

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

INFLUENCIA DE LA RADIACION SOLAR Y OTROS
COMPONENTES DEL MICROCLIMA SOBRE EL CULTIVO DEL
FRIJOL (PHASEOLUS VULGARIS L.)
ASOCIADO CON MAIZ (ZEAMAYS)

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

Magister Scientiae

FRANCISCO J. ACEVEDO S.

Turrialba, Costa Rica

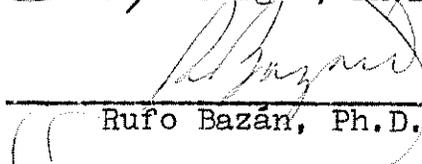
1975

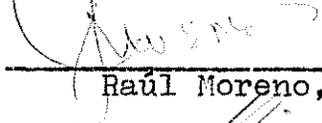
Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la
Comisión de Estudios de Postgrado del Programa Conjunto
UCR-CATIE, como requisito parcial para
optar el grado de

Magister Scientiae

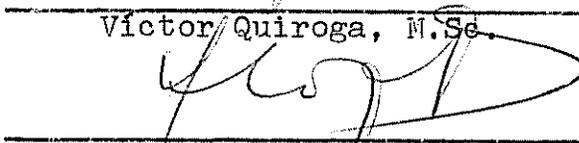
JURADO:


_____, Consejero
José Fargas, Ph.D.


_____, Comité
Rufo Bazán, Ph.D.


_____, Comité
Raúl Moreno, Ph.D.


_____, Comité
Víctor Quiroga, M.Sc.



Coordinador, Sistemas de Estudios
de Postgrado de la Universidad de
Costa Rica

DEDICATORIA

A la memoria de mi madre, Victoria

A mi padre, Francisco

A mis hermanas, Sobeida y Zolanda

A mi esposa e hijos:

Gilma, Francisco,

Amaloha y Gustavo

AGRADECIMIENTO

El autor deja constancia de su agradecimiento al Dr. José Fargas consejero principal, profesor y amigo por su orientación y desinteresada ayuda, lo que hicieron posible este trabajo y a quien pertenecen muchas de las ideas originales.

A los Doctores Rufo Bazán, Raúl Moreno y al Ing. M.S. Víctor Quiroga, miembros del Comité, por su asesoramiento, sugerencias y revisión del original.

A su hijo, Francisco José, por su oportuna colaboración en la ejecución de diversas labores.

Al señor José Joaquín Salazar (Quincho) por la ayuda prestada en actividades de campo.

A su esposa Gilma, por su constante estímulo y colaboración.

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

BIOGRAFIA

El autor nació en Santa Catalina, Edo. Barinas, Venezuela.

Realizó sus estudios secundarios en los Liceos Daniel Florencio O'Leary en Barinas y Agustín Codazzi en Maracay.

Cursó estudios universitarios en la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Central de Venezuela, con sede en Maracay, obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo en 1968.

En enero del año 1969, se incorporó al Ministerio de Agricultura y Cría en el Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Región Centro Occidental (CIARCO) de Venezuela, como miembro del Programa Nacional de Investigaciones en Leguminosas Comestibles.

En enero de 1974 ingresó a la Escuela para Graduados CATIE-Universidad de Costa Rica, realizando estudios de postgrado en la especialidad de Ecofisiología de Cultivos Múltiples, recibiendo el grado Magister Scientiae en 1975.

CONTENIDO

Página

1.	INTRODUCCION	1
2.	REVISION DE LITERATURA	3
2.1	Efecto de la Luz en el Crecimiento del Frijol.	3
2.1.1	Aspectos generales.	3
2.1.2	Crecimiento de las hojas.	3
2.1.3	Desarrollo del tallo.	6
2.1.4	Floración y fructificación.	6
2.2	Factores que Afectan las Condiciones de Luz dentro de un Cultivo.	7
3.	MATERIALES Y METODOS	9
3.1	Area Experimental.	9
3.2	Determinación de las Condiciones Climáticas.	9
3.3	Material Vegetal	11
3.4	Fórmulas y Dosis de Fertilizantes.	11
3.5	Otros Materiales	12
3.6	Manejo del Material Vegetal.	12
3.7	Tratamientos	15
3.8	Tamaño de Parcelas y Diseño Experimental	16
3.9	VARIABLES ANALIZADAS	18
3.9.1	Datos biológicos del frijol	18
3.9.2	Indices morfológicos del crecimiento del frijol.	19
3.9.3	Componentes del rendimiento del frijol.	20
3.9.4	Rendimiento del frijol.	20
3.9.5	Altura y rendimiento del maíz	21
3.10	Investigaciones Adicionales.	22
3.11	Análisis de la Información	23
3.11.1	Análisis de varianza general.	23
3.11.2	Pruebas de "t" de Student	25
3.11.3	Pruebas de correlación.	25
4.	RESULTADOS	26
4.1	Aspectos Generales de Manejo	26
4.2	Condiciones Climáticas Fuera y Dentro de las Parcelas	26
4.3	Influencia de los Tratamientos sobre las Variables Estudiadas en Frijol y Maíz	30
4.3.1	Datos biológicos del frijol	30
4.3.2	Indices morfológicos del crecimiento.	36
4.3.3	Componentes del rendimiento del frijol.	38
4.3.4	Rendimiento del frijol.	44
4.3.5	Rendimiento del maíz.	44
4.4	Investigaciones Adicionales.	45
4.4.1	Predicción de área y peso seco de hojas en función del ancho del foliolo central.	45

	<u>Página</u>
4.4.2 Distribución de frutos en el tallo del frijol.	46
5. DISCUSION	48
5.1 Condiciones Macro y Microclimáticas. . . .	48
5.2 Variaciones de los Datos Biológicos. . . .	49
5.3 Variaciones en los Indices Morfológicos. .	51
5.4 Componentes del Rendimiento.	52
5.5 Rendimiento del Frijol (Tm/ha)	54
6. CONCLUSIONES	56
7. RESUMEN	58
7a. SUMMARY	60
8. LITERATURA CITADA	62
APENDICE	66

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro no.</u>		<u>Página</u>
1	Clasificación cronológica y por épocas de siembra de los principales eventos ocurridos durante el transcurso del experimento realizado con frijol y maíz	27
2	Condiciones climáticas prevalecientes durante el experimento. Datos tomados dentro y fuera de las parcelas durante tres épocas de siembra del frijol de 90 días cada una	29
3	Resultado de las pruebas de Duncan con las variables que fueron significativas en el análisis de la varianza. Datos de plantas de frijol var "CATIE-1" cultivadas en asociación con maíz en tres orientaciones de surco épocas y formas de siembra	32
4	Resultado de las pruebas de "t" con las variables indicadas, comparando valores obtenidos de plantas de frijol var "CATIE-1" cultivadas sin asociar (testigo) vs. asociadas en tres épocas y tres formas de siembra	34
5	Resultado de las pruebas de "t" con las variables indicadas, comparando valores obtenidos de plantas de frijol var "CATIE-1" cultivadas sin asociar (testigo) vs. asociadas en tres épocas y tres formas de siembra	39
6	Matriz de correlación entre las variables indicadas, de plantas testigo de frijol en tres épocas de siembra	41
7	Matriz de correlación entre las variables indicadas, de plantas de frijol asociadas en tres épocas de siembra	42
8	Resultado de las pruebas de Duncan para asociaciones, épocas de siembra y sus interacciones, en la característica rendimientos (Tm) de 100.000 plantas/ha de frijol var "CATIE-1"	45
9	Resultado de las pruebas de Duncan con los rendimientos (Tm) de 40.000 plantas /ha de maíz var 'Tuxpeño' cultivadas sin asociar y asociado con frijol a diferentes épocas	46

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura no.</u>		<u>Página</u>
1	Barreno usado para alterar y perforar el suelo y envase empleado para aislar el sistema radical de plantas de frijol	13
2	Envase en su posición definitiva antes de ser totalmente sepultado	13
3	Disposición de parcelas y tratamientos en el campo. Parcelas de 10m x 10m. Subparcelas de 5m x 5m	14
4	Formas y distancias de siembra del frijol y del maíz	17

1. INTRODUCCION

En el trópico, con los sistemas de producción agrícola basados en cultivos asociados se puede lograr mayor eficiencia en el uso de la energía solar, permitiendo también, una utilización continua del suelo. En tales sistemas de cultivo, las condiciones internas de luz están determinadas principalmente por el espacio entre los surcos y su orientación, densidad de siembra, y la arquitectura del cultivo predominante en tamaño, lo cual influye en el crecimiento y rendimiento de las plantas con las que se asocia.

La competencia por luz es de naturaleza física. No solamente influyen las características de forma y disposición del follaje del cultivo predominante sino también la posición relativa del follaje de los cultivos competidores dentro del sistema (18).

Por otra parte, debido a las diferencias en punto de compensación y de saturación de luz entre especies, el efecto que estas condiciones ejercen sobre un cultivo asociado no es lo mismo para las diferentes especies que componen el sistema.

Una de las dificultades que presentan los estudios sobre relaciones de luz en sistemas de cultivos asociados es que cada planta proyecta, durante su ciclo de vida, un tipo de sombra característico y dinámico que es muy difícil de imitar artificialmente. Además, en condiciones de campo, la competencia por agua, nutrimentos, espacio aéreo del suelo, y por otros factores hacen difícil evaluar el efecto exclusivo de luz. Tal vez debido a estas dificultades, la literatura sobre el efecto de la competencia por luz en asociaciones, es escasa (11, 14, 25).

La asociación maíz-frijol es de uso generalizado en el trópico. En algunos países latinoamericanos más del 50% de la producción de frijol, procede de siembras asociadas principalmente con maíz. En Colombia, Brasil y México, la proporción de la producción de frijol proveniente de sistemas de cultivos asociados es 85%, 80% y 58% respectivamente (40).

Siendo la luz un factor crítico en las asociaciones de cultivos, los trabajos tendientes a evaluar el efecto de dicho factor en la asociación maíz-frijol tienen importancia básica y práctica.

El objetivo de este estudio fue determinar la variación de algunas características biomorfológicas y del rendimiento del frijol cultivado bajo diferentes condiciones dinámicas de luz y de otros componentes microclimáticos, producidas por un cultivo de maíz.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Efectos de la Luz en el Crecimiento del Frijol

2.1.1 Aspectos generales

Las hojas y yemas terminales son los principales receptores de la energía radiante, cuya máxima utilización constituye la base fisiológica para obtener un alto rendimiento de los cultivos (24).

Según Biebel (12), la mayoría de las respuestas morfológicas de las plantas de Phaseolus vulgaris aumentan a una tasa decreciente con incrementos en energía radiante incidente. La magnitud de la respuesta depende de como se incremente dicha energía.

Con la variedad 'Turrialba-4' cultivada en solución nutritiva en condiciones de invernadero, Ascencio y Fargas (9) hallaron que la máxima tasa de incremento en peso seco total se alcanzó entre los 55 y los 62 días.

Alvin y Alvim (5), en sus experimentos con asociaciones de maíz-frijol en campo, encontraron que la eficiencia de conversión de energía radiante en frijol común es un tercio menor que la del maíz en el primer mes del cultivo.

2.1.2 Crecimiento de las hojas

Muchos de los cultivos anuales tienen un área foliar inferior a la óptima durante la mayor parte de su período de crecimiento, como lo fue demostrado para varios cultivos por Watson, y Niciprovic, citados por Donald (18).

Las respuestas de las plantas a los efectos de la luz son diferentes aún entre variedades de una misma especie. Magalhaes y Montojos (28), trabajando con variedades de crecimiento indeterminado de P. vulgaris, encontraron que la variedad 'Carioca' alcanzó valores más altos de índice de área foliar que la variedad 'Pintado' con intensidades de radiación promedio de $235 \text{ cal/cm}^2/\text{día}$. Bajo intensidades de $475,5 \text{ cal/cm}^2/\text{día}$ el comportamiento fue a la inversa.

En condiciones de asociación frijol-maíz se han detectado aumentos en área foliar del frijol debido a la sombra que impone el otro cultivo, lo que resulta en un aumento de biomasa en las plantas de dicha leguminosa (39).

Cuando a plantas de P. vulgaris se les aumentaron las horas diarias de iluminación de 11,5 a 17, se presentó menor abscisión de hojas e incrementaron su tamaño resultando en mayor área foliar (15).

Dale (16), afirma que altos niveles de radiación conducen a una menor área foliar en plantas de frijol común. No encontró efectos de la longitud del día sobre el desarrollo vegetativo. Sin embargo, Magalhaes y Montojos (28), sostienen que variedades de esta especie mostraron disminución en índice de área foliar al tiempo de floración cuando se sometieron a bajas condiciones de luz.

A medida que las plantas de P. vulgaris crecen, su capacidad de hacer fotosíntesis aumenta, mientras que su actividad fotosintética disminuye por efecto del autosombreamiento de sus hojas (24).

En frijol de costa (Vigna sinensis) cultivado en macetas bajo dos tipos de invernadero, con disminución de 10 a 15% de luminosidad en uno y de 60 a 65% en el otro, Schoch y Candelario (41) observaron que la baja intensidad de luz condujo a un aumento en superficie foliar de las plantas, la cual fue máxima a los 50 días.

El crecimiento de las hojas de frijol común, a juzgar por el índice de área foliar, sufre alteraciones marcadas con las estaciones de siembra y con las densidades de población, alcanzando su valor máximo de 4,5 cerca de los 35 días en altas densidades y de los 55 días para las bajas (13). En bajas densidades y condiciones de invernadero Ascencio (8) obtuvo índice de área foliar máximo de 7,12 a los 48 días.

Mérida y Medina (31), observaron retardo en la formación de la grana y lamelas en los cloroplastos, de hojas de P. vulgaris desarrolladas en condiciones de baja luminosidad, 2000 lux, en relación con los cloroplastos desarrollados en altas intensidades de luz, 20000 lux, con los mismos tiempos de exposición. Azócar y Medina (10), comprobaron que la síntesis de clorofila por unidad de superficie fue mayor en hojas sometidas a regímenes de alta intensidad de luz. El valor máximo se alcanzó a las 72 horas de iluminación continua. Por esta razón, concluyeron que el frijol común es una planta de sol, poco tolerante a la sombra y que no presenta cambios adaptativos en su aparato fotoquímico cuando se la cultiva en regímenes de poca luz.

2.1.3 Desarrollo del tallo:

Segun Moreland (35), los tallos de las plantas de frijol común que crecen con poca luz son alargados en comparación con los que crecen a plena luz. Pero al prolongar el fotoperiodo hasta 17 horas estos se hacen débiles, suculentos y frágiles además de que se estimula la ramificación así como también se presentan cambios en el hábito de crecimiento (15).

2.1.4 Floración y fructificación:

Padda y Munger (38), sostienen que los factores fotoperiodo y temperatura influyen en el tiempo de floración de P. vulgaris, de crecimiento indeterminado, y que plantas de la variedad 'Great Northern' retardaron su floración bajo 18 hrs de fotoperiodo y temperaturas bajas de 15,4°C por la noche y 20,9°C durante el día. No obstante en altas temperaturas éstas florecieron normalmente durante la época de floración. La variedad 'Red Kidney' se retardó en su floración bajo 18 hrs de fotoperiodo y altas temperaturas, de 20,4°C por la noche y 29,1°C en el día. Estudios anatómicos indican que la diferenciación floral ocurrió bajo el fotoperiodo y condiciones de temperatura pero el desarrollo posterior del primordio floral se retardó o no ocurrió.

Usando luces incandescentes de 300 W para alargar el día hasta 17 hrs, investigadores del Centro Internacional de Agricultura Tropical (15), encontraron retraso en el proceso de la floración e incremento en el número de vainas del frijol común.

A pesar de las situaciones planteadas antes, algunos investigadores (19,20,22,26,30,36,39), han demostrado que la planta

de frijol común puede crecer en condiciones de poca luz lo que ha permitido asociarla a otros cultivos y obtener beneficios económicos.

Específicamente sobre el tema del efecto de la sombra sobre las plantas de frijol común, ya sea asociado con otros cultivos o sin asociar, la literatura es escasa y pocos trabajos especifican las condiciones de luz en que crecen los cultivos asociados que incluyen al frijol (8,10,15).

El efecto de la competencia por agua y nutrimentos a nivel radical dificulta, en condiciones de campo, la evaluación de la influencia de la luz. El cultivo de plantas en solución nutritiva ha permitido independizar el efecto de los diferentes factores que actúan en los cultivos que crecen asociados. Sanabria (39), cultivando en solución nutritiva e invernadero plantas de maíz y frijol común, asociados y sin asociar, comprobó que la producción de biomasa y el rendimiento de las plantas de frijol que crecieron bajo sombra del maíz superó al de las plantas sin asociar. En este caso el efecto se atribuyó al factor luz por no existir competencia a nivel de las raíces.

2.2 Factores que afectan las condiciones de luz dentro de un cultivo

Las condiciones dinámicas de la luz que prevalecen dentro de el cultivo predominante de una asociación, como maíz o yuca, cambian día a día y depende de aspectos climáticos y agronómicos tales como época del año, densidad de siembra, orientación de surcos, fertilidad del suelo y arquitectura de las plantas.

Brandes et al.(13), de sus investigaciones de campo con poblaciones de frijol común de 125, 250, 500 mil y 1 millón de plantas/ha, concluyeron que la intercepción de luz estaba influenciada por la época de siembra siendo, en la estación seca, no mayor del 40% permaneciendo más o menos constante de los 20 a 50 días de edad de las plantas, presentándose pequeñas diferencias entre densidades. En la estación lluviosa, la intercepción de luz aumentó continuamente hasta los 40 días alcanzando valores de hasta 95% en las mayores densidades en las que el índice de área foliar (IAF) se aproximó a 4.

Denmead et al.(17), estudiaron la distribución de luz en un cultivo de maíz sembrado 1x1m con la ayuda de microrradiómetros esparcidos al azar y colocados a tres niveles sobre el suelo: 15cm, 1m y 1m sobre el extremo superior de las plantas. Estos encontraron que días antes de aparecer las barbas en las mazorcas, y a 15cm del suelo, la radiación neta recibida fue cerca del 42% de la neta que incidió sobre el cultivo. Después que el maíz hubo desarrollado su máximo índice de área foliar de 2,84, aproximadamente a los 95 días, la energía recibida llegó a ser 25% de la exterior.

Allen (3), en sus investigaciones sobre efectos de orientación de surco en la intercepción de luz usando sorgo granero (Sorghum bicolor L.) sembrado a 1m entre hileras y a chorro en la hilera, desarrolló modelos matemáticos para pronosticar el promedio de penetración de luz dentro del cultivo. La penetración fue predicha resultando 37, 44, 42 y 42% de intercepción de luz para las orientaciones Este-Oeste, Norte-Sur, Noreste-Sureste y Noroeste-Sureste respectivamente.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Area Experimental

El área experimental está dentro de los límites del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, Costa Rica.

Las características geográficas, climáticas y de suelo de la zona se resumen en los cuadros A*1 y A 2 del apéndice.

La superficie del terreno, donde se ubicó el experimento, se preparó en forma de banco convexo o bomba, de 35m de largo por 25m de ancho. La preparación del suelo se hizo con tres pasadas de rotovator en forma consecutiva y en un mismo sentido, a una profundidad de labranza de 15 a 20 cm.

Después de delimitada el área, se marcaron las subparcelas y replicaciones, se ubicaron las hileras con las orientaciones correspondientes, se aplicaron fertilizantes en bandas y se sembró.

3.2 Determinación de las condiciones climáticas

Para determinar las condiciones climáticas tanto afuera como dentro de los lotes experimentales se ubicaron conjuntos de instrumentos metereológicos para medir los factores climáticos siguientes:

Radiación solar

La medición de la radiación dentro de las hileras de maíz durante el experimento se realizó con actinómetros de alcohol tipo Bellani y fué parte de otro estudio efectuado en las mismas parcelas (Arze, 7).

Se tomaron los valores de radiación correspondientes a 20 y 70 cm de altura. Se promediaron los datos con lo cual se obtuvieron valores de radiación correspondientes a la altura de 45 cm. Pareando estos valores con los de edad y altura de las plantas de maíz se generaron ecuaciones de regresión.

Para transformar la radiación solar total recibida en radiación visible, parte de la cual es utilizada en la fotosíntesis, se usó el factor 0,444 de Loomis y Williams (27).

Grados día para crecimiento

Estos se calcularon en Celsius, siguiendo la metodología de Newman et al. (37). Se consideraron 10 C como temperatura básica en los cultivos frijol y maíz se corrigieron los valores por exceso de temperatura sobre 32C.

Temperatura y humedad relativa

Ambos factores se detectaron mediante 7 higrotermógrafos de registro semanal. Cada instrumento se colocó en un abrigo meteorológico fabricado con láminas de espuma de poliestireno. Cada aparato con su correspondiente abrigo se colocó sobre una pequeña mesa de madera a 30 cm de altura del suelo.

