

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

CARACTERIZACION AGRONOMICA
DE CINCO LEGUMINOSAS COMESTIBLES ASOCIADAS CON MAIZ

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa
Conjunto de estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos
Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico
Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

Magister Scientiae

por

TOMAS GALOMO RANGEL

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Departamento de Producción Vegetal
Turrialba, Costa Rica
1982

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre Antonio
Con especial cariño para mi mamá Juanita

A mi esposa Dulce María porque sin su
fé en Dios, mi sacrificio hubiera sido
en vano

A mi hija Dulce Carolina quien le dió
significado familiar a nuestro matri-
monio

A mis suegros: Jorge Plinio y Sonia
por el apoyo brindado a mi esposa
para hacer menos dura mi ausencia

A la memoria de mi hermano Miguel
A mis hermanos: Rómulo, Antonio,
Aristeo, Agustina y María Guadalupe

A mis compañeros y amigos del CATIE
A los profesores que me formaron

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento:

Al Mag. Agr. Heleodoro Miranda, Profesor Consejero desde mi llegada al CATIE hasta noviembre de 1981.

Al Ph.D. Carlos Ramírez, Profesor Consejero que con sus conocimientos y buen carácter culminó felizmente mi formación.

Al Ph.D. Joseph Saunders, Ph.D. José Fargas y Mag. Agr. Pablo Rosero, por sus orientaciones y revisión del escrito muy a tiempo.

Al Gobierno de México, representado en el Programa de Desarrollo Integrado del Trópico Húmedo (PRODERITH), por el apoyo financiero brindado para la realización de la maestría.

Al Colegio Superior de Agricultura Tropical (CSAT), de H. Cárdenas, Tabasco, México y al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), de Turrialba, Costa Rica, porque me dieron la oportunidad de efectuar estudios de posgrado.

Al M.C. Manuel Montoya Carrillo, quien como funcionario y como persona, siempre me apoyó y se preocupó porque tuviera lo necesario, durante mis estudios de posgrado.

Al Ph.D. Pedro R. Oñoro por su colaboración y ayuda en el análisis estadístico de los datos.

Al Ph.D. Alvaro Cordero porque sus sugerencias le dieron mayor calidad al trabajo.

Al Ph.D. Oscar Arias, quien influyó en mí para que demostrara que el triunfo es producto de trabajo y dedicación.

A mi esposa Dulce María por su apoyo, comprensión y estímulo, durante la realización de mis estudios.

A Floria Bertsch, porque no fue una compañera más en mi grupo sino un apoyo y una amistad sincera en el CATIE.

A las Señoras Felicia de Cisneros y Lorena de Murillo, eficientes secretarias del Programa de Estudios de Posgrado.

A la Señora Hilda Jiménez de Calvo, porque con su responsabilidad y limpieza le dió mayor presentación al escrito final.

A las esposas de mis compañeros, quienes pasaron momentos felices con mi esposa y como un reconocimiento a su paciencia y comprensión: Laura Benavides de Murillo, Albita Miranda de López, María de los Angeles Soto de Morera, Ketty Vacadiez de Paniagua, Mayra Wú de Díaz-Donaire, María María Victoria de Sánchez, Magda Solano de Pérez-Guerrero, Gilda de Martínez, Cecilia Locatelli de Muller, Lilliana de Matute y Escarleth de Cruz.

A los niños, a los que les robamos horas de cariño y dedicación por el estudio.

BIOGRAFIA

El autor nació en San Ciro de Acosta, del estado de San Luis Potosí en México, el 9 de abril de 1949.

Realizó sus estudios primarios en la Escuela Federal "Casa del Pueblo" de su pueblo natal, así como los estudios secundarios en la Secundaria Nocturna del Magisterio "Foránea No. 15".

La preparatoria y los estudios universitarios los realizó en la Escuela Nacional de Agricultura de Chapingo, Estado de México, hoy Universidad Autónoma Chapingo; graduándose de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista en 1975.

En 1975 se desempeñó como Auxiliar del Residente Regional de Agrología de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, hoy Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en Jalapa, Veracruz.

En 1976 trabajó como Técnico-Evaluador en el Banco Nacional de Crédito Rural (BANRURAL) en Zamora, Michoacán.

A partir de 1977 se incorporó como Profesor-Investigador del Colegio Superior de Agricultura Tropical, en H. Cárdenas, Tabasco.

En esta Institución ocupó el cargo de Jefe del Departamento de Fitotecnia y profesor titular del curso de Producción de Plantas Anuales, cargos a los que renunció para proseguir estudios de posgrado.

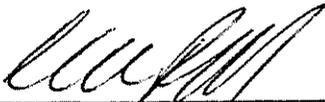
En marzo de 1980 ingresó al Programa de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR-CATIE), para graduarse de Magister Scientiae en abril de 1982.

En mayo de 1982 se incorporó al Personal Docente y de Investigación del Colegio Superior de Agricultura Tropical, en H. Cárdenas, Tabasco, México.

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

Magister Scientiae

JURADO



Carlos Ramírez, Ph.D.

Profesor Consejero



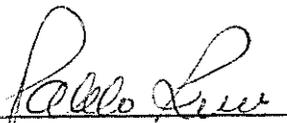
Joseph Saunders, Ph.D.

Miembro del Comité



José Fargas, Ph.D.

Miembro del Comité

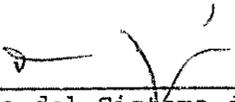


Pablo Rosero, Mag. Agr.

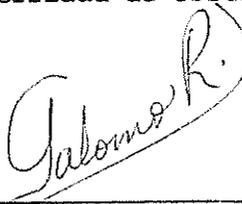
Miembro del Comité



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



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



Tomás Galomo Rangel
Candidato

CONTENIDO

	<u>Página No.</u>
RESUMEN	xvii
SUMMARY	xix
LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	xiii
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	2
2.1 Análisis de crecimiento	2
2.1.1 Luz	2
2.1.2 Temperatura	4
2.1.3 Relaciones de las variables de crecimiento .	5
2.2 La fijación biológica de nitrógeno	7
2.2.1 Mecanismo de la formación de nódulos	7
2.2.2 Efectividad de los nódulos	8
2.2.3 Proceso de la fijación de N ₂ atmosférico ...	8
2.2.4 Incremento del N ₂ del suelo debido a la fijación simbiótica	10
2.2.5 Factores detrimentales relacionados a la falla de inoculación y la nodulación en la simbiosis leguminosa-Rhizobium	10
2.3 El contenido de proteína	13
2.3.1 Aspecto general	13
2.3.2 Fuentes de abastecimiento	14
2.3.3 Contenido de proteína en la semilla	14
2.3.4 Composición química del maíz y frijol	15
2.3.5 La escasez de proteína	15
3. MATERIALES Y METODOS	18
3.1 Localización	18
3.2 Especies, variedades y tratamientos	18
3.3 Procedencia de las variedades	19
3.4 Diseño experimental	20

	<u>Página No.</u>
3.4.1 Parcela experimental	20
3.4.2 Parcela útil	20
3.5 Siembra	21
3.6 Fertilización	21
3.7 Medidas fitosanitarias	21
3.8 Cosechas	23
3.9 Análisis de crecimiento	23
3.10 Parámetros medidos	24
3.10.1 Altura de la planta	24
3.10.2 Biomasa aérea	24
3.10.3 Area foliar	24
3.10.4 Nodulación	25
3.10.5 Rendimiento de grano tierno	26
3.10.6 Contenido de proteína	26
3.11 Parámetros estimados	27
3.11.1 Índice de crecimiento relativo	27
3.11.2 Índice de asimilación neta	27
3.11.3 Índice de crecimiento relativo del área foliar	28
3.11.4 Índice de área foliar	28
3.11.5 Razón de peso foliar	28
3.11.6 Razón de área foliar	28
3.12 Otras características importantes que se midieron	29
3.12.1 En las leguminosas	29
3.12.2 En el maíz	29
3.13 Análisis de la información	29
4. RESULTADOS Y DISCUSION	30
4.1 Condiciones climáticas	30
4.2 Aspectos generales de los cultivos	30
4.3 Contenido de proteína	30
4.3.1 En las leguminosas	30
4.3.2 En el maíz	33

	<u>Página No.</u>
4.3.3 Contenido total de proteína	33
4.4 Influencia del maíz en el rendimiento de las leguminosas	35
4.4.1 Producción de las leguminosas	35
4.4.2 Producción de maíz	59
4.5 Análisis de la nodulación	63
4.5.1 Crecimiento de los nódulos	63
4.5.2 Distribución y tamaño de nódulos	64
4.5.3 Forma y color de nódulos	65
4.5.4 Efecto de la fertilización en la nodulación	67
4.5.5 Peso fresco de nódulos	69
4.5.6 Peso seco de nódulos	70
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
5.1 Conclusiones	73
5.2 Recomendaciones	74
6. LITERATURA CITADA	75
7. APENDICE	82

LISTA DE CUADROS

Página No.

En el texto:

Cuadro No.

1	Composición química del maíz y frijol expresado en g/100 g	16
2	Contenido de aminoácidos esenciales del maíz, frijol y leche, expresados en mg/16 g de N	16
3	Nombre común, especies de leguminosas y variedades utilizadas en el estudio	18
4	Tratamientos resultantes al asociar las cinco leguminosas comestibles con el cultivo de maíz	19
5	Muestreos efectuados para el análisis del crecimiento en las especies en estudio	24
6	Kilogramos por hectárea de proteína de las leguminosas, proteína del maíz y proteína total	32
7	Kilogramos por hectárea de grano tierno comercial de cinco leguminosas en monocultivo y asociadas con maíz	36
8	Distribución, tamaño, efectividad y forma de los nódulos en cinco leguminosas comestibles en monocultivo	66
9	Peso fresco y peso seco de nódulos de cinco leguminosas comestibles, en monocultivo con aplicación y sin aplicación de fertilizante ...	68
10	Peso fresco y peso seco de nódulos (mg/planta) de las leguminosas en monocultivo y asociadas con maíz por tratamiento	72

En Apéndice:

Cuadro No.

1A	Características de posición geográfica, clima y suelo de la zona de Turrialba; donde se realizó el estudio	84
----	--	----

2A	Análisis de suelo del muestreo realizado previo al establecimiento del ensayo	85
3A	Cronología de las principales actividades realizadas durante la duración del experimento con los cultivos de leguminosas comestibles y maíz	86
4A	Temperatura media mensual y precipitación total mensual que se presentaron en el desarrollo del experimento	89
5A	Materia seca en kg/ha de cinco leguminosas en monocultivo y asociadas con maíz a cinco edades de planta	90
6A	Biomasa seca (g/planta) total y de los diferentes órganos de cinco leguminosas comestibles en monocultivo y asociadas con maíz (promedio de 20 plantas)	91
7A	Area foliar en dm^2 /planta de cinco leguminosas comestibles en monocultivo y asociadas con maíz (promedio de 20 plantas)	93
8A	Contenido de nitrógeno (mg/planta) total y de los diferentes órganos de cinco leguminosas comestibles en monocultivo y asociadas con maíz (promedio de 10 plantas)	94
9A	Altura de plantas en cm de cinco leguminosas comestibles en monocultivo y asociadas a maíz (promedio de 20 plantas)	96
10A	Intensidad de asimilación neta de cinco leguminosas comestibles en monocultivo y asociadas con maíz a cinco edades de plantas ($\text{mg}/\text{dm}^2/\text{día}$)	97
11A	Intensidad de crecimiento relativo del área foliar en cinco leguminosas comestibles en monocultivo y asociadas con maíz a cinco edades de plantas ($\text{dm}^2/\text{dm}^2/\text{día}$)	98
12A	Intensidad de crecimiento relativo de cinco leguminosas comestibles en monocultivo y asociadas con maíz en cinco edades de plantas ($\text{mg}/\text{g}/\text{día}$)	99

13A	Índice de área foliar de cinco leguminosas comestibles en monocultivo y asociadas con maíz, en cinco edades de plantas	100
14A	Razón de área foliar de cinco leguminosas comestibles en monocultivo y asociadas a maíz en cinco edades de plantas (dm ² /g)	101
15A	Razón de peso foliar de cinco leguminosas comestibles en monocultivo y asociadas a maíz en cinco edades de plantas (en %)	102
16A	Resumen del análisis de varianza para los parámetros peso fresco y peso seco de nódulos en frijol alado	103
17A	Resumen del análisis de varianza para los parámetros peso fresco y peso seco de nódulos en frijol común	103
18A	Resumen del análisis de varianza para los parámetros peso fresco y peso seco de nódulos en frijol zarandaja	104
19A	Resumen del análisis de varianza para los parámetros peso fresco y peso seco de nódulos en frijol lima	104
20A	Resumen del análisis de varianza para los parámetros peso fresco y peso seco de nódulos en frijol vigna	105

LISTA DE FIGURAS

Página No.

En el texto:

Figura No.

1	Formas de nódulos: a. Esférica; b. Semi-esférica; c. Elongada y lobulada; d. Bifurcada; e. Forma de abanico; f. Forma de coral y g. Esférica y estriada (41)	9
2	Características del tipo de soporte (tutorado) usado en las leguminosas en monocultivo	22
3	Diagrama para calificar la distribución de los nódulos en las leguminosas	25
4	Precipitación mensual (promedio de 38 años), temperatura mensual (promedio de 23 años), precipitación y temperaturas reales mensuales que ocurrieron durante la permanencia de los cultivos en el campo. CATIE. 1981	31
5	Kilogramos por hectárea de proteína total en las leguminosas en monocultivo y asociadas con maíz, por tratamiento (A=Alado; C=Común; Z=Zarandaja; s=sin soporte; L=Lima; V=Vigna; M=Maíz)	34
6	Variaciones de la altura de plantas de cinco leguminosas comestibles en monocultivo, por tratamiento (A=Alado; C=Común; Z=Zarandaja; s=sin soporte; L=Lima; V=Vigna)	38
7	Variaciones de la altura de plantas de cinco leguminosas comestibles asociadas a maíz, por tratamiento (A=Alado; C=Común; Z=Zarandaja; L=Lima; V=Vigna)	38
8	Kilogramos de biomasa seca por hectárea de cinco leguminosas comestibles en monocultivo, en relación con la edad (A=Alado; C=Común; Z=Zarandaja; s=sin soporte; L=Lima; V=Vigna) ..	40
9	Kilogramos de biomasa seca por hectárea de cinco leguminosas comestibles asociadas con maíz, en relación con la edad (A=Alado; C=Común; Z=Zarandaja; L=Lima; V=Vigna; M=Maíz)	40

10	Gramos de biomasa seca total por planta y de los diferentes órganos de frijol alado en monocultivo (A), en relación con la edad ...	42
11	Gramos de biomasa seca total por planta y de los diferentes órganos de frijol alado asociado con maíz (A+M), en relación con la edad	
12	Gramos de biomasa seca total por planta y de los diferentes órganos de frijol común en monocultivo (C), en relación con la edad	43
13	Gramos de materia seca total por planta y de los diferentes órganos de frijol común asociado con maíz (C+M), en relación con la edad	43
14	Gramos de biomasa seca total y de los diferentes órganos de frijol zarandaja en monocultivo (Z), en relación con la edad	44
15	Gramos de biomasa seca total y de los diferentes órganos de frijol zarandaja asociado con maíz (Z+M), en relación a la edad	44
16	Gramos de biomasa seca total y de los diferentes órganos de frijol zarandaja sin soporte (Zs), en relación con la edad	45
17	Gramos de biomasa seca total y de los diferentes órganos de frijol lima en monocultivo (L), en relación con la edad	46
18	Gramos de biomasa seca total y de los diferentes órganos de frijol lima asociado con maíz (L+M), en relación con la edad	46
19	Gramos de biomasa total por planta y de los diferentes órganos de frijol vigna en monocultivo (V), en relación con la edad	47
20	Gramos de biomasa total por planta y de los diferentes órganos de frijol vigna asociado con maíz (V+M), en relación con la edad	47

21	Variación del comportamiento del área foliar por planta de cinco leguminosas comestibles en monocultivo, en relación con la edad (A=Alado, C=Común, Z=Zarandaja, s=sin soporte, L=Lima, V=Vigna)	48
22	Variación del comportamiento del área foliar por planta de cinco leguminosas comestibles asociadas con maíz, en relación con la edad (A=Alado, C=Común, Z=Zarandaja, L=Lima, V=Vigna)	48
23	Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol alado en monocultivo (mg/planta)	51
24	Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol alado en asociación con maíz (mg/planta)	51
25	Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol común en monocultivo (mg/planta)	52
26	Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol común en asociación con maíz (mg/planta)	52
27	Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol zarandaja en monocultivo (mg/planta)	53
28	Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol zarandaja en asociación con maíz (mg/planta)	53
29	Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol zarandaja sin soporte (mg/planta)	54
30	Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol lima en monocultivo (mg/planta)	55
31	Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol lima en asociación con maíz (mg/planta)	55

	<u>Página No.</u>
32	Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol vigna en monocultivo (mg/planta) 56
33	Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol vigna en asociación con maíz (mg/planta) 56
34	Número de elotes comerciales por hectárea en el maíz en monocultivo y asociado a cinco leguminosas comestibles (A=Alado; C=Común; Z=Zarandaja; L=Lima; V=Vigna; M=Maíz) 60
35	Kilogramos por hectárea de grano seco comer- cial de maíz en monocultivo y asociado a cinco leguminosas comestibles (A=Alado; C=Común; Z=Zarandaja; L=Lima; V=Vigna; M=Maíz) 62

En Apéndice:

Figura No.

1A	Distribución de parcelas y tratamientos en el campo (los números romanos de la izquierda indican el número de repetición) 83
----	--

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo bajo condiciones de campo, en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica. Los objetivos fueron, determinar el sistema que produce mayor cantidad de proteína, determinar la influencia del maíz en el rendimiento de cinco leguminosas y analizar el grado de nodulación logrado por las leguminosas en monocultivo y en asocio con maíz, en relación a la especie.

