.3 Subsistema Maíz-Caupí

La Figura 14 ilustra las relaciones entre el subsistema maíz y el subsistema caupí.

Cuadro 15. Efecto del combate de plagas y la fertilización sobre el rendimiento de caupí en monocultivo y asociado con maíz.

Fertilización	Combate de plagas del suelo		Combate de plagas del follaje		Sin combate de plagas	
	Monocultivo	Asociado	Monocultivo	Asociado	Monocultivo	Asociado
	(kg/ha)		(kg/ha)		(kg/ha)	
Alta	1254	234	1410	290	1191	229
Media	1003	225	1460	279	1300	205
Sin fertilizante	1119	323	1263	351	1210	243

El daño causado por el gusano cogollero al maíz favoreció en forma directa el incremento del número de vainas por planta y número de semillas por vaina (CE 0,30 y 0,20 respectivamente). El número de vainas por planta fue el componente de rendimiento afectado más favorablemente. Este mismo efecto fue observado por Juárez Arellano (40), quien relacionó aumentos en el número de vainas por planta con mayor penetración de luz al cultivo del estrato inferior (caupí) como consecuencia del daño provocado por el cogollero al maíz. También se han encontrado efectos benéficos para el cultivo del estrato superior en términos de disminución de plantas colonizadas por *S. frugiperda* y *D. lineolata* en sistema de cultivo maíz-frijol asociados (33).

El efecto de la altura de planta de maíz sobre los componentes de rendimiento de caupí fue indirecto, a través del número de plantas cosechadas, daño por crisomélidos M 37 DDS y población final de plantas de caupí (CE de -0,47, -0,91 y -0,32, respectivamente).

El maíz asociado presentó la mayor altura de planta (Cuadro 10A) la cual estuvo relacionada negativamente con la población final de plantas (CE -0,32) y número de plantas cosechadas de caupí (CE -0,47) debido a la sombra proyectada por el maíz. La altura de planta de maíz también afectó negativamente e indirectamente al rendimiento de caupí a través de la reducción del peso de semilla (CE -0,11). Por otro lado la altura de planta por medio de su efecto sobre el daño por crisomélidos M 37 DDS (CE -0,91) disminuyó la llegada y daño por insectos al caupí, lo cual se tradujo en aumentos del rendimiento de caupí (Figura 14).