En cada tratamiento de orientación de surcos se colocó una de aquellas mesas y otra se puso afuera del lote experimental en un lugar próximo al cultivo pero donde no recibiera sombra de las plantas. En estas últimas se colocaron, además del higrotermógrafo, un radiómetro y un evaporímetro Piché.

Precipitación y evaporación

La precipitación se midió con un pluviómetro observado diariamente el cual se colocó fuera de los lotes experimentales. La evaporación en mm de tanque, se obtuvo con base a los cm^3 evaporados por el evaporímetro Piché, luego de determinar la curva de regresión respectiva para datos de 5 años que se obtuvieron en la Estación Meteorológica del CATIE, (Arze, 7).

3.3 Material Vegetal

Se emplearon dos especies vegetales obtenidas del banco de germoplasma del CATIE. Frijol común (Phaseolus vulgaris) variedad 'CATIE-1' de crecimiento indeterminado y semillas color negro, y maíz (Zea mays) variedad 'Tuxpeño' semillas color crema, planta baja.

3.4 Fórmulas y Dosis de Fertilizantes

Las fórmulas empleadas fueron: (a) 15-30-8 y (b) 20-10-6-5. La fertilización se efectuó en dos fechas. La primera antes de la siembra del maíz y segunda 30 días después. En el primer caso se usaron 300 Kg/ha de la fórmula (a), equivalente a 45 Kg de N, 90 Kg de P_2O_5 y 24 Kg de K_2O ; en bandas sobre el surco y luego se incorporó. En el segundo caso se emplearon 500 Kg/ha de la fórmula (b), correspondiendo a 100 Kg de N, 50 Kg de P_2O_5 , 30 Kg de K_2O y 25 Kg de MgO ; aplicado en bandas muy proximas al pie de las plantas y luego incorporado. Las dos aplicaciones cubrieron toda el área sembrada aunque en algunas parcelas aún no estuviera el frijol presente.

3.5 Otros Materiales

Un barreno, del tipo empleado para tomar muestras de suelo, de 30 cm de diámetro y 25 cm de largo. Envases de plástico de 9 litros de capacidad, 25 cm de diámetro y 28 cm de altura (Figs. 1, 2) cuyo uso se explicará posteriormente.

Se usaron insecticidas, fungicidas y herbicidas a medida que fue necesario (Cuadro A4).

3.6 Manejo del Material Vegetal

Las semillas de ambos cultivos se trataron con una mezcla de 2 kg de Aldrin al 2,5% y 1 kg de Ortocide al 50% por cada 46 kg de semillas. Se procedió a la siembra manual del frijol poniendo las semillas a 20 cm entre plantas sobre la hilera y a 50 cm entre las hileras lo que resultó en una población de 100000 plantas/ha. En cada hoyo se depositaron 2 semillas de frijol para hacer el raleo correspondiente a los 15 días y dejar una planta en cada posición. Para asegurarse plantas, en caso de fallas, se sembraron semillas en pequeños vasos cónicos de cartón con el vértice cortado y llenos de tierra.

La siembra del maíz se hizo manualmente a 50 cm entre plantas sobre la hilera y a 1 m entre las hileras a razón de tres semillas por hoyo. Estas hileras quedaron separadas por dos de frijol y a 25 cm de ellas (Figs. 3, 4). El raleo se realizó a los 15 días de la siembra dejando dos plantas por hoyo resultando de esta manera una población de 40000 plantas/ha. Para reponer fallas se sembraron semillas en la misma forma que se hizo para el frijol.

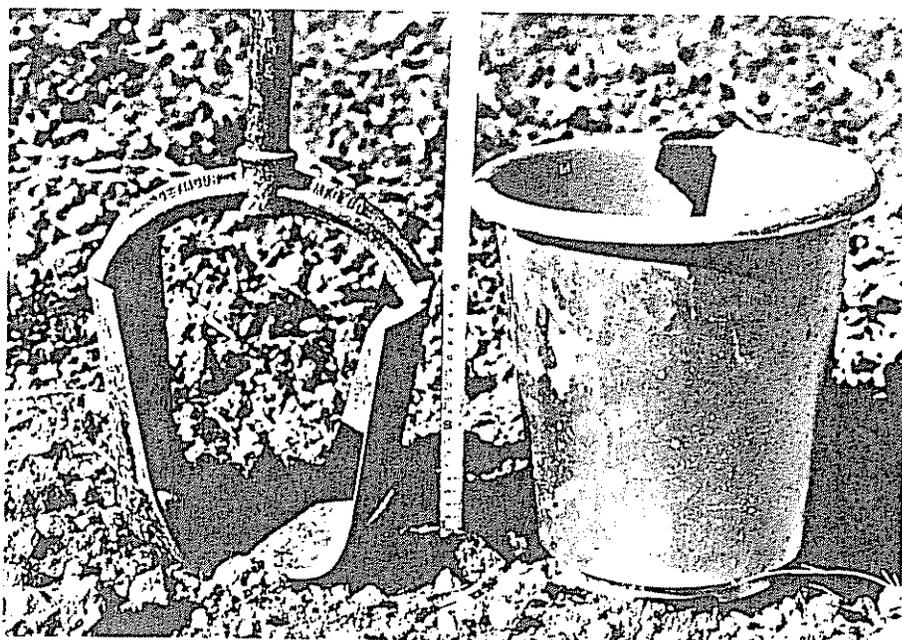


Fig. 1. Barreno usado para alterar y perforar el suelo y envase empleado para aislar el sistema radical de plantas de frijol.

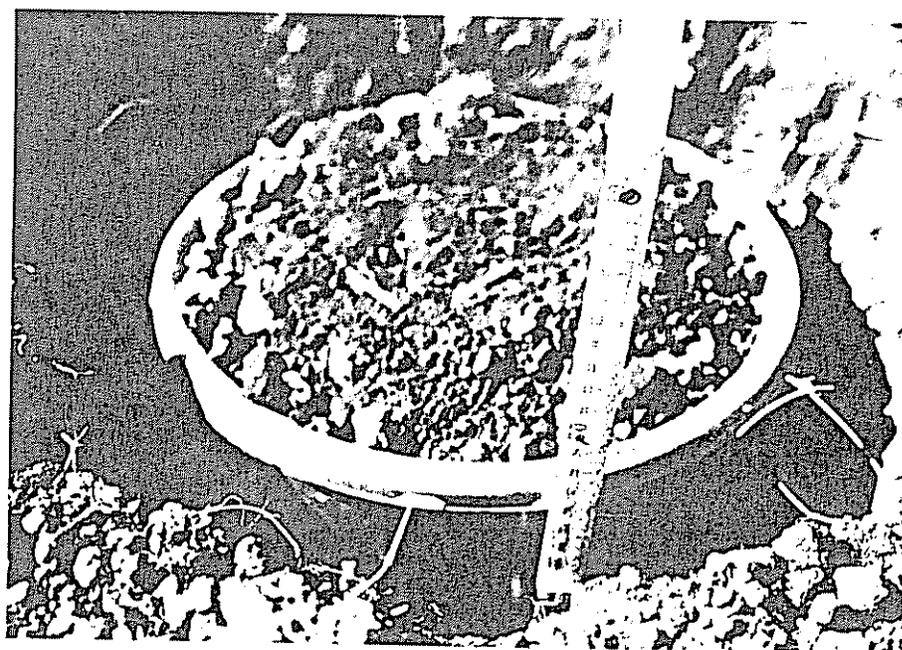


Fig. 2. Envase en su posición definitiva antes de ser totalmente sepultado.

3.7 Tratamientos

Orientación de surcos

Usando como guía el norte magnético terrestre se procedió a la demarcación de los surcos (Fig. 3) en las siguientes orientaciones con sus símbolos:

- a) Este-Oeste = O_1
- b) Noreste-Suroeste = O_2
- c) Noroeste-Sureste = O_3

Épocas de siembra del frijol

La siembra del maíz se efectuó para todos los tratamientos de orientación de surcos en la misma oportunidad, el escalonamiento de las siembras fue solo para el frijol con el propósito de:

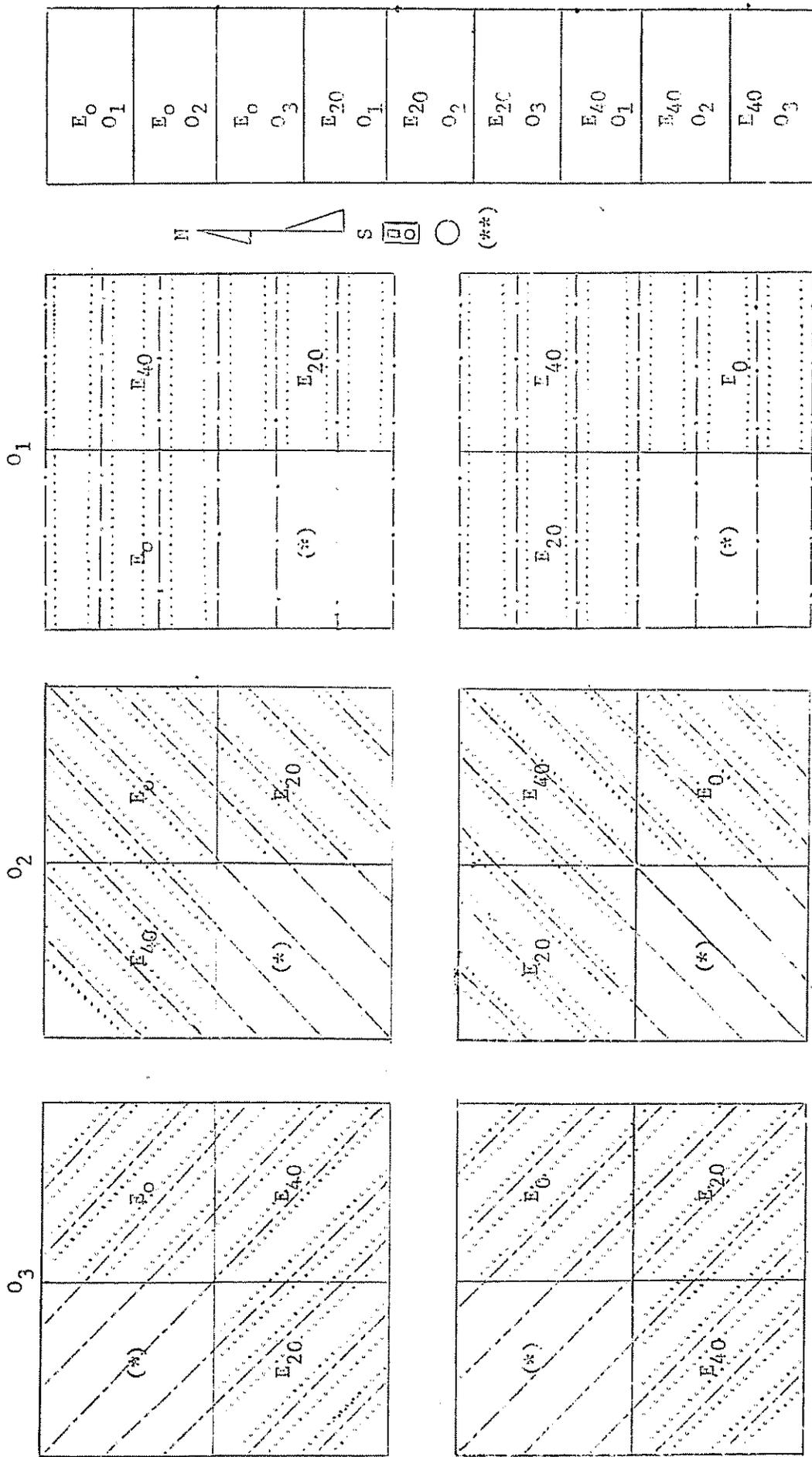
- a) Poner los dos cultivos a competir simultáneamente por elementos cuando cumplan la edad en que presentan la mayor tasa de absorción (39).
- b) Para colocar el frijol en la asociación de tal forma que no coincidan las edades de mayor demanda de nutrientes.
- c) Asociar al frijol con el maíz cuando existan condiciones de baja luminosidad dentro del cultivo del maíz y que el frijol cumpla su ciclo bajo esas características.

De acuerdo a lo antes dicho se escogieron las siguientes épocas de siembra y sus símbolos:

- a) Siembra simultánea = E_0
- b) Siembra frijol 20 días después del maíz = E_{20}
- c) Siembra frijol 40 días después del maíz = E_{40}

PARCELAS TESTIGO DE FRIJOL

Fig. 3 Distribución de parcelas y tratamientos en el campo. Parcelas de 10m x 10 m
Subparcelas de 5 m x 5 m



O₁ = Orientación E - O
 O₂ = Orientación NE - SO
 O₃ = Orientación NO - SE
 (---) = Parcelas testigos de maíz con instrumentos meteorológicos
 (.....) = Estación meteorológica externa

E₀ = Siembra simultanea frijol y maíz
 E₂₀ = Siembra frijol 20 días después que el maíz
 E₄₀ = Siembra frijol 40 días después que el maíz
 (---) = hileras de maíz
 (.....) = hileras de frijol

Formas de siembra del frijol

Sobre surcos centrales dentro de las parcelas se escogieron al azar los lugares donde se colocaron los recipientes, para lo cual se perforó el suelo con el barreno (Fig.1). Estos recipientes contenían 23Kg de suelo seco a 110C. Densidad real de partículas 2,55 g/cc a las profundidades de 0-30 cm, según Amezcua (6).

Con el propósito de separar el efecto de competencia por agua y nutrimentos del efecto de la competencia por luz, se decidió ubicar plantas de frijol dentro de macetas las que se llenaron con el mismo suelo del hoyo que se abrió para sepultarlas. (Fig,2). Además se pusieron plantas en suelo alterado con el barreno, para imitar las condiciones físicas del suelo contenido en las macetas (Fig.4). Por lo tanto se establecieron los siguientes tratamientos de formas de siembra y sus símbolos:

- a) Plantas de frijol dentro de envases =F₁
- b) " " " en suelo alterado =F₂
- c) " " " " " no alterado=F₃

3.8 Tamaño de Parcelas y Diseño del Experimento

A excepción de las parcelas testigo del frijol, cada una abarcó un área de 25m² (5m x 5m) (Fig.3). La información se tomó de dos hilos de maíz del centro de la parcela que a su vez comprendieron también cuatro hilos de frijol, se descartó un metro de bordura en todos los sentidos (32,42).

Fig. 1. Diagrama de la estructura de la planta de la alfalfa

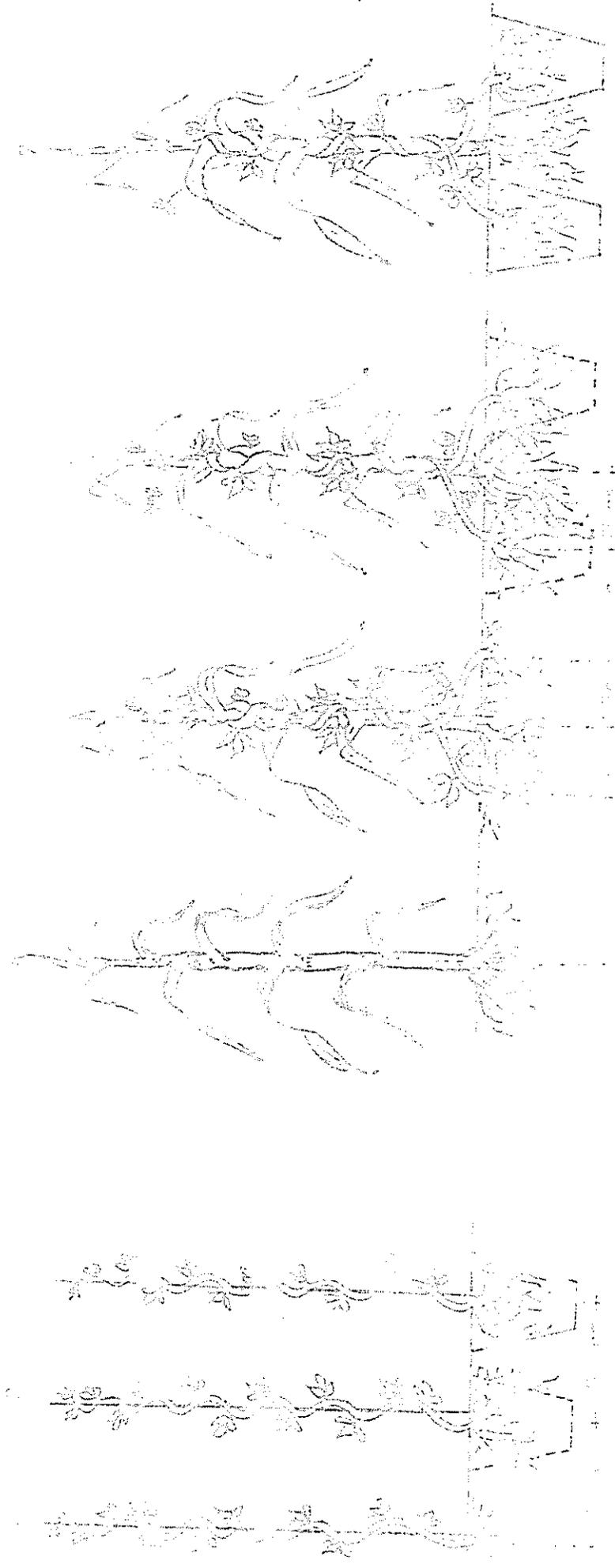


Fig. 2. Diagrama de la estructura de la planta de la alfalfa
 Fig. 3. Diagrama de la estructura de la planta de la alfalfa
 Fig. 4. Diagrama de la estructura de la planta de la alfalfa
 Fig. 5. Diagrama de la estructura de la planta de la alfalfa
 Fig. 6. Diagrama de la estructura de la planta de la alfalfa
 Fig. 7. Diagrama de la estructura de la planta de la alfalfa

Fig. 8. Diagrama de la estructura de la planta de la alfalfa

Fig. 9. Diagrama de la estructura de la planta de la alfalfa

Fig. 10. Diagrama de la estructura de la planta de la alfalfa

Las parcelas testigo de frijol fueron de 2,5m x 2,5m lo cual es apropiado para este cultivo (33,34), dejando como bordura dos hilos laterales o tres plantas al final de la hilera. Como tutores para las plantas se utilizaron hilos gruesos de algodón de 2m de longitud pendientes de alambres suspendidos sobre cada parcela siguiendo la dirección del surco.

El diseño experimental utilizado fue un arreglo en parcelas divididas. Los tratamientos quedaron definidos con un factorial 3 x 3 x 3 y dos replicaciones.

3.9 VARIABLES ANALIZADAS

3.9.1 DATOS BIOLÓGICOS DEL FRIJOL (DETERMINADOS A LOS 50 DÍAS)

La evaluación de la información biológica del frijol y de los índices morfológicos del crecimiento se hizo en base a datos provenientes de dos plantas, una por parcela.

Altura de la planta

Se determinó la altura de las plantas de cada tratamiento, midiendo desde el nivel del suelo hasta el ápice del tallo principal.

Peso seco de hojas

Este valor se obtuvo secando a 70C, hasta peso constante, todo el follaje de plantas provenientes de cada tratamiento.

Area foliar

Para determinar este dato primeramente se tuvo que determinar para las tres formas de siembra el Area Foliar Específica (AFE) o sean los dm^2 de hojas necesarios para hacer un gramo de peso seco.

Para encontrar el AFE se tomaron 20 hojas trifoliadas de diferentes tamaños para cada caso y se les determinó, en forma individual, su área foliar por el método del papel (9) y luego su peso. Ambos valores se dividieron.

Los valores de AFE obtenidos para cada forma de siembra fueron los siguientes:

$$F_1 = 4,2358 \text{ dm}^2/\text{g}$$

$$F_2 = 4,1771 \quad "$$

$$F_3 = 4,8733 \quad "$$

Multiplicando estos valores por el peso seco en gramos del follaje de cada planta se obtuvo su correspondiente área foliar. Se hizo esta determinación a los 50 días porque se considera que a esta edad las plantas de frijol han alcanzado su máximo de área foliar (9,13).

Peso seco parte aérea

Esta característica se calculó sumando los pesos secos de hojas, tallos y vainas en formación. El peso seco de raíces no se consideró por ser difícil su completa remoción del suelo.

3.9.2 Indices morfológicos del crecimiento del frijol (a los 50 días)

Indice de Area Foliar (IAF)

Este se determinó mediante la relación " dm^2 de hojas/ dm^2 suelo ocupado por la planta". En este caso la densidad fue de 10 plantas por metro cuadrado, por lo tanto a cada planta le correspondió 10 dm^2 de terreno.

Razón de peso foliar (RPF)

Esta fue determinada mediante la relación "Gramos de peso seco de hojas/gramos de peso seco total de la parte aérea". Esta razón expresa la proporción de biomasa que corresponde al follaje.

Razón de área foliar (RAF)

Obtenida de la relación " dm^2 de hojas/gramos de peso seco total de la parte aérea de las plantas". Esta razón es un estimador de la eficiencia del follaje en producir biomasa.