Las leguminosas estudiadas fueron, frijol alado Psophocarpus tetragonolobus L. (DC), frijol común Phaseolus vulgaris (L.), frijol zarandaja Dolichos lablab (L.), frijol lima Phaseolus lunatus (L.) y frijol vigna Vigna unguiculata L. (Walp.). Los tratamientos fueron 12: las cinco leguminosas en monocultivo, asociadas con maíz, el maíz en monocultivo y el frijol zarandaja sin soporte. Para los monocultivos se utilizó soporte artificial; para el análisis del crecimiento se realizaron cinco o seis muestreos dependiendo de la especie. La producción de las leguminosas se evaluó en grano tierno y el maíz como elote y como grano seco, la nodulación se evaluó al 50% de floración, la muestra fue de cinco plantas. El diseño experimental fue Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones.

Se determinó que el sistema que produjo mayor cantidad de proteína fue el frijol zarandaja en monocultivo con 1 192 kg/ha, en segundo lugar el frijol lima y el frijol alado con 796 y 763 kg/ha; en el cultivo asociado el sistema zarandaja + maíz tuvo 834 kg/ha de proteína.

Los rendimientos de grano tierno comercial fueron mayores en el frijol zarandaja en monocultivo, frijol alado y frijol lima con 9 366, 7 066 y 6 571 kg/ha. El frijol común asociado con maíz rindió 868 kg/ha.

El maíz asociado bajó el rendimiento de las leguminosas en un 77.2% en frijol lima; en 68.0% en frijol vigna; en 67.0% en frijol alado; 53.5% en frijol zarandaja y un 40.0% en frijol común.

La leguminosa que más afectó el rendimiento de maíz, tanto en elote como en grano seco, fue el frijol zarandaja, que lo bajó en un 43.3% en relación al monocultivo.

La nodulación natural en las leguminosas estudiadas fue bastante buena, con excepción del frijol común. El frijol alado tuvo el mayor peso fresco y peso seco de nódulos en monocultivo y asociado con maíz.

El frijol común para producción de grano tierno y seco, no se debe recomendar su siembra en la época lluviosa en la zona de Turrialba, la humedad y las enfermedades terminan con el cultivo.

La intensidad de asimilación neta (IAN) mostró que el frijol zarandaja en monocultivo tuvo un valor de 74.0 mg/dm²/días a los 72 días después de la siembra.

El índice de área foliar (IAF) fue mayor en las leguminosas en monocultivo; los valores más altos fueron los de frijol lima y frijol zarandaja con 5.93 y 5.83 respectivamente.

SUMMARY

The present study was carried out under field conditions at the Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) in Turrialba, Costa Rica. The objectives were to determine the system that produces the greatest amount of protein, to determine the influence of corn on the yield of five leguminous crops and to analyze the degree of nodulation obtain by the leguminous crops in monoculture and associated with maize in relation to the species.

The leguminous crops studied were: winged bean Psophocarpus tetragonolobus L. (DC); common bean Phaseolus vulgaris (L.); lablab bean Dolichos lablab (L.); lima bean Phaseolus lunatus (L.) and cowpea Vigna unguiculata L. (Walp.). The treatments were 12: The five leguminous crops in monoculture, each associated with maize, maize in monoculture and lablab bean without support. Artificial support was used for the monocultures. The growth analysis was based on five or six samplings, depending on the species. The yield of the leguminous crops was evaluated as green beans and the yield of maize as fresh ears and as dry grain. Nodulation was evaluated at the moment of the 50% of blooming, using a sample of five plants. A completely randomized block design with four replicates was used.

The system which produced the greatest amount of protein was lablab bean in monoculture 1 192 kg/ha followed by lima bean and winged bean with 796 and 769 kg/ha. Lablab bean + maize in polyculture yielded 834 kg/ha of protein.

The yields of commercial green grain were greater with lablab bean, winged bean and lima bean in monoculture with 9 336, 7 066 and 6 511 kg/ha respectively. Common bean associated with maize yielded 868 kg/ha.

Maize in associated reduced the yield of the leguminous crops in 77.2% with lima bean, 68.0% with cowpea; 67.0% with winged bean; 53.5% with lablab bean and 40.0% with common bean.

The leguminous crop that most affected the yield of maize as fresh ears and not early in dry grain was lablab bean, which reduced the yield by 43.3% compared with the monoculture.

The natural nodulation in the leguminous studied was high, except with common bean. The winged bean had the greatest fresh and dry weight of nodules in monoculture and associated with maize.

Common bean should not be recommended for the production of green and dry grain in the rainy season in the zone of Turrialba because of the high humidity and diseases.

The net assimilation intensity (NAI) indicated that the lablab bean in monoculture had a value of $74.0 \text{ mg/dm}^2/\text{day}$ at the 72 days after planting.

The leaf area index (LAI) was greater in the leguminous crops in monoculture. The highest values were those of lima bean and lablab bean with 5.93 and 5.83 respectively.

1. INTRODUCCION

Las dos familias de plantas que mayor importancia tienen en la alimentación, son las gramíneas y las leguminosas, las cuales se aprovechan principalmente como grano (tierno y seco), forraje y abono verde (49, 81). Es pues de gran importancia social y económica incrementar el cultivo de estas especies, pues de esta manera se mejoraría la principal fuente de proteína para aquellos sectores de la población de ingresos bajos (76).

En América Central la investigación en leguminosas de grano se ha centrado en aquellos problemas que limitan su producción para así aliviar las deficiencias proteicas en la alimentación de la población (8).

En el CATIE (18), se han estudiado varios sistemas de producción que incluyen gramíneas y leguminosas, como alternativas para mejorar la producción del pequeño agricultor. Así también se han estudiado algunas especies de leguminosas en monocultivo, con el objeto de conocer sus caracteres e incorporarlas posteriormente en sistemas de producción más complejos (19, 48).

El objetivo general en este trabajo fue, de acuerdo a las líneas de investigación anteriores, el investigar mejores alternativas para el uso de las leguminosas asociadas con maíz, que resulten de mayor beneficio alimenticio y económico.

En consideración a lo anterior, se diseñó un experimento con los siguientes objetivos:

- a. Determinar el sistema que produce mayor cantidad de proteína.
- b. Determinar la influencia del maíz en el rendimiento de frijol alado, frijol común, frijol zarandaja, frijol lima y frijol vigna.
- c. Analizar el grado de nodulación logrado por las leguminosas en monocultivo y en asocio con maíz, en relación a la especie.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Análisis del crecimiento

La explicación de la productividad con relación al crecimiento y desarrollo de las plantas es sumamente complejo por la interrelación de diversos procesos afectados por los distintos tipos de competencia (13).

El método de análisis del crecimiento es usado por fitofisiólogos y otros investigadores para tratar de interpretar las variaciones en la intensidad de crecimiento y producción de los cultivos en términos de procesos fisiológicos básicos de la planta (80). Los conceptos fundamentales y las implicaciones fisiológicas son muy simples, por lo que resulta particularmente apropiado para investigaciones de campo (58) ya que son medidas simples de cambio de peso seco y área foliar por planta hechas a distintos intervalos, que pueden determinar funciones fisiológicas o de crecimiento (80) que permiten definir el efecto de los factores externos como luz y temperatura sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de un cultivo.

2.1.1 Luz

a. Efectos generales

Dentro de los factores ambientales que más ejercen una influencia profunda sobre la expresión fenotípica del genoma de una planta está la luz (17). En efecto Tanaka y Managuchi (70) indican que la radiación asume gran importancia en el crecimiento y desarrollo de las plantas, en las zonas tropicales. De esta forma para utilizar más eficientemente los otros factores del ambiente en la producción de cosechas es aparentemente imprescindible una alta intensidad de luz solar. Así la luz, aparte del efecto fotosintético (9), tiene una marcada influencia reguladora sobre el crecimiento, desarrollo y diferenciación de una planta; por ello se convierte en un factor competitivo en asociación de cultivos (43).

b. Efecto de la luz sobre el crecimiento y desarrollo

Varios investigadores han intentado relacionar la cantidad

de luz recibida con el crecimiento y desarrollo de las plantas. Thut y Loomis (74) encontraron diferencias en el crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz crecidas a distintos niveles de luminosidad.

Entre variedades de una misma especie, las respuestas de las plantas a los efectos de la luz son diferentes. Magalhes y Montojos (44), en su trabajo con variedades de crecimiento indeterminado de *Phaseolus vulgaris* L., encontraron que la variedad 'carioca' alcanzó valores más altos de índices 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.

Trabajando con frijol común en solución nutritiva en condiciones de invernadero, Ascencio y Fargas (7) hallaron que la máxima tasa de incremento en peso seco total se alcanzó entre los 55 y 62 días.

En frijol de costa (*Vigna unguiculata*) cultivada 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 (65) 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.

c. Luz e intensidad de asimilación neta

Butt (17) cita algunos trabajos que muestran un efecto positivo y significativo de la luz sobre la intensidad de asimilación neta (IAN) de tomate, cebolla y girasol. Moss, Musgrave y Lemon (50), en estudios realizados con maíz en condiciones de campo, encontraron que el 90% de la variación en cada hora en la IAN se puede atribuir a la variación de la luz solar. Las relaciones se establecieron entre asimilación neta, radiación solar y eficiencia como una función del tiempo para un día claro y un día nublado respectivamente.

d. Luz y rendimiento

La disponibilidad de luz también ejerce un notable efecto sobre el rendimiento de los cultivos. Early *et al* (26) encontraron que la

disminución de la intensidad de luz solar disponible en el campo produjo una significativa reducción en la materia seca y rendimiento del maíz. Pendleton citado por Bokde (12), reporta también que la alta intensidad de luz en el campo aumentó en 54% el rendimiento del grano de maíz.

Inove y Susuki, citados por Stoble, Ormrod y Wooley (68), confirman las aseveraciones anteriores al atribuir la caída de flores y frutos del frijol común a la baja intensidad de luz. Por el contrario, Watson (81) asegura que la variación del rendimiento es probablemente poco afectado por las fluctuaciones de la iluminación natural. Acevedo (1), trabajando con frijol común asociado con maíz en Turrialba, Costa Rica, concluyó que la competencia por luz no influyó sobre los rendimientos.

2.1.2 Temperatura

a. Efectos generales

Los procesos físicos y químicos de la planta son gobernados por la temperatura y acelerados por su incremento hasta un nivel óptimo (17). Más aún, de acuerdo a Tuller (75), la temperatura del aire es un elemento importante para determinar la conveniencia del clima para muchas especies vegetales.

b. Efecto de la temperatura sobre el crecimiento y desarrollo

El crecimiento y desarrollo a pesar de ser el resultado de un proceso complejo, pueden ser afectados diferentemente por la temperatura.

Evans, Key y Young (30), al evaluar una comunidad de plantas, comprobaron que la temperatura controló la tasa de crecimiento y dió origen a diferencias detectables en la planta, tales como: reducir marcadamente la germinación de la semilla y acelerar el secado de las plantas, entre otras.

Por esto, podríamos aceptar que la temperatura es un factor importante que influencia la distribución de la materia seca en la planta.

Best (9) indica que para algunos cultivos tropicales las temperaturas

altas y uniformes son desfavorables porque aceleran la senescencia de las hojas. Sin embargo, la reducción de la temperatura puede retardar los procesos de crecimiento del frijol común, maíz y otras especies (60).

El frijol común tiene una temperatura óptima de 26 C (59). Sin embargo, algunos autores (77) han concluido que esta especie tiene una baja respuesta a los cambios termoperiódicos.

c. Temperatura e intensidad de asimilación neta

La naturaleza de los efectos de la temperatura, sobre la asimilación neta son sorprendentemente variables. Moss y Musgrave (50) afirman que si la temperatura nocturna es de 32 a 37 C puede ocurrir serias reducciones de materia seca, debido a la respiración.

La fotosíntesis del frijol, la cebada y el trigo fue ligeramente afectada en el rango de temperatura de 15 a 30 C siempre y cuando existieran condiciones de saturación de luz (31).

d. Temperatura y rendimiento

Las temperaturas óptimas de crecimiento cambian de acuerdo al estado de crecimiento y desarrollo de las plantas. Davis (24) encontró que en frijol la temperatura media al tiempo de floración, controlaba el número de vainas; a temperaturas mayores de 24 C, el porcentaje de vainas disminuía rápidamente. Este fenómeno aparentemente se debía al aumento en el número de flores que abortaban.

Stobbe, Ormrod y Wooley (68) determinaron que el número de flores y frutos de frijol común fue mayor cuando las temperaturas nocturnas y diurnas fueron 21 y 29.5 C respectivamente.

2.1.3 Relaciones de las variables de crecimiento

a. Area foliar

El área foliar es una medida de la magnitud del sistema asimilatorio de la planta. Se puede expresar como área verde total capaz de

fotosintetizar, como peso seco total o como índice de área foliar (IAF).

La importancia del AF en la intercepción de la energía luminosa y sus relaciones con el incremento de peso seco de varios tipos de plantas ha sido demostrado por Davidson y Donald (23) y Anderson (5). Así la base fisiológica para una alta producción está en conseguir un desarrollo rápido y grande del área foliar que asegure el máximo aprovechamiento de la radiación solar (81). Precisamente diferencias de rendimiento de 6 variedades de frijol pudieron correlacionarse con el área foliar (79).

b. Índice de área foliar

Watson en 1947, citado por Watson (81), introdujo el término de Índice de Área Foliar para expresar la relación, superficie foliar y la superficie de suelo ocupada por la planta.

El Índice de Área Foliar puede ser diferente para un mismo cultivo en las mismas condiciones ambientales; aparentemente existe en cada cultivo un valor óptimo de IAF para el máximo aprovechamiento de la radiación incidente en la fijación de CO_2 . Este óptimo varía con las especies, la intensidad de luz y el arreglo espacial de las plantas en el campo (11).

En cultivos asociados es importante considerar que cuando el IAF del cultivo dominante es aproximadamente 5, la luz en el interior es limitada (12). Habrá más luz cuando dicho valor sea de 2 o 3.

c. Intensidad de asimilación neta

El concepto de intensidad de asimilación neta (IAN) fue desarrollado como una ayuda en el análisis cuantitativo del crecimiento de plantas (83) y aunque se le ha llegado a considerar muy buena medida de la fotosíntesis en estudios ecológicos, se reconoce que no es una medida pura de este proceso, sino que depende de la relación entre la ganancia de materia seca y las pérdidas por respiración.

Best (9) señala que la intensidad de asimilación neta de una planta anual es más alta en los estados juveniles. Sin embargo, Ascencio y Fargas

en 1973 (7) trabajando con frijol común en solución nutritiva, encontraron el valor máximo de la IAN ($0.73 \text{ g/dm}^2/\text{semana}$) en el período de máximo crecimiento de los frutos.

A pesar que Watson (80) indicó que no es posible distinguir cuales factores climáticos son responsables de la variación de la IAN, varios trabajos indican que este factor del crecimiento es casi completamente controlado por la temperatura y la radiación solar (11, 51).

2.2 La fijación biológica de nitrógeno

Los procesos y conceptos revisados en este apartado, en relación a la fijación biológica de nitrógeno, aún no están bien aclarados. Sin embargo, en esta ocasión se trata de analizar lo más general del proceso.

2.2.1 Mecanismo de la formación de nódulos

El mecanismo de la formación de nódulos puede ser descrito en las cinco etapas siguientes:

- a. Colonización. La nodulación empieza cuando una adecuada cepa de *Rhizobium* encuentra un sistema radicular de una leguminosa, éste se multiplica, produce adecuadas cantidades de ácido indol acético (AIA) y otras sustancias (62). Enseguida se produce la deformación y encrespamiento de los pelos radicales.
- b. Encrespamiento. Los pelos radicales se envaginan en su porción apical, lo que permite que algunos Rhizobia pasen a través de esta sección invaginada.
- c. Infección. Un hilo de infección se forma por la planta y los Rhizobia que se encuentran en su interior se movilizan hacia la parte basal del pelo radical, penetrando a la corteza de la planta.
- d. Desarrollo del nódulo. De acuerdo al modo de infección, hay variación en el patrón de desarrollo de los nódulos. Ampliamente podemos reconocer 2 tipos: aquellos en los cuales la infección ocurre

por infección de pelos radicales y aquellos donde la bacteria está extendida principalmente por división de células preinfectadas. La división ocurre cuando un balance correcto de sustancias del crecimiento y éstas suben a través de: 1. Hilos de infección productores de auxinas y 2. Estelas de citoquininas, juntas algunas, todavía como factor no identificado (67).

- e. Nodulación. La multiplicación de las células tetraploides y diploides conduce a la estructura conocida como "nódulo". Cuando los Rhizobia son liberados dentro de las células, aún son de forma bacilar, rápidamente pierden esta apariencia cilíndrica y se vuelven bacteroides y en esta forma inician la fijación de nitrógeno (62).

2.2.2 Efectividad de los nódulos

Una vez formados los nódulos y facilitada la formación de leghemoglobina en las células de los nódulos, es posible que inicie la fijación de nitrógeno. El nitrógeno es fijado únicamente en los tejidos conteniendo bacteroides y leghemoglobina. La presencia de leghemoglobina en un nódulo es evidencia de la fijación efectiva de nitrógeno y se manifiesta por un color rosado del mismo (3, 15, 64).

Los términos efectividad y nodulación efectiva se usan para indicar que una combinación particular de la leguminosa y *Rhizobium* fija cantidades útiles de nitrógeno atmosférico. Los nódulos efectivos son reconocidos en general, como se mencionó anteriormente, por su color rosado, poco número, tamaño grande y buena apariencia de la planta huésped, aunque hay sus excepciones. Los nódulos efectivos varían en forma y tamaño de acuerdo al huésped y a la cepa de la bacteria, figura 1 (22, 41).