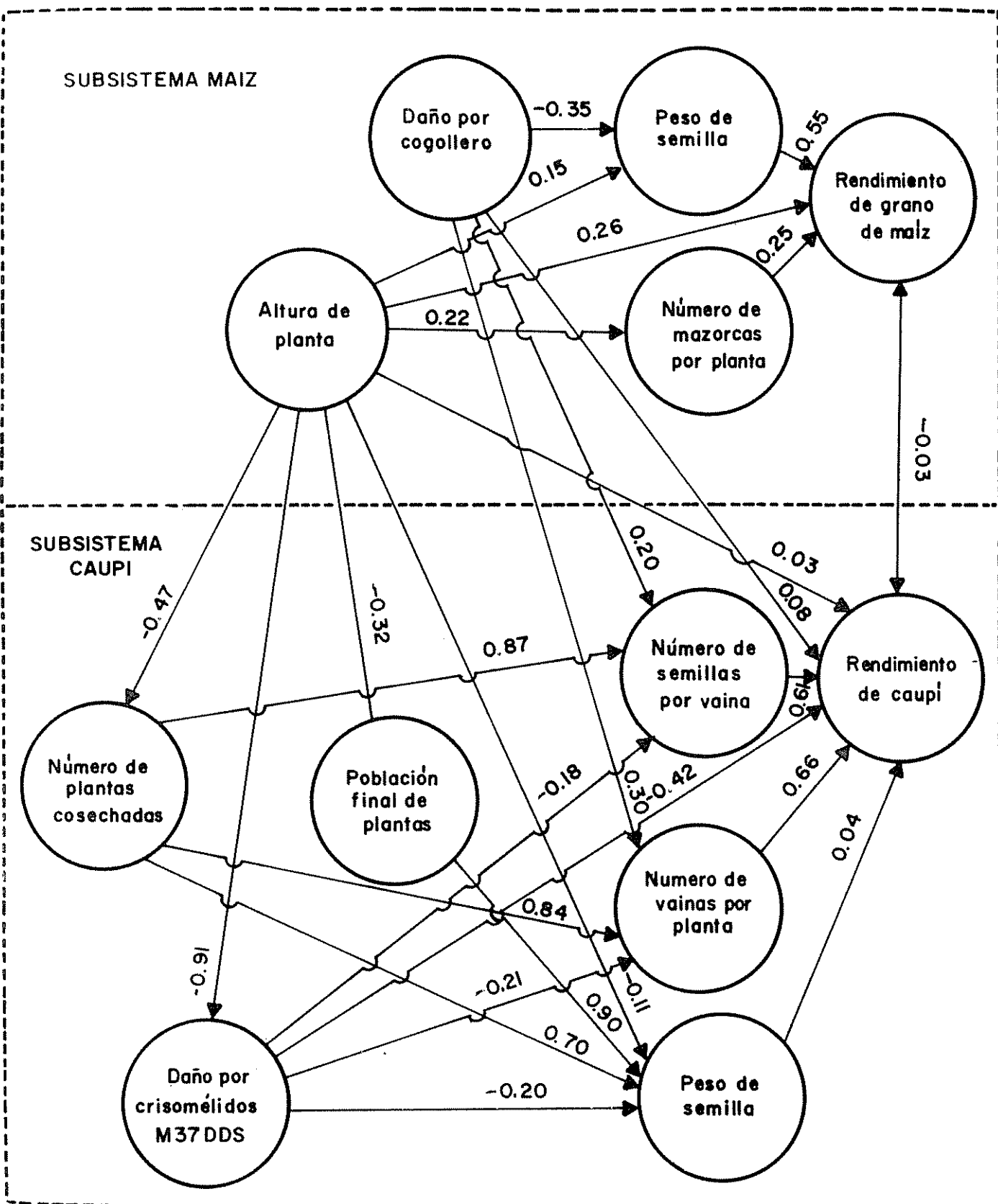


Fig. 14 Relaciones entre variables del Subsistema maíz y variables del Subsistema Caupí.

5. CONCLUSIONES

1. Bajo las condiciones de clima y suelo en donde se realizó el experimento, la fertilización fue más limitante que el combate de plagas para la obtención de altos rendimientos de maíz; sin embargo, los mayores rendimientos se obtuvieron cuando se fertilizó y se aplicaron medidas de combate de plagas simultáneamente.
2. La fertilización de los sistemas de cultivo al modificar el estado nutricional del suelo y de las plantas, favorece la incidencia de cogollero y barrenador del tallo de maíz.
3. La aplicación de carbofuran (Furadan 5G) protege el sistema radical de daño de plagas del suelo, lo que contribuye en un mejor aprovechamiento de los nutrimentos aplicados y disponibles del suelo.
4. Las aplicaciones simultáneas de fertilizante y medidas de combate de plagas del follaje favorecen el rendimiento de caupí, aún cuando las poblaciones de insectos son bajas.
5. La incidencia del virus del mosaico del frijol caupí (VMFC) se reduce considerablemente cuando el caupí se asocia con el maíz, independientemente de las prácticas de fertilización.