3.9.3 Componentes del rendimiento del frijol

Los componentes del rendimiento considerados en este estudio fueron tomados en la época de la cosecha, a los 90 días del ciclo de vida y procedieron de diez plantas por tratamiento, estos fueron:

- Peso seco de semillas por planta
- Peso seco de vainas por planta
- Promedio de vainas por planta
- Promedio de semillas por planta
- Peso seco de 100 semillas

3.9.4 Rendimiento del frijolRendimiento por parcela

Para este fin se consideró la producción proveniente de 60 plantas, dejando 2 hilos laterales de bordura y tres plantas al final del hilo. El peso fue corregido al 12% de humedad, según la fórmula:

$$Pf = \frac{Po(100-Ho)}{88}$$

Donde: Pf = peso de las semillas corregido al 12% de humedad

Po = peso de las semillas al momento de la cosecha

Ho = % de humedad de las semillas en el momento de la cosecha

88 = constante igual a 100-12

El porcentaje de humedad de las semillas en el momento de la cosecha se determinó según la fórmula:

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

Donde: Ho = humedad de las semillas expresada en porcentaje

Ph = peso de las semillas en el momento de la cosecha

Ps = peso de las semillas, luego de permanecer en estufa a 70C durante 72 horas.

Para expresar los rendimientos en Tm/ha se consideró una población de 100.000 plantas/ha.

3.9.5 Altura y rendimiento del maíz

Con el fin de establecer el efecto de competencia sobre el maíz, y conocer mejor las condiciones microclimáticas impuestas por este cultivo, se determinaron su altura y rendimientos.

A cada época de cosecha del frijol se determinó la altura del maíz, para lo cual se consideró la distancia entre el nivel del suelo y la inserción de la última hoja superior. Los datos se tomaron en 10 plantas al azar en cada parcela cosechada.

Los rendimientos del maíz se determinaron de 32 plantas que constituían las dos hileras centrales en cada parcela de 25 m², dejando en los extremos 4 plantas como ^{borde} borduras. Los valores se expresaron con un 12% de humedad.

Para expresar los rendimientos en Tm/ha se consideró una población de 40.000 plantas/ha.

3.10 Investigaciones adicionales

Predicción del peso seco y área de una hoja de frijol en función del ancho del foliolo central a los 50 días

El área y peso foliar a diferentes edades de las plantas de frijol es un dato muy utilizado en análisis del crecimiento. Lamentablemente esta información requiere el sacrificio de las plantas lo cual es un problema serio si se cuenta con pocas. Este sacrificio podría evitarse si se determinan ecuaciones de buena confiabilidad que permitan determinar área y peso foliar en función de un parámetro fácil de medir en vivo como lo es el ancho del foliolo central. Por esta razón se decidió hacer esta investigación adicional.

Para elaborar las funciones matemáticas de predicción de peso seco y área foliar de una hoja trifoliada en función del ancho del foliolo central, se midió este parámetro y su área foliar por el método del papel (9) en 50 hojas, las cuales se secaron a 70C hasta peso constante. Pareando los valores de ancho del foliolo central con los del peso y área del trifolio correspondiente, se obtuvieron las ecuaciones para cada forma de siembra.

Distribución de frutos en el tallo del frijol

Debido a que esta característica es un estimador de la porción improductiva de la planta y de la proximidad de los frutos al suelo los cuales a su vez inciden en los rendimientos, se decidió evaluar esta característica en plantas testigos de frijol var. 'CATIE-1' usada en el experimento.

3.11 Análisis de la Información

3.11.1 Análisis de la variabilidad

Con el objeto de estudiar el efecto de los tratamientos y sus interacciones sobre los datos biológicos, índices morfológicos del crecimiento, componentes del rendimiento y rendimientos del frijol así como también rendimientos del maíz; se realizó un análisis de variancia general para cada variable estudiada, aplicándole las modificaciones que se consideraron necesarias.

Se interpretaron los resultados de las pruebas de Duncan (43) al nivel 1% y 5%, realizadas con promedios de tratamientos para cada variable.

Modelo para el análisis de la variancia general en frijol

$$Y_{ijklm} = \mu + R_i + O_j + E(a)_{ij} + E_k + (OE)_{jk} + E(b)_{ijk} + F_l + (OF)_{jl} + (EF)_{kl} + E(c)_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} = variable de respuesta

μ = media general

R_i = efecto de la réplica i

O_j = efecto de la orientación j

$E(a)_{ij}$ = error experimental (a) de la réplica i con la orientación j.

E_k = efecto de la época k

$(OE)_{jk}$ = interacción de la orientación j con la época k

$E(b)_{ijk}$ = error experimental (b) de $(ROE)_{ijk} + (RE)_{ik}$

F_l = efecto de la forma de siembra l

$(OF)_{jl}$ = interacción de la orientación j con la forma de siembra l

$(EF)_{kl}$ = interacción de la época k con la forma de siembra l

$E(c)_{ijklm}$ = error experimental (c) de $(REF)_{ikl} + (ROF)_{ijl} + (OEF)_{jkl} + (ROEF)_{ijkl}$
y observación m.

Modelo de análisis de variancia aplicado al cultivo de maíz

$$Y_{ijklm} = \mu + R_i + O_j + E(a)_{ij} + M_k + (MO)_{kj} + E(b)_{ijk} + E_1 + (EO)_{j1} + (EM)_{1k} + E(c)_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} = variable de respuesta

μ = media general

R_i = efecto de la réplica i

O_j = efecto de orientación j

$E(a)_{ij}$ = error experimental (a) de la interacción de la réplica i con la orientación j

M_k = efecto de la modalidad de siembra k

$(MO)_{kj}$ = efecto de la interacción de la modalidad k con la orientación j

$E(b)_{ijk}$ = error experimental (b) de $(RON)_{ijk} + (RM)_{ik}$

E_1 = efecto de la época 1

$(EO)_{j1}$ = efecto de la interacción de la época 1 con la orientación j

$(EM)_{1k}$ = efecto de la interacción de la época 1 con la modalidad k

$E(c)_{ijklm}$ = error experimental (c) de $(RNE)_{ikl} + (ROE)_{ijl} + (OME)_{jkl} + (ROME)_{ijkl}$ y observaciones m.

Modelo de análisis de varianza aplicado a las alturas de maíz

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + O_j + E(a)_{ij} + T_k + (TO)_{kj} + E(b)_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijkl} = variable de respuesta

μ = media general

R_i = efecto de réplica i

O_j = efecto de la orientación j

$E(a)_{ij}$ = error experimental (a) de la interacción de la réplica i con la orientación j.

T_k = efecto del tratamiento k

$(TO)_{kj}$ = efecto de la interacción del tratamiento k con la orientación j

$E(b)_{ijkl}$ = error experimental (b) de la interacción $(ROT)_{ijk} + (RT)_{ik}$ y observaciones l.

3.11.2 Pruebas de "t" de Student

Las pruebas de "t" de Student se realizaron para comparar las medias de tres observaciones del testigo vs. las medias de seis observaciones por tratamiento. Se usó el nivel 1% y 5% de probabilidad.

Condiciones para realizar las pruebas

- a) Cuando las varianzas resultaron homogéneas al efectuarles la prueba de "F", los valores de "t" calculado se compararon directamente con los tabulados.
- b) Cuando las varianzas resultaron no homogéneas después de realizar la prueba de "F", los valores de "t" calculado se compararon con una "t" que se generó según la fórmula (43)

$$t_g = \frac{w_1 t_1 + w_2 t_2}{w_1 + w_2}$$

Donde:

$$w_1 = s_1^2/n_1, \quad w_2 = s_2^2/n_2$$

$$t_1 = (n_1 - 1), \quad t_2 = (n_2 - 1)$$

3.11.3 Pruebas de correlación

Se realizaron con el objeto de determinar el grado de asociación entre variables biométricos, y entre variables biométricos y rendimientos para el cultivo del frijol.

4. RESULTADOS

4.1 Aspectos Generales de Manejo

Después de la siembra las plántulas de frijol emergieron a los seis días y las de maíz a los cinco días; quince días después se realizó el raleo. El crecimiento inicial de los dos cultivos fue bueno y las fallas se repusieron a su debido tiempo antes del raleo. Las labores realizadas y otros eventos que ocurrieron durante el transcurso del experimento se muestran en el Cuadro 1.

El Cuadro A3 es una lista de los insectos y enfermedades de importancia que se presentaron durante el experimento. El Cuadro A4 muestra los productos químicos utilizados para el control de plagas, enfermedades y malezas.

4.2 Condiciones Climáticas Dentro y Fuera de las Parcelas

Los datos climáticos se muestran en el Cuadro 2 por épocas de siembra del frijol, tanto fuera como dentro de los cultivos. Los registros se hicieron del 24 de noviembre de 1974 al 13 de abril de 1975.

Radiación solar

La radiación solar acumulada dentro de las parcelas en cada época de siembra del frijol se calculó en base a la radiación externa y a las curvas de las Figuras A1, A2 y A3. En estas figuras la radiación recibida dentro de las hileras del maíz o radiación no interceptada, se expresa como porcentaje de radiación externa.

El valor inferior de radiación acumulada externa correspondió a la época E_0 , notándose una tendencia a aumentar para las

Cuadro 1. Clasificación cronológica y por épocas de siembra de los principales eventos ocurridos durante el transcurso del experimento realizado con frijol y maíz

Fechas	E P O C A S		
	E ₀	E ₂₀	E ₄₀
1974			
09/11*	Preparación del terreno		
14/11*	Valexon y Granoxone		
23/11*	Fertilización con la fórmula 15-30-8		
24/11*	Siembra frijol y maíz	Siembra maíz	Siembra maíz
26/11*	Instalación de instrumentos meteorológicos		
29/11	Germinación maíz	Germinación maíz	Germinación maíz
30/11	Germinación frijol		
02/12*	Elocron		
06/12*	Elocron		
07/12*	Deshierbe		
10/12*	Sevin		
13/12*	Elocron		
14/12		Siembra frijol	
15/12	Entresaque frijol y maíz	Entresaque maíz	Entresaque maíz
19/12*	Sevin		
20/12*	Toxafeno al pie		
21/12		Germinación frijol	
24/12*	Fertilización con la fórmula 20-10-6-5		
26/12*	Sevin		
26/12	Inicio floración frijol		Deshierbe maíz
31/12	Elocron al frijol y Cytrolane al maíz	Cytrolane al maíz	Cytrolane al maíz
1975			
03/01		Toxafeno pie frijol	Siembra frijol
05/01		Entresaque frijol	
09/01			Germinación frijol
13/01	Muestreo frijol	Deshierbe frijol y maíz	
18/01		Floración frijol	Toxafeno pie frijol
20/01*	Metasystox r		
24/01*	Deshierbe		Entresaque frijol
31/01	Floración maíz	Floración maíz	Floración maíz
07/02		Muestreo frijol	
09/02			Floración frijol
23/02	Cosecha del frijol		Muestreo frijol
27/02		Benlate al frijol	Benlate al frijol
16/03		Cosecha frijol	
05/04			Cosecha frijol
13/04	Cosecha maíz	Cosecha maíz	Cosecha maíz

* = Eventos que fueron comunes para ambos cultivos en las 3 épocas
 E₀ = Columna de la siembra simultánea frijol y maíz
 E₂₀ = Columna de la siembra del frijol 20 días después que el maíz
 E₄₀ = Columna de la siembra del frijol 40 días después que el maíz

épocas E_{20} y E_{40} los cuales superaron a la primera en 10% y 14% respectivamente.

La radiación recibida entre las hileras durante la época E_0 fue 62% de la radiación exterior bajando esta proporción a 48% para E_{20} y a 43% para E_{40} .

Las plantas de frijol asociadas con maíz que crecieron durante la época E_0 recibieron 16% y 22% más radiación acumulada que las que crecieron durante E_{20} y E_{40} respectivamente. La radiación acumulada durante E_{20} superó a la de E_{40} en 7.7%.

Lluvia

La mayor precipitación acumulada ocurrió durante la época E_0 que superó en 31% a la de las épocas E_{20} y E_{40} , que a su vez fueron muy parecidas entre sí.

Temperatura y grados día

Los promedios de temperatura máximos diarios, fuera de los cultivos, fueron más bajos para la época E_0 aumentando progresivamente cerca de 1C para cada una de las otras épocas. La misma tendencia se observó para las temperaturas máximas dentro de los cultivos. Las diferencias entre máximas dentro y fuera de los cultivos fue muy pequeña.

Los promedios de mínimas fueron casi iguales para cada época tanto fuera como dentro de los cultivos.

Los grados día acumulados para cada época, fuera de los cultivos, mostraron tendencia a subir con el tiempo siendo de 1002, 1063 y 1110C para E_0 , E_{20} y E_{40} respectivamente. Las diferencias entre el interior y exterior de los cultivos, para cada época, fue inferior al 2%.

Cuadro 2. Condiciones climáticas prevalecientes durante el experimento. Datos tomados dentro y fuera de las parcelas durante tres épocas de siembra del frijol de 90 días cada una

	E P O C A S					
	E ₀		E ₂₀		E ₄₀	
	Fuera	Dentro	Fuera	Dentro	Fuera	Dentro
Radiación* Cal/cm ² /90 días	15786	9823	17414	8276	17955	7635
Lluvia (mm)	604.0	604.0	186.7	186.7	192.8	192.8
Temperatura (C)						
Máxima	26.5	25.8	27.4	27.3	28.2	28.8
Mínima	15.2	15.2	14.9	15.2	15.3	16.0
Media	20.9	20.5	21.1	21.3	21.7	22.4
Grados días acumulados (C)	1002.4	991.1	1063.6	1042.9	1110.8	1130.3
Humedad Relativa						
Mínima	47.2	52.2	42.4	56.4	41.0	50.1
Horas al 100%	17.2	12.1	13.1	11.0	12.7	11.1

* Radiación total x 0.44

Las plantas de frijol asociadas con maíz que crecieron durante las épocas E₂₀ y E₄₀ recibieron respectivamente 5% y 14% más grados día que las plantas que lo hicieron durante E₀.

Humedad relativa (HR) y horas al 100%

Los valores de HR mínimos fuera de las parcelas mostraron tendencia a bajar con el tiempo siendo los promedios de aproximadamente 47, 42 y 41% para las épocas E₀, E₂₀ y E₄₀ respectivamente; lo mismo ocurrió con las horas de permanencia en 100% HR que fue de 17, 13 y 12.7 respectivamente.

Las variaciones en HR dentro de las parcelas no mostraron tendencias entre las tres épocas siendo de aproximadamente 52, 56 y 50 para E₀, E₂₀ y E₄₀.

Las diferencias entre horas al 100% dentro de las parcelas fluctuó poco siendo de 12 horas para E₀ y de 11 horas para las épocas E₂₀ y E₄₀.

4.3 Influencia de los Tratamientos sobre las Variables Estudiadas en Frijol y Maíz

Los Cuadros A5, A7, A9, A11, A12 y A13 muestran los valores promedios obtenidos para cada tratamiento de los datos biológicos, índices morfológicos del crecimiento, componentes del rendimiento y rendimientos por hectárea de 100000 plantas de frijol asociadas con maíz; así como también los rendimientos por hectárea de 40000 plantas de maíz y los promedios de sus alturas al momento de cosechar el frijol.

Los Cuadros A6, A8 y A10 muestran valores de datos biológicos, índices morfológicos del crecimiento y componentes del rendimiento obtenidos de plantas testigos de frijol.

El Cuadro A14 muestra las características estudiadas y la significancia al nivel 5% de sus variaciones bajo los tratamientos aplicados, según el análisis de la variancia efectuado para todo el experimento presentado en forma global. En este cuadro se nota que la época de siembra influyó notablemente sobre todas las características estudiadas por lo que todas mostraron significancia, a excepción del número de semillas por vainas y el peso seco de 100 semillas. Las orientaciones de surco mostraron tener efecto sobre las características razón de área foliar, peso seco de semillas por planta y peso seco de vainas por planta. Las formas de siembra influyeron sobre los componentes del rendimiento los cuales mostraron diferencias significativas.

4.3.1 Datos biológicos del frijol

Altura de la planta

El Cuadro A15 muestra los cuadrados medios de la altura (cm) de plantas de frijol y la significancia, para los tratamientos

aplicados. Esta variable mostró significancia para época de siembra y para interacción Forma de siembra por Época de siembra.

La prueba de Duncan (Cuadro 3) aplicada a esta característica para las tres épocas de siembra mostró que los tres valores difirieron entre sí. La mayor altura la alcanzaron plantas que crecieron en la época E_{20} siendo de 166,8 cm. Las plantas más bajas crecieron en la época E_{40} con 104,9 cm.

Los resultados de las pruebas de "t" (Cuadro 4) no dieron valores significativos para altura en la época E_0 . En la época E_{20} se detectó significancia favor del frijol asociado, para las plantas que crecieron en las formas de siembra F_1 y F_2 . En la época E_{40} solo se detectó significancia para la forma de siembra F_1 .

Observando las matrices de correlación de variables en tres épocas de siembra, tanto para plantas sin asociar (testigos) como asociadas con maíz (Cuadros 6 y 7), se puede concluir en que la variable altura de planta (X_6) se correlacionó positivamente principalmente con las variables PSF (X_1), IAF (X_2), PSTPA (X_3) y RAF (X_5).

Peso seco foliar

El cuadro A15 muestra los cuadrados medios de esta variable y su significancia para los tratamientos aplicados. Se detectó significancia para época de siembra.

La prueba de Duncan (Cuadro 3) aplicada a esta característica bajo cada época de siembra mostró que las plantas que crecieron en E_0 y E_{40} fueron estadísticamente iguales en sus pesos

Cuadro 3. Resultado de las pruebas de Duncan* con las variables que fueron significativas en el análisis de la varianza. Datos de plantas de frijol var "CATE-1" cultivados en asociación con raíz en tres orientaciones, épocas y formas de siembra

Variables	Unidades	T r a t a m i e n t o s											
		Orientaciones			Épocas			Formas					
		O ₁	O ₂	O ₃	E ₀	E ₂₀	E ₄₀	F ₁	F ₂	F ₃			
Datos Biológicos**													
Altura plantas	(cm)				104,94c	166,89a	128,44b						
PS hojas	(g)				3,03b	5,03a	2,02b						
Area Foliar	(dm ²)				12,88b	22,48a	8,83b						
PS Parte Aérea	(g)				12,10a	16,80a	6,43b						
Indices Morfológicos del Crecimiento**													
Índice Area Foliar	(dm ² hojas/ dm ² suelo)				1,29b	2,25a	0,88b						
Razón Peso Foliar	(g hojas/ g total)				0,24b	0,31a	0,31a						
Razón Area Foliar	(dm ² hojas/ g total)				1,26ab	1,14b	1,32a	1,04b	1,38a	1,39a			
Componentes del Rendimiento***													
PS Semillas/Planta	(g)				8,32a	6,96b	7,76a	9,87a	7,06b	5,45c	6,86b	8,43a	7,66ab
PS Vainas/Planta	(g)				2,21a	1,85b	2,07a	2,69a	2,04b	1,46c	1,82b	2,27a	2,06a
N ^o Vainas/Planta								10,00a	7,00b	7,00b	7,00b	9,00a	8,00ab
N ^o Semillas/planta					41,00a	36,00b	38,00ab	51,00a	37,00b	27,00c	34,00b	42,00a	39,00ab

* = Valores con igual letra no mostraron diferencias significativas entre sí al nivel del 5%

** = Valores promedios de dos plantas

*** = Valores promedios de diez plantas

secos de hojas. El peso seco foliar fue significativamente mayor en plantas que crecieron en la época E_{20} las cuales alcanzaron los 5 gramos.

Las pruebas de "t" (Cuadro 4) no dieron valores significativos en E_0 . En E_{20} se detectó significancia a favor del frijol sólo en plantas sembradas en la forma F_2 con 11,1 g. En la época E_{40} se presentó significancia favorable al testigo en plantas sembradas en las formas F_2 y F_3 .

El estudio de correlación en plantas testigo y asociadas con maíz (Cuadros 6 y 7) mostró que el PSF (X_1) estuvo directamente correlacionado principalmente con las variables IAF (X_2), PSTPA (X_3), APT (X_5) y PSS (X_7).

Area foliar

El Cuadro A15 muestra los cuadrados medios del área foliar y su significancia para los tratamientos aplicados. Se puede ver que como otras variables, mostró diferencias significativas para épocas de siembra.

La prueba de Duncan (Cuadro 3) aplicada a esta característica en cada época de siembra mostró que en E_0 y E_{40} las áreas foliares fueron estadísticamente iguales con valores de 12,9 y 8,8 dm^2 respectivamente. Las plantas en E_{20} alcanzaron los valores más altos de área foliar llegando a 22,5 dm^2 .

La prueba de "t" (Cuadro 4) efectuada para comparar las medias entre plantas testigos sin asociar y asociadas, reveló que en E_0 no hubieron diferencias. En la E_{20} hubo diferencia, a favor del testigo, entre plantas sembradas en la forma F_2 . En la E_{40} se detectaron diferencias favorables al testigo en las formas de siembra F_2 y F_3 .