2.2.3 Proceso de la fijación de N₂ atmosférico

La fijación biológica de nitrógeno, es decir la conversión de N₂ a NH₃, es una importante reacción en la ecología de nuestro planeta. En los últimos años, los conocimientos de la fijación de N₂ han avanzado rápidamente, este gran avance incluye: la fijación del ATP y los requerimientos

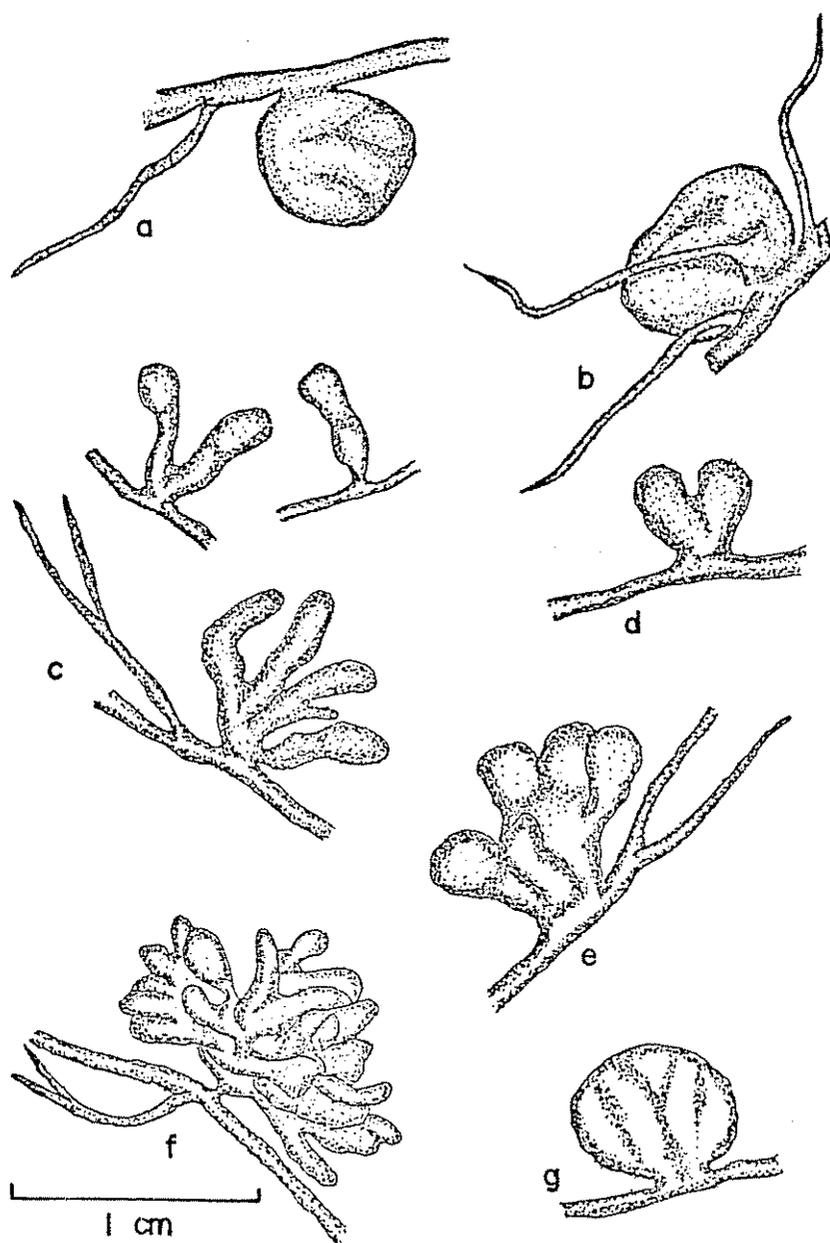


Figura 1. Formas de nódulos: a. Esférica; b. Semi-esférica; c. Elongada y lobulada; d. Bifurcada; e. Forma de abanico; f. Forma de corral y g. Esférica y estuada (41).

de electrones de la fijación de N_2 ; la separación de las dos proteínas componentes de la nitrogenasa y el uso de la reducción de acetileno como un sensible indicador de la actividad de la nitrogenasa (62, 67).

La nitrogenasa (N_2 -asa) es la enzima compuesta por dos componentes, uno contiene Fe y Mo y otro solo Fe. Es la responsable de la fijación de nitrógeno (67).

2.2.4 Incremento del N_2 del suelo debido a la fijación simbiótica

Se sabe poco acerca de la cantidad de nitrógeno que fijan las cosechas tropicales y subtropicales.

En Australia, Andrew y Bryan, citados por Mckee (46) reportan ganancias de 100 Kg/ha/año por un suelo laterítico debido al cultivo de *Desmodium uncinatum*. Se informa de diferentes cantidades de ganancia de N_2 por suelos debido a las leguminosas (25, 65).

La cantidad de N_2 fijado por las leguminosas es muy variado y depende del tipo de leguminosa, de las condiciones del suelo y de la eficiencia fijadora del *Rhizobium* (45). Es la fijación simbiótica de N_2 un proceso natural que frena el agotamiento progresivo de los suelos en nitrógeno; esto es importante en suelos tropicales para la implantación de leguminosas forrajeras, así como también la asociación con gramíneas (25).

2.2.5 Factores detrimentales relacionados a la falla de inoculación y la nodulación en la simbiosis leguminosa-Rhizobium

a. Relacionados al inóculo o inoculante

1. Pobre calidad del inoculante por:

- Baja población de *Rhizobium*
- Uso de inoculantes vencidos
- Mal manejo y conservación
- Forma de aplicación del inóculo
- Contacto con fertilizantes ácidos
- Inoculación de semillas tratadas con pesticidas
- Inoculación con cepas poco efectivas

b. Factores nutricionales que afectan la nodulación y función de los nódulos

El potasio normalmente puede asumir un rol específico relacionado a la simbiosis, por su función en la regulación osmótica y actividad de las enzimas.

Los efectos del fósforo, en la nodulación, se ven reflejados en el incremento en peso de nódulos al incrementarse la aplicación de fósforo (20). La falta de P limita severamente la formación de nódulos y la fijación de N_2 .

La deficiencia de azufre limita la nodulación y la fijación de N_2 . Reduce el número y tamaño de los nódulos. Es necesario en la síntesis de clorofila, o sea que se requiere para una activa fotosíntesis.

Las deficiencias de P, S y K limita la fijación de N_2 , al limitar el crecimiento de las plantas.

La formación de nódulos es restringido por deficiencia en boro, estos efectos son reducidos y se confunden por deficiencias en otros microelementos (52).

El molibdeno es un constituyente de la nitrogenasa y generalmente es menos disponible en suelos ácidos (29).

El hierro está fuertemente relacionado como constituyente de la leghe-moglobina, importante en el funcionamiento de los nódulos posiblemente facilitando la difusión del oxígeno en la respiración. También es un componente de la nitrogenasa (10).

Altas concentraciones de N_2 combinado en el suelo (propio o de fertilizantes) inhiben y limitan la contribución de la fijación, en llenar la cuota de N_2 que necesita el desarrollo de las plantas. En la zona radicular el nitrógeno combinado actúa contra la nodulación, al afectar la producción de Acido Indol Acético o acelerando su destrucción (72, 73).

Por el contrario, al adicionar N_2 combinado en pequeñas cantidades se puede favorecer el desarrollo nodular (32) y estimula la fijación de nitrógeno (52).

c. Factores físicos

c.1 Temperatura

La temperatura influye no solamente en la sobrevivencia de las células en el suelo, sino también en la nodulación y en la fijación. La temperatura del suelo óptima para la nodulación del frijol varía entre 28 y 32 C dependiendo de las cepas de *Rhizobium* (33). Aparentemente el mayor efecto es en el proceso de infección y no en el desarrollo de los nódulos.

c.2 Luz

La actividad fotosintética está muy relacionada a la fijación. La duración del día y la intensidad de luz afectan considerablemente la nodulación (3). Generalmente el peso de los nódulos y la nodulación se incrementa con mayor intensidad de luz y la longitud del día (55).

c.3 Humedad del suelo

El exceso de humedad afecta la adecuada aereación de las raíces (56) y afecta la actividad de los nódulos y su formación. También afecta por la reducción del oxígeno disponible que es requerido por los nódulos, el cual se reduce grandemente en suelos de pobre estructura.

d. Factores bióticos

Larvas de crisomélidos comen nódulos de frijol en la zona de Popayán, Colombia (62).

No todas las raíces de las leguminosas presentan nódulos. Allen y Allen (4) encontraron que de 1 196 especies estudiadas solo 133 tienen capacidad para desarrollarse en simbiosis con el *Rhizobium*.

La influencia de otros microorganismos en el desarrollo del *Rhizobium*

no está bien estudiado, pero no se puede despreciar su importancia. La interacción del *Rhizobium* con otros microorganismos es bastante complicada. Algunas bacterias estimulan, otras inhiben y otras tienen efectos indirectos en el crecimiento (35).

Otro factor biótico que puede afectar la infección y nodulación son los nemátodos. Robinson (61) encontró que una gran proporción de nódulos de caupí decrecieron por efecto de la penetración de larvas de nemátodos en los tejidos suaves.

e. Factores químicos

e.1 Acidez del suelo

Todas las especies de leguminosas difieren considerablemente en su sensibilidad a la acidez pudiendo desarrollarse dentro de rangos de pH de 3.5 a 8.0; una adición adecuada de calcio garantiza la nodulación en condiciones ácidas. Las condiciones de acidez influyen en la nutrición mineral, siendo su efecto sobre la disponibilidad del Mo y en la toxicidad del Mn y Al (78).

e.2 Calcio

El calcio es requerido para la formación de los nódulos como un componente en el desarrollo de la pared celular. La acidez del suelo y la deficiencia de Ca pueden influir en la supervivencia de los rizobios en el suelo, previo a la infección, en el proceso mismo de la infección y nodulación y en la función de los rizobios en el hospedero (6). El calcio es requerido también en la adsorción de *Rhizobium* a los pelos radicales.

2.3 El contenido de proteína

2.3.1 Aspecto general

La subalimentación puede provenir de inadecuada ingestión calórica; de deficiencias de proteínas o de una escasez de vitaminas y minerales. De estas deficiencias, la que mayor interés ha suscitado es la proteínica. Las necesidades de proteína pueden satisfacerse aumentando su

disponibilidad a precios asequibles a la población o reforzando sus materias primas (42). El incremento en las proteínas puede conseguirse a través de variedades mejoradas de plantas o por mejores prácticas de manejo.

2.3.2 Fuentes de abastecimiento

Las proteínas de la alimentación humana se obtienen tanto de fuentes vegetales como de animales. Las proteínas más importantes de origen animal son la leche y los productos lácteos, las carnes, el pescado y los mariscos, el pollo y los huevos.

Las proteínas vegetales se encuentran en los cereales (trigo, arroz, maíz, cebada, centeno), las semillas de leguminosas (frijoles, guisantes, garbanzos) y las nueces y frutos similares.

En los países más prósperos, la proporción de proteína de origen animal, que son más costosas que las proteínas de origen vegetal, es relativamente alta. Cuando predomina ese tipo de alimentación puede asegurarse que la provisión de proteínas es adecuada tanto cuantitativamente como cualitativamente (16).

El frijol de soya es una fuente barata de proteína de buen valor nutritivo; sin embargo, para introducir su consumo en los países del mundo occidental es necesario modificar preferencias gastronómicas arraigadas (16).

2.3.3 Contenido de proteína en la semilla

La labor más extensa en cuanto a variación en proteína se ha hecho en la soya (34). La proteína y el rendimiento están en relación inversa como lo están también la proteína y el contenido de aceite. El mayor énfasis para modificar la composición se ha hecho en dirección al aumento de porcentaje de aceite. Solo se ha hecho un esfuerzo limitado para incrementar el porcentaje de proteína.

Silbernagel (66) ha descrito un gran número de variedades de frijol e introducciones y encontró valores proteínicos del orden del 16 al 33%. Se

encontró que el ambiente tiene influencia sobre el contenido de proteína con variación considerable, tanto según los lugares de ubicación como según los años. Rutger (63), que también trabajó con frijoles, halló variación en el contenido de proteína que iba del 19 al 31%, con una media de 24.6%.

En estudios realizados en la India con garbanzos, gandúl, frijol mungo y caupís, Krober *et al* (39) informaron haber hallado diferencias significativas en el contenido de proteína de las variedades o especies.

2.3.4 Composición química del maíz y frijol

Los granos leguminosos básicos son altos en proteínas, principalmente el frijol que, al compararlo con el maíz posee el doble de proteínas que este grano (Cuadro 1) y menos carbohidratos que este cereal (27).

El Cuadro 2 compara la cantidad de la proteína del frijol con respecto a el maíz y la leche. Además del triptofano los aminoácidos más deficientes en el frijol son los aminoácidos azufrados, la metionina y la cistina. Los cereales son deficientes en lisina, pero son fuentes relativamente buenas en metionina.

Además se observa en este mismo cuadro que las leguminosas son excelentes fuentes de lisina, lo cual permite que la asociación de estos dos alimentos básicos resulte con un valor alimenticio superior a cualquiera de ellos aisladamente (27).

En resumen, en regiones donde las proteínas de origen animal como la leche, la carne y los huevos son escasos, debe intensificarse la producción y consumo de frijoles, ya que estos son buena fuente de proteína vegetal.

2.3.5 La escasez de proteína

En los países en desarrollo cerca del 20% de la población está desnutrida. Esto significa que una de cada cinco personas no obtiene suficiente alimento; que su consumo de calorías es mucho más bajo del que debería ser (40).

Cuadro 1. Composición química del maíz y el frijol expresados en g/100g (27).

Nutriente	Maíz ^{1/}	Frijol ^{2/}
Humedad	14.3	12
Proteína (Nx6.25)	8.0	22
Grasa	1.1	1.6
Ceniza	0.4	3.6
Fibra	0.5	4.3
Carbohidratos	76.2	60.8
Calorías	354	337

1/ Maíz blanco

2/ Frijol negro

Cuadro 2. Contenido de aminoácidos esenciales del maíz, frijol y leche, expresados en mg/16 g de N₂ (27).

Aminoácidos	Maíz ^{1/}	Frijol ^{2/}	Leche
Triptofano	38	58	90
Treonina	249	271	294
Isoleucina	289	355	407
Leucina	810	537	626
Lisina	180	464	496
Metionina Cistina	197	125	213
Fenilalamina Tirosina	666	586	634
Valina	319	379	438
Digestibilidad de la proteína en %	80	64	100

1/ Maíz blanco

2/ Frijol negro

Las fuentes vegetales contribuyen con cerca del 70% de las necesidades mundiales de proteína, pero en muchos países subdesarrollados, esta proporción puede ser más alta, hasta un 90%.

Los cereales contribuyen con 2/3 partes de la proteína vegetal consumida directamente; las leguminosas de grano 18.5% y otras fuentes (raíces, tubérculos, nueces, frutas y vegetales) 13.5% (71).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización

El ensayo se desarrolló en el Campo Agrícola Experimental del Departamento de Producción Vegetal, del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica, de mayo a octubre de 1981.

Las características de posición geográfica, clima y suelo del área, se presentan en el Cuadro 1A* y los análisis de suelos efectuados previo al establecimiento del ensayo, en el Cuadro 2A.

3.2 Especies, variedades y tratamientos

El experimento consistió de un factorial 5x2 más dos tratamientos adicionales; prueba de 5 leguminosas (Cuadro 3) en monocultivo, asociadas a maíz, maíz en monocultivo y zarandaja sin soporte.

Cuadro 3. Nombre común, especie de leguminosa y variedades utilizadas en el estudio.

Nombre común	Especie leguminosa	Variedad
Frijol alado	<i>Psophocarpus tetragonolobus</i> (L.) DC	CATIE - 241
Frijol común	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	CATIE - 1
Frijol zarandaja	<i>Dolichos lablab</i> L.	CATIE - 136
Frijol lima	<i>Phaseolus lunatus</i> L.	CATIE - 9256
Frijol vigna	<i>Vigna unguiculata</i> L. (Walp.)	CATIE - 101

El maíz, variedad 'Tuxpeño', se asoció con cada una de las leguminosas (Cuadro 4).

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

Cuadro 4. Tratamientos resultantes al asociar las cinco leguminosas comestibles con el cultivo de maíz.

Tratamiento No.	Sistema de cultivo	Clave
1	Frijol alado en monocultivo	A
2	Frijol alado más maíz	A + M
3	Frijol común en monocultivo	C
4	Frijol común más maíz	C + M
5	Frijol zarandaja en monocultivo	Z
6	Frijol zarandaja más maíz	Z + M
7	Frijol zarandaja sin soporte	Zs
8	Frijol lima en monocultivo	L
9	Frijol lima más maíz	L + M
10	Frijol vigna en monocultivo	V
11	Frijol vigna más maíz	V + M
12	Maíz en monocultivo	M

3.3 Procedencia de las variedades

CATIE-241. Línea de frijol alado, seleccionada por Heleodoro Miranda y Gustavo Enríquez de la colección de la Unidad de Recursos Genéticos del CATIE. Presenta vainas de color morado en estado tierno y de color café en estado seco; semillas de color rojo en estado tierno y negras en estado seco.

CATIE-1. Variedad comercial de frijol común, de crecimiento indeterminado, creada en el CATIE, presenta flores de color morado y grano de color negro.

CATIE-136. Variedad de frijol zarandaja procedente del Mayaguez Institute of Tropical Agriculture de Puerto Rico; presenta vainas de color verde claro en estado tierno y café en seco, semillas de color verde en estado tierno y negro en estado seco.

CATIE-9256. Variedad de frijol lima proporcionada por la Unidad de Recursos Genéticos del CATIE, procede de una colección de Guatemala, presenta flores blancas, de crecimiento indeterminado y semillas de color blanco en estado tierno y seco.

CATIE-101. Variedad de vigna creada por Heleodoro Miranda y seleccionada en el CATIE; presenta flores de color blanco, semillas de color crema en estado tierno y seco, de crecimiento indeterminado.

Tuxpeño. Variedad comercial de maíz procedente de México y reproducida por varias generaciones en el CATIE, presenta semillas de color crema y es de porte mediano.

3.4 Diseño experimental

Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño de Bloques Completos al Azar, con 4 repeticiones (Fig. 1A).

3.4.1 Parcela experimental

La parcela experimental estuvo constituida por 30 metros cuadrados (6x5), 6 surcos de 5 metros de largo.