6. BIBLIOGRAFIA

1. ACEVEDO, S. F. J. Influencia de la radiación solar y otros componentes del microclima sobre el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) asociado con maíz (*Zea mays*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1975. 91 p.
2. ADEPETU, J. A. y AKAPA, L. K. Root growth and nutrient uptake characteristics of some cowpea varieties. *Agronomy Journal* 69(6): 940-943. 1977.
3. AGBOOLA, A. A. y FAYEMI, A. A. Preliminary trials on the intercropping of maize with different tropical legumes in Western Nigeria, *Journal of Agricultural Science* 77(2):219-225. 1971.
4. _____. Fixation and excretion of nitrogen by tropical legumes. *Agronomy Journal* 64(4):409-412. 1972.
5. AGUIRRE, V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA-CTIE, 1971. 178 p.
6. ANDREWS, D. J. Intercropping with sorghum in Nigeria. *Experimental Agriculture* 8(3):139-150. 1972.
7. ANGULO GARVIZU, R. E. Fertilización con nitrógeno y potasio de la asociación yuca y maíz en un inceptisol de Turrialba. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1980. 159 p.
8. ARANT, F. S. y JONES, C. C. Influence of lime and nitrogenous fertilizers on the population of greenbug infesting oats. *Journal of Economic Entomology* 44(1):121-122. 1961.
9. ARAUJO, E. Diseminación de patógenos foliares del caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. = *V. sinensis* Endl.) en diferentes asociaciones de cultivos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1977. 90 p.
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 surco. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1975. 111 p.
11. BLACK, C. A. Relaciones suelo-planta. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1975. Tomo II, 866 p.

12. RICKENSTAFF, C. C., MOREY, D. D. y BURTON, G. W. Effect of rates of nitrogen application on greenbug damage to oats, rye and ryegrass. *Agronomy Journal* 46(7):338. 1954.
13. BRAVO MOJICA, H. Combate de plagas insectiles y su efecto en los componentes de los agroecosistemas de México. In Hernández Xolocotzi, E., ed. *Agroecosistemas de México: contribución a la enseñanza, la investigación y la divulgación*. México, D. F., 1977. pp. 119-139.
14. BRIOSO DE LEON, I. A. Fertilización de un sistema de producción de cultivos con granos y raíces en una distribución de precipitación con un período seco corto. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1979. 132 p.
15. CANNON, W. N. y ORTEGA, A. Studies of *Ostrinia nubilalis* larvae (Lepidoptera: Pyraustidae) on corn plants supplied with various amounts of nitrogen and phosphorus. I. Survival. *Annals of the Entomological Society of America* 59(4):631-638. 1966.
16. CARROW, J. R. y GRAHAM, K. Nitrogen fertilization of the host tree and population growth of the balsam woolly aphid, *Adelges piceae* (Homoptera : Adelgidae). *Canadian Entomologist* 100(5):478-485. 1968.
17. CASSMAN, K. G., WHITNEY, A. S. y FOX, R. L. Phosphorus requirements of soybean and cowpea as affected by mode of N nutrition. *Agronomy Journal* 73(1):17-22. 1981.
18. CASTELLANOS DOMINGUEZ, V. H. Comportamiento de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) sometida a una poda parcial y cultivada en asociación con frijol arbustivo y voluble (*Phaseolus vulgaris*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1981. 102 p.
19. CHANG, J. F. An analysis of competition between intercropped cowpea and maize. Ph. D. Thesis, Ames, Iowa State University, 1981. 98 p.
20. CHING, CHUN LI. Standardized variables; path coefficient. In _____ . *Path analysis; a primer*. California, Boxwood, 1975. pp. 100-186.
21. DALAL, R. C. Effect of intercropping maize with pigeon peas on grain and nutrient uptake. *Experimental Agriculture* 10(3):219-224. 1974.
22. DANIELS, N. E. Greenbug populations and their damage to winter wheat as affected by fertilizer applications. *Journal of Economic Entomology* 50(6):793-794. 1957.