Cuadro 4. Resultado de las pruebas de "t" con las variables indicadas, comparando valores obtenidos de plantas de frijol "CATHIE-1" cultivadas sin asociar (testigos) vs. asociadas, en tres épocas y tres formas de siembra.

VARIABLES	Formas de siembra	E P O C A S					
		E ₀	E ₂₀	E ₄₀	\bar{X}_{A_1}	\bar{X}_{A_2}	\bar{X}_{A_3}
		\bar{X}_{A_0}	\bar{X}_{A_1}	\bar{X}_{A_2}	\bar{X}_{A_3}	\bar{X}_{A_4}	\bar{X}_{A_5}
Datos Biológicos (a 50 días)							
Altura planta (cm)	F ₁	65,67	88,33	103,00	187,5**	53,66	102,33**
	F ₂	104,33	106,35	123,33	163,33*	110,67	154,33
	F ₃	142,67	120,17	139,00	150,00	97,33	128,67
PS Hojas (g)	F ₁	2,05	2,28	4,96	5,72	2,26	1,79
	F ₂	2,58	2,99	11,11	4,48**	5,59	2,76**
	F ₃	4,15	3,41	10,47	4,87	6,46	1,60*
Area Foliar (dm ²)	F ₁	8,68	9,92	21,03	24,96	9,59	7,55
	F ₂	10,69	13,22	46,43	18,73**	23,35	11,00**
	F ₃	17,37	14,44	26,81	18,40	21,12	5,00*
Indices Morfológicos del Crecimiento							
IAF	F ₁	0,87	0,99	2,10	2,50	0,96	0,87
	F ₂	1,07	1,32	4,64	2,49*	2,34	1,11*
	F ₃	2,02	1,55	5,10	2,40	3,15	0,50*
RPF	F ₁	0,23	0,25	0,37	0,31	0,21	0,30
	F ₂	0,24	0,23	0,39	0,33	0,37	0,32
	F ₃	0,23	0,24	0,39	0,26	0,31	0,35
RAF	F ₁	0,98	1,04	1,55	1,41	0,78	1,32
	F ₂	0,98	0,99	1,64	1,55	1,54	1,35
	F ₃	1,16	1,05	1,90	1,28*	1,49	1,62

^c Media de tres valores promedios de plantas sin asociar (testigos)
^{oo} Media de seis valores promedios de plantas asociadas
 * Significativo. ** Altamente significativo.
 Valores sin asterisco promedios estadísticamente iguales.

Peso seco total de la parte aérea

El Cuadro A15 muestra los cuadrados medios de esta variable y su significancia para los tratamientos aplicados. Se detectó significancia para época de siembra.

La prueba de Duncan (Cuadro 3) aplicada a esta característica bajo cada época de siembra mostró que los pesos secos de las plantas en las épocas E_0 y E_{20} fueron estadísticamente iguales con pesos de 12,1 y 16,8 g respectivamente. Las plantas sembradas en E_{40} alcanzaron un peso seco de 6,43 g, que fue significativamente inferior al de las dos primeras épocas.

Los resultados de las pruebas de "t" (Cuadro 4) indican que en la época E_0 no hubo diferencias significativas en esta variable entre plantas testigo y asociadas. En las épocas E_{20} y E_{40} las diferencias significativas entre estos dos grupos se presentaron solamente entre plantas sembradas en la forma F_2 , superando el testigo.

El análisis de correlación de variables para plantas de frijol testigo (Cuadro 6) en las épocas de siembra, mostró que el peso seco de la parte aérea (X_3) estuvo positivamente correlacionado principalmente con las características PSF (X_1), IAF (X_2) y PSS (X_7). Con la variable APT (X_6) lo estuvo en las épocas E_0 y E_{20} .

En los casos de plantas asociadas PSTA (X_3) estuvo correlacionado positivamente con PSF (X_1) y IAF (X_2) en las tres épocas de siembra, y con APT (X_6) en las épocas E_0 y E_{40} . En la época E_{20} el peso seco de la parte aérea estuvo altamente correlacionado, pero en forma negativa, con RAF (X_5).

4.3.2 Indices morfológicos del crecimiento

Índice de área foliar

El Cuadro A15 contienen los cuadrados medios del IAF y su significancia para los tratamientos aplicados. Se detectó significancia para épocas de siembra.

La prueba de Duncan (Cuadro 3) aplicada a esta característica bajo cada época mostró que en la E_0 y E_{40} el IAF de las plantas fue igual, presentando valores de 1,29 y 0,88 respectivamente. Las plantas de la E_{20} alcanzaron 2,25 que fue el mayor valor de IAF, siendo estadísticamente diferente de los valores correspondientes a E_0 y E_{40} .

La prueba de "t" (Cuadro 4) no detectó diferencia entre las medias de IAF entre plantas testigo y asociadas. En E_{20} se observó diferencia estadística para la forma de siembra F_2 superando el testigo a las plantas asociadas. En la época E_{40} también se presentaron diferencias significativas de IAF entre plantas para las formas de siembra F_2 y F_3 . En todos los casos las plantas testigo superaron a las asociadas con maíz.

El análisis de correlación entre plantas de frijol testigo y entre las asociadas con maíz (Cuadros 6, 7) mostró que el IAF (X_2) estuvo correlacionado positivamente con PSF(X_1), PSTPA(X_3) y APt(X_6); en todos los casos. El PSS(X_7) solo estuvo correlacionado con IAF(X_2) en el caso de plantas testigo. La correlación entre IAF(X_2) y RAF(X_5), aunque significativa, fue errática.

Razón de peso foliar

El Cuadro A15 contiene los cuadrados medios de RPF y su significancia para los tratamientos aplicados. Se encontró significancia para época de siembra.

La prueba de Duncan (Cuadro 3) aplicada a esta característica para cada época de siembra, mostró que no hubo diferencia en RAF entre las épocas E_{20} y E_{40} cuyo valor común fue 0,31. El menor valor para esta variable se presentó en la E_0 siendo significativamente inferior a las demás.

La prueba de "t" (Cuadro 4) demostró que no hubo diferencias estadísticas entre las medias de plantas testigo y asociadas para ninguna de las épocas. Los valores oscilaron entre 0,23 y 0,39.

Las pruebas de correlación de $RPF(X_4)$ con las demás variables (Cuadros 6, 7), tanto para plantas testigo como asociadas, mostró que la $RAF(X_5)$ fue la característica que más frecuentemente se mostró correlacionada directamente y en forma positiva. En orden de importancia le siguió la $APt(X_6)$.

Razón de área foliar

El Cuadro A15 muestra los cuadrados medios de RAF y su significancia para los tratamientos aplicados. Se detectó significancia para orientaciones de surcos y épocas de siembra.

La prueba de Duncan (Cuadro 3) aplicada a esta característica mostró en primer lugar que hubo diferencia estadística entre O_2 y O_3 , pero por otra parte, las plantas de O_1 tuvieron la misma RAF que en O_2 y O_3 .

En relación con la época de siembra, los valores de esta variable fueron iguales para E_{20} y E_{40} que a su vez fueron superiores al de E_0 .

Las pruebas de "t" (Cuadro 4) muestran que solamente en E_{20} se detectó diferencia en RAF entre plantas testigo y asociadas en la forma de siembra F_3 . El valor más alto correspondió a las plantas testigo.

Las matrices de correlación entre variables para plantas testigo y asociadas mostró que, en forma general, las variables RPF(X_4) y APt(X_6) fueron las que aparecieron más frecuentemente correlacionadas en forma significativa con la Razón de Área foliar.

4.3.3 Componentes del rendimiento del frijol

Peso seco de semillas por planta

El Cuadro Al6 muestra los cuadrados medios de esta variable y su significancia para los tratamientos aplicados. Se detectó significancia para Época de siembra, Orientación y Forma de siembra.

La prueba de Duncan (Cuadro 3) aplicada a esta característica bajo cada orientación de surco mostró que su valor fue más alto para las plantas que crecieron en O_1 y O_3 siendo iguales entre sí y superiores al de las plantas que en O_2 .

Todas las épocas tuvieron marcado efecto en esta característica ocupando el primer lugar E_0 con plantas que produjeron 9,87 g; disminuyendo los valores a medida que aumentó el tiempo de siembra del frijol alcanzándose valores de 7,06 g en la E_{20} y 5,45 g en la E_{40} .

La forma de siembra F_2 dió el valor promedio más alto de PS de semillas con 8,43 g, superior estadísticamente a F_1 con valor 6,86 g. Entre estas dos formas y la F_3 , con producción promedio de 7,68 g/planta, no se detectó diferencia.

La prueba de "t" (Cuadro 5) muestra que para todas las épocas, los promedios de las plantas testigo en las formas de siembra F_2 y F_3 , superaron significativamente a las asociadas.

Cuadro 5. Resultado de las pruebas de "t" con las variables indicadas, comparando valores obtenidos de plantas de frijol "CATE-1" cultivados sin asociar (testigo) vs. asociados en tres épocas y tres formas de siembra

V a r i a b l e s	Formas de siembra	E P O C A S					
		\bar{X}_0^0	\bar{X}_1^{00}	\bar{X}_0^{20}	\bar{X}_1^{20}	\bar{X}_0^{40}	\bar{X}_1^{40}
Componentes del Rendimiento							
PS semillas/planta (S)	F1	11,58	8,96	9,87	7,86	5,43	4,32
	F2	25,96	10,53**	44,71	7,93**	22,25	6,88**
	F3	19,63	10,12**	30,87	7,63**	23,04	5,23**
PS vainas/planta (S)	F1	3,22	2,39	2,74	1,94	1,51	1,13*
	F2	7,21	2,81**	12,43	2,11**	6,19	1,93**
	F3	5,18	2,70*	8,59	2,05**	6,40	1,40**
PS 100 semillas (S)	F1	22,21	19,73**	20,73	21,07	19,3	19,54
	F2	22,01	19,44	20,05	20,48	19,87	20,36
	F3	21,15	18,77	21,10	20,34	19,43	19,81
No. vainas/planta	F1	10,9	9,2	11,0	6,7	6,9	6,3
	F2	21,5	11,2 **	38,9	7,8 **	22,6	7,6 **
	F3	20,5	10,8 **	26,7	7,5 **	23,5	5,6 **
No. semillas/planta	F1	51,93	44,97	47,73	34,73	27,53	22,00
	F2	119,2	54,37**	222,06	38,63**	112,53	33,60**
	F3	114,4	53,53**	146,47	37,27**	118,60	26,00**

0 Media de tres valores promedios de plantas sin asociar (testigos)

00 Media de seis valores promedios de plantas asociadas

* Significativo

** Altamente significativo

Ausencia de asteriscos significa promedios estadísticamente iguales

La matriz de correlación entre plantas testigo (Cuadro 6) mostró que el PSS(X_7) estuvo correlacionado principalmente con PSF(X_1), IAF(X_2) y PSTPA(X_3) en las tres épocas y en forma positiva. En el caso de las plantas que se cultivaron asociadas (Cuadro 7) el PSS(X_7) no estuvo correlacionado con ninguna variable.

Peso seco de vainas por planta

El Cuadro A16 muestra los cuadrados medios de esta variable y su significancia. Se detectó significancia para Epoca de siembra, Orientación y Formas de siembra.

La prueba de Duncan (Cuadro 3) aplicada a esta característica mostró que el peso seco de las vainas fue superior en las plantas que crecieron en las orientaciones O_1 y O_3 siendo en ambos casos los valores iguales y superiores al de O_2 . En el caso del efecto de las épocas, los valores de esta variable fueron disminuyendo progresivamente para E_0 , E_{20} y E_{40} . En el caso de las formas de siembra, las F_2 y F_3 produjeron los valores mas altos que fueron iguales entre sí y diferentes al de F_1 .

La prueba de "t" (Cuadro 5) mostró que en las E_0 , E_{20} y E_{40} el peso seco de vainas de las plantas testigo fue superior al de las plantas asociadas tanto en la forma de siembra F_1 como en la F_2 .

Número de vainas por planta

El Cuadro A16 exhibe los cuadrados medios de esta variable y su significancia para los tratamientos aplicados. Se encontró significancia para Epocas y Formas de siembra pero no para Orientaciones de surco.

Cuadro 6. Matriz de correlación entre las variables indicadas, de plantas testigos de frijol en tres épocas de siembra

Épocas	V A R I A B L E S						
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
E ₀	X ₁	1,00					
	X ₂	0,98**	1,00				
	X ₃	0,96**	0,96**	1,00			
	X ₄	0,38ns	0,33ns	0,16ns	1,00		
	X ₅	0,71*	0,72*	0,97**	0,79*	1,00	
	X ₆	0,86**	0,86**	0,97**	0,32ns	0,67*	1,00
	X ₇	0,70*	0,72*	0,70*	-0,41ns	-0,55ns	0,27ns
E ₂₀	X ₁	1,00					
	X ₂	0,98**	1,00				
	X ₃	0,97**	0,96**	1,00			
	X ₄	0,12ns	0,15ns	-0,05ns	1,00		
	X ₅	0,26ns	0,33ns	0,07ns	0,85**	1,00	
	X ₆	0,74*	0,72*	0,69*	0,41ns	0,64ns	1,00
	X ₇	0,75*	0,69*	0,74*	0,11ns	-0,63ns	0,54ns
E ₄₀	X ₁	1,00					
	X ₂	0,98**	1,00				
	X ₃	0,73*	0,76*	1,00			
	X ₄	0,53ns	0,06ns	-0,17ns	1,00		
	X ₅	0,52ns	0,48ns	-0,13ns	0,95**	1,00	
	X ₆	0,83**	0,76*	0,38ns	0,75*	0,69*	1,00
	X ₇	0,74*	0,71*	0,82**	0,72*	-0,67*	0,80**

Símbolos: X₁ = Peso seco foliar (PSF)
 X₂ = Índice área foliar (IAF)
 X₃ = Peso seco total parte aérea (PSTPA)
 X₄ = Razón de peso foliar (RPF)
 X₅ = Razón de área foliar (RAF)
 X₆ = Altura de plantas (APt)
 X₇ = Peso seco de semillas (PSS)
 * = Significativo al 5% (mayor de 0,666)
 ** = Significativo al 1% (mayor de 0,798)

La prueba de Duncan (Cuadro 3) realizada para esta característica bajo diferentes épocas y formas de siembra, mostró que las plantas en E₀ formaron un número de vainas superior a las E₂₀ y E₄₀ que a su vez fueron iguales entre sí. En el caso del efecto de las formas de siembra, las plantas en F₂ y F₃ produjeron significativamente más vainas que las que crecieron en F₁.

Cuadro 7. Matriz de correlación entre las variables indicadas, en plantas de frijol asociado en tres épocas de siembra

Épocas	V A R I A B L E S						
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
E ₀	X ₁	1,00					
	X ₂	0,98**	1,00				
	X ₃	0,89**	0,85**	1,00			
	X ₄	0,57*	0,59**	0,17ns	1,00		
	X ₅	0,49*	0,55*	0,08ns	0,94**	1,00	
	X ₆	0,80**	0,80**	0,71**	0,53*	0,49*	1,00
	X ₇	0,29ns	0,21ns	0,39ns	0,04ns	-0,13ns	0,21ns
E ₂₀	X ₁	1,00					
	X ₂	0,96**	1,00				
	X ₃	0,88**	0,92**	1,00			
	X ₄	0,35ns	0,46ns	0,34ns	1,00		
	X ₅	-0,53*	-0,55*	-0,82**	-0,07ns	1,00	
	X ₆	0,62**	0,55*	0,42ns	0,18ns	0,24ns	1,00
	X ₇	0,32ns	0,32ns	0,15ns	0,16ns	-0,09ns	0,02ns
E ₄₀	X ₁	1,00					
	X ₂	0,99**	1,00				
	X ₃	0,97**	0,97**	1,00			
	X ₄	-0,16ns	-0,13ns	-0,30ns	1,00		
	X ₅	-0,30ns	-0,26ns	-0,43ns	0,86**	1,00	
	X ₆	0,76**	0,77**	0,69**	0,18ns	0,57*	1,00
	X ₇	0,42ns	0,40ns	0,33ns	0,15ns	-0,10ns	0,05ns

Símbolos: X₁ = Peso seco foliar (PSF)
 X₂ = Índice área foliar (IAF)
 X₃ = Peso seco total parte aérea (PSTPA)
 X₄ = Razón de peso foliar (RPF)
 X₅ = Razón de área foliar (RAF)
 X₆ = Altura de plantas (APT)
 X₇ = Peso seco de semillas (PSS)
 * = Significativo al 5% (mayor de 0,468)
 ** = Significativo al 1% (mayor de 0,590)

Las pruebas de "t" (Cuadro 5) mostraron que, en las formas de siembra F₂ y F₃, hubo diferencia estadística para todas las épocas, entre plantas testigo y asociadas a favor de las primeras; la excepción se presentó con las plantas que crecieron en la forma F₁ donde no hubo diferencias estadísticas entre sus medias.

Número de semillas por planta

El Cuadro Al6 muestra los cuadrados medios del número de semillas por planta y su significancia, notándose que se detectó significancia para Orientación, Época y Forma de siembra.

La prueba de Duncan (Cuadro 3) efectuada a esta característica bajo orientaciones de surcos, forma y épocas de siembra mostró que las plantas en la orientación O_1 dieron igual número de semillas que las de O_3 y estas a su vez igual que O_2 . Las plantas sembradas en las formas F_2 y F_3 fueron superiores en producción a las que crecieron en la F_1 . En el caso de las épocas, esta variable mostró tendencia a disminuir progresivamente de E_0 a E_{40} .

La prueba de "t" (Cuadro 5) hecha a esta variable muestra que las plantas testigo cultivadas en las formas F_2 y F_3 , para todas las épocas, fueron significativamente superiores a las asociadas. Plantas cultivadas en la forma F_1 mostraron valores decrecientes a medida que aumentaba el tiempo para incluir el frijol en la asociación.

Peso seco de 100 semillas

En Cuadro Al6 muestra los cuadrados medios de esta variable, en este se puede ver que no se registró significancia para los tratamientos aplicados.

La prueba de "t" (Cuadro 7) no mostró diferencias entre promedios de testigo y plantas asociadas. Una excepción se presentó en la época E_0 para la forma de siembra F_1 donde las plantas testigo superaron las asociadas.

4.3.4 Rendimiento del frijol por hectárea (100000 plantas)

El Cuadro A17 muestra los cuadrados medios correspondientes a esta población y su significancia para los tratamientos aplicados, notándose significancia para Asociaciones, Épocas e interacción de ambos.

La prueba de Duncan (Cuadro 8) con valores calculados con base a los rendimientos de 60 plantas para cada caso, realizada para dos sistemas de asociación del frijol y tres épocas de siembra, indica que los rendimientos promedio ($\bar{X}E$) de E_0 y de E_{20} fueron iguales entre sí y superiores a los promedios de E_{40} . En el caso de los sistemas de asociación ($\bar{X}A$) los valores correspondientes a A_0 superaron a los de A_1 .

Las interacciones de E_0 y E_{20} con A_0 dieron valores de 2,57 y 3,22 Tm/ha respectivamente, que resultaron estadísticamente iguales. Estos a su vez superaron a la interacción $E_{40} \times A_0$. La interacción $E_0 \times A_1$ fue estadísticamente inferior a los valores de las interacciones de épocas con A_0 . La interacción $E_0 \times A_1$, con valor 0,98 Tm/ha, superó estadísticamente a las interacciones $E_{20} \times A_1$ y $E_{40} \times A_1$.

4.3.5 Rendimiento del maíz por hectárea (30000 plantas)

El Cuadro A18 muestra los cuadrados medios de esta variable determinándose significancia para tratamientos.

La prueba de Duncan (Cuadro 9) efectuada a esta característica bajo los tratamientos de asociación, muestra rendimientos significativos mayores para las plantas cultivadas sin asociar (T_0) con 4,48 Tm/ha. Las asociaciones en las cuales participó el frijol cuando el maíz tenía 20 días de sembrado (T_2) y cuando

Cuadro 8. Resultado de las pruebas de Duncan* para asociaciones, épocas de siembra y sus interacciones, en la característica: rendimientos** (Tn) de 100.000 plantas/ha de frijol var "CATIE-1"

	A_0	A_1	\bar{X}_E
E_0	2,57a	0,98c	1,78a
E_{20}	3,22a	0,76d	1,99a
E_{40}	2,14b	0,64d	1,39b
\bar{X}_A	2,64a	0,79d	

* Nivel 5%.

** Valores calculados con base a los rendimientos de 60 plantas para cada caso, contenido de humedad del grano 12%

A_0 = frijol solo, A_1 = frijol asociado

cumplió 40 días (T_3) fueron estadísticamente iguales entre sí y a la vez significativamente superiores a la siembra simultánea (T_1).

4.4 Investigaciones Adicionales

4.4.1 Predicción del área y peso seco foliar en función del ancho del foliolo central

Luego del análisis de regresión entre peso de hojas con el ancho del foliolo central, se determinó que las curvas de tendencia logarítmica dieron los coeficientes de confiabilidad (R^2) más altos para las tres formas de siembra (Figs. A4, A5, A6). Para este trabajo se usaron indistintamente plantas asociadas y sin asociar dentro de cada forma de siembra.