3.4.2 Parcela útil

La parcela útil estuvo constituida por 10 m² para las leguminosas (2x5), 2 surcos de 5 metros de largo; 9.0 metros cuadrados para el maíz (2x4.50), 2 surcos de 4.50 metros de largo. En las leguminosas no se consideró el efecto de borde, a lo largo, porque resultó difícil la separación de plantas.

3.5 Siembra

Se sembró manualmente las diferentes especies de leguminosas y maíz simultáneamente el 29 de mayo de 1981 con 2 semillas de maíz y 2 semillas de frijol por hueco, raleándose posteriormente a una planta de cada especie.

La distancia entre plantas fue de 25 cm (distancia entre golpes) y la distancia entre surcos de un metro (Fig. 2).

Como medio de soporte artificial para los frijoles* en monocultivo, 10 postes de eucalipto de 2.60 metros por 8 cm de diámetro aproximadamente por parcela fueron enterrados a 60 cm. Se unieron con alambre galvanizado en la parte superior, del cual descendían hilos plásticos hasta la base de las plantas (Fig. 2).

3.6 Fertilización

Para el cultivo asociado, se aplicaron 400 kg/ha de la fórmula 10-30-10, equivalente a 40-120-40 kg de N , P_2O_5 y K_2O , respectivamente.

Para las leguminosas en monocultivo, se emplearon por hectárea 200 kg de la fórmula 10-30-10, equivalente a 20-60-20 kg/ha de N , P_2O_5 y K_2O , respectivamente.

El maíz en monocultivo recibió 300 kg/ha de la fórmula 10-30-10, equivalente a 30-90-30 de N , P_2O_5 y K_2O , respectivamente.

La aplicación del fertilizante fue por surco y se colocó entre cada golpe de plantas, en el momento de la siembra.

3.7 Medidas fitosanitarias

En el Cuadro 3A se presenta la secuencia cronológica de las principales actividades realizadas en el transcurso del experimento. Se efectuaron

* En este trabajo se usa la palabra frijoles para referirse a cualquiera de las especies estudiadas.

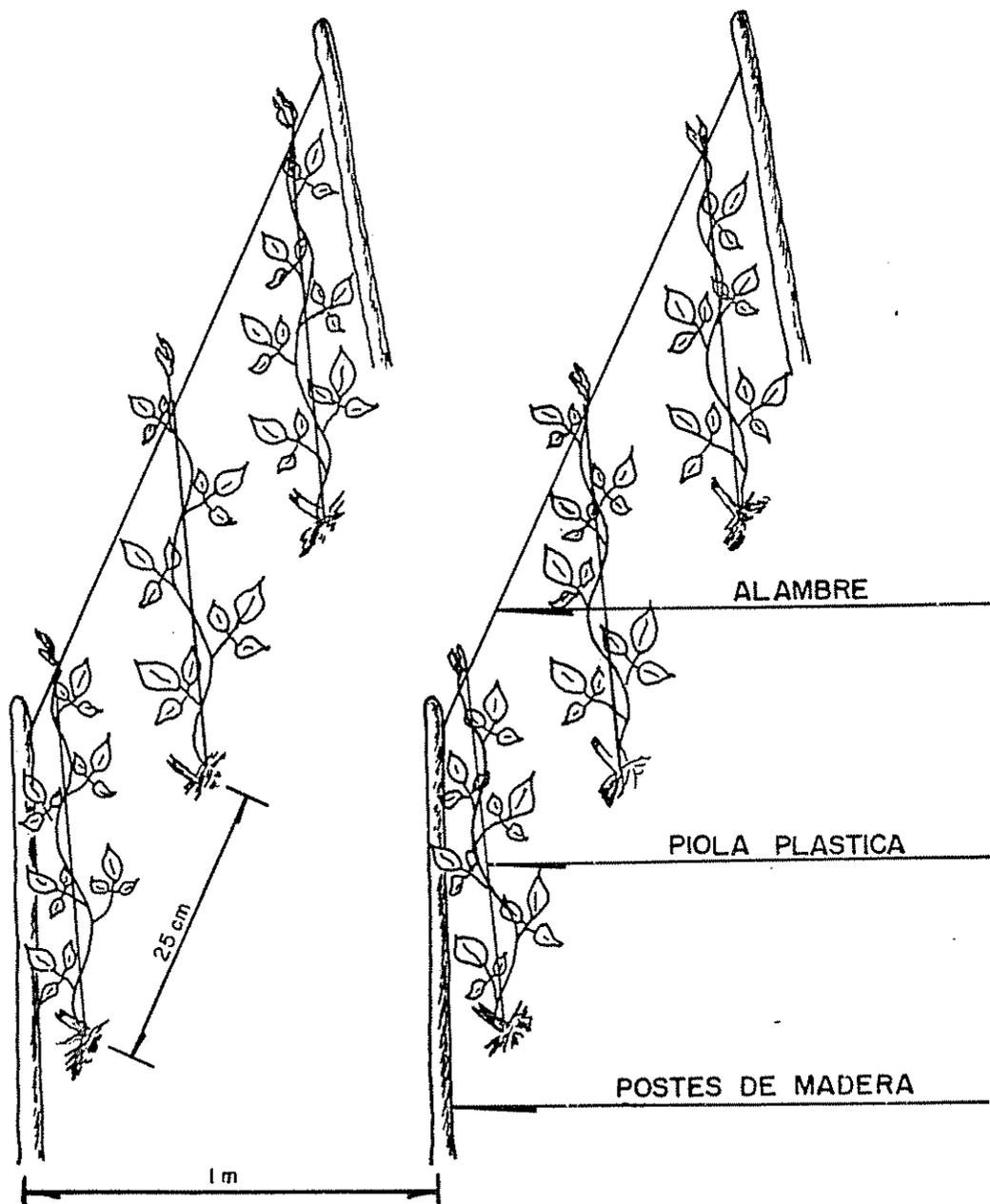


Figura 2. Características del tipo de soporte (tutorado) usado en las leguminosas en monocultivo.

aplicaciones de insecticidas a las leguminosas, excepto en frijol alado y maíz.

Después de la siembra se aplicó en banda 4 kg/ha de Aldrín 5%. Se efectuaron 2 aplicaciones de insecticida, a los 25 y 36 días después de la siembra, primero con Carbaryl y luego con Formothion para el control de "vaquitas" *Diabrotica spp.*

Antes de iniciada la floración, se aplicó Daconil (1 kg/ha) al frijol lima cada 10 días para prevenir el ataque del hongo *Phytophthora phaseoli*.

Se controló la maleza manualmente a los 25, 60 y 100 días después de la siembra (DDS).

3.8 Cosechas

El maíz fue cosechado en elote (maíz fresco), a los 82 DDS; así como su rendimiento en grano seco al 14% de humedad. De la parcela 2 surcos se utilizaron para evaluar maíz fresco y 2 para maíz seco.

Los frijoles fueron cosechados como grano tierno, cuando contenían entre 40 y 50% de humedad y se estaba dando inicio al cambio de color verde de las vainas, excepto para el frijol alado, el cual mantiene su color morado.

Se cosechó el frijol común y vigna 3 veces. La primera cosecha se realizó a los 81 DDS para común y a los 102 DDS para vigna. En frijol lima y alado se efectuaron 4 cosechas, siendo la primera a los 134 días en lima a los 128 en alado. En zarandaja se hicieron 5 cosechas, siendo la primera a los 125 DDS.

3.9 Análisis del crecimiento

Para el análisis del crecimiento, se realizaron los muestreos en los períodos indicados en el Cuadro 5.

La muestra estuvo constituida por cinco plantas y se determinó peso seco total de la parte aérea y área foliar.

Cuadro 5. Muestreos efectuados para el análisis del crecimiento en las especies de leguminosas en estudio.

Especie vegetal	Días al muestreo después de emergencia
<i>Psophocarpus tetragonolobus</i> (L.) DC	18,36,54,72,90,108
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	16,32,48,64,80
<i>Dolichos lablab</i> L.	18,36,54,72,90,108
<i>Phaseolus lunatus</i> L.	20,40,60,80,100,120
<i>Vigna unguiculata</i> L (Walp.)	16,32,48,64,80

3.10 Parámetros medidos

3.10.1 Altura de la planta

Se determinó la altura desde el nivel del suelo hasta el ápice del tallo principal de las plantas de cada tratamiento, de acuerdo a cada muestreo (punto 3.9).

3.10.2 Biomasa aérea

Se sumó los pesos de hojas, tallos y vainas secados a 70 C por 48 y 72 horas, usando horno de aire forzado (29).

3.10.3 Area foliar

Para determinar este dato primeramente se tuvo que determinar el Area Foliar Específica (AFE) o sean los dm^2 de hojas necesarios para hacer un gramo de peso seco. Para tal fin se secaron todas las hojas de 5 plantas por parcela y se determinó su contenido de materia seca. Previo al secado se sacaron de las hojas 40 discos de área foliar conocida con un sacabocado y se procedió a determinar su peso seco.

Para calcular el AFE, se dividió el área foliar de todos los discos para su respectivo peso, de esta forma se determinaron los dm^2 de hoja en

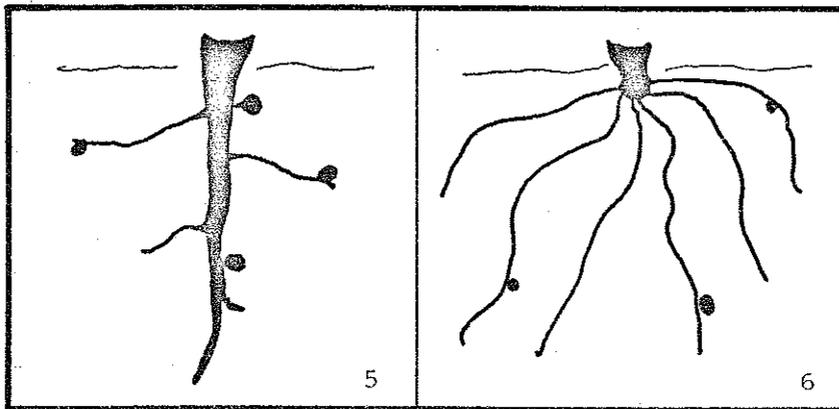
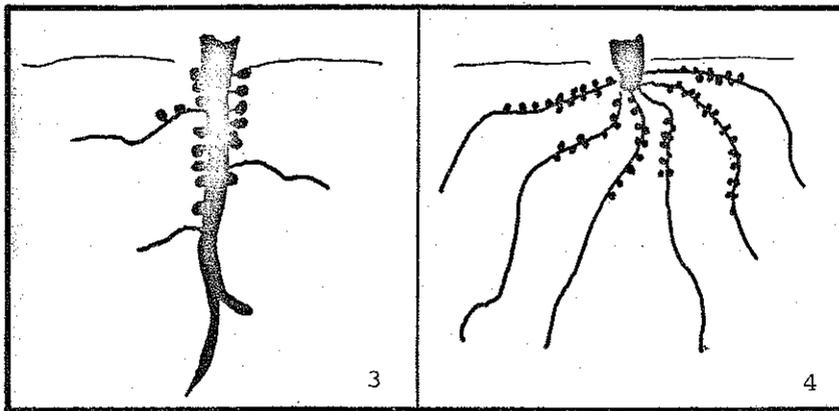
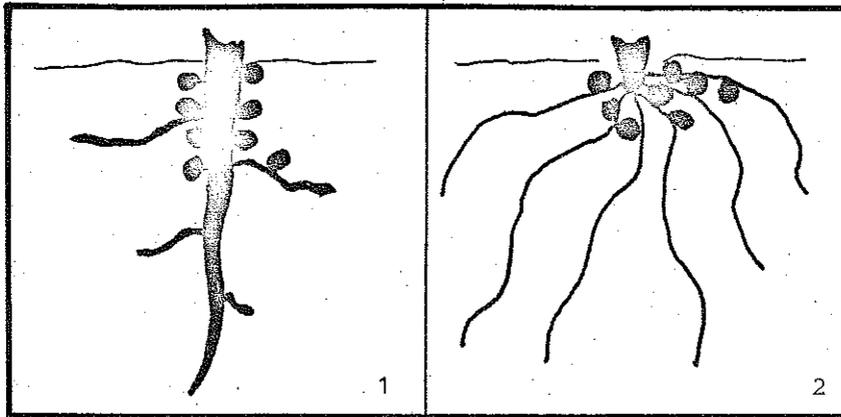


Figura 3. Diagrama para calificar la distribución de los nódulos en las leguminosas.

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

3.10.4 Nodulación

La nodulación fue muestreada cuando el 50% de las plantas se encontraban floreciendo (68).

Las raíces de las diferentes leguminosas fueron arrancadas, tratando de extraer todo el sistema radicular y evaluadas cualitativa y cuantitativamente. En la cualitativa se consideraron las siguientes características:

- a. Distribución. Se midió usando los diagramas (Fig. 5) elaborados por la Universidad de Hawaii (Niftal Project) (36).
- b. Forma. Se consideró los conceptos manejados por Lim y NG (41), (Fig. 1) y Date (22).
- c. Color. Se partieron a la mitad 5 nódulos por planta para apreciar su coloración. Se consideraron como activos aquellos que fueron rosados e inactivos los con coloración clara o sin color (3, 15).
- d. Tamaño. Aunque esta característica está muy asociada a la forma, se trató de establecer rangos en tamaño en los diferentes tipos de nódulos.

La evaluación cuantitativa se realizó por medio de peso fresco y peso seco de los nódulos.

3.10.5 Rendimiento de grano tierno

Se sumó el peso fresco por parcela útil de todas las cosechas y se transformó a kg/ha.

3.10.6 Contenido de proteína

El contenido de proteína en cada especie se obtuvo en base al

contenido de nitrógeno total multiplicado por el factor 6.25. El nitrógeno total se determinó por el método Micro-Kjeldahl, propuesto por Bremmer (14) y Muller (53).

3.11 Parámetros estimados

El crecimiento de las plantas se cuantificó a partir de las mediciones descritas en los puntos 3.10.2 y 3.10.3; para tal fin se calcularon los índices que se describen a continuación, los cuales fueron previamente descritos por Evans (29).

Componentes fisiológicos del rendimiento:

3.11.1 Índice de crecimiento relativo

Representa el aumento en peso por unidad de peso original durante un intervalo de tiempo $t_2 - t_1$.

$$\overline{\text{ICR}} = \frac{\ln \text{PS}_2 - \ln \text{PS}_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{g/g/ut}) \quad \text{donde;}$$

$\ln \text{PS}_2$ = Log. natural de peso seco de la planta en t_2

$\ln \text{PS}_1$ = Log. natural de peso seco de la planta en t_1

$t_2 - t_1$ = intervalo de tiempo

ut = unidad de tiempo, generalmente por semana.

3.11.2 Índice de asimilación neta

Representa el aumento en materia seca en toda la planta por unidad de área foliar en el intervalo considerado.

$$\overline{\text{IAN}} = \frac{\text{PS}_2 - \text{PS}_1}{t_2 - t_1} \times \frac{\ln \text{AF}_2 - \ln \text{AF}_1}{\text{AF}_2 - \text{AF}_1} \quad (\text{g/dm}^2/\text{ut}) \quad \text{donde;}$$

$1nAF_2$ = Log. natural de área foliar en t_2

$1nAF_1$ = Log. natural de área foliar en t_1

3.11.3 Indice de crecimiento relativo del área foliar

Representa el incremento del área foliar por cada unidad de área foliar ya existente.

$$\frac{ICRF}{\text{ICRF}} = \frac{1nAF_2 - 1nAF_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{dm}^2/\text{dm}^2/\text{ut})$$

Componentes morfológicos del rendimiento:

3.11.4 Indice de área foliar

Indica la proporción entre la superficie del follaje y la del suelo ocupado por la planta.

$$IAF = \frac{\text{Area foliar total de una planta (dm}^2\text{)}}{\text{Sup. del suelo ocupada por una planta (dm}^2\text{)}}$$

3.11.5 Razón de peso foliar

Indica que proporción de la biomasa está invertida en follaje (hojas).

$$RPF = \frac{\text{PS del follaje}}{\text{PS total planta}} \quad (g^h / g^t) \text{ donde:}$$

g^h = gramos de hoja

g^t = gramos de peso seco total

3.11.6 Razón de área foliar

Indica cuanta área foliar corresponde a cada gramo de materia seca de la planta.

$$RAF = \frac{\text{Area foliar total}}{\text{PS total planta}} \quad (\text{dm}^2/\text{g})$$

3.12 Otras características importantes que se midieron

3.12.1 En las leguminosas

- Capacidad para guiar

3.12.2 En el maíz

- Grosor del tallo

El suelo se analizó por repetición al inicio y por tratamiento al final. Además se midió temperatura y precipitación.

3.13 Análisis de la información

Con los resultados obtenidos se realizaron: Comparación de promedios de tratamientos (Prueba de Duncan), análisis de varianza y promedios simples de algunas variables.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Condiciones climáticas

En el Cuadro 4A se resumen los datos de temperatura y precipitación que se presentaron durante el período experimental. En la Figura 4 se presentan las variaciones mensuales de precipitación promedio de 23 años, así como la precipitación y temperaturas actuales. El período experimental se caracterizó por una precipitación muy similar al promedio, con excepción del mes de junio en que fue mayor el promedio. La temperatura en los dos primeros meses fue más alta que el promedio, estabilizándose en los meses siguientes al promedio.

Las condiciones climáticas fueron excelentes ya que no faltó agua y tampoco se afectó a los granos de las leguminosas, ya que éstas fueron evaluadas en estado de grano tierno. Los daños al maíz por enfermedades fueron mínimas a pesar de haber recibido lluvia en el período de secado de granos.

4.2 Aspectos generales de los cultivos

Las primeras plantas emergieron alrededor del tercer día después de la siembra y fueron el maíz y el frijol vigna los primeros en emerger, posteriormente el frijol común, frijol lima, frijol alado y por último el frijol zarandaja que tardó hasta 8 días en emerger.

4.3 Contenido de proteína

4.3.1 En las leguminosas

La cantidad de proteína varió de acuerdo a la especie (Cuadro 6). El frijol zarandaja tuvo significativamente más (1 192 kg/ha), seguido por el frijol lima y frijol alado (796 y 763 kg/ha respectivamente) y el común (113 kg/ha).