23. DIAZ-ROMEY, R. y HUNTER, H. Metodologías de muestreo de suelos, análisis químico de suelos, tejido vegetal e investigaciones en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 68 p.
24. ENYI, B. A. C. Effects of intercropping maize or sorghum on cowpeas, pigeon peas or beans. *Experimental Agriculture* 9(1):83-90, 1973.
25. ESPINO CABALLERO, R. F. Productividad de maíz (*Zea mays*) 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.
26. FRANCIS, C. A., FLOR, C. A. y TEMPLE, S. R. Adapating varieties for intercropped systems in the tropics. In Papendick, R. I., Sánchez, P. A. y Tripplet, G. B., eds. Multiple cropping. American Society of Agronomy. Special Publications No. 27, 1976. pp. 235-253.
27. GHOSH, B. N. A note on the incidence of stem-borer (*Schoenobius incertula* Wlk.) on boro paddy under nitrogen fertilizers. *Current Science* 31(11):472-473. 1962.
28. GONZALEZ ARGUELLO, C. E. Identidad, transmisión por insectos crisomélidos y epifitiología de virus del frijol de costa (*Vigna unguiculata*) en Costa Rica. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1978. 77 p.
29. HART, R. D. A bean, corn and manioc polyculture cropping system. I. The effect of interspecific competition on crop yield. *Turrialba (Costa Rica)* 25(3):294-301. 1975.
30. HASEMAN, J. S. y HUBER, L. L. Nutrition as a factor in the responses of the European corn borer. *Journal of Economic Entomology* 22: 171-183. 1929.
31. HOLDRIDGE, L. R. Ecología basada en zonas de vida. Traducido del inglés por Humberto Jiménez Saa, San José, IICA, 1979. pp. 9.
32. HUBER, L. L. y NEISWANDER, C. R. The correlation between soil fertility and European corn borer accumulation. *Journal of Economic Entomology* 21:118-120. 1928.
33. HUIS, A. VAN. Integrated pest management in the small farmers maize in Nicaragua. Wageningen, Netherlands, Agricultural University, Department of Entomology, 1981. 221 p.
34. INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. IITA research highlights 1977. Ibadan, Nigeria, 1978. 72 p.
35. INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Annual report for 1972. Los Baños, Philippines, 1973. pp. 21-34.

36. INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Annual report for 1973. Los Baños, Philippines, 1974. pp. 15-34.
37. JARAMILLO MARTINEZ, S. E. Absorción de nutrimentos por maíz (*Zea mays*) y camote (*Ipomoea batatas*) en asociación y su fertilización con nitrógeno y potasio. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1977. 194 p.
38. JIMENEZ LACHARME, F. Estudio de absorción de nutrimentos en un agroecosistema de producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays* L.) y yuca (*Manihot esculenta* C.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1976. 90 p.
39. JOHNSON, J. M., LITTLE, M. P. y GARA, R. I. Effects of different N-fertilizers and concentrations on *Adelges cooleyi* populations. *Journal of Economic Entomology* 70(4):527-528. 1977.
40. JUAREZ ARELLANO, H. A. Efecto de variaciones de componentes bióticos en la función del sistema maíz (*Zea mays*) asociado simultáneamente con frijol de costa (*Vigna unguiculata* Walp.) Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1981. 113 p.
41. KASS, D. C. Simultaneous polyculture of tropical food crops with special reference to the management of sandy soils of the Brazilian Amazon. p.H. D. Thesis. Ithaca, N. Y., Cornell University, 1976. 265 p.
42. KAYUMBO, H. Y. Pest control in mixed cropping systems. In Monyo, J. H., KER, A. D. R. y CAMPBELL, M. Intercropping in semi-arid areas; report of a symposium, Morogoro, Tanzania, 1976. Ottawa, IDRC, 1976. pp. 39-40.
43. LA DINAMICA de las poblaciones de insectos en sistemas de cultivos mixtos. *Actividades en Turrialba (Costa Rica)* 5(4):5-7. 1977.
44. LAID, T. M. y LAWTON, K. Root competition for fertilizer phosphorus as affected by intercropping. *Soil Science Society of America Proceedings* 26(1):58-62. 1962.
45. LEUCK, D. B., WISEMAN, B. R. y McMILLIAN, W. W. Nutritional plant sprays: effect on fall armyworm feeding preferences. *Journal of Economic Entomology* 67(1):58-60. 1974.
46. MALTAIS, J. B. The nitrogen content of different varieties of peas as a factor affecting infestation by *Macrosiphum pisi* (kltb) (Homoptera: Aphididae). A preliminar report. *Canadian Entomologist* 83(2):29-33. 1951.
47. MISTRIC, J. W. Effects of nitrogen fertilization on cotton under boll weevil attack in North Carolina. *Journal of Economic Entomology* 61(1):282-283. 1968.