En el caso de las regresiones entre área foliar y el ancho del foliolo central, para el caso de plantas dentro de envases (F_1), la curva de mayor confiabilidad fue de tendencia logarítmica. Para las otras dos formas de siembra (F_2 y F_3) las curvas con mayor confiabilidad resultaron de tendencia cuadrática.

Cuadro 9. Resultado de las pruebas de Duncan* con los rendimientos** (Tn) de 40.000 plantas/ha de maíz var "Tuxpeño" cultivado sin asociar y asociado con frijol a diferentes épocas

T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
4,48a	3,06c	3,98b	4,07b

* Nivel 5%

** Valores calculados con base a los rendimientos de 32 plantas para cada caso, contenido de humedad del grano 12%.

T₀ = maíz solo

T₁ = siembra simultánea frijol y maíz

T₂ = siembra del frijol 20 días después que el maíz

T₃ = siembra del frijol 40 días después que el maíz.

4.4.2 Distribución de frutos en el tallo del frijol

El Cuadro A19 contiene los valores promedios de la distribución espacial de los frutos de frijol a lo largo del tallo principal de la planta testigo. De este cuadro se infiere que la mayor concentración de frutos se localizó en los primeros 50 cm desde el nivel del suelo, aproximadamente el tercio interior del tallo, conteniendo porcentajes del total de frutos que van del 52,6% al 89,6%.

El Cuadro A20 muestra los resultados de las pruebas de "t" realizadas para el porcentaje de frutos en los primeros 50 cm y otras características. De aquí se deduce que los mayores promedios de alturas los alcanzaron las plantas cultivadas en la época E₀ las cuales fueron más altas que las plantas de las demás épocas.

En las comparaciones de las alturas entre orientaciones no se detectaron diferencias estadísticas. Esta misma situación, para todas las comparaciones, se presentó al comparar el espacio sin vainas y también el porcentaje de frutos acumulados en el tercio inferior de la longitud del tallo.

En el caso del peso seco de semillas solamente se encontraron diferencias al comparar los valores correspondientes a E_0 con E_{40} y E_{20} con E_{40} .

5. DISCUSION

5.1 Condiciones Macro y Microclimáticas

Las condiciones macroclimáticas durante el experimento se caracterizaron por una alta radiación que fue progresivamente aumentando la cual estuvo acompañada por un incremento en promedio de temperatura máxima y una disminución en precipitación. Estas condiciones fueron anormales si se comparan con los datos para 31 años (Fig. A7) correspondientes a los mismos meses en que se realizó este experimento. La ocurrencia de veranos anormalmente secos y cielo despejado ha sido frecuente en los últimos años en la zona.

La condición de radiación no interceptada, dentro de las hileras de maíz, durante su ciclo de vida, variaron poco por efecto de la presencia del frijol en las tres épocas en que se le sembró. Estas condiciones variaron dentro de cada época de 100% a aproximadamente 30% correspondiendo este último valor a los 70 días de edad del maíz. Estos valores de no intercepción son semejantes a los obtenidos por Donnad, Fritschen y Shaw (17).

La orientación de los surcos no influyó en la radiación acumulada total que recibieron las plantas de frijol asociadas con maíz. A este hecho no se le ha encontrado explicación satisfactoria ya que en los primeros meses del experimento, invierno para el hemisferio norte, la luz solar incidió oblicuamente sobre el terreno por lo que los espacios entre las hileras con orientación E - O permanecieron sombradas la mayor parte del ciclo de vida del maíz.

La cantidad de radiación recibida por las plantas de frijol dentro del cultivo del maíz fue disminuyendo conforme se retrasó la fecha de siembra debido a que las plantas de maíz aumentaban de altura con el paso del tiempo. El incremento progresivo de radiación externa hizo que las diferencias en radiación recibida por el frijol en las tres épocas de siembra fueran menores.

Las temperaturas promedio máximas y mínimas fuera y dentro de los cultivos en cada época, fueron casi iguales lo cual podría significar que la masa de vegetación de los cultivos asociados tuvo poco efecto amortiguador en las variaciones de temperatura. Consecuentemente los grados día acumulados variaron poco en ambas condiciones. La escasa nubosidad pudo haber influido en estos resultados.

La humedad relativa mínima fue siempre superior dentro de los cultivos debido principalmente a que la transpiración es más activa en las horas en que la temperatura es más alta.

Por otra parte el número de horas al 100% de HR fue mayor fuera que dentro de los cultivos debido probablemente a que durante la noche la temperatura descendió más rápidamente en el exterior del sembrado.

5.2 Variaciones de los Datos Biológicos

Los datos biológicos sobre aspectos vegetativos del frijol se vieron influenciados por la época de siembra. En general la siembra del frijol con 20 días de atraso a la época de siembra del maíz, dió valores significativamente más altos que los correspondientes a otras épocas de siembra. Luego de estudiar los datos de radiación y precipitación acumulados durante cada época se

podría concluir que estas condiciones no fueron las responsables de las diferencias anotadas.

De acuerdo con Sanabria (39), el maíz presenta dos máximas en las curvas de absorción de agua y nutrimentos, a los 50 y 90 días aproximadamente. El frijol presenta solamente una máxima a los 50 días. Al sembrar el frijol con 20 días de atraso con respecto al maíz, su período de máxima exigencia cae entre los dos períodos de máxima demanda del maíz, por lo cual el efecto de la competencia radical pudo ser menos notable.

Los datos correspondientes al frijol sembrado 40 días después que el maíz fueron generalmente inferiores a los de las plantas que se sembraron simultáneamente. En este caso la edad de máxima exigencia del frijol coincidió con la segunda máxima del maíz, lo cual, junto con la baja precipitación que recibieron las plantas, tuvo un efecto limitante en el crecimiento. Las orientaciones de surco y las formas de siembra, en el caso de plantas de frijol asociadas con maíz, no tuvieron efecto sobre las variables biológicas posiblemente porque no produjeron cambios de importancia en las condiciones microclimáticas.

Comparando los datos biológicos de plantas de frijol sin asociar con los de las asociadas, se notó que la altura de las plantas tendió a ser superior en este último caso, para casi todas las épocas y formas de siembra. Esta respuesta se debió a la competencia por luz y coincide con lo reportado por los investigadores del CIAT, Moreland (15, 35) en frijol común y por Schoch y Santos Candelario (41) en Vigna sinensis.

Aunque de acuerdo a la literatura sobre área foliar en condiciones de invernadero (39, 41) era de esperarse que las plantas

de frijol asociadas con maíz tuvieran una área foliar significativamente superior a las no asociadas, esto no ocurrió en las condiciones de este experimento, en el caso de plantas que crecieron fuera de los envases. En el caso de las plantas con sus raíces en envases, y por lo tanto sin competir con el maíz a nivel radical, si se notó tendencia a aumentar el área con el sombreado. Las observaciones anteriores son válidas para el peso seco de hojas que es también una expresión del área foliar.

En general, entre los datos biológicos, el peso seco de las hojas fue la variable que más frecuentemente se mostró correlacionada en forma significativa y positiva, con el mayor número de características. Le siguió en importancia el peso seco total de la parte aérea y la altura de la planta.

5.3 Variaciones en los Índices Morfológicos

Los tratamientos de orientación de surcos y formas de siembra tuvieron poco efecto sobre estos índices en las plantas de frijol asociadas con maíz. Como ocurrió con los datos biológicos, la época de siembra fue el tratamiento que tuvo más influencia sobre estos índices y entre ellos la siembra del frijol con un retraso de 20 días con respecto al maíz. Las razones de estas respuestas pueden considerarse las mismas que se dieron por los datos biológicos ya que estos índices se generaron en base a dichos datos.

La proporción de biomasa que se destinó a la elaboración de follaje fue superior en las plantas de frijol que se sembraron 20 y 40 días después de que se sembró el maíz estos es lo que mostraron los datos de las razones de peso y área foliar.

Las diferencias entre los índices morfológicos que resultaron al comparar plantas de frijol testigo con plantas asociadas no fueron significativos en la mayor parte de los casos. Una explicación para estos resultados es que la proporción entre los datos de estos índices es poco afectado por factores externos sino por factores genéticos.

Entre los índices morfológicos, la Razón de área foliar fue la variable más frecuentemente correlacionada con los demás índices y a veces en forma negativa como en el caso de los rendimientos. Este resultado concuerda con lo encontrado por Ascencio y Fargas (9). Esto era de esperarse ya que las hojas son los órganos más importantes en el proceso fotosintético que es el origen de la biomasa en las plantas.

5.4 Componentes del Rendimiento

Todos los tratamientos aplicados a las plantas de frijol influyeron sobre los componentes del rendimiento. Las orientaciones E-O y NO-SE indujeron en las plantas a producir mayor PS de semillas, PS de vainas y número de semillas por planta que la NE-SO.

La influencia de las orientaciones se notó en los procesos reproductivos y no en los datos biológicos e índices morfológicos que evalúan el crecimiento vegetativo. Esto pudo deberse a que en este último caso la variabilidad de las muestras no fue suficiente para detectar diferencias significativas.

Las épocas de siembra influyeron también en los componentes del rendimiento, siendo la siembra simultánea del frijol y maíz la que produjo mayores valores de PS de semillas y de vainas por

planta. Los valores de estas variables disminuyeron conforme se atrasó la siembra del frijol. Estas observaciones coinciden con las de Moreno, Turrent y Nuñez (36). Por el contrario en el caso de los datos biológicos e índices morfológicos, fue la siembra del frijol con 20 días de atraso la que produjo los valores más altos en estas variables.

La razón de las diferencias del rendimiento del frijol para las tres épocas de siembra se encuentra probablemente en la disponibilidad de agua ya que la siembra simultánea se realizó al final del período de lluvias por lo que las plantas dispusieron de mayor humedad en el suelo durante su ciclo, en comparación con las plantas que se sembraron 20 y 40 días después. Según Malagamba (29) la escasez de agua en el frijol durante la época de floración y llenado de frutos produce la abscisión de ellos que se refleja en bajos rendimientos. La escasez de agua en otras etapas del crecimiento no es tan perjudicial para los rendimientos.

En el caso del efecto de las formas de siembra, se notó que la alteración del suelo mediante remoción de la tierra a 30 cm de profundidad en el sitio de siembra, produjo los valores más altos para los componentes del rendimiento aunque estadísticamente resultaron iguales a los de las plantas en suelo sin alterar.

Los valores más bajos correspondieron al de plantas con las raíces en envases, debido probablemente a las altas tensiones matriciales del agua en el suelo contenido en ellos. Esta situación hídrica se originó por la falta de lluvias ya que el envase impidió el ascenso natural de humedad del suelo hacia las raíces.

En el caso de las plantas sembradas fuera de los envases, la comparación de los valores de los componentes del rendimiento entre plantas sin asociar y asociadas mostró que en la mayoría de los casos las plantas sin asociar superaron estadísticamente a las otras. Estos resultados podrían atribuirse a competencia radical ya que al cultivar plantas de frijol sin asociar y en asociación con maíz pero en solución nutritiva, los resultados fueron opuestos a los obtenidos en este trabajo (39). Por otra parte, cuando se compararon los componentes del rendimiento entre plantas asociadas y sin asociar sembradas dentro de envases, no se detectaron diferencias significativas.

5.5 Rendimientos del Frijol

El promedio de los rendimientos (Tn/ha) de las plantas de frijol sin asociar fue 3,3 veces superior al de las asociaciones con maíz debido principalmente a la competencia a nivel radical que impone el cultivo del maíz.

Dentro de las plantas sin asociar, la mejor época de siembra fue la que se hizo en la fecha que coincidió con la segunda siembra del frijol asociado con maíz.

En el grupo de plantas asociadas la mejor época de siembra fue la que se realizó simultáneamente con el maíz. Estos resultados son semejantes a los obtenidos por Moreno, Turrent y Núñez (36).

En plantas sin asociar, las variables que mostraron correlación con los rendimientos, expresado como peso seco de semillas por planta, fueron el Peso seco foliar, Índice de área foliar y Peso seco total de la parte aérea. Arruda (2) obtuvo resultados semejantes con plantas de frijol común.

En el caso de plantas asociadas las variables mencionadas no estuvieron correlacionada con el Peso seco de semillas por planta. Las condiciones de competencia impuestas por el maíz probablemente motivaron este comportamiento opuesto al del caso anterior.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las condiciones macroclimáticas que existieron durante los meses que duró el experimento no fueron representativas de las condiciones que generalmente existen en la Zona de Turrialba en ese período. La lluvia fue el factor que más se apartó del promedio. Por lo tanto los resultados y las conclusiones a que se llega en este trabajo estuvieron influenciados por estas condiciones.

De los tratamientos a que se sometieron las plantas, las épocas de siembra fueron las que influyeron más sobre las variables estudiadas. En segundo lugar estuvieron las orientaciones de surco y por último las formas de siembra cuyo efecto se notó solamente en los componentes del rendimiento.

En términos generales, entre plantas asociadas, la siembra simultánea frijol y maíz, produjo los mayores valores para rendimientos del frijol y sus componentes. Por lo contrario, desde el punto de vista del crecimiento vegetativo, la siembra del frijol veinte días después de la del maíz produjo los mayores valores en los datos biológicos e índices morfológicos.

El maíz a su vez, se afectó negativamente más en su crecimiento y rendimiento cuando se lo sembró simultáneo con el frijol. Se notó un incremento progresivo de los rendimientos del maíz conforme se atrasó la siembra del frijol.

En las orientaciones de surco E-O y NO-SE, las plantas asociadas de frijol produjeron los mayores valores de componentes del rendimiento.

En la forma normal de siembra que en este trabajo se llamó F_3 , los valores correspondientes a rendimiento y sus componentes

para plantas de frijol sin asociar (testigos) superaron siempre al de las asociadas.

La competencia a nivel radical y no por luz pudo ser el factor que mas repercusión tuvo en los resultados, obtenidos en las condiciones de este experimento.

Considerando las conclusiones anteriores y las condiciones climáticas que prevalecieron durante el experimento, se puede recomendar la siembra simultánea del frijol y maíz en la última semana de noviembre porque aunque el rendimiento del maíz fue inferior al de otras épocas de siembra del frijol, el rendimiento de este último fue máximo, y debido al mayor precio que tiene en el mercado, las ganancias que el sistema dará al agricultor serán mayores.

Siempre que el desnivel y otras condiciones del terreno lo permitan, se aconseja orientar los surcos de siembra en las direcciones E-O ó No-SE.

De acuerdo a los datos climáticos de la Fig. A7 la época en que se realizó el experimento fue anormalmente seca por lo que se deberían verificar los resultados de este experimento en la misma época.

7. RESUMEN

Debido a la importancia económica del frijol y a la escasa información sobre sus respuestas a las condiciones de luz y de otros factores microclimáticos cuando se lo cultiva asociado, se decidió realizar el presente trabajo con el fin de estudiar esas respuestas.

Se cultivaron plantas de maíz var. 'Tuxpeño', semilla crema, planta baja en asociación con frijol común (Phaseolus vulgaris) var. 'CATIE-1' semilla negra y de crecimiento indeterminado, en condiciones de campo.

Los tratamientos aplicados fueron: tres épocas de siembra con relación a la del maíz, siembra simultánea (E_0), frijol 20 días después que el maíz (E_{20}) y 40 días después que el maíz (E_{40}). Tres orientaciones de surco: Este-Oeste (O_1), Noreste-Suroeste (O_2) y Noroeste-Sureste (O_3). Tres formas de siembra: dentro de envases (F_1), fuera de envases en suelo alterado hasta 30 cm (F_2) y en suelo preparado en la forma corriente (F_3).

El diseño experimental fue en parcelas divididas.

Se determinaron variables biológicas a los 50 días del ciclo del frijol (altura de plantas, peso seco de hojas, peso seco de parte aérea y área foliar). Índices morfométricos del crecimiento a los 50 días del ciclo del frijol (índice de área foliar, razón de área foliar y razón de peso foliar). Componentes del rendimiento a los 90 días de permanencia de las plantas en el campo (peso seco semillas/planta, peso seco vainas/planta, número vainas/planta, número de semillas/planta, peso seco 100 semillas y número semillas/vaina).

En forma general, de los datos obtenidos se concluyó que las épocas de siembra afectaron todas las variables. Las orientaciones de surco afectaron principalmente la razón de área foliar y los componentes del rendimiento. Las formas de siembra solamente influyeron sobre los componentes del rendimiento.

Cuando los dos cultivos se sembraron en E_0 el frijol produjo valores de variables biológicas e índices morfológicas menores con respecto a los de E_{20} . Los componentes del rendimiento durante E_0 fueron estadísticamente superiores a las de E_{20} y E_{40} .

Con la siembra simultánea el maíz se afectó negativamente tanto en su crecimiento como en su producción, comparándolo con plantas sin asociar. Conforme se retrasó la siembra del frijol los rendimientos del maíz tendieron a aumentar y los del frijol a bajar.

Las orientaciones de surco O_1 y O_3 produjeron los mayores valores en los componentes del rendimiento.

Comparando los datos provenientes de plantas en envases sin asociar y asociadas con maíz, en cada época de siembra, se concluyó que las condiciones de sombra impuestas por el maíz no tuvieron efecto significativo en el crecimiento vegetativo y reproductivo del frijol excepto en la altura de las plantas para la E_{20} y E_{40} .

7a. SUMMARY

The objective of this experiment was to study the effect of solar radiation and other microenvironmental conditions on a bean (Phaseolus vulgaris) crop, grown in association with corn (Zea mays).

Treatments applied to induce microclimatic variations were:

- 1- Three sowing times for corn; simultaneous sowing (E_0), beans 20 days after corn (E_{20}), and 40 days after corn (E_{40}).
- 2- Three row orientations: East-West (O_1), Northeast-Southwest (O_2) and Northwest-Southeast (O_3).
- 3- Three sowing methods: in containers (F_1) in disturbed soil, upto 30 cm in depth (F_2) and in soil prepared with a rotovator (F_3).

The experimental design consisted of divided plots.

Biological variables were determined fifty days after the bean cycle (plant height, leaves' dry weight, aerial parts' dry weight and leaves' area), morphological growth indexes after fifty days of the bean cycle (leaves' area index, leaves' area and leaves' weight ratio), yield components after plants were ninety days in the field (seed dry weight/plants, fruit dry weight/plant, fruit number/plant, seed number/plant, 100 seeds/dry weight and seed number /fruit).

It was concluded from this data, that the sowing time influenced all bean parameters. Row orientation mainly influenced the leaves' area ratio and yield components, and these last parameters were affected by sowing methods.

When the two crops were sown at E_0 , the bean plants showed lower values of biological variables and morphological indexes in relation to E_{20} . The bean yield components during E_0 were statistically higher than at E_{20} and E_{40} .

Corn was affected negatively as an associated crop in vegetative growth and yields as compared to a monocrop. Bean sowing delays caused corn yield increases and diminished bean yields.

Row orientations O_1 and O_3 showed the highest values in bean yield components.

As to bean plants grown in containers, corn shade conditions did not have any significant effect on vegetative growth and yield, except on plant height at E_{20} and E_{40} .

8. LITERATURA CITADA

1. AGUIRRE, V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, IICA-CTEI. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 138 p.
2. ARRUDA, H. V. Correlação entre o pêsso da planta e o das sementes, em variedades de feijoeiros. *Bragantia*, Campinas, 16(26):385-388. 1957.
3. ALLEN, L. H. Model of light penetration into a wide-row crop. *Agronomy Journal* 66(1):41-46. 1974.
4. ALMACENES SUPERIOR. Catalogo agrícola. ed. R. Schlager G. Costa Rica, 1974. 160 p.
5. ALVIM, R. y ALVIM, P. de T. Efeito da densidade de plantio no aproveitamento da energia luminosa pelo milho (Zea mays) e pelo feijão (Phaseolus vulgaris), en culturas exclusivas e consorciadas. Turrialba, Costa Rica, 19(3):389-393. 1969.
6. ANEZQUITA, C. E. Estudios hidrológicos y edafológicos para conservación de aguas y suelos en Turrialba, Costa Rica, IICA-CTEI. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1974. 212 p.
7. ARZE, B.J.A. Condiciones de radiación solar y otros factores microclimáticos en un cultivo de maíz (Zea mays), a diferentes densidades y orientaciones de surco. Tesis Mag. Sc. San José, Costa Rica, UCR-CATIE, 1975. 100 p.
8. ASCENCIO, CH. J. Análisis del crecimiento y eficiencia fotosintética del frijol (Phaseolus vulgaris L. var. Turrialba-4) cultivado en solución nutritiva. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 98 p.
9. _____, y FARGAS, J. E. Análisis del crecimiento del frijol (Phaseolus vulgaris L. var 'Turrialba-4') cultivado en solución nutritiva. Turrialba, Costa Rica, 23(4):420-427. 1973.
10. AZOCAR, A. y MEDINA, E. Análisis de la síntesis de clorofila, translocación de nitrógeno y actividad fotoquímica de cloroplastos de (Phaseolus vulgaris). *Acta Científica Venezolana* (resumen), 21(suplemente no. 1):50. 1970.
11. BARRIOS, G. A. y RAMOS V., D. Bibliografía venezolana de leguminosas de grano. Maracay, Venezuela, MAC, 1973. 44 p.
12. BIEBEL, J. P. Some effects of radiant energy in relation to etiolation. *Plant Physiology* 17(3):377-396. 1942.