En las leguminosas asociadas con maíz el sistema que produjo más proteína por hectárea fue el frijol zarandaja mas maíz (Z+M) con 526 kg/ha.

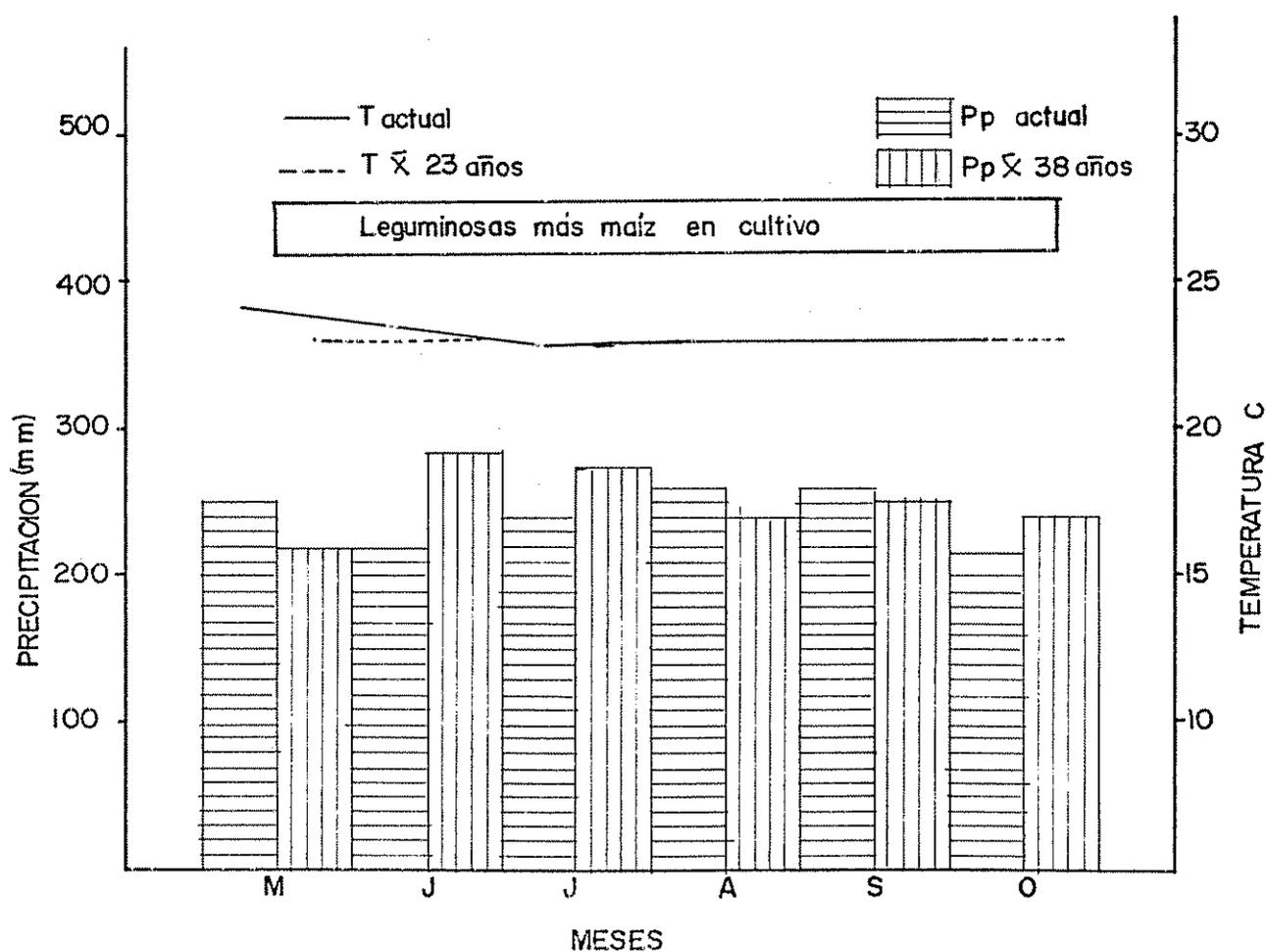


Figura 4. Precipitación mensual (promedio de 38 años), temperatura mensual (Promedio de 23 años), precipitación y temperaturas reales mensuales que ocurrieron durante la permanencia de los cultivos en el campo. CATIE. 1981.

Cuadro 6. Kilogramos por hectárea de proteína^{1/} de las leguminosas, proteína del maíz y proteína total^{2/}.

Tratamiento <u>2/</u>	Proteína de la leguminosa	Proteína del maíz	Proteína total
1. A	763 B	----	763 BC
2. A+M	232 ED	412 BC	644 CD
3. C	113 FG	----	113 H
4. C+M	61 G	400 BC	461 EF
5. Z	1 192 A	----	1 192 A
6. Z+M	526 C	308 C	834 B
7. Zs	309 D	----	309 G
8. L	793 B	----	793 B
9. L+M	175 EF	446 AB	622 D
10. V	446 C	----	446 F
11. V+M	140 EFG	447 AB	587 DE
12. M	---	542 A	542 DEF

1/ Las letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 1% de probabilidad.

2/ A = Alado; C = Común; Z = Zarandaja; S = Sin soporte; L = Lima; V = Vigna; M = Maíz.

El sistema que menos rendimiento presentó fue el frijol común asociado con maíz con 61 kg/ha de proteína.

4.3.2 En el maíz

En el Cuadro 6 se presenta el contenido de proteína del maíz que, para esta determinación se usó el rendimiento de grano seco y el contenido de proteína del mismo.

El cuadro muestra que a mayor rendimiento, mayor contenido de proteína. El mayor rendimiento se obtuvo, significativamente en el maíz en monocultivo y en forma asociada con frijol lima y frijol vigna. El menor valor lo presentó el maíz cuando se asoció con frijol zarandaja. Esto se explica por la dominancia que tuvo este frijol sobre el maíz en base al rendimiento de grano tierno obtenido.

4.3.3 Contenido total de proteína

El Cuadro 6 muestra los contenidos totales de proteína por sistema y significativamente el frijol zarandaja en monocultivo (Z) obtuvo el valor mas alto con 1 192 kg/ha, le siguieron en significancia el sistema frijol zarandaja asociado con maíz (Z+M), el frijol lima en monocultivo (L) y el frijol alado en monocultivo (A) con valores de 834, 796 y 763 kilogramos por hectárea de proteína respectivamente. Los menores valores de contenido de proteína los obtuvieron los tratamientos frijol común en monocultivo (C) y el frijol zarandaja sin soporte (Zs), con valores de 113 y 309 kg/ha de proteína (Fig. 5).

Al comparar los sistemas de cultivo sobresale el frijol zarandaja por su potencial de rendimiento, tanto en monocultivo como en forma asociada. Los valores altos de las asociaciones de frijol alado, frijol lima y frijol vigna son bastante considerables y fácilmente comparables a las cantidades reportadas para soya en monocultivo (38).

Sorprende a primera vista el alto valor de la proteína en maíz, más sin embargo, este alto valor se debe a que no se evaluó el grano tierno, como en las leguminosas, sino en seco.

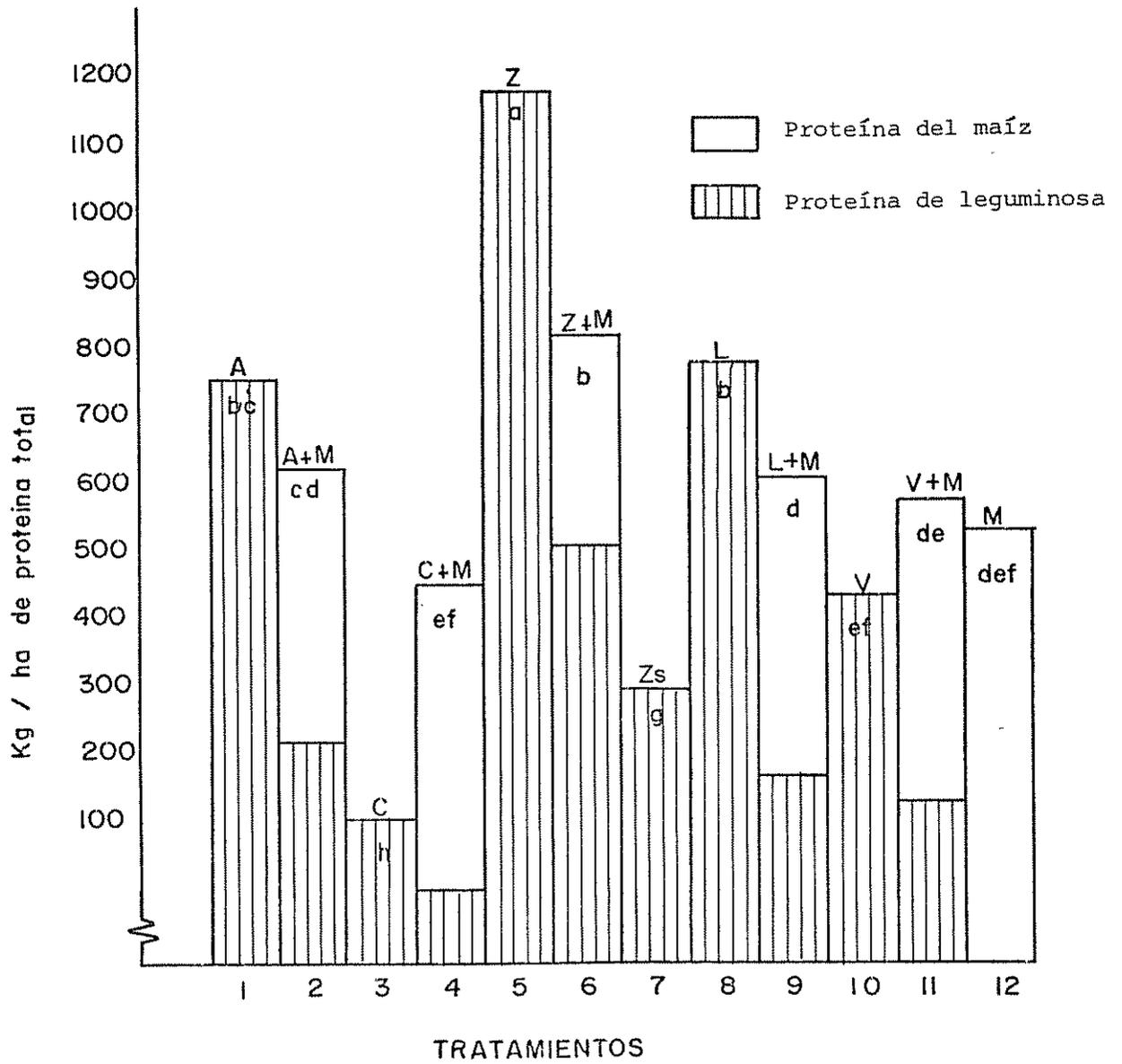


Figura 5. Kilogramos por hectárea de proteína total en las leguminosas en monocultivo y asociadas con maíz, por tratamiento (A=Alado; C=Común; Z=Zarandaja; S=sin soporte; L=Lima; V=Vigna; M=Maíz).

La evaluación no se efectuó para este caso con el elote porque no se cuantificó el grano tierno sino por unidades comerciales, como es la costumbre de consumo.

Al obtener una mayor cantidad de proteína por hectárea en las leguminosas (Z), (Z+M), (L) y (A), se estaría ayudando a disminuir la escasez de proteína (40), que es bastante fuerte en los países en desarrollo.

4.4 Influencia del maíz en el rendimiento de las leguminosas

4.4.1 Producción de las leguminosas

a. Rendimiento de grano tierno

Los mayores rendimientos promedios de grano tierno se obtuvieron al cultivar las leguminosas en monocultivo (Cuadro 7). El rendimiento promedio mayor lo obtuvo el frijol zarandaja con 9 333 kg/ha, este fue seguido por frijol alado con 7 066 kg/ha; el frijol lima con 6 571 kg/ha; el frijol vigna con 3 403 kg/ha; el frijol zarandaja sin soporte con 2 460 kg/ha y el frijol común con un rendimiento de 1 449 kg/ha.

Para el caso de las leguminosas asociadas con maíz, el rendimiento mayor lo obtuvo el frijol zarandaja con 4 351 kg/ha; siguió el tratamiento frijol alado más maíz con 2 334 kg/ha y rendimientos similares en el sistema frijol lima más maíz, frijol vigna más maíz y frijol común más maíz de 1 500, 1 090 y 868 kg/ha respectivamente.

El rendimiento de frijol común fue bastante bajo en comparación con los resultados obtenidos por Acevedo (1) para grano seco (2 570 kg/ha). Orlando (57), para la época seca tuvo rendimientos similares (2 027 kg/ha), con la variedad 27-R de frijol común.

Los valores promedios más altos obtenidos al sembrar las leguminosas en monocultivo podría atribuirse a la menor competencia y a un mejor aprovechamiento de la radiación solar disponible, debido a la mayor superficie foliar.

Cuadro 7. Kilogramos por hectárea de grano tierno comercial de cinco leguminosas en monocultivo y asociadas a maíz.

No. de Tratamiento	TRATAMIENTO	Rendimiento kg/ha ^{1/}
1.	Frijol alado en monocultivo	7 066 b
2.	Frijol alado más maíz	2 334 e
3.	Frijol común en monocultivo	1 449 f
4.	Frijol común más maíz	868 f
5.	Frijol zarandaja en monocultivo	9 336 a
6.	Frijol zarandaja más maíz	4 341 c
7.	Frijol zarandaja sin soporte	2 460 e
8.	Frijol lima en monocultivo	6 571 b
9.	Frijol lima más maíz	1 500 f
10.	Frijol vigna en monocultivo	3 403 d
11.	Frijol vigna más maíz	1 090 f

^{1/} Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 1% de probabilidad.

La disminución del rendimiento, del tratamiento frijol zarandaja sin soporte (Zs), en relación al frijol zarandaja en monocultivo (Z), se debió principalmente al efecto de usar soporte artificial, que llevó este último tratamiento. La baja fue de 73.6% del frijol sin soporte en relación al monocultivo con soporte.

El mayor rendimiento de zarandaja en monocultivo se debió también a que de acuerdo a los valores de Intensidad de Asimilación Neta (IAN), esta leguminosa tuvo el mayor valor de conversión de materia seca por unidad de área foliar ($74 \text{ mg/dm}^2/\text{día}$) a los 72 DDS. En frijol alado en monocultivo el mismo índice de crecimiento fue de 29 y $28 \text{ mg/dm}^2/\text{día}$ a los 36 y 90 DDS. En el monocultivo de frijol lima el valor mayor de conversión de materia seca por unidad de área foliar fue de $35 \text{ mg/dm}^2/\text{día}$ a los 90 DDS.

La baja de los rendimientos de grano tierno de frijol alado, común, zarandaja, lima y vigna, fueron alrededor del 67.0; 40.0; 53.5; 77.2 y 68.0% respectivamente, cuando se asoció con el maíz. Esto se explica por la menor cantidad de radiación solar disponible, durante el desarrollo del cultivo y específicamente en el período crítico de floración, sin excluirse la competencia principal del maíz. Resultados similares para el frijol lima fueron encontrados por Medal (47) en Turrialba, Costa Rica.

b. Altura de plantas

La variación de la altura de plantas en las leguminosas durante el ciclo de crecimiento, en monocultivo y asociadas con maíz, se presentan en las Figuras 6 y 7 respectivamente. En el Cuadro 9A se muestran las alturas promedio de plantas, registradas en cada muestreo para los tratamientos evaluados.

En el caso del frijol común el monocultivo alcanzó menor altura que el cultivo asociado y esta reducción en crecimiento se debió principalmente al ataque de roya *Uromyces phaseoli*, el mencionado hongo atacó desde los 40 días de edad de las plantas, en monocultivo. En el cultivo asociado el ataque del hongo fue en menor grado, con esta reducción en altura aunada al bajo rendimiento, se confirma que la época lluviosa en la zona de Turrialba,

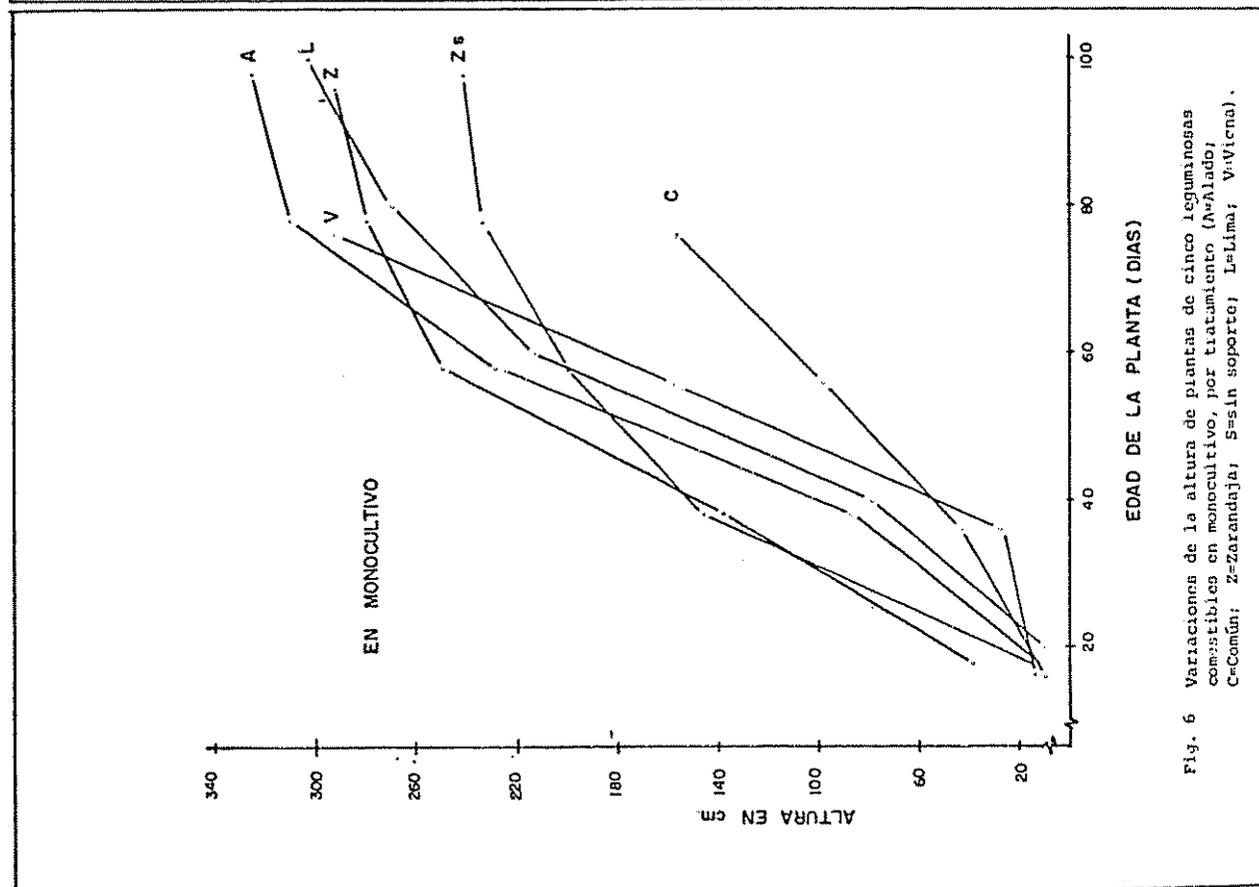


Fig. 6 Variaciones de la altura de plantas de cinco leguminosas comestibles en monocultivo, por tratamiento (A=Alado; C=Común; Z=Zarandaja; S=sin soporte; L=Lima; V=Vicna).