48. MITCHELL, R. G. y PAUL, H. G. Field fertilization of Douglas-fir, its effects on *Adelges coolyi* populations. *Environmental Entomology* 3:501-504. 1974.
49. MOJICA B., F. Absorción de nutrimentos y producción en la asociación frijol (*Phaseolus vulgaris*), maíz (*Zea mays*) y arroz (*Oryza sativa*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1975. 115 p.
50. MORALES, L. y DOLL, J. Competencia de malezas en la asociación maíz-frijol. *ICA (Colombia)* 10(3):283-294. 1975.
51. NAIR, K. P. P. *et al.* Evaluation of legume intercropping in conservation of fertilizer nitrogen in maize culture. *Journal of Agricultural Science* 93(1):189-194. 1979.
52. NANGJU, D. Effect of trellis, planting and harvest methods on vegetable cowpea (*Vigna unguiculata* Walp. sub-species *sesquipedales*). *Journal of the American Society for Horticultural Science* 104(3):294-297. 1979.
53. OELSLIGLE, D. D., MCCOLLUM, R. E. y KANG, B. T. Soil fertility management in tropical multiple cropping. In Papendick, R. I., Sánchez, P. A. y Triplett, G. B., eds. Multiple cropping. American Society of Agronomy. Special publication No. 27. 1976. pp. 275-292.
54. PANIAGUA BARBERY, O. A. Tipos de manejo del suelo y de insectos; sus efectos e interacciones biológicas, económicas y energéticas sobre dos variedades de maíz (*Zea mays* L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1982. 73 p.
55. PARISI, R. A., ORTEGA, A. y REYNA, R. El daño de *Diatraea saccharalis* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae) en relación con la densidad de planta, nivel de fertilidad e híbridos de maíz, en Argentina. *Agrociencia (México)* 13:43-63. 1973.
56. PATCH, L. H. Manual infestation of dent corn to study resistance to European corn borer. *Journal of Economic Entomology* 40(5):667-671. 1947.
57. PEAIRS, F. B. y SAUNDERS, J. L. External versus internal damage estimates of stalk boring by *Diatraea saccharalis* (F.) in two tropical maize populations in Mexico. Turrialba (Costa Rica) 30(3):352-354. 1980.
58. PERRIN, R. M. Pest management in multiple cropping systems. *Agro-Ecosystems* 3(2):93-118. 1977.
59. PINCHINAT, A. M., SORIA, J. y BAZAN, R. Multiple cropping in tropical America. In Papendick, R. I., Sánchez, P. A. y Triplett, G. B., eds. Multiple cropping. American Society of Agronomy. Special publication No. 27, 1976. pp. 51-61.

60. REMISON, S. U. Neighbour effects between maize and cowpea at various levels of N and P. *Experimental Agriculture* 14(3):205-212. 1978.
61. _____. Interaction between maize and cowpea at various frequencies. *Journal of Agricultural Science* 94(3):617-621. 1980.
62. RISCH, S. J. Effect of variety of cowpea (*Vigna unguiculata*) on feeding preferences on three chrysomelid beetles, *Cerotoma ruficornis* Rogersi, *Diabrotica balteata* and *Diabrotica adelfa*. *Turrialba (Costa Rica)* 26(4):327-330. 1976.
63. _____. Fewer beetle pest on beans and cowpeas interplanted with banana in Costa Rica. *Turrialba (Costa Rica)* 30(2):228-229, 1980.
64. _____. The population dynamics of several herbivorous beetles in a tropical agroecosystem: the effect of intercropping corn, beans and squash in Costa Rica. *Journal of Applied Ecology* 17(3): 593-611. 1980.
65. SANCHEZ, P. A. Properties and management of soils in the tropics. New York, Wiley, 1976. 618 p.
66. SCOTT, G. E., DICKET, F. F. y PENNY, L. H. Effects of first brood European corn borer on single crosses grown at different nitrogen and plant population levels. *Crop Science* 5(3):261-263. 1965.
67. SHOYINKA, S. A. Attempted control of virus incidence in cowpea by the use of barrier crops. In Monyo, J. H., Der, A. K. R. y Campbel, M. Intercropping in semi-arid areas; report of a symposium, Morogoro, Tanzania, 1976. Ottawa, IDRC, 1976. pp. 46.
68. SINGH, U. B. y SHERHAWAT, G. S. Incidence of stem borers in maize under different fertility levels. *Indian Journal of Agronomy* 9:48-50. 1964.
69. SORIA, J. *et al.* Investigación sobre sistemas de producción agrícola para el pequeño agricultor del trópico. *Turrialba (Costa Rica)* 25(3):283-293. 1975.
70. SUMMERFIELD, R. J. *et al.* Nitrogen nutrition of cowpea (*Vigna unguiculata*) *Tropical Grain Legume Bulletin* 1(1):3-5. 1975.
71. SURYACTNA, E. S. y HARWOOD, R. R. Nutrient uptake of two traditional intercrop combinations and insect and disease incidence in three intercrop combinations. Los Baños, Philippines, International Rice Research Institute, 1976. 18 p.