13. BRANDES, D., et al. Efeitos da população de plantas e da época de plantío no crescimento do feijoeiro (Phaseolus vulgaris). III. Intercepção de luz e eficiência de conversão da energia solar. Experientiae, Viçosa, 15(1): 23-30. 1973.
14. CENTRO INTERAMERICANO DE DOCUMENTACION E INFORMACION AGRICOLA. Frijol (Phaseolus spp.). Ed. acumulada. Turrialba, Costa Rica, 1972. 299 p. (IICA Bibliografías no. 4).
15. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Annual report 1973. Cali, Colombia, CIAT, 1973. 161 p.
16. DALE, J. E. Leaf growth in (Phaseolus vulgaris). II. Temperature effects and the light factors. Annals of Botany (n.s.) 29(114):293-308. 1975.
17. DENMEAD, D. R., FRITSCHEN, L. J. y SHAW, R. H. Spatial distribution of net radiation in a corn field. Agronomy Journal 54(6):505-510. 1962.
18. DONALD, C. H. Competition for light in crops and pastures. In Symposia of the Society for Experimental Biology. XV. Mechanisms in biological competition. Great Britain, Cambridge Press, 1961. pp. 282-313.
19. EL SALVADOR. Servicio Cooperativo Agrícola Salvadoreño-Americano. Métodos de siembra del frijol con y sin maíz. In El Salvador, Servicio Cooperativo Salvadoreño-Americano, Centro Nacional de Agronomía, Informe, 1959. Santa Tecla, 1959. pp. 74-78.
20. ENYI, B.A.C. Effects of intercropping maize or sorghum with cowpea, pigeon peas or beans. Exp. Agr. 9,1. pp. 83-90. (Resumen obtenido del Trop. Abs. 29(7):485. 1974).
21. FARM CHEMICAL HANDBOOK. Pesticides dictionary. Ohio, Meister Publishing Co, 1975. pp. D2-D224.
22. FUENTE, O. A. Efecto de 15 leguminosas en un experimento de siembras intercaladas con maíz. In Reunión Centroamericana sobre el Mejoramiento del Maíz, la., Turrialba, Costa Rica, 1954. Proyecto Cooperativo Centroamericano. Turrialba, IICA, 1954. pp. 398-403.
23. HOLDRIDGE, L. R. Life ecology. Revised ed. San José, Costa Rica, Tropical Sciences Center, 1967. 206 p.
24. HUERTAS, S. A. y ALVIM, P. de T. Índice de área foliar y su influencia en la capacidad fotosintética del cafeto. Cenicafé 13(2):75-84. 1962.

25. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS. Centro Interamericano de Documentación e Información Agrícola. Bibliografía sobre sistemas de agricultura tropical. Turrialba, Costa Rica, 1974. 145 p. (IICA Documentación e Información Agrícola no. 27)
26. LEPIZ, I. R. Asociación de cultivos maíz-frijol. Agricultura Técnica en México 3(3):98-101. 1971.
27. LOOMIS, R. S. y WILLIAMS, W. A. Maximum crop productivity: an estimate. Crop Science 3:67-72. 1963.
28. MAGALHAES, A. C. y MONTOJOS, J. C. Effects of solar radiation on the growth parameters and yield of two varieties of common beans (Phaseolus vulgaris). Turrialba, Costa Rica, 21(2):165-168. 1971.
29. MALAGAMBA, S.J.P. Respuesta de compensación fisiológica del frijol (Phaseolus vulgaris) al desbalance de agua provocado por salinidad. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1973. 95 p.
30. MANCINI, M. S. y CASTILLO D., M. A. Observaciones sobre ensayos preliminares en el cultivo asociado de frijol de enredadera y maíz. Agricultura Tropical (Colombia) 16(3):161-166. 1960.
31. MERIDA, T. y MEDINA, E. Efecto de dos intensidades de iluminación sobre plastidios de (Phaseolus vulgaris) variedad 'Cubagua'. Acta Científica Venezolana (resumen) 21(suplemento no. 1):49-50. 1970.
32. MONZON, D. Análisis e interpretación de un ensayo de uniformidad con maíz. Agronomía Tropical (Venezuela) 6(1): 15-22. 1956.
33. _____, PACHECO, J. J. y MARTINEZ, R. O. Efecto de competencia y de bordura en ensayos de variedades de caraotas (Phaseolus vulgaris). VIII Reunión Latinoamericana de Fitotecnia, 1970, Bogotá, Colombia. Resúmenes, 1970. p. 171.
34. _____, y PEREZ, P. N. Dos ensayos para determinar tamaño de unidad experimental para experimentos de caraotas (Phaseolus vulgaris). VIII Reunión Latinoamericana de Fitotecnia, 1970, Bogotá, Colombia. Resúmenes, 1970. p. 171.
35. MORELAND, C. F. Experiments on bean plants grown in light versus darkness. Proceedings of the Louisiana Academy of Science 17:85-89. 1954.

36. MORENO, O. R., TURRENT, A. F. y NUÑEZ, R. E. Las asociaciones de maíz-frijol, una alternativa en el uso de los recursos de los agricultores del Plan Puebla. *Agrociencia* (México) (14):103-117. 1973.
37. HEWMAN, J. E. et al. Growing degree days. *Crop and Soil* 21 (3):9-10-12. 1968.
38. PADDA, D. S. y MUNGER, H. M. Photoperiod, temperature and genotype interaction affecting time of flowering in beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of the American Society for the Horticultural Science* 94(2):159-160. 1969.
39. SANABRIA de MOJICA, E. Producción de biomasa, nutrición mineral y absorción de agua en la asociación frijol-maíz cultivada en solución nutritiva. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, IICA-CTEI, 1975. 138 p.
40. SCOBIE, G. M., INFANTE, M. A. y GUTIERREZ, U. P. Production and consumption of dry beans and their role in protein nutrition: a review. Presented to a Workshop of the Breeding-Fortification Group Agency for International Development, Washington, D. C., 1974. *Agricultural Economic Program*. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1974. 53 p.
41. SCHOCH, P. G. y SANTOS CANDELARIO, L. Influencia de la sombra sobre el crecimiento y productividad de las hojas de (*Vigna sinensis*). *Turrialba* 24(1):84-89. 1974.
42. SMITH, D. F. y CHAMORRO, R. Optimo tamaño para ensayos de rendimientos en maíz (compendio). *In Reunión Interamericana de Fitogenetistas, Fitopatólogos, Entomólogos y Edafólogos*, 3a, Bogotá, Colombia, 1955. Bogotá, Ministerio de Agricultura, Oficina de Investigaciones Especiales, 1958. p. 411.
43. STELL, R. E. y TORRIE, J. A. Principles and procedures statistics. New York, McGrawHill, 1960. 481 p.

A P E N D I C E

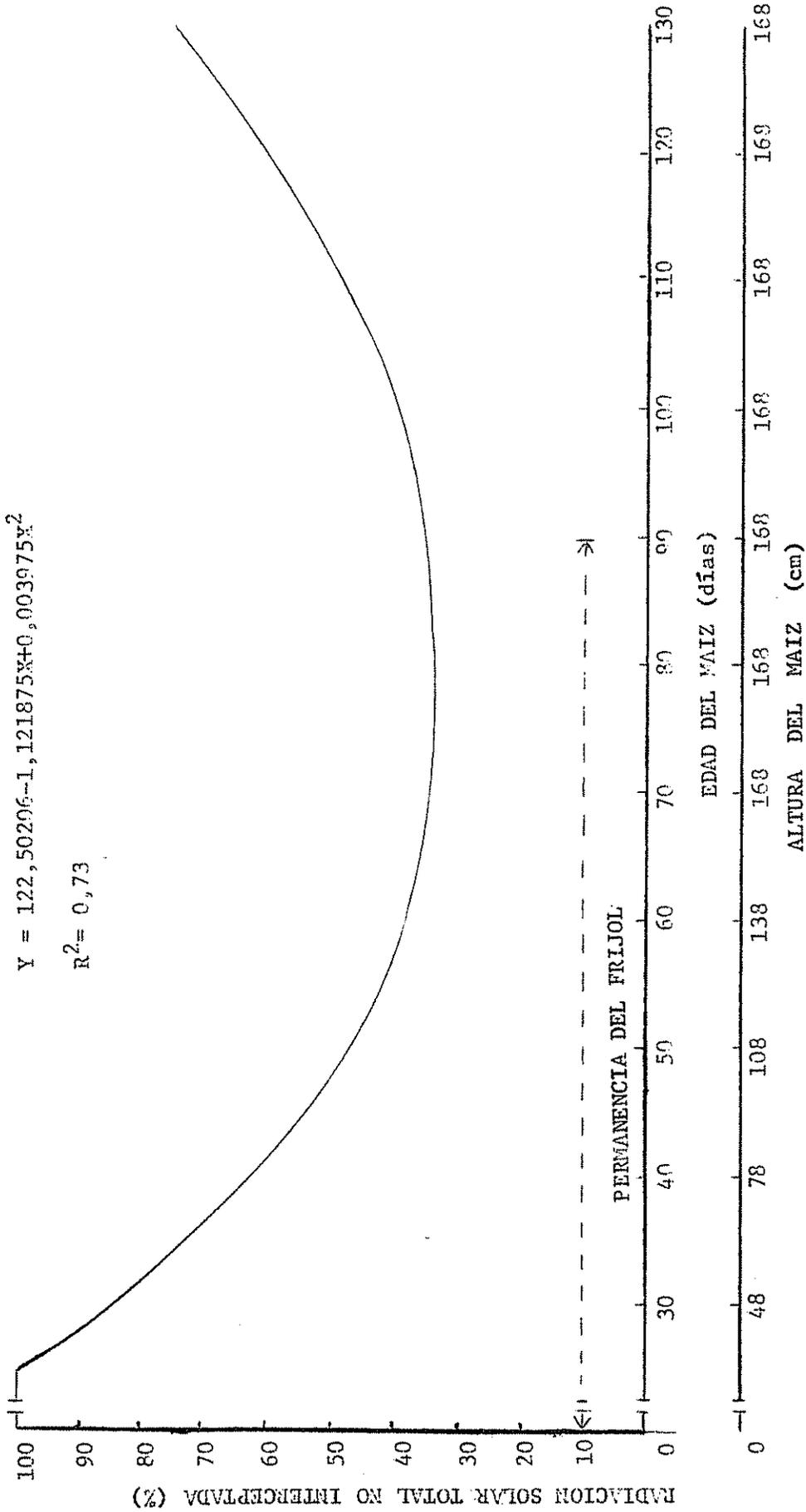


Fig. Al Radiación solar total relativa dentro de un cultivo de maíz var 'Tuxpeño' asociado con frijol var 'CATIE-1', registrada a 45 cm sobre el suelo. Epoca 0

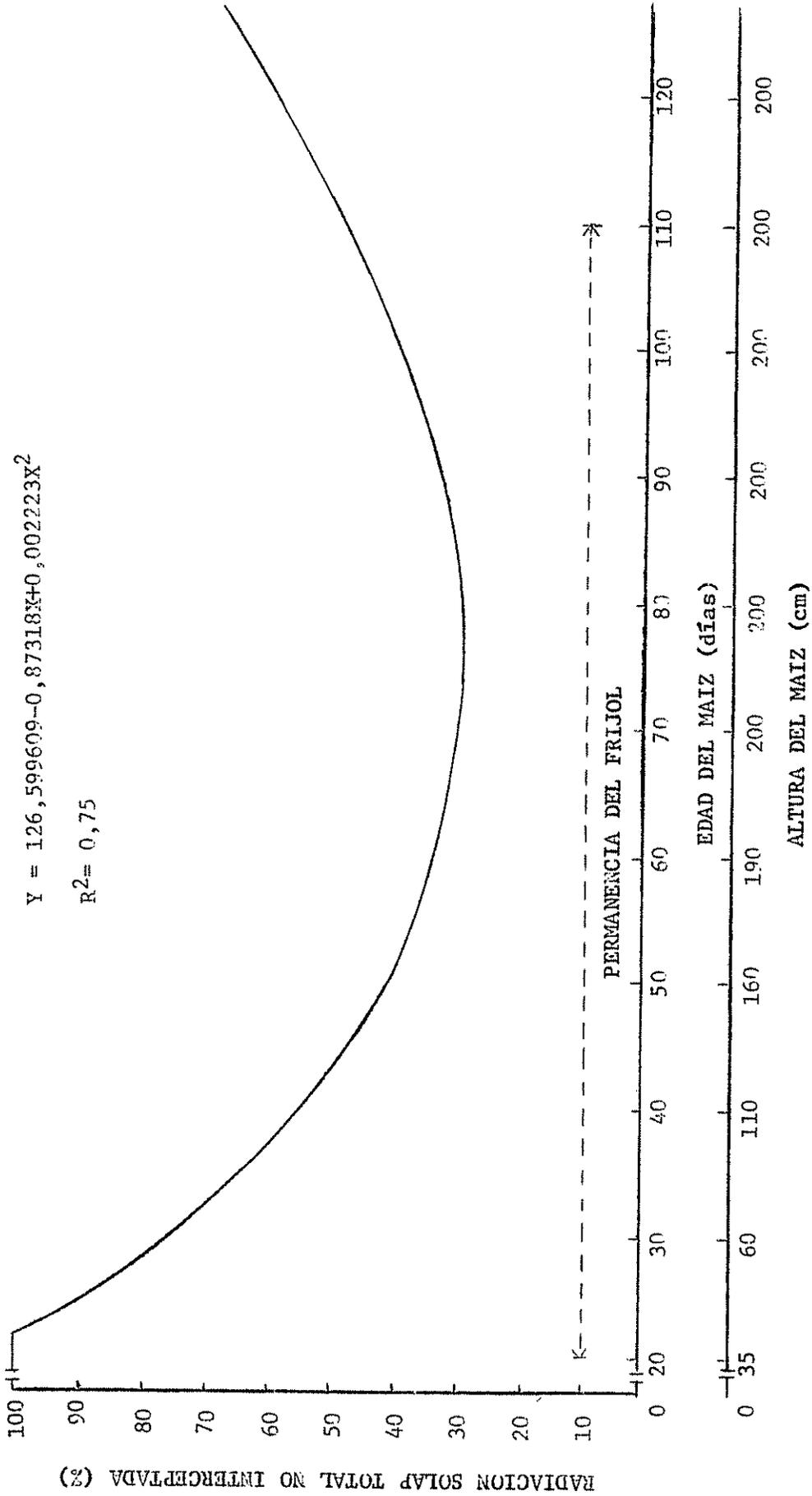


Fig. A2 Radiación solar total relativa dentro de un cultivo de maíz var 'Tuxpeño' asociado con frijol var 'CATIE-1', registrada a 45 cm sobre el suelo. Epoca 2.0

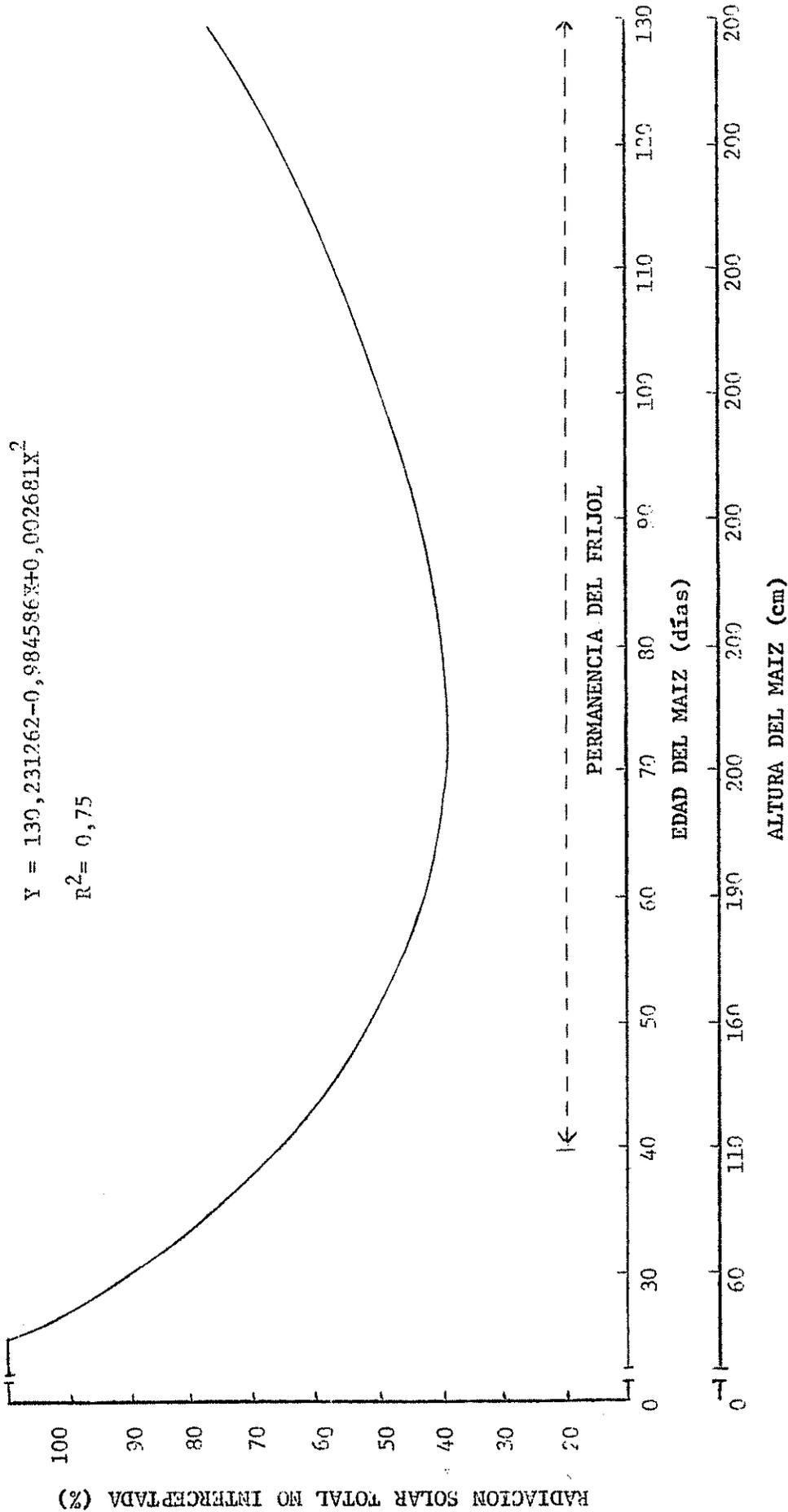


Fig. A3 Radiación solar total relativa dentro de un cultivo de maíz var 'Tuxpeño' asociado con frijol var 'CATIE-1', registrada a 45 cm sobre el suelo. Epoca 40.