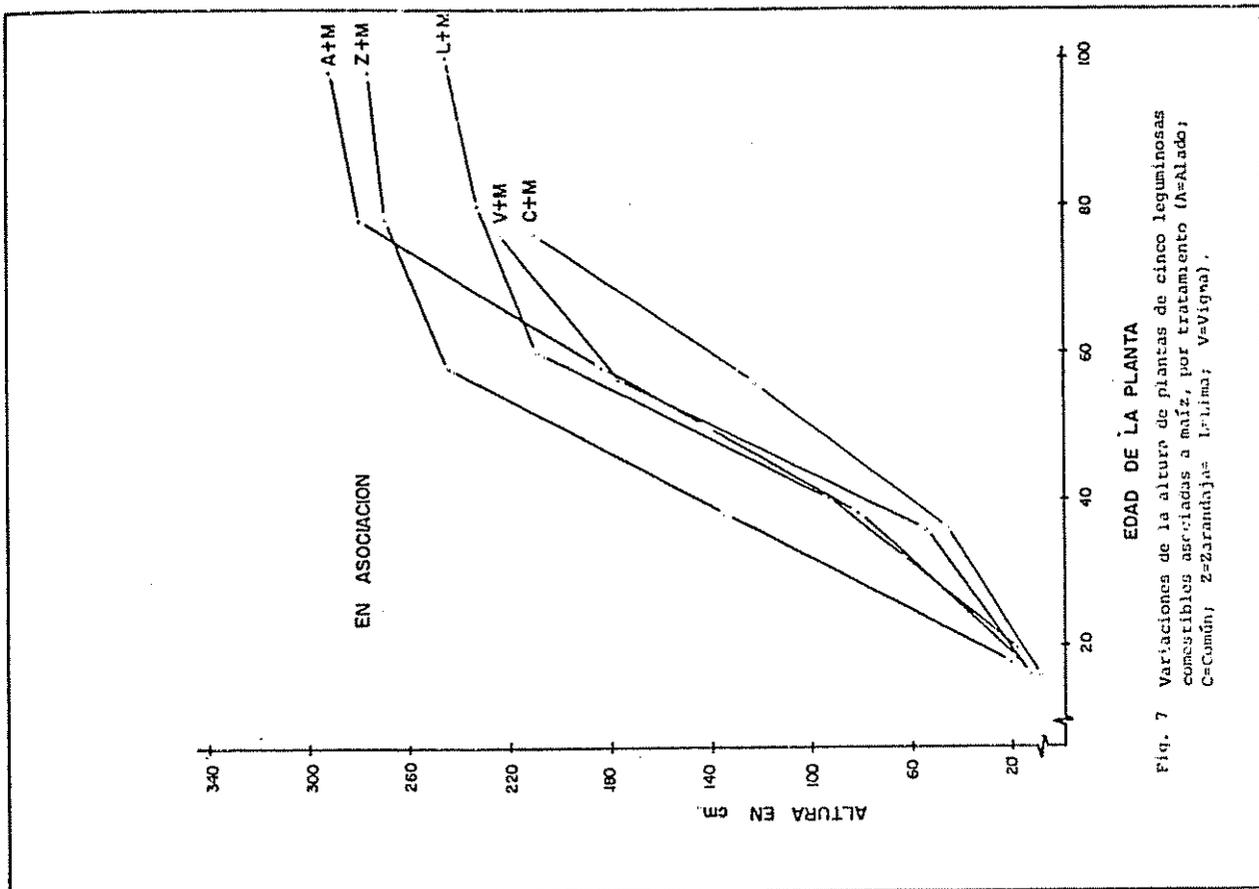


Fig. 7 Variaciones de la altura de plantas de cinco leguminosas comestibles asociadas a maíz, por tratamiento (A=Alado; C=Común; Z=Zarandaja; L=Lima; V=Vicna).

no es propicia para el cultivo de frijol común (57).

Para el frijol vigna, ocurrió lo contrario que en frijol común, el monocultivo fue el que alcanzó mayor altura que el asociado, esto principalmente se debió a la competencia por el maíz en radiación solar y nutrientes, así como también al ataque en el sistema asociado del hongo *Erysiphe polygoni* (= *Oidium spp*) que se presentó en la etapa de llenado de grano.

El frijol zarandaja alcanzó alturas muy similares en ambos sistemas, 294 cm en monocultivo y 272 cm en asociación, lo que nos demuestra que este frijol es bastante agresivo y su altura no se afectó con el cultivo del maíz. En muchos de los casos formaba trezados para alcanzar mayor altura.

El frijol alado reduce su altura por efecto del asocio con maíz en forma considerable, sin embargo en monocultivo se convierte en la especie que alcanzó mayor altura con 339 cm, esto no quiere decir que obtuviera el mayor peso seco, lo que nos indica que las guías no ramificaron mucho y la intercepción de la luz fue menor.

En frijol lima al igual que en alado, el sistema asociado reduce su altura, de 302 cm en monocultivo a 245 en el asociado, pero esta especie sí tiene capacidad para emitir guías y más intensamente que frijol alado, al menos en la variedad utilizada.

c. Biomasa aérea

En las Figuras 8 y 9 se aprecian las variaciones de materia seca en monocultivo y asociadas con maíz, en ellas sobresalen las especies que obtuvieron el mayor rendimiento, su comportamiento como planta anual o perenne.

Para el quinto muestreo, el mayor valor lo obtuvo el frijol lima en monocultivo con 5 608 kg/ha, enseguida el frijol zarandaja con 5 350 kg/ha y los sistemas C+M, A+M y C con valores de 906, 1 291 y 1 570 kg/ha, en los dos primeros el efecto negativo del cultivo asociado sobre la acumulación de materia seca fue más severo (Cuadro 5A).

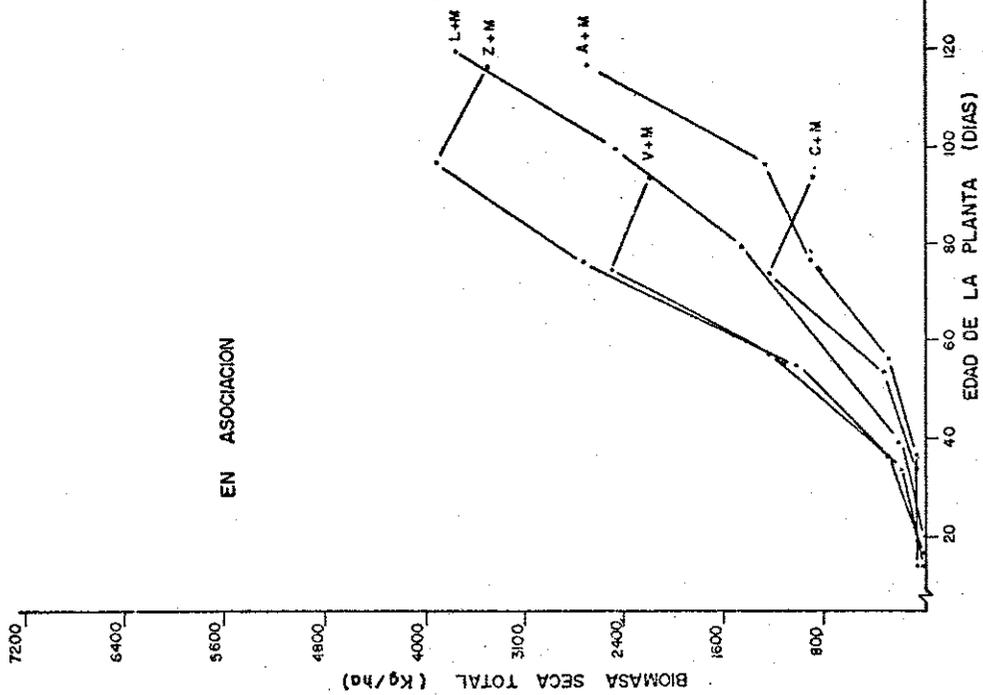


Fig. 8. Kilogramos de biomasa seca por hectárea de 5 leguminosas comestibles en monocultivo, en relación con la edad (A=Alado, C=Común, Z=Zarandaja, S=sin soporte, L=Lima, V=Vigna).

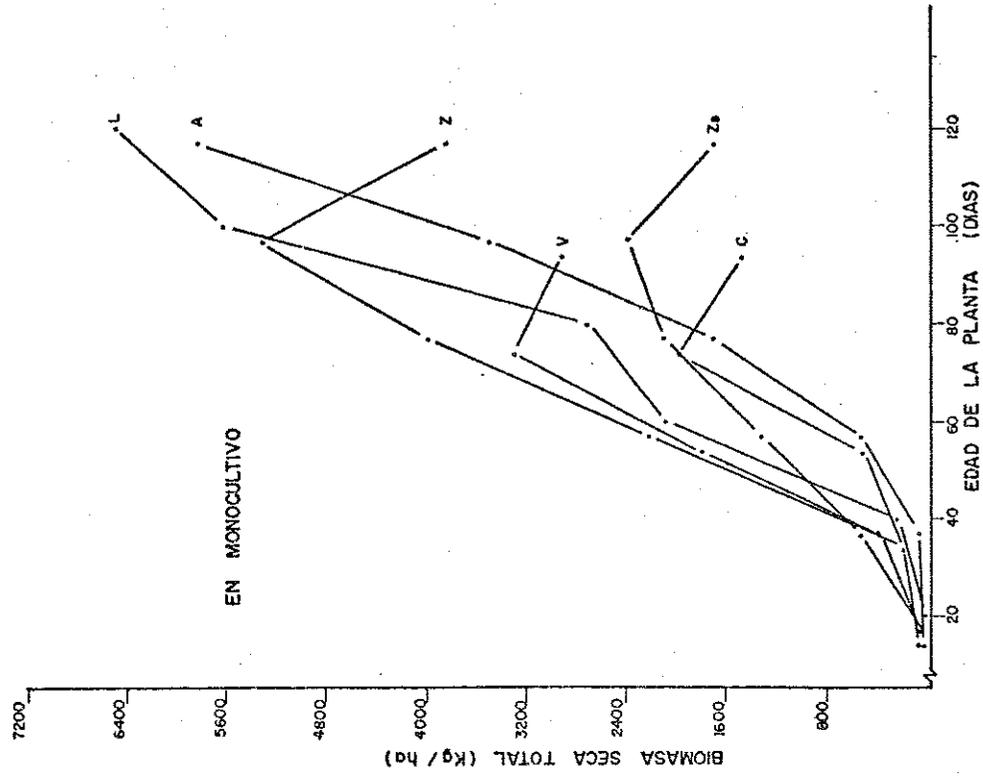


Fig. 9. Kilogramos de biomasa seca por hectárea de 5 leguminosas comestibles asociadas con maíz, en relación con la edad (A=Alado, C=Común, Z=Zarandaja, L=Lima, V=Vigna, M=Maíz).

Los valores altos obtenidos en frijol lima se pudieron haber debido, entre otras cosas, al exuberante desarrollo del cultivo, el frijol lima ramificó más que el frijol zarandaja.

En el frijol alado, el efecto del cultivo asociado, en la acumulación de materia seca es bastante severo, el efecto del maíz es negativo en 63%, en relación al monocultivo.

En el sistema zarandaja más maíz (Z+M) el efecto del maíz es de apenas un 27%, mientras que en el sistema común más maíz (C+M) el efecto del maíz es del 58%, es por ello que este frijol alcanza altos rendimientos tanto en materia seca como en rendimiento de grano tierno comercial.

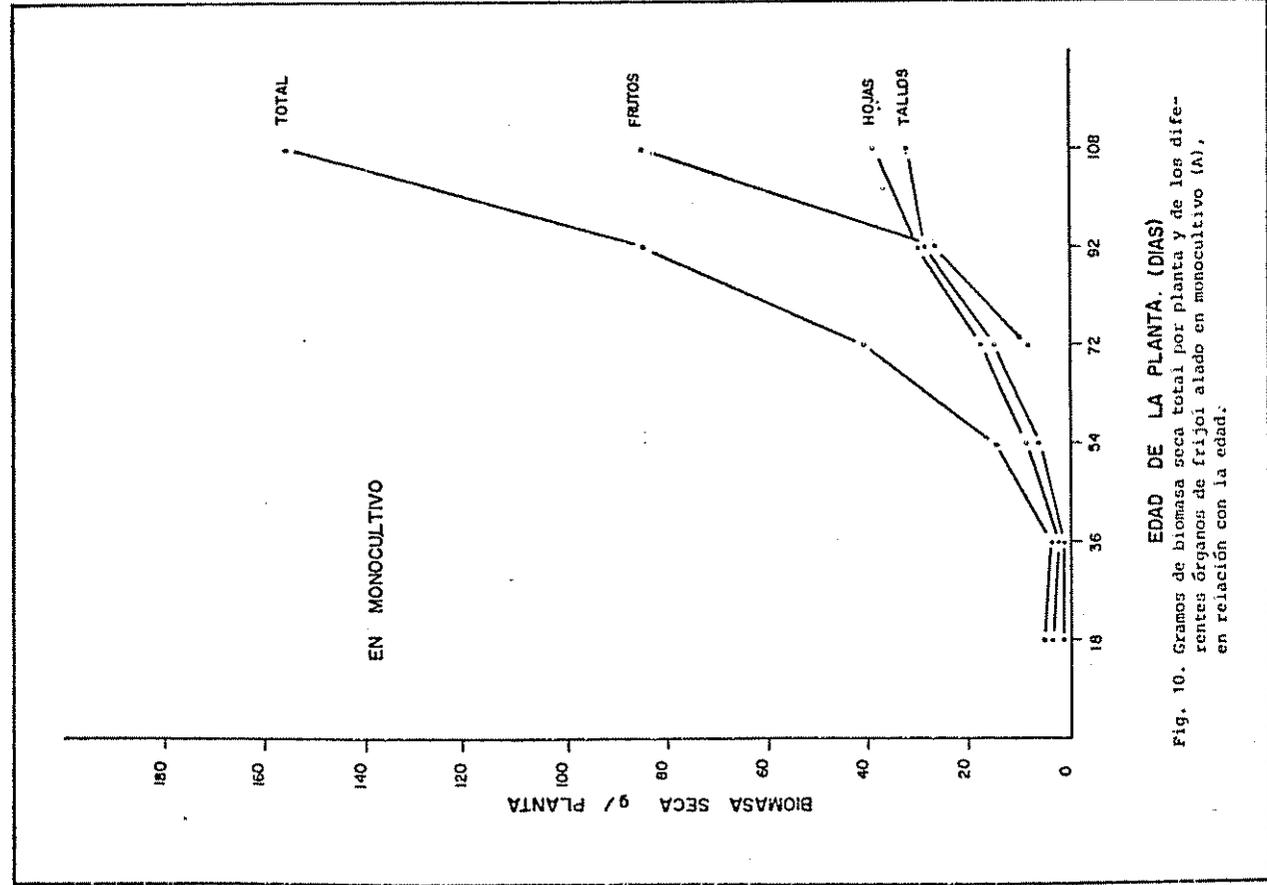
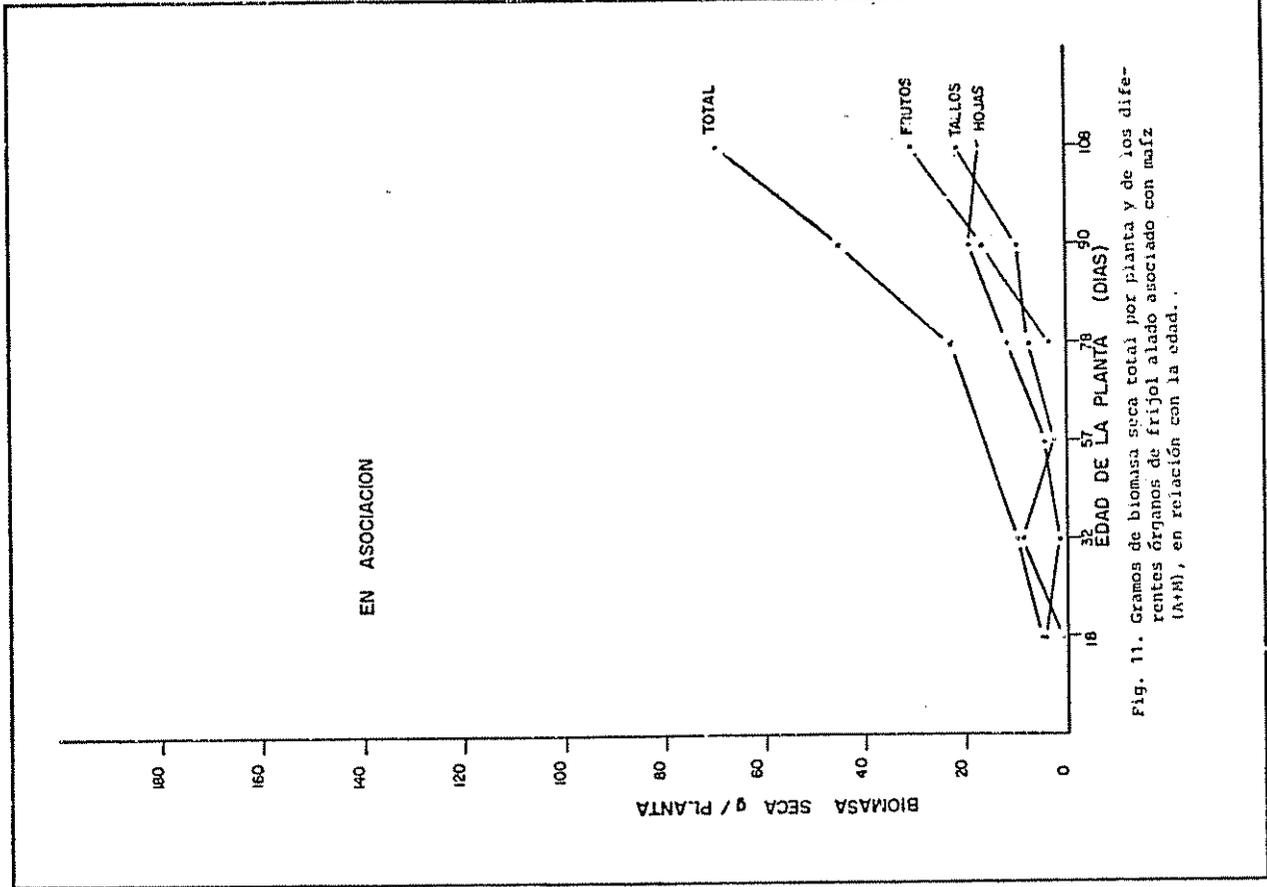
Los altos valores de materia seca en unas y otras especies en general se debe a que, el frijol zarandaja, lima, alado y vigna casi siempre se han desarrollado más como especies forrajeras que como especies para producción de grano.