72. TANDON, L. S. The crop nutrition pest incidence complex in India. PANS 19(3):372-380. 1973.
73. TAYLOR, L. F., APPLE, J. M. y BERGER, K. C. Response of certain insects to plants grown on varying fertility levels. Journal of Economic Entomology 45(5):843-848. 1952.
74. VALVERDE RIVAS, R. Epifitiología e importancia agronómica del virus del mosaico del frijol de costa (*Vigna unguiculata*). Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1978. 53 p.
75. VAN DE GERR, J. P. Introduction to multivariate analysis for the social sciences. San Francisco, California, Freeman, 1971, pp. 112-127.
76. VIDAURRE, A. J. Estudio sobre distancias, densidades de siembra y fertilización en maíz. Tesis Ing. Agr., San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1974. 58 p.
77. WILLEY, R. W. Intercropping. Its importance and research needs. II. Agronomy and research approaches. Field Crop Abstracts 32(2):73-85. 1979.
78. WITTWER, S. H. y HASEMAN, L. Soil nitrogen and thrips injury on spinach. Journal of Economic Entomology 38(5):615-617, 1945.
79. ZUÑIGA MARTINEZ, E. Respuesta de la asociación maíz (*Zea mays*) y camote (*Ipomoea batatas* Lam.) a niveles de potasio con diferentes prácticas culturales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1976. 88 p.

7. APENDICE

Cuadro 1A. Precipitación, temperatura y evaporación registradas durante el período experimental (diciembre 1980 a mayo 1981).

Mes	Precipitación (mm)	Temperatura media (°C)	Evaporación (mm)
Diciembre	443,8	21,0	56,0
Enero	131,8	20,0	81,2
Febrero	255,7	20,7	83,6
Marzo	94,0	21,3	98,6
Abril	231,8	21,4	83,6
Mayo	251,8	22,8	115,8

Cuadro 2A. Rendimiento promedio de tres repeticiones de maíz y caupí en monocultivo y asociados, bajo tres tipos de combate de plagas y tres niveles de fertilización.

Tratamiento No.	Tratamiento	Maíz kg/ha	Caupí
1	M P F ₁ 1	3739,04	
2	M P F ₁ 2	3783,47	
3	M P F ₁ 3	3418,57	
4	M P F ₂ 1	3715,52	
5	M P F ₂ 2	3772,09	
6	M P F ₂ 3	3254,03	
7	M P F ₃ 1	3324,39	
8	M P F ₃ 2	3778,77	
9	M P F ₃ 3	3255,99	
10	M + C P F ₁ 1	3807,68	234,21
11	M + C P F ₁ 2	3484,91	224,59
12	M + C P F ₁ 3	3179,94	323,42
13	M + C P F ₂ 1	3874,61	289,77
14	M + C P F ₂ 2	3634,73	279,48
15	M + C P F ₂ 3	3193,00	351,31
16	M + C P F ₃ 1	3448,52	229,03
17	M + C P F ₃ 2	3467,14	205,24
18	M + C P F ₃ 3	2802,20	242,22
19	C P F ₁ 1		1253,63
20	C P F ₁ 2		1003,13
21	C P F ₁ 3		1119,23
22	C P F ₂ 1		1409,90
23	C P F ₂ 2		1459,61
24	C P F ₂ 3		1263,33
25	C P F ₃ 1		1119,21
26	C P F ₃ 2		1299,78
27	C P F ₃ 3		1209,52