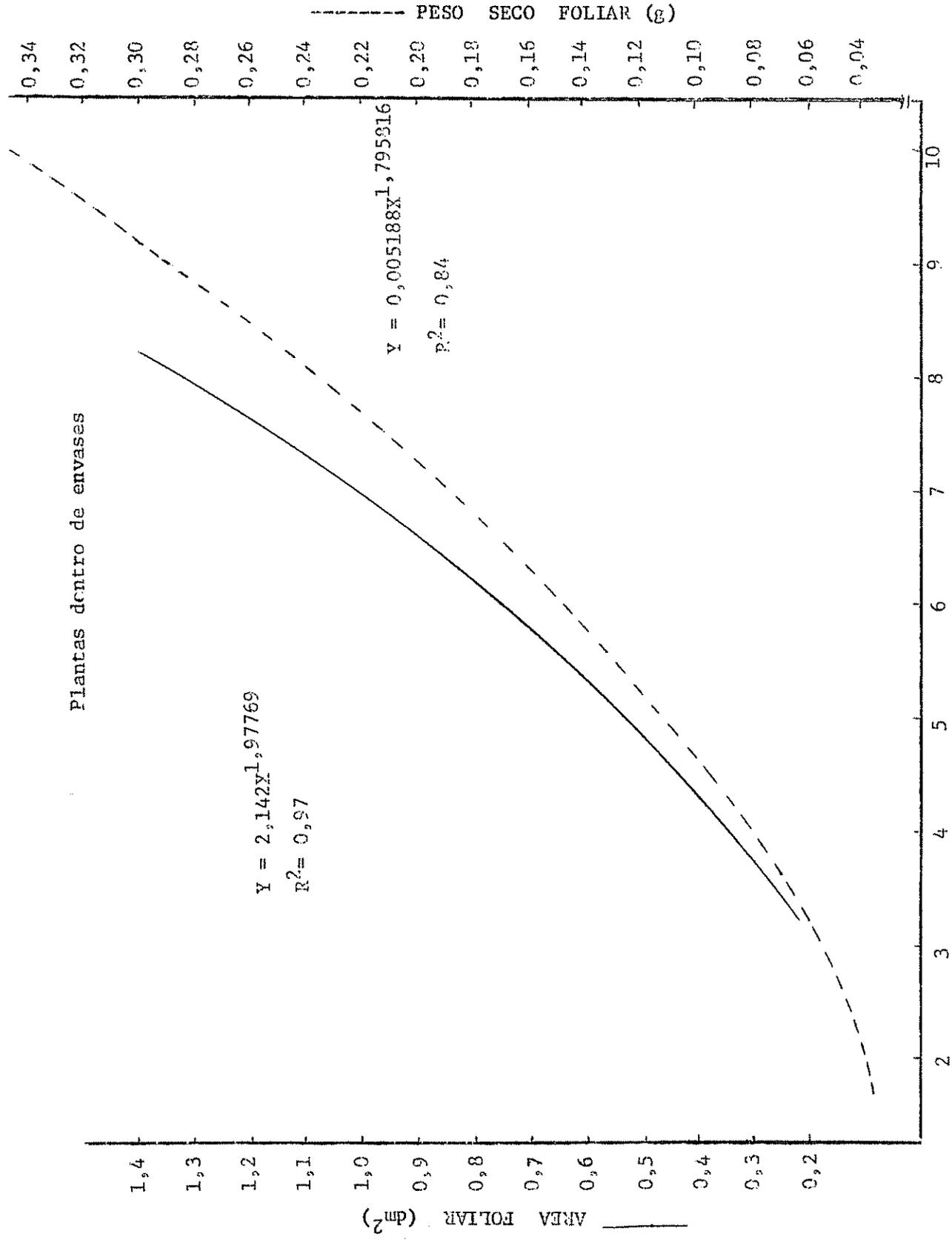


Fig. A4 Curvas para estimación de área y peso seco de hojas trifoliadas en función del ancho del foliolo central para plantas de frijol cultivadas en asociación con maíz

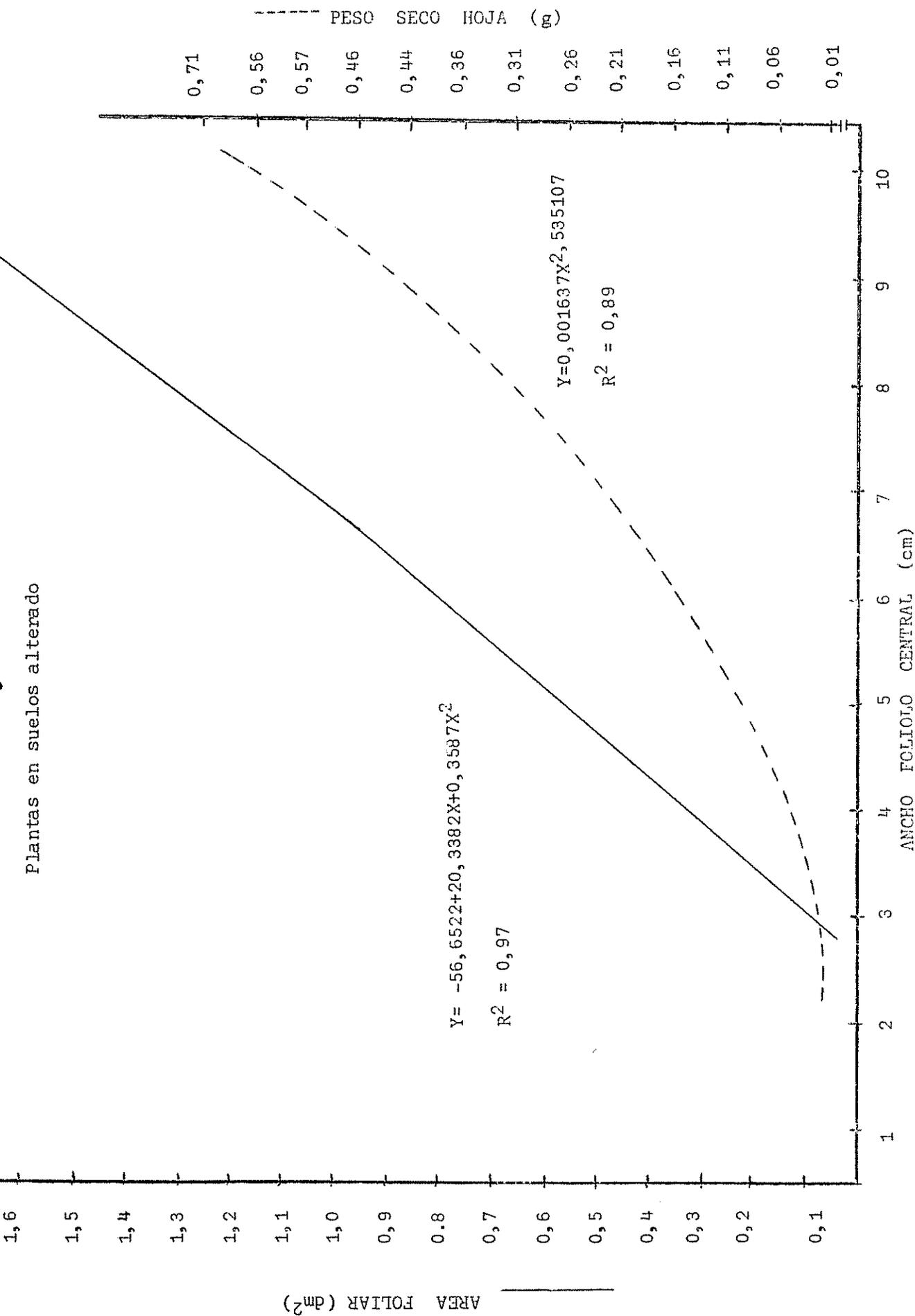


Figura A5. Curvas para estimación de área y peso seco de hojas trifoliadas en función del ancho del foliolo central para plantas de frijol cultivadas en asociación con maíz.

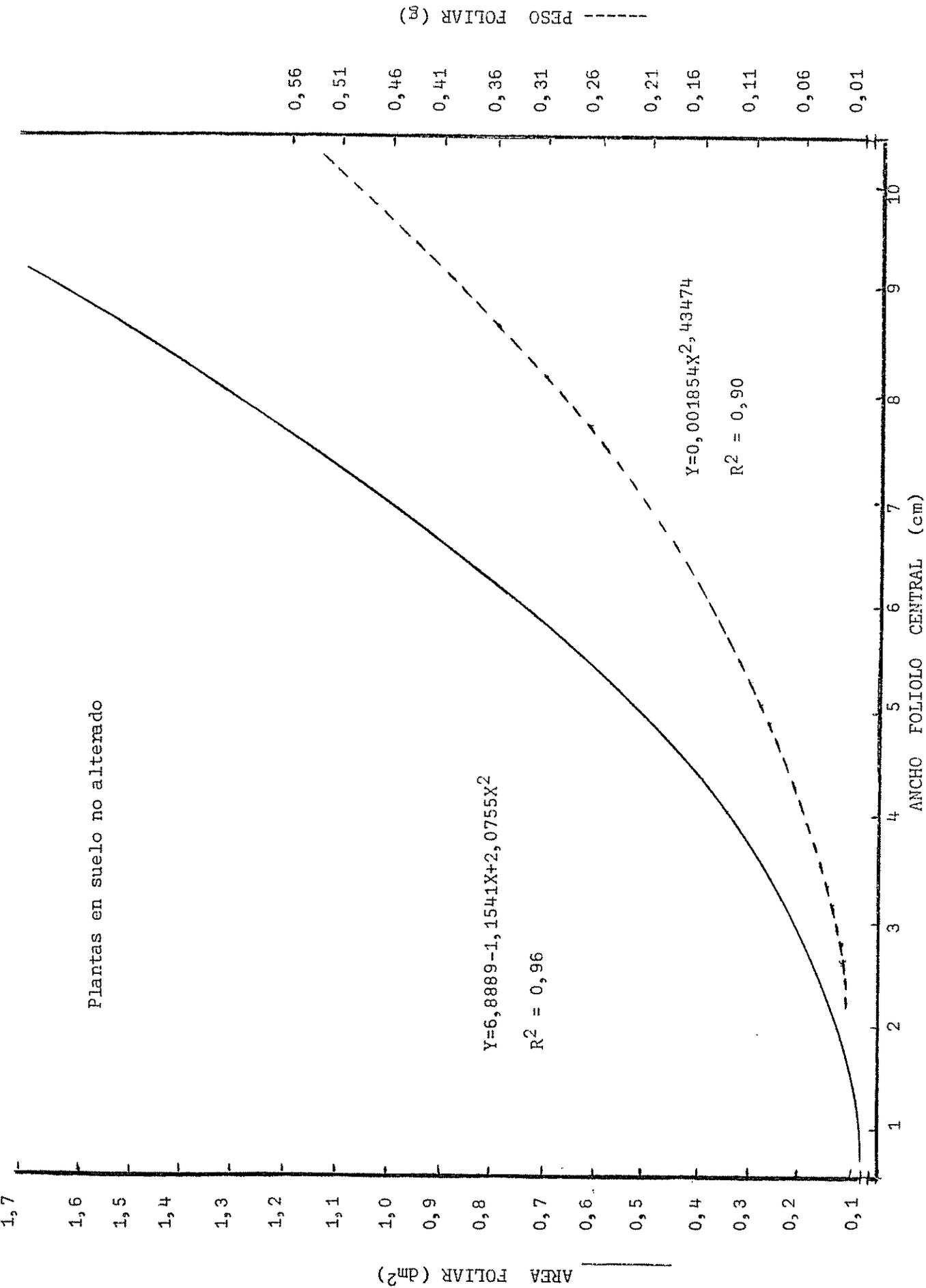


Figura A6. Curvas para estimación de área y peso seco de hojas trifoliadas en función del

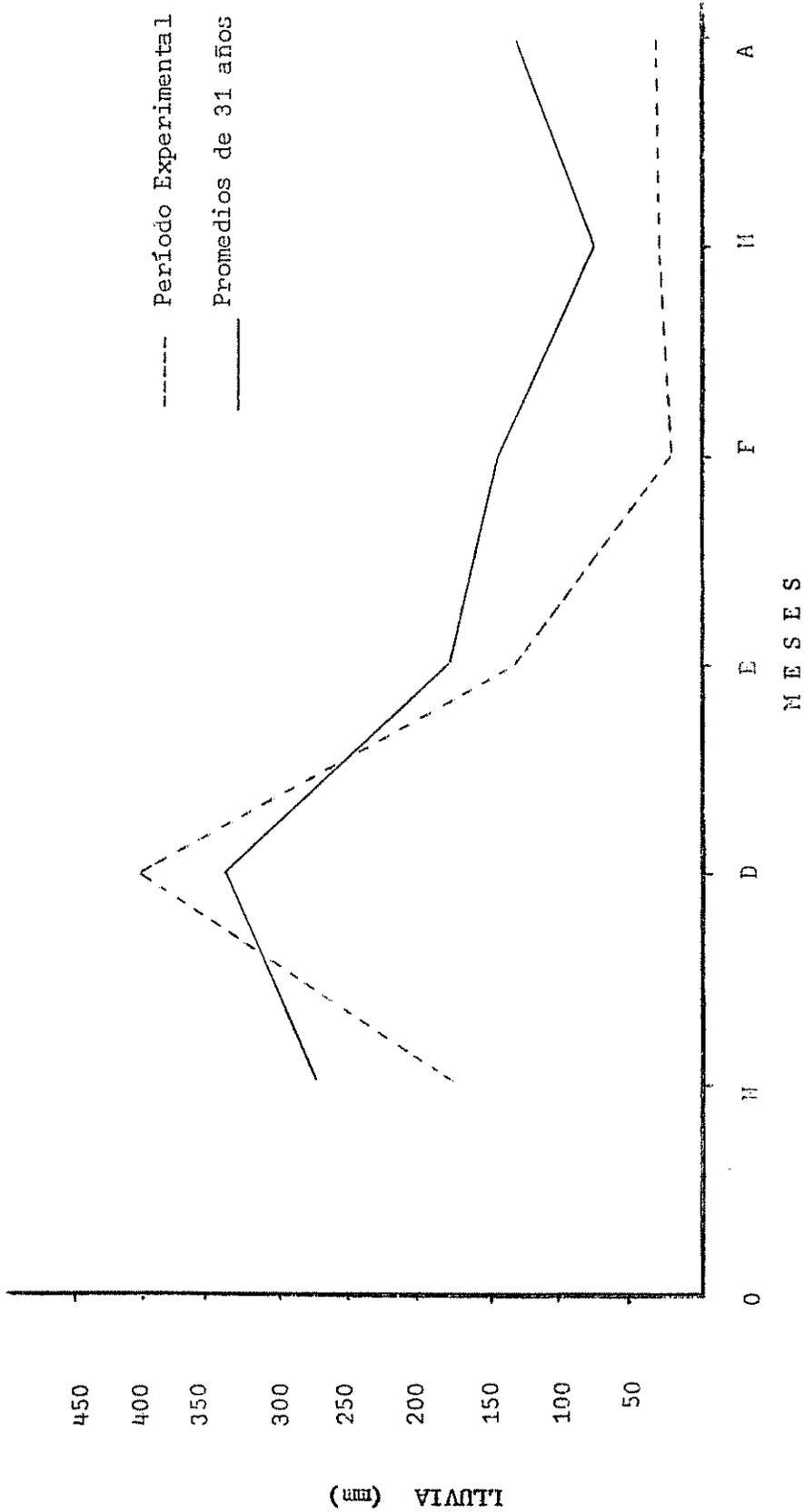


Figura A7. Promedios mensuales de lluvia. Diferencias entre el período experimental y los datos de 31 años.

Cuadro Al. Características Geográficas, climáticas y de suelo de la zona de Turrialba donde se ubicó el experimento.

Características	Unidades	Datos	No. de años Referencia
Latitud N	-	9° 53'	*
Longitud O	-	83° 39'	*
Altura snm	m	602	*
Radiación diaria	cal/cm ² /día	415,12	11 *
Temperatura máx. prom.	C	27,0	17 *
mín. prom.	C	17,6	17 *
Lluvia anual	mm	2662,8	31 *
Suelos: origen	-	Fluvio-lacustre	- Aguirre (1)
serie	-	Instituto arcilloso (Inceptisol Typic Dystropepts)	- "
drenaje	-	Normal a impedido	- "
fertilidad	-	Mediana a baja	- "
Clasificación Ecológica	-	Zona de vida: bosque tropical húmedo pre- montano	- Holdridge (23)

* CATIE. Turrialba, Costa Rica. Resumen de datos meteorológicos hasta Dic., 1974.

Cuadro A2. Características químicas de los suelos donde se realizó el experimento

	H o r i z o n t e							
	Ap ₁	Ap ₂	A ₃	B ₁	BC	C ₁	C ₂	C ₃
Profundidad (cm)	0-16	16-28	28-48	48-62	62-84	84-103	103-150	150+
pH H ₂ O	5.2	5.5	5.6	5.7	5.4	5.1	5.4	5.5
CaCl ₂	4.5	4.9	5.0	5.3	4.7	4.7	4.8	5.1
MO (%)	7.22	2.95	2.14	1.65	0.64	1.09	0.95	tr
C (%)	4.18	1.70	1.24	.96	.37	.63	.56	tr
N (%)	0.32	.10	.07	.06	.05	.04	.03	tr
C/N	13.1	17.0	17.7	16.0	7.4	15.7	18.7	-
P disponible ppm	1.21	.98	.72	.38	.93	1.25	1.95	.97
CIC meq/100g suelo	43.24	34.49	37.10	37.63	43.94	48.57	48.19	48.86
Bases Cambiables meq/100 g suelo								
Ca	4.21	3.45	4.96	3.24	1.65	1.67	1.67	.63
Mg	1.24	1.24	1.52	2.06	3.90	3.89	4.06	3.99
K	0.15	.25	.25	.11	.10	.10	.13	.20
Na	0.16	.17	.19	.17	.19	.28	.38	.31
Mn	0.03	.02	.01	.01	.01	.01	.01	.01
S.B. %	14.39	16.02	20.16	16.01	14.62	13.63	14.40	16.72
Relaciones								
K/Na	0.9	1.5	1.3	.6	.5	.4	.3	.6
Ca/Na	3.4	2.8	3.3	1.6	.4	.4	.4	.6
Mg/K	8.3	4.9	6.1	18.7	39.0	38.9	31.2	19.9
$\frac{Ca+Mg}{K}$	36.3	18.8	25.9	48.2	55.5	55.6	44.1	33.1

Fuente: Aguirre, V. A. (1)

Cuadro A3. Insectos y enfermedades de importancia económica que se presentaron en el experimento de cultivos asociados frijol y maíz.

Nombre común	Nombre científico
<u>INSECTOS</u>	
Cortador, cogollero, etc.	<u>Spodoptera</u> sp.
Vaquitas, pasadores, coquitos, etc.	<u>Diabrotica speciosa</u>
	<u>Systema</u> sp.
Perforador de la vainica	<u>Maruca testulalis</u>
<u>ENFERMEDADES</u>	
Roya del frijol	<u>Uromyces phaseoli</u>
Mancha angular	<u>Isariopsis griseola</u>
Cercospora	<u>Cercospora</u> spp.

Cuadro A4. Productos químicos usados durante el experimento.

Nombre comercial	Nombre químico	Concen- tración Producto Activo %	Cantidad Comercial Sólidos Líquidos	Producto Oral pro- ducto ac- tivo	Toxicidad oral pro- ducto ac- tivo	Fabrican- tes o Dis- tribuido- res
Aldrin	1,2,3,4,10,10-Hexachloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahidro-1,4-endo-exo-5,8-diretananonaphthalene	2,5	43g/kg semillas	55	Shell Chemical	
Benlate	Metyl 1-(butylcarbonyl)-2-benzi- midazole-carbamate	50	0.25g/l	1000	DuPont	
Cytrolane	2-(Diethoxyphosphonylamino)-4- nethyl-1-3,dithiolane	25	14kg/ha**	31	American Cyanamid	
Elocron	2-(1,3-Dioxolan-2-yl)phenyl-N- Methylcarbamate	50	1 g/l	72-156	Ciba Geigy	
Furadan	2,3-Dihidro-2,2-dimethyl-7-benzo- furanylnetilcarbamate	5	40kg/ha	11	International Agencies	
Granoxone	1,1,-Dimethyl-4-bipiridinium ion	24,7		150	Química Ortho	
Betasystox R	S-(2-(Ethylsulfiny)ethyl)0,0- Dimethyl phosphorothioate	25	6,25 ml/l 1,5 ml/l	56-65	Bayer	
Ortocide	Cis-N-((Trichloromethyl)thio)-4- cyclohexene-1,2-dicarboximide	50	22.g/kg semillas	9000	Química Ortho	
PEPS	Polisulfuro de polietileno	60				
Sevin	1-Naphthyl-N-methylcarbamate	40	1,874g/l		Alracenes Superior	
Toxafeno	Chlorinate carphene	20	5,4ml/l***	500	Química Ortho	
Valexon	Phenylglyoxyionitrile oxine 0,0- diethyl phosphorthioate	50	1 ml/l	69 1045	Química Ortho Bayer	

* Fuentes: Farn Chemicals Handbook (21)

** Aplicado al cogollo

***Aplicado al pie de las plantas

Símbolos: (a) = adherente; (f) = fungicida; (h) = herbicida; (i) = insecticida;

(i+n) = insecticida y nematocida

Cuadro A5. Valores promedios de datos biológicos obtenidos de plantas asociadas de frijol var. "CATE-1" a los 50 días, clasificados por orientación de surcos, formas y épocas de siembra. Promedio de dos plantas

Epoca Variable	O ₁ F ₁	O ₁ F ₂	O ₁ F ₃	O ₂ F ₁	O ₂ F ₂	O ₂ F ₃	O ₃ F ₁	O ₃ F ₂	O ₃ F ₃
E ₀									
Altura Planta (cm)	81,0	95,0	102,0	94,5	90,5	112,5	89,5	133,5	146,0
PS Hojas (g)	1,93	1,81	2,43	2,37	1,68	2,47	3,53	5,49	5,32
Area Foliar (dm ²)	8,16	7,5	11,83	10,04	7,03	8,69	11,57	25,14	25,95
PS Parte Aérea (g)	8,70	8,64	11,30	10,95	10,04	15,24	9,06	17,73	16,79
E ₂₀									
Altura Planta (cm)	171,0	149,5	167,5	210,5	181,5	132,5	181,0	158,5	150,0
PS Hojas (g)	4,53	4,96	7,43	7,04	3,30	3,20	5,60	5,20	3,98
Area Foliar (dm ²)	18,21	20,71	36,20	29,71	13,78	15,60	26,95	21,73	19,40
PS Parte Aérea (g)	10,86	17,55	28,12	20,70	8,14	13,51	24,70	14,40	13,59
E ₄₀									
Altura Planta (cm)	98,5	169,0	119,0	83,5	114,5	135,0	125,0	149,5	132,0
PS Hojas (g)	2,10	2,69	1,29	1,18	2,59	1,68	2,09	2,69	1,83
Area Foliar (dm ²)	8,92	11,24	6,31	4,99	10,84	8,17	8,85	11,21	8,88
PS Parte Aérea (g)	6,36	8,55	3,72	3,90	8,65	5,57	6,77	8,34	5,99

Épocas: E₀ = siembra simultánea frijol y maíz

E₂₀ = siembra del frijol 20 días después del maíz

E₄₀ = siembra del frijol 40 días después del maíz

Orientaciones: O₁ = Este-Oeste; O₂ = Noreste-Suroeste; O₃ = Noroeste-Suroeste.