También se determinó la materia seca de los diferentes órganos de las leguminosas. Los datos se presentan en el Cuadro 6A y las variaciones en las figuras de la 10 a la 20.

En forma general podemos decir que los monocultivos presentan mayor peso que los cultivos asociados, esto sin considerar el total del sistema. Resalta en alto valor los frutos de frijol alado, esto porque el fruto está considerado como toda la vaina y la proporción de grano y vaina sin grano es mayor el peso de vaina sin grano. De aquí que se considere un cultivo potencial para alimentación de ganado, tanto por el valor de peso seco de la vaina como por el contenido de proteína.

d. Area foliar por planta

Los valores del área foliar por planta a diferentes edades, para cada especie de frijol en cada sistema de cultivo se presentan en el Cuadro 7A. La variación en cada tratamiento se muestra en las figuras 21 y 22 para el monocultivo y el cultivo asociado.



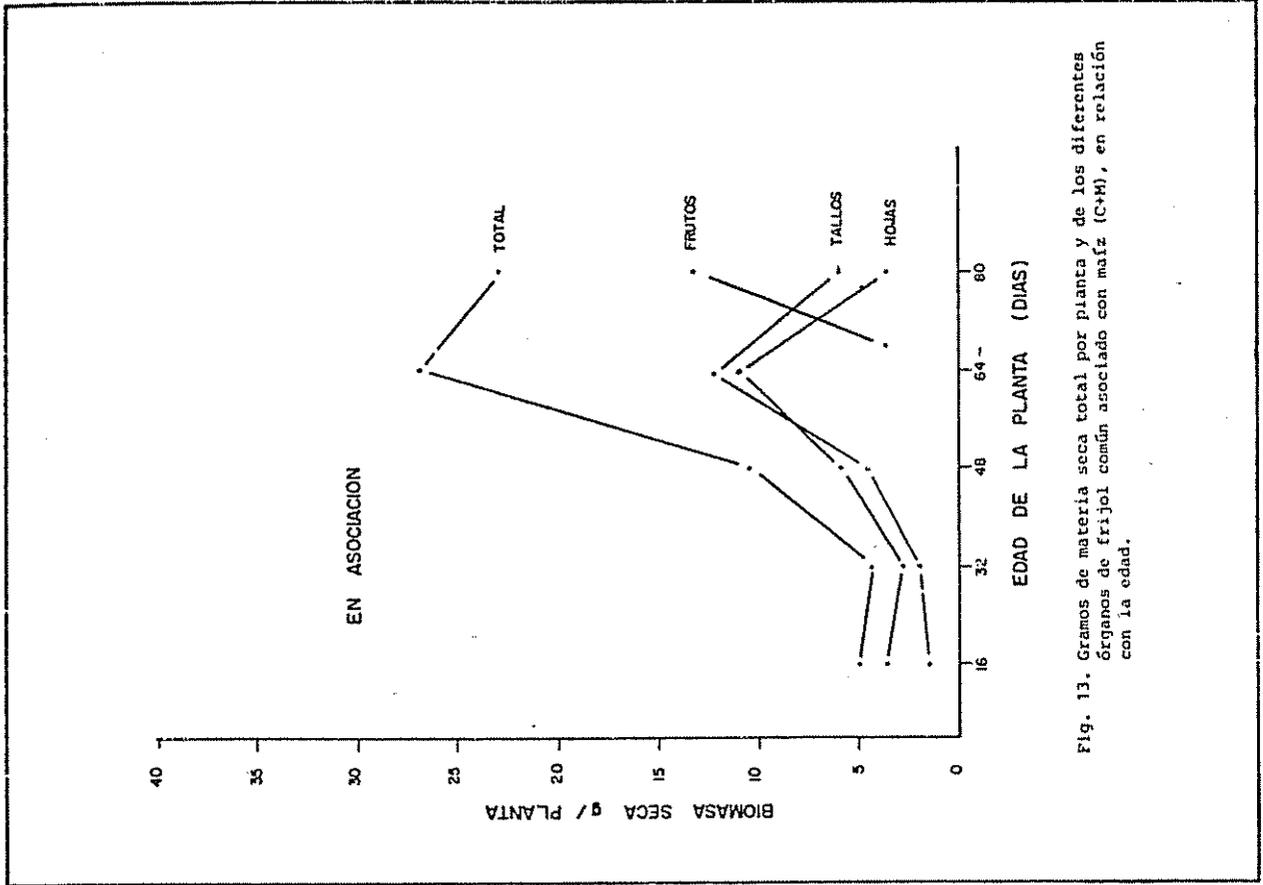


Fig. 13. Gramos de materia seca total por planta y de los diferentes órganos de frijol común asociado con maíz (C+H), en relación con la edad.

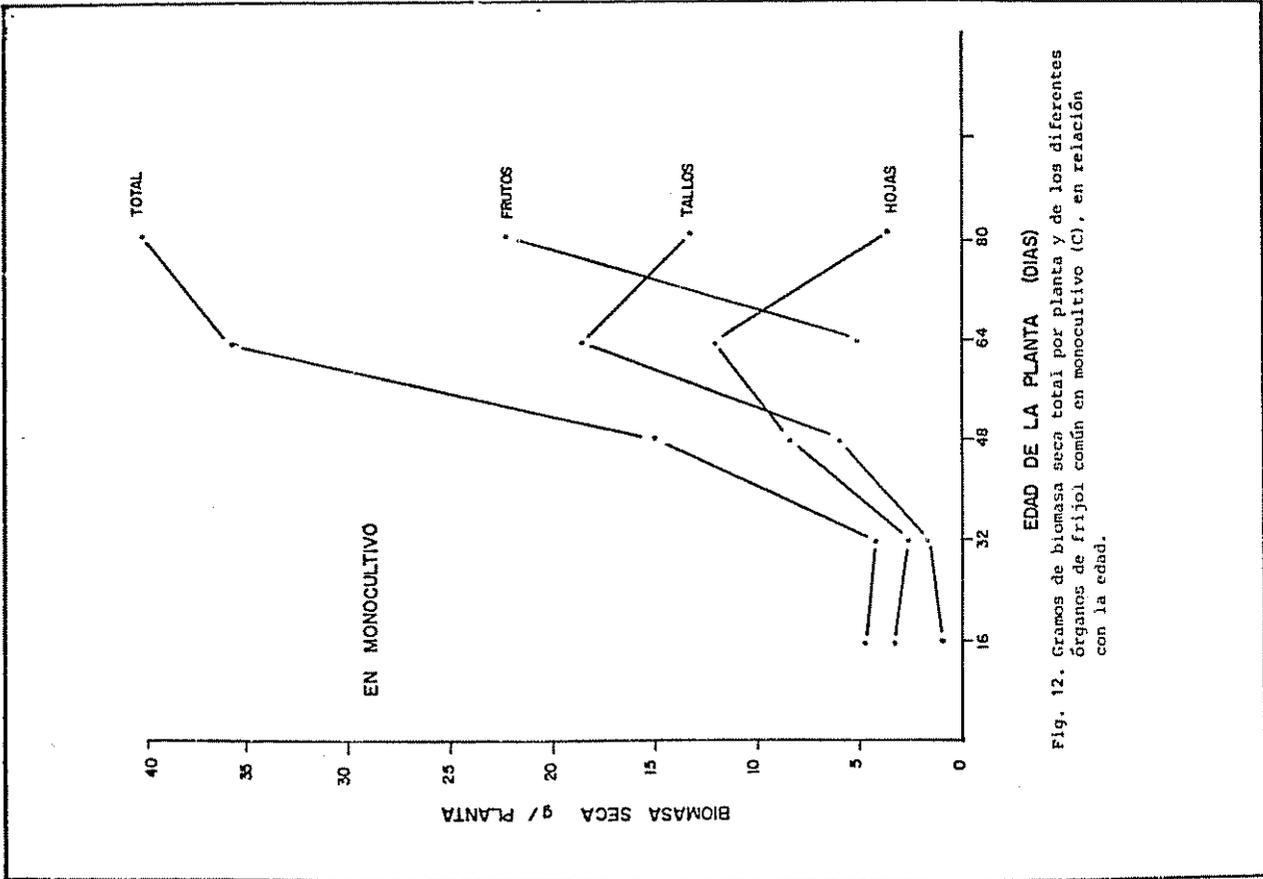


Fig. 12. Gramos de biomasa seca total por planta y de los diferentes órganos de frijol común en monocultivo (C), en relación con la edad.

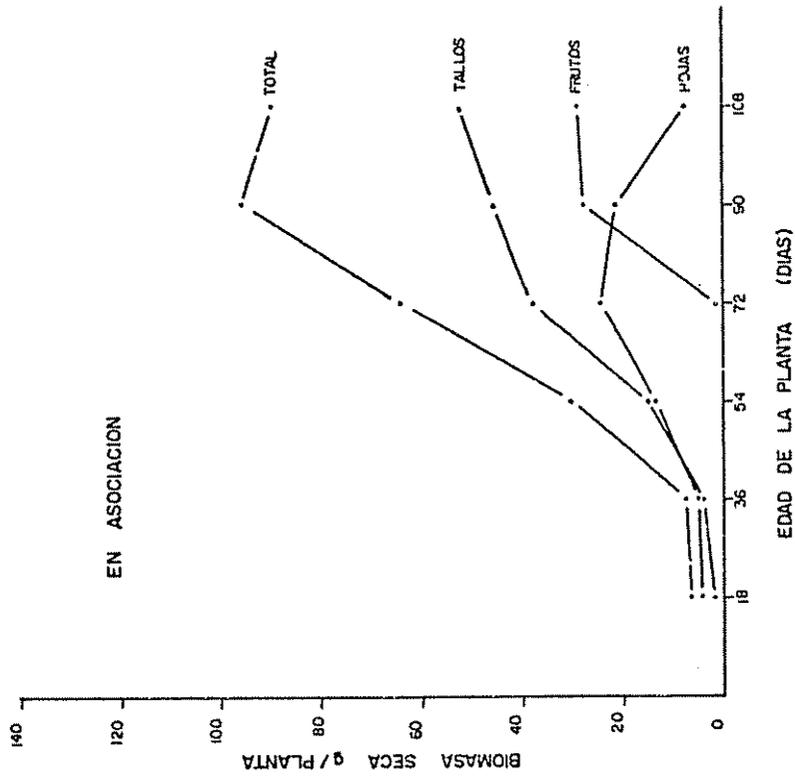


Fig. 15. Gramos de biomasa seca total y de los diferentes órganos de frijol zarandaja asociado con maíz (Z+H), en relación a la edad.

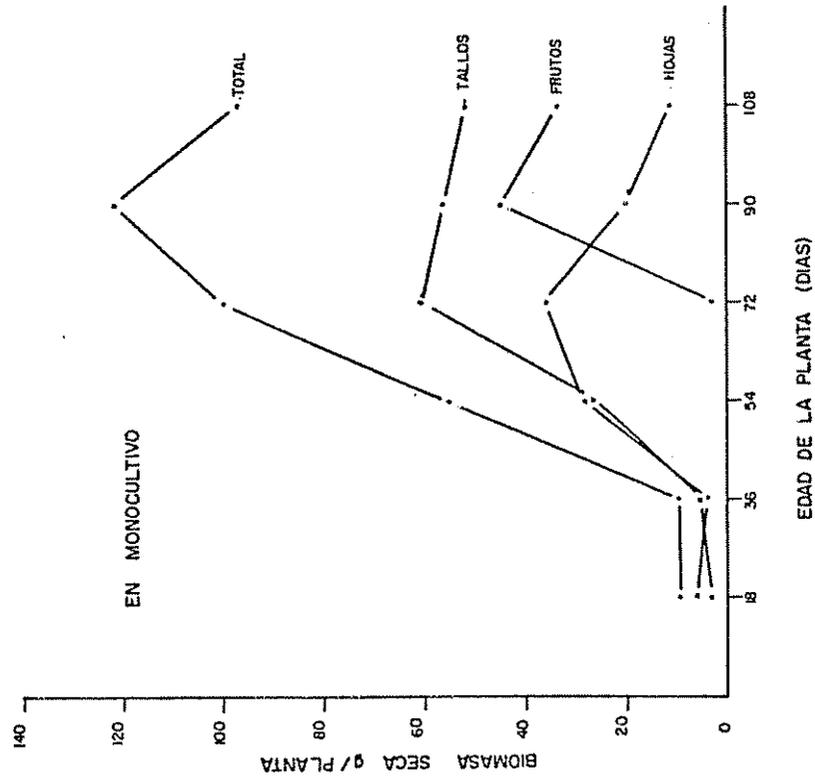


Fig. 14. Gramos de biomasa seca total y de los diferentes órganos de frijol zarandaja en monocultivo (Z), en relación con la edad.

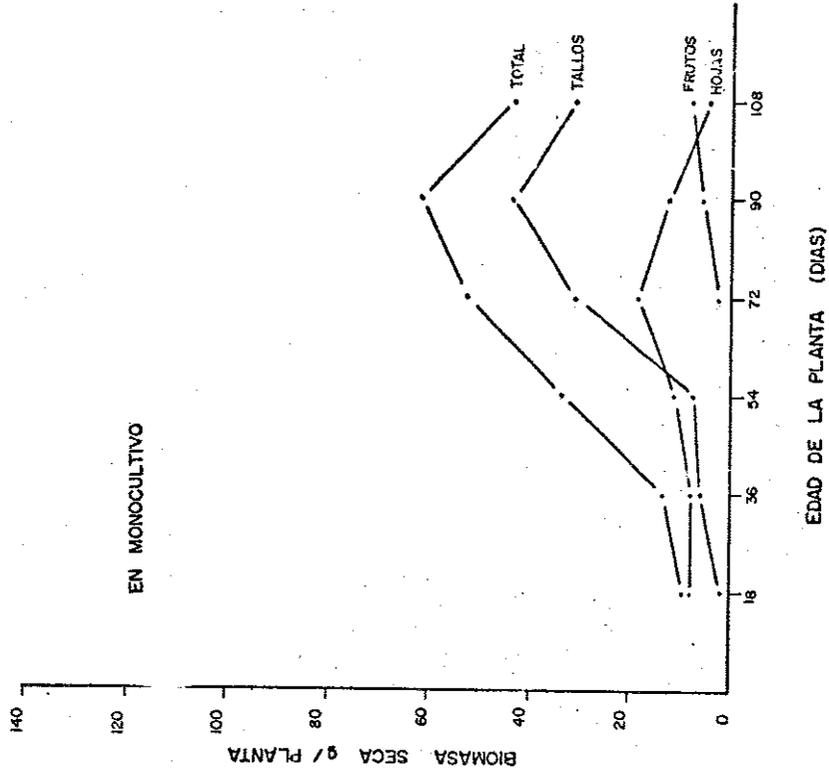


Fig. 16. Gramos de biomasa seca total y de los diferentes órganos de frijol zarandaja sin soporte (zs), en relación con la edad.