M = Maíz 14% humedad P = Combate de plagas del suelo (1),
 C = Caupí 13% humedad del follaje (2) y sin combate (3)
 F = Fertilización alta (1), media (2) y sin fertilizante (3).

Cuadro 3A. Concentración de nutrimentos en el suelo donde se instaló el experimento.

meq/100 ml suelo			µg/ml suelo						
K*	Ca	Mg*	Acidez extraíble	P**	Cu*	Zn*	Mn*	Fe*	pH*** (1:2,5 H ₂ O)
0,29	7,31	1,3	0,43	9,7	27,28	4,5	21,04	296,07	5,35

* adecuado

** deficiente

*** ácido

Cuadro 4A. Efecto del combate de plagas y la fertilización sobre la incidencia del VMFC en caupí monocultivo y asociado con maíz.

Fertilización	Incidencia de virus del mosaico del frijol caupí (VMFC)					
	Combate de plagas del suelo		Combate de plagas del follaje		Sin combate de plagas	
	Monocultivo (% plantas con síntomas)	Asociado (% plantas con síntomas)	Monocultivo (% plantas con síntomas)	Asociado (% plantas con síntomas)	Monocultivo (% plantas con síntomas)	Asociado (% plantas con síntomas)
Fertilizado	30	3	18	3	34	13
Sin fertilizar	31	1	21	4	32	18

Cuadro 5A. Efecto del combate de plagas sobre el porcentaje de área foliar dañada por crisomélidos medidos 30, 37, 44 y 51 días después de la siembra en caupí monocultivo y asociado con maíz.

Combate de plagas	Daño por Crisomélidos					
	M 30 DDS	M 37 DDS	M 44 DDS	M 51 DDS		
	Monocultivo Asociado (%)	Monocultivo Asociado (%)	Monocultivo Asociado (%)	Monocultivo Asociado (%)	Monocultivo Asociado (%)	Asociado (%)
Suelo	2	3	2	4	2	2
Follaje	4	10	4	2	3	2
Sin combate	10	14	13	5	7	6

Cuadro 6A. Efecto del combate de plagas sobre el porcentaje de área foliar dañada por míridos medidos 30, 37, 44 y 51 días después de la siembra en caupí monocultivo y asociado con maíz.

Combate de plagas	Daño por Míridos			
	M 30 DDS	M 37 DDS	M 44 DDS	M 51 DDS
	Monocultivo Asociado (%)	Monocultivo Asociado (%)	Monocultivo Asociado (%)	Monocultivo Asociado (%)
Suelo	2	3	4	4
Follaje	4	3	2	2
Sin combate	10	8	5	4
		13	7	6

Cuadro 7A. Efecto del combate de plagas sobre el porcentaje de la población de plantas de maíz 20 días después de la siembra (20 DDS) y a la cosecha en los sistemas maíz monocultivo y asociado con caupí.

Combate de plagas	Población de plantas			
	Maíz monocultivo		Maíz asociado	
	20 DDS	Cosecha (%)	20 DDS	Cosecha (%)
Suelo	96	95	97	94
Follaje	96	95	96	95
Sin combate	90	88	97	95

Cuadro 8A. Efecto de la fertilización sobre la altura de planta de maíz monocultivo y asociado con caupí.

	Altura de planta	
	Maíz monocultivo	Maíz asociado (cm)
Fertilizado*	200	212
Sin fertilizante	197	191

* Incluye nivel de fertilización alto y medio.