Fornas de siembra: F₁ = dentro de envases; F₂ = en suelo alterado a 30 cm de profundidad;

F₃ = en suelo no alterado a 30 cm (preparado con roto-vector)

Cuadro A6. Valores de datos biológicos obtenidos de plantas testigos de frijol var "CATHIE-1" a los 50 días, clasificados por orientación de surcos, formas y épocas de siembra

Epoca	Variable	O ₁ F ₁	O ₁ F ₂	O ₁ F ₃	O ₂ F ₁	O ₂ F ₂	O ₂ F ₃	O ₃ F ₁	O ₃ F ₂	O ₃ F ₃
E ₀	Altura planta (cm)	41,0	73,0	142,0	80,0	79,0	126,0	76,0	161,0	160,0
	PS Hojas (g)	1,76	1,43	5,37	1,96	1,25	2,22	2,42	5,04	4,86
	Area Foliar (dm ²)	7,47	5,61	26,20	8,31	5,43	10,82	10,25	21,04	23,71
	PS Parte Aérea (g)	7,29	6,09	24,39	9,39	8,29	9,59	9,89	18,39	18,19
E ₂₀	Altura Planta (cm)	86,0	120,0	117,0	123,0	130,0	150,0	100,0	120,0	150,0
	PS Hojas (g)	5,11	8,15	5,13	4,50	13,74	11,77	5,28	11,45	14,52
	Area Foliar (dm ²)	21,65	34,03	24,99	19,09	57,41	57,37	22,37	47,83	70,77
	PS Parte Aérea (g)	17,51	24,29	13,07	9,78	34,03	31,46	13,20	20,23	35,42
E ₄₀	Altura Planta (cm)	64,0	100,0	85,0	45,0	137,00	120,0	52,0	95,0	87,0
	PS Hojas (g)	2,87	5,23	3,98	1,47	6,65	7,61	3,44	4,89	7,79
	Area Foliar (dm ²)	12,19	21,83	19,42	6,22	27,78	37,10	10,36	20,44	37,98
	PS Parte Aérea (g)	21,93	14,84	12,40	5,71	17,26	20,28	9,45	13,44	30,68

Cuadro A7. Valores promedios de los índices morfológicos del crecimiento obtenidos en plantas asociadas de frijol var CATIE-1 a los 50 días, clasificados por orientación de surcos, formas y épocas de siembra. Promedios de dos plantas

Epocas	Indices	O ₁ F ₁	O ₁ F ₂	O ₁ F ₃	O ₂ F ₁	O ₂ F ₂	O ₂ F ₃	O ₃ F ₁	O ₃ F ₂	O ₃ F ₃
E ₀	IAF	0,82	0,75	1,18	1,00	0,70	0,87	1,16	2,51	2,59
	RAF	0,94	0,87	1,04	0,92	0,70	0,57	1,27	1,41	1,55
	RPF	0,22	0,21	0,21	0,22	0,17	0,17	0,30	0,33	0,35
E ₂₀	IAF	1,82	2,07	3,62	2,97	1,38	1,56	2,69	2,17	1,94
	RAF	1,68	1,18	1,28	1,45	1,69	1,15	1,09	1,50	1,42
	RPF	0,42	0,28	0,26	0,34	0,41	0,24	0,22	0,36	0,29
E ₄₀	IAF	0,89	1,12	0,63	0,50	1,08	0,82	0,89	1,12	0,89
	RAF	1,40	1,31	1,70	1,28	1,25	1,47	1,31	1,34	1,48
	RPF	0,33	0,31	0,34	0,30	0,30	0,30	0,31	0,22	0,31

IAF = Índice de área foliar

RAF = Razón de área foliar

RPF = Razón de peso foliar

Cuadro A8. Valores de índices morfológicos del crecimiento obtenidos de plantas testigos de frijol var "CATIE-1" a los 50 días, clasificados por orientación de surcos, formas y épocas de siembra

Epocas	Indices	O ₁ F ₁	O ₁ F ₂	C ₁ F ₃	O ₂ F ₁	O ₂ F ₂	O ₂ F ₃	O ₃ L	O ₂ F ₂	O ₂ F ₃	O ₃ F ₃
E ₀	IAF	0,75	0,56	2,62	0,83	0,54	1,08	1,03	2,10	2,37	2,37
	RAF	1,02	0,92	1,07	0,88	0,66	1,13	1,04	1,14	1,30	1,30
	RPF	0,24	0,23	0,22	0,21	0,15	0,23	0,24	0,27	0,27	0,27
E ₂₀	IAF	2,16	3,40	2,50	1,91	5,74	5,74	2,24	4,78	7,08	7,08
	RAF	1,24	1,40	1,91	1,95	1,69	1,82	1,69	1,82	1,97	1,97
	RPF	0,29	0,34	0,39	0,46	0,40	0,37	0,40	0,44	0,44	0,40
E ₄₀	IAF	1,22	2,18	1,94	0,62	2,78	3,71	1,04	2,64	3,80	3,80
	RAF	0,56	1,47	1,57	1,09	1,61	1,83	1,10	1,52	1,24	1,24
	RPF	0,13	0,35	0,32	0,26	0,39	0,38	0,26	0,36	0,25	0,25

Cuadro A9. Valores promedios de los componentes del rendimiento obtenidos de plantas asociadas de frijol var "CATIE-1" a los 90 días, clasificados por orientación de surcos, formas y épocas de siembra. Promedios de diez plantas.

Epocas	Componentes	O ₁ F ₁	O ₁ F ₂	O ₁ F ₃	O ₂ F ₁	O ₂ F ₂	O ₂ F ₃	O ₃ F ₁	O ₃ F ₂	O ₃ F ₃
E ₀	PS sem/planta (S)	8,86	10,66	9,76	7,60	10,15	11,14	10,14	10,80	9,46
	PS vainas/planta (S)	2,37	2,85	2,61	2,03	2,71	2,98	2,78	2,89	2,53
	PS 100 semillas (S)	19,84	18,96	18,44	18,88	18,05	19,02	20,47	21,50	18,87
	X vainas/planta	9,1	11,0	10,6	8,5	11,4	11,4	10,0	11,3	10,5
	X semillas/planta	44,6	56,3	52,5	40,1	55,6	58,4	50,2	51,2	49,7
	X semillas/vaina	4,8	5,1	5,0	4,7	4,9	5,1	5,0	4,5	4,7
E ₂₀	PS sem/planta (S)	6,51	10,45	11,44	9,37	5,82	5,54	5,52	7,35	6,04
	PS vainas/planta (S)	1,74	2,84	3,08	2,50	1,56	1,48	1,58	1,95	1,62
	PS 100 semillas (S)	21,21	21,25	20,27	20,49	19,55	19,98	21,51	20,63	20,76
	X vainas/planta	5,7	9,6	11,0	8,7	6,7	5,5	5,7	7,1	5,9
	X semillas/planta	30,2	49,7	55,7	45,7	30,6	27,2	27,8	35,6	28,9
	X semillas/vaina	5,4	4,9	5,0	5,3	4,2	4,9	4,7	5,0	4,9
E ₄₀	PS sem/planta (S)	4,12	7,57	4,75	4,05	5,26	3,44	4,53	7,31	7,51
	PS vainas/planta (S)	1,10	2,02	1,27	1,08	1,41	0,92	1,21	2,08	2,01
	PS 100 semillas (S)	20,96	21,56	19,66	19,26	18,81	18,36	18,55	20,70	21,40
	X vainas/planta	5,3	8,5	5,7	6,2	6,5	4,0	7,2	7,9	7,2
	X semillas/planta	20,1	35,1	24,2	21,3	28,0	18,7	24,0	37,7	35,1
	X semillas/vaina	3,9	4,1	4,2	3,4	4,3	4,7	3,2	4,0	4,9

Cuadro A10. Valores promedios de los componentes del rendimiento obtenidos de cinco plantas testigo de frijol var "CAFIE-1" a los 90 días, clasificados por orientación de surcos, formas y épocas de siembra

Epoca	Componentes	O ₁ F ₁	O ₁ F ₂	O ₁ F ₃	O ₂ F ₁	O ₂ F ₂	O ₂ F ₃	O ₃ F ₁	O ₃ F ₂	O ₃ F ₃
E ₀	PS semillas/planta (g)	11,58	20,70	20,51	13,67	30,53	23,56	3,40	26,55	26,32
	PS vainas/planta (g)	3,22	5,75	5,70	3,80	8,49	6,65	3,64	7,38	3,29
	PS 100 semillas (g)	22,27	23,96	21,72	23,18	21,32	18,97	21,18	20,75	22,77
	\bar{X} vainas/planta	10,4	16,4	17,6	13,0	25,0	23,4	3,4	23,2	20,6
	\bar{X} semillas/planta	52,0	86,4	94,4	59,0	143,2	124,2	44,8	128,0	115,6
	\bar{X} semillas/vaina	5,0	5,7	5,4	4,5	5,7	5,3	4,8	5,5	5,6
E ₂₀	PS semillas/planta (g)	6,79	42,87	25,25	7,35	44,45	36,35	15,48	16,61	31,10
	PS vainas/planta (g)	1,89	11,92	7,02	2,04	12,36	10,10	4,30	13,01	8,65
	PS 100 semillas (g)	19,61	19,47	21,12	21,99	20,22	21,09	20,58	20,20	21,10
	\bar{X} vainas/planta	9,2	40,0	21,4	9,2	39,6	31,4	14,8	59,8	27,2
	\bar{X} semillas/planta	34,6	220,2	119,6	33,4	219,8	172,4	75,2	226,2	147,4
	\bar{X} semillas/vaina	3,8	5,5	5,6	3,7	5,6	5,5	5,1	5,7	5,4
E ₄₀	PS semillas/planta (g)	6,36	28,12	25,00	5,15	21,81	24,56	4,77	16,02	19,55
	PS vainas/planta (g)	1,77	7,82	6,95	1,43	6,06	6,83	1,33	4,58	5,43
	PS 100 semillas (g)	21,20	19,44	19,38	19,80	19,61	19,37	17,28	20,52	19,55
	\bar{X} vainas/planta	7,2	25,6	25,4	6,4	22,4	23,0	7,0	17,0	22,0
	\bar{X} semillas/planta	30,0	144,6	129,0	26,0	111,2	126,8	26,6	81,8	100,0
	\bar{X} semillas/vaina	4,2	5,7	5,1	4,1	5,0	5,5	4,0	4,1	4,6

Cuadro A11. Valores promedios de los rendimientos*(Tm) de 100.000 plantas/ha de frijol var "CATIE-1" cultivado sin asociar (A_0) y asociado con maíz (A_1) en tres orientaciones de surcos y tres épocas de siembra

	A_0			A_1		
	0_1	0_2	0_3	0_1	0_2	0_3
E_0	2,608	2,506	2,575	1,091	0,966	0,869
E_{20}	3,036	3,035	3,571	1,131	0,554	0,606
E_{40}	2,183	2,142	2,108	0,920	0,424	0,568

* Valores calculados con base a los rendimientos de 60 plantas para cada caso.

Cuadro A12. Valores promedios de los rendimientos*(Tm) de 40.000 plantas/ha de maíz var 'Tuxpeño' cultivado sin asociar y asociado con frijol a diferentes épocas y tres orientaciones de surcos

	T_0	T_1	T_2	T_3
0_1	4,309	2,731	3,625	3,972
0_2	4,862	3,302	3,853	4,094
0_3	5,357	3,162	4,205	4,309

* Valores calculados con base a los rendimientos de 32 plantas para cada caso.

T_0 = maíz solo, T_1 = siembra simultánea frijol y maíz

T_2 = siembra del frijol 20 días después que el maíz

T_3 = siembra del frijol 40 días después que el maíz.

Cuadro A13. Valores promedios de alturas (m) de plantas de maíz al momento de cosechar el frijol en los diferentes tratamientos de época de siembra y orientaciones de surcos

	E_0	E_{20}	E_{40}	\bar{X}_0
O_1	1,67	1,92	1,82	1,81
O_2	1,70	2,08	2,04	1,94
O_3	1,68	2,10	2,10	1,96
\bar{X}_E	1,68	2,00	1,99	

Cuadro A14. Resultado del análisis de la varianza entre tratamientos para las características estudiadas, consideradas en forma global

C a r a c t e r í s t i c a s	Fuentes de variación							
	R	O	E	ExO	F	FxO	FxE	T A AxO AxE
Datos Biológicos del Frijol								
Altura de planta (cm)						*		
PS hojas (g)						*		
Area foliar (dm ²)						*		
PS parte aérea (g)						*		
Indices Morfológicos de Crecimiento								
Indice área foliar						*		
Razón Peso Foliar						*		
Razón Area Foliar						*	*	
Componentes del Rendimiento								
PS semillas/planta (g)					*	*	*	
PS vainas/planta (g)					*	*	*	*
PS 100 semillas (g)								
No. vainas/planta					*	*		
No. semillas/planta					*	*		
No. semillas/vaina								
Rend/ha 100000 planta (Tm)					*		*	*
Rendimientos del Maíz								
Rend/ha 40000 plantas(Tm)							*	

Símbolos: R = réplica, O = orientación, E = época, F = forma, T = tratamientos en el maíz, A = asociaciones (solo y asociado).

* = significativo al nivel 5%

Cuadro 115. Cuadros medios de las variables estudiadas a los 50 días de plantas asociadas de frijol var "CATHIE-1" cultivadas en tres orientaciones de surcos; tres épocas y tres formas de siembra

F.V.	G.L.	C U A D R A D O S M E D I O S									
		Alturas	Peso seco hojas	Peso seco parte aérea	Area foliar	Índice área foliar	Razón peso foliar	Razón época foliar			
R	1	1204,167	1,447	35,300	9,788	978,778	18,422	1894,164			
O	2	774,907	6,240	24,426	145,387	14538,648	186,156	1739,853*			
Error (a)	2	2459,389	5,407	53,328	78,485	7848,496	45,442	117,624			
E	2	17602,019*	42,235**	488,391*	884,831**	88483,125**	1365,058**	9665,076*			
E x O	4	692,963	5,526	25,189	95,361	9536,861	55,551	2686,114			
Error (b)	6	450,315	3,859	46,661	53,367	6863,645	50,315	1662,412			
F	2	1045,852	0,107	10,381	12,255	1225,530	10,077	538,586			
F x O	4	120,463	2,657	28,836	54,981	5498,093	2,345	990,766			
F x E	4	3355,408*	3,306	49,893	61,603	6160,258	11,731	741,617			
Error (c)	26	794,672	2,908	44,429	60,452	6045,216	15,617	542,921			

R = réplica

O = orientación

E = época

F = forma

* = significativo al 5%

** = significativo al 1%

Cuadro A16. Cuadros medios de las variables estudiadas a los 90 días de plantas asociadas de frijol var "CATIE-1" cultivadas en tres orientaciones de surcos, tres épocas y tres formas de siembra

F.V.	G.L.	C U A D R A D O S M E D I O S				Peso semillas/planta 100 semillas
		Peso seco vainas/planta	Peso seco vainas/planta	Número vainas/planta	Número semillas/planta	
R	1	3,835	0,290	0,657	97,607	0,116
O	2	8,066*	0,581*	3,171	214,484	17,625
Error (a)	2	0,297	0,022	7,292	38,920	3,366
E	2	87,943**	6,290**	76,852**	5137,017**	15,526
E x O	4	8,779	0,634	6,322	772,124	5,479
Error (b)	6	6,256	0,452	3,969	782,680	15,086
F	2	11,966*	0,851*	10,351*	629,373*	2,694
F x O	4	3,972	0,283	4,693	350,381	6,120
F x E	4	1,709	0,123	2,407	159,142	3,910
Error (c)	26	3,456	0,249	2,335	1859,179	40,242

* = Significativo al 5%
 ** = Significativo al 1%

Cuadro A17. Cuadrados medios de los rendimientos^{1/} (Tm) de 100,000 plantas/ha de frijol var "CATIE-1" cultivadas en tres orientaciones de surcos, dos asociaciones y tres épocas de siembra

F.V.	G.L.	C.M.
R	1	109,20
O	2	149,90
Error(a)	2	306,51
A	1	30745,76**
AxO	2	203,25
Error(b)	3	188,69
E	2	10974,42**
ExO	4	31,53
ExA	2	820,21**
Error(c)	16	92,39

^{1/} Valores calculados con base a los rendimientos de 60 plantas para cada caso.

A = Asociaciones

**= Significativo al 1%

Cuadro A18. Cuadrados medios de los rendimientos^{1/} (Tm) de 40,000 plantas/ha de maíz var "Tuxpeño" cultivado en tres orientaciones de surcos y cuatro tratamientos de asociación

F.V.	G.L.	C.M.
R	1	218,64
O	2	650,61
Error (a)	2	93,10
T	3	3168,04**
TxO	6	86,49
Error(b)	9	33,57

^{1/} Valores calculados con base a los rendimientos de 32 plantas para cada caso.

** = significativo al 1%

T = Tratamientos

Cuadro A19. Distribución espacial de los frutos en los tallos de plantas de frijol var "CATE-1" en monocultivo en tres épocas de siembra y tres orientaciones de surcos. Promedios de cinco plantas por tratamiento. Agrupación en clases de diez cm de altura

Altura (cm) del suelo	Orientaciones															
	E0 siembra			E20 siembra			E40 siembra			E10 siembra						
	f	fr	fr	f	fr	fr	f	fr	fr	f	fr	fr				
0-10	3	13,6	1	2,6	3	13,0	1	4,2	2	7,1	1	3,3	5	26,3	2	11,1
11-20	4	18,2	6	15,8	3	13,0	3	12,5	4	14,3	8	26,7	4	21,1	4	22,2
21-30	3	16,3	6	15,8	4	17,5	6	25,0	5	17,9	9	30,0	4	21,1	2	11,2
31-40	2	9,1	3	7,9	4	17,4	3	12,5	4	14,3	3	10,0	4	21,1	2	11,1
41-50	2	9,1	4	10,5	1	4,3	2	8,3	4	14,3	2	6,7	0	0,0	1	5,6
51-60	1	4,5	2	5,3	3	13,0	1	4,2	3	10,7	1	3,3	0	0,0	2	11,1
61-70	2	9,1	1	4,5	1	4,3	3	12,5	2	7,1	2	6,7	1	5,3	1	5,6
71-80	1	4,5	3	7,9	2	8,7	2	8,3	2	7,1	2	6,7	0	0,0	2	11,1
81-90	2	9,1	4	10,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	3,3	1	5,3	0	0,0
91-100	1	4,5	3	7,9	1	4,3	1	4,2	1	3,6	1	3,3	-	-	1	5,6
101-110	1	4,5	1	2,6	-	-	-	4,2	1	3,6	-	-	-	-	0	0,0
111-120	-	-	3	13,6	1	4,2	-	4,2	-	-	-	-	-	-	1	5,6
121-130	-	-	1	4,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
131-140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Altura \bar{x} (cm) de plantas	152	173	161	150	157	145	133	114	168							
Espacio (cm) sin vainas	42	43	41	40	37	35	33	24	48							
Frutos acumulados 50 cm (%)	69	59	52,6	65,1	62,5	67,9	76,7	89,5	61,1							

f = frecuencia absoluta, fr = frecuencia relativa

Cuadro A20. Pruebas de "t" realizadas a los promedios de los variables indicadas, a plantas de frijol var "CATIE-1" en monocultivo en tres épocas de siembra y tres orientaciones de surcos

	V a r i a b l e s			
	Altura de planta(cm)	Espacio sin vainas(cm) ^o	Frutos acumulados primeros 50 cm(%) ^{oo}	PS semillas por planta (g)
E ₀ vs. E ₂₀	162vs.151*	42vs.37	60,20vs.65,17	25,60vs.32,10
E ₀ " E ₄₀	162 " 138*	42 " 35	60,20 " 75,80	25,60 " 21,40*
E ₂₀ " E ₄₀	151 " 138	37 " 35	65,17 " 75,80	32,10 " 21,40*
O ₁ " O ₂	145 " 148	38 " 35	71,67 " 70,37	26,10 " 25,60
O ₁ " O ₃	145 " 158	38 " 41	71,67 " 60,53	26,10 " 27,50
O ₂ " O ₃	148 " 158	35 " 41	70,37 " 60,53	25,60 " 27,50

^o Desde la última vaina superior hasta el ápice del tallo.

^{oo} Tercio inferior del tallo.

* Significativo al 5%.