Cuadro 9A. Matriz de correlación de algunas variables evaluadas en el sistema maíz.

Variable	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
X ₁	1,00	0,21	0,11	0,56	0,03	0,01	-0,01	0,06	0,37	0,18
X ₂	-----	1,00	0,01	-0,11	-0,05	-0,05	0,31	0,40	0,23	0,01
X ₃	-----	-----	1,00	0,04	0,07	0,06	0,16	0,12	0,36	0,02
X ₄	-----	-----	-----	1,00	-0,18	-0,19	-0,31	-0,21	0,01	-0,05
X ₅	-----	-----	-----	-----	1,00	0,92	0,12	0,20	0,40	0,57
X ₆	-----	-----	-----	-----	-----	1,00	0,02	0,21	0,35	0,54
X ₇	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,00	0,61	0,19	0,07
X ₈	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,00	0,34	0,14
X ₉	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,00	0,22
X ₁₀	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,00

- X₁ = Rendimiento
 X₂ = Número de mazorcas por planta
 X₃ = Número de granos por mazorca
 X₄ = Peso de semilla
 X₅ = Población de plantas 20 DDS
 X₆ = Población final de plantas
 X₇ = Plantas dañadas por cogollero
 X₈ = Plantas dañadas por barrenador
 X₉ = Altura de planta
 X₁₀ = Plantas cosechadas

Cuadro 10A. Matriz de correlación de algunas variables evaluadas en el sistema caupí

Variable	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆
X ₁	1,00	0,96	0,87	0,76	0,65	0,70	0,68	0,87	-0,25	-0,20	-0,13	-0,08	-0,26	-0,28	-0,42	-0,17
X ₂	-----	1,00	0,85	0,76	0,52	0,59	0,68	0,78	-0,29	-0,30	-0,15	-0,08	-0,34	-0,32	-0,43	-0,19
X ₃	-----	-----	1,00	0,70	0,63	0,68	0,70	0,84	-0,28	-0,27	-0,20	-0,01	-0,33	-0,28	-0,48	-0,15
X ₄	-----	-----	-----	1,00	0,47	0,49	0,59	0,66	-0,24	-0,25	-0,14	-0,06	-0,23	-0,30	-0,37	-0,13
X ₅	-----	-----	-----	-----	1,00	0,04	0,43	0,86	-0,06	0,02	-0,10	-0,04	-0,01	-0,07	-0,25	-0,14
X ₆	-----	-----	-----	-----	-----	1,00	0,40	0,89	-0,23	-0,12	-0,18	-0,10	-0,10	-0,18	-0,33	-0,23
X ₇	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,00	0,61	-0,10	0,11	0,09	0,32	-0,11	0,01	-0,23	0,22
X ₈	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,00	-0,18	-0,12	-0,19	-0,04	-0,18	-0,21	-0,40	-0,20
X ₉	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,00	0,59	0,48	0,28	0,29	0,28	0,35	0,21
X ₁₀	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,00	-0,78	0,67	0,68	0,77	0,66	0,64
X ₁₁	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,00	0,57	0,69	0,71	0,76	0,58
X ₁₂	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,00	0,52	0,71	0,49	0,85
X ₁₃	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,00	0,83	0,88	0,65
X ₁₄	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,00	0,81	0,81
X ₁₅	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,00	0,62
X ₁₆	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,00

X₁ = Rendimiento
X₂ = Número de vainas por planta
X₃ = Número de semillas por vaina
X₄ = Peso de semilla
X₅ = Población de plantas 20 DDS
X₆ = Población final de plantas
X₇ = Plantas con virus
X₈ = Plantas cosechadas
X₉ = Daño por crisomélidos M 30 DDS
X₁₀ = Daño por crisomélidos M 37 DDS
X₁₂ = Daño por crisomélidos M 51 DDS
X₁₃ = Daño por miridos M 30 DDS
X₁₄ = Daño por miridos M 37 DDS
X₁₅ = Daño por miridos M 44 DDS
X₁₆ = Daño por miridos M 51 DDS