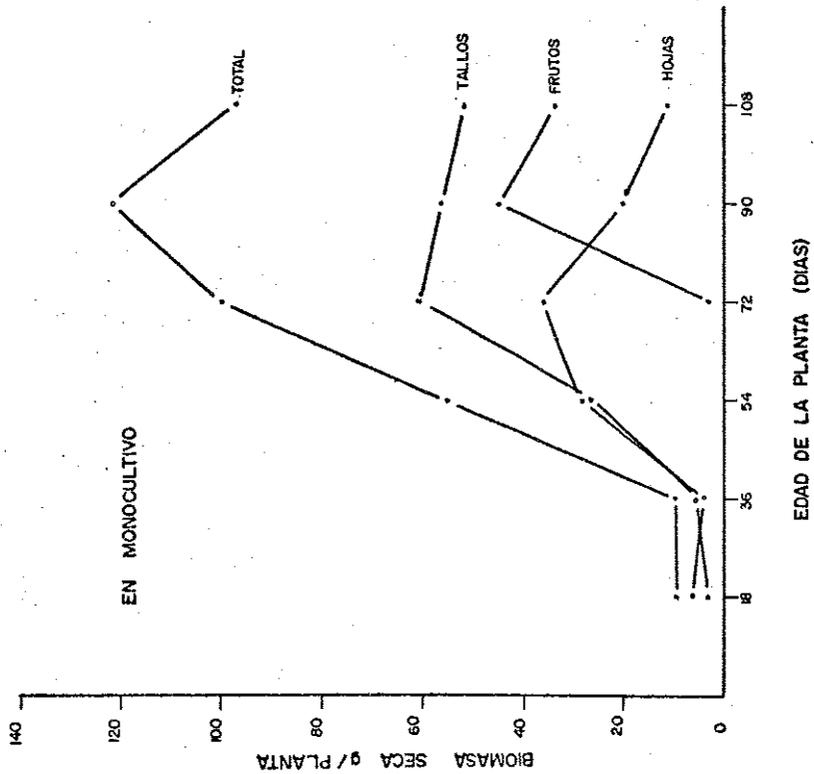


Fig. 14. Gramos de biomasa seca total y de los diferentes órganos de frijol zarandaja en monocultivo (Z), en relación con la edad.

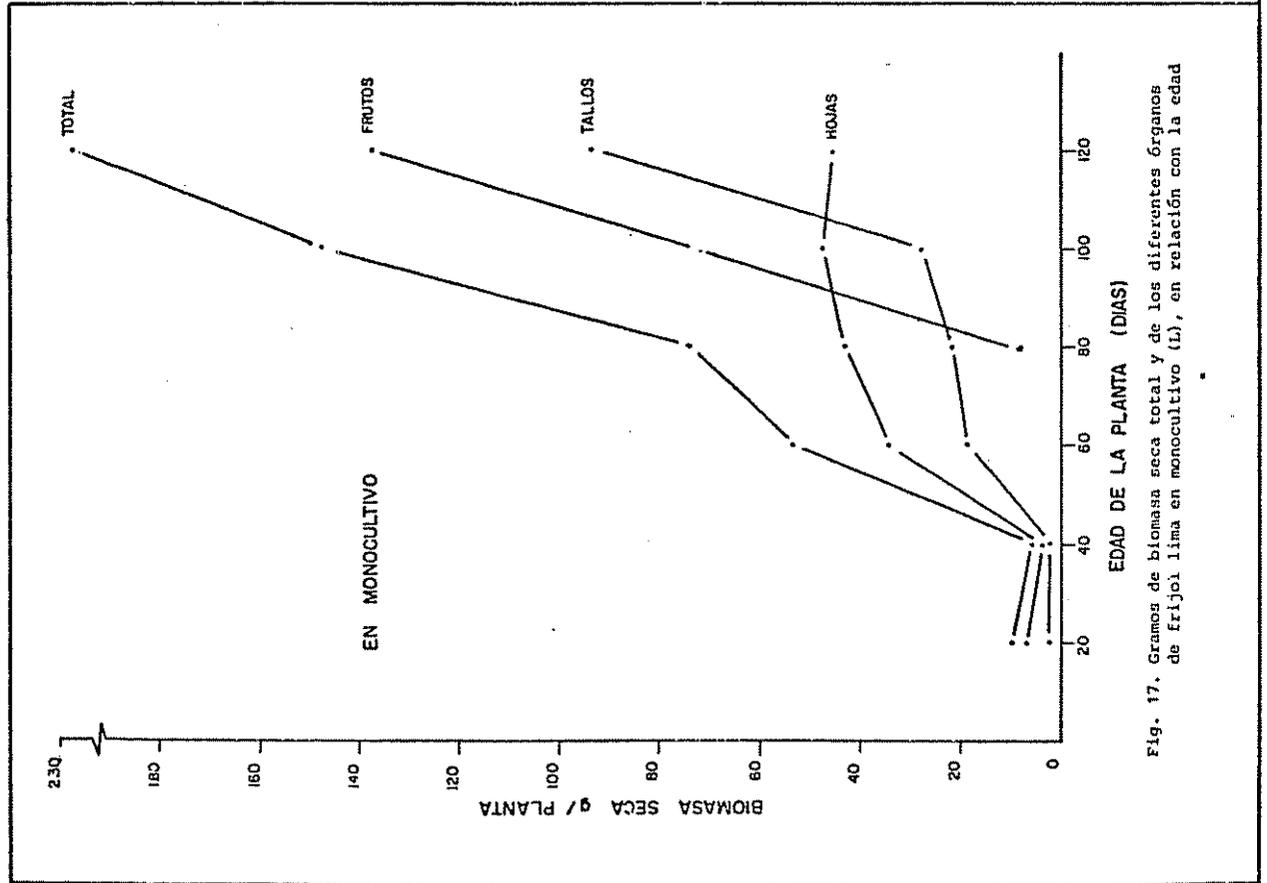


Fig. 17. Gramos de biomasa seca total y de los diferentes órganos de frijol lima en monocultivo (II), en relación con la edad

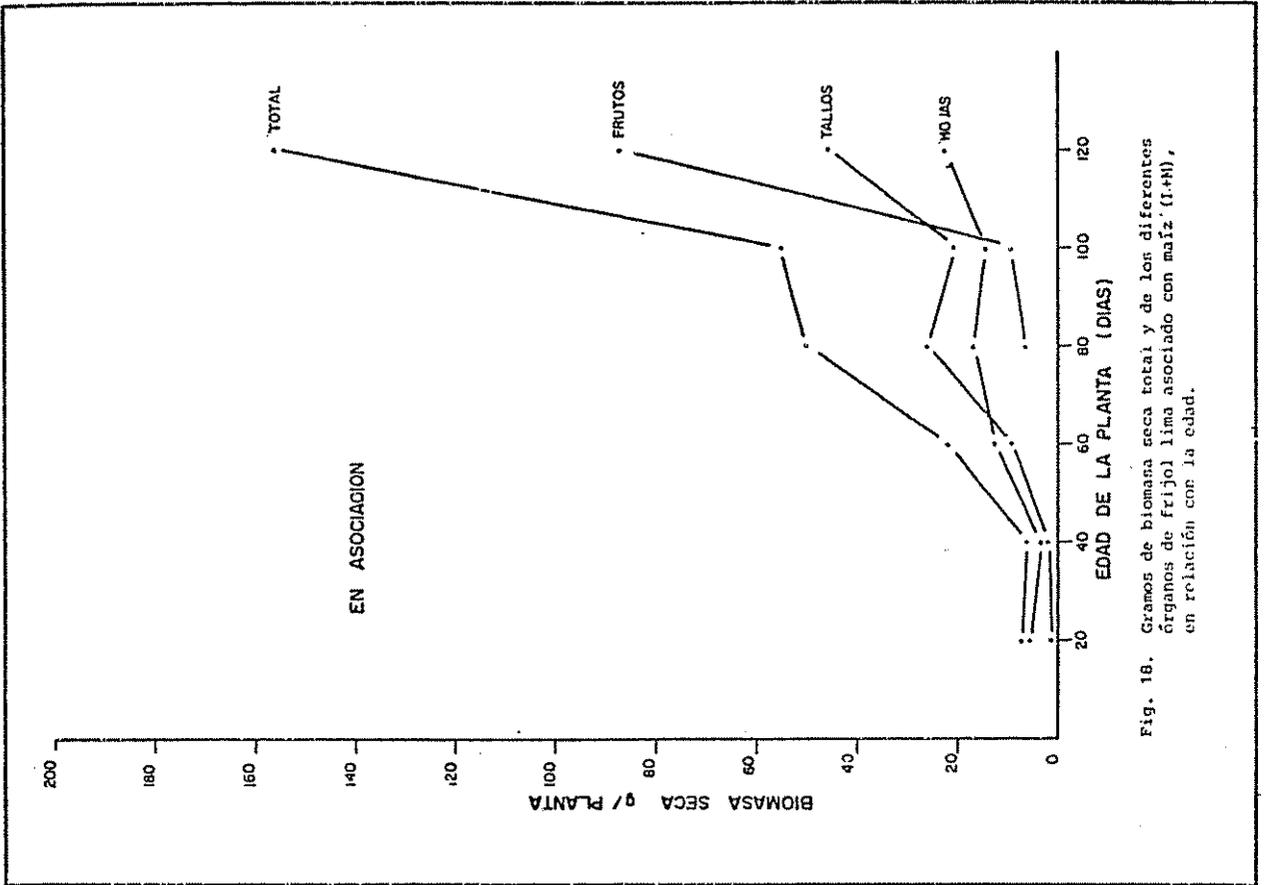
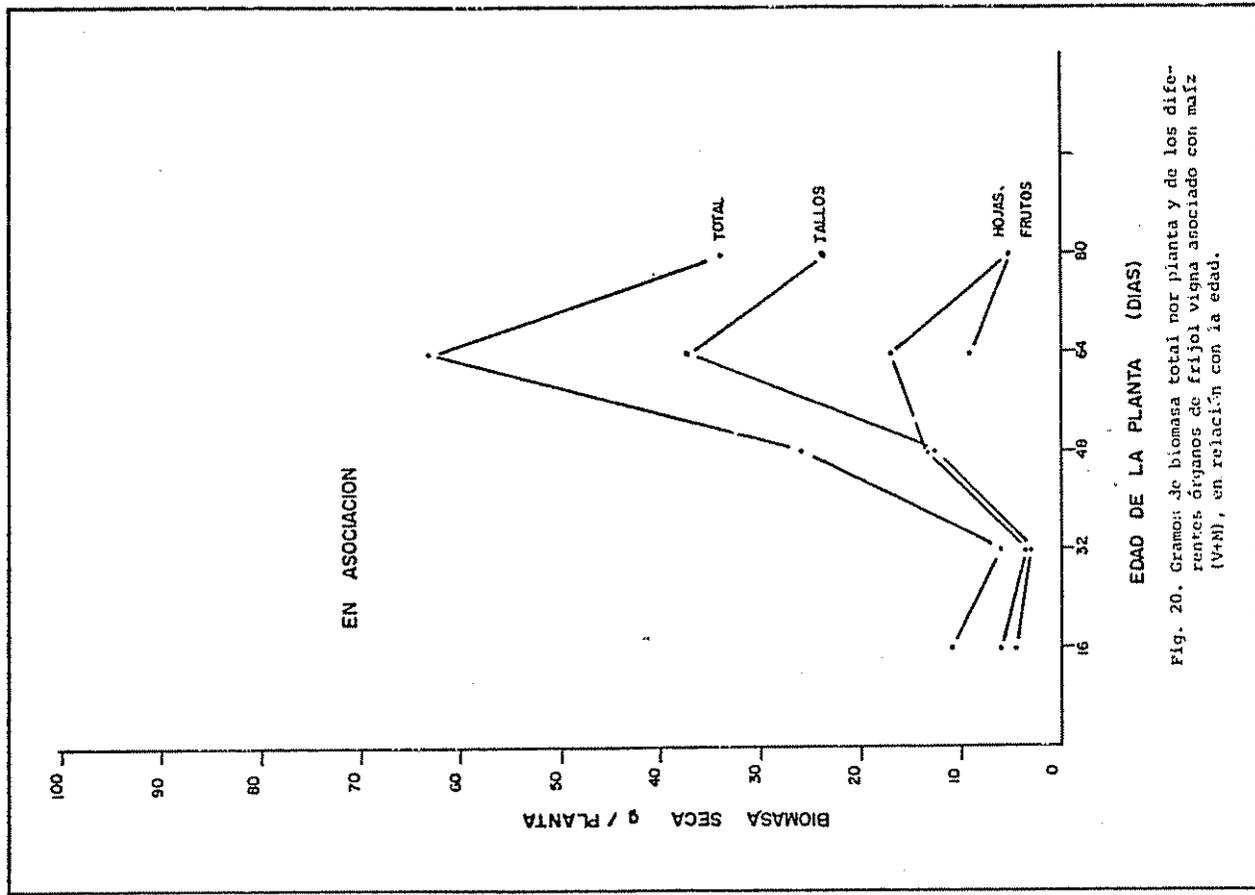
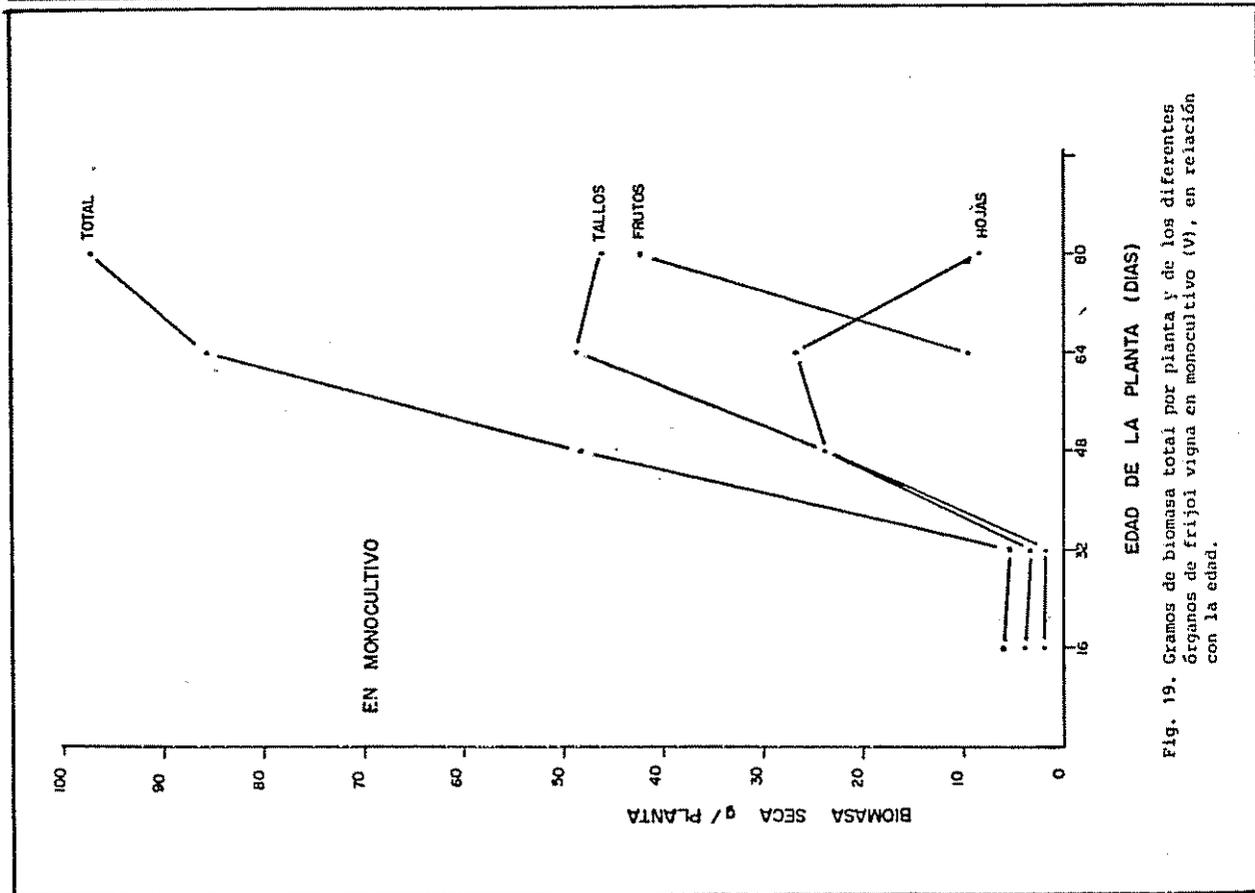


Fig. 18. Gramos de biomasa seca total y de los diferentes órganos de frijol lima asociado con maíz (I+II), en relación con la edad.



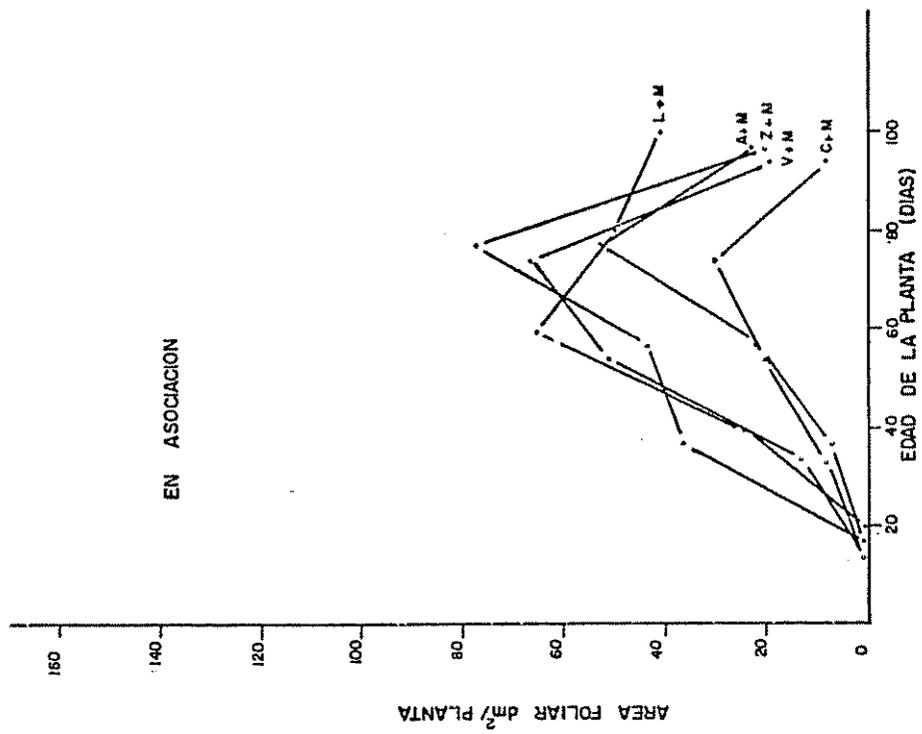


Fig. 22. Variación del comportamiento del área foliar por planta de 5 leguminosas comestibles asociadas con maíz, en relación con la edad (A=Alado, C=Común, Z=Zarandaja, L=Lima, V=Vigna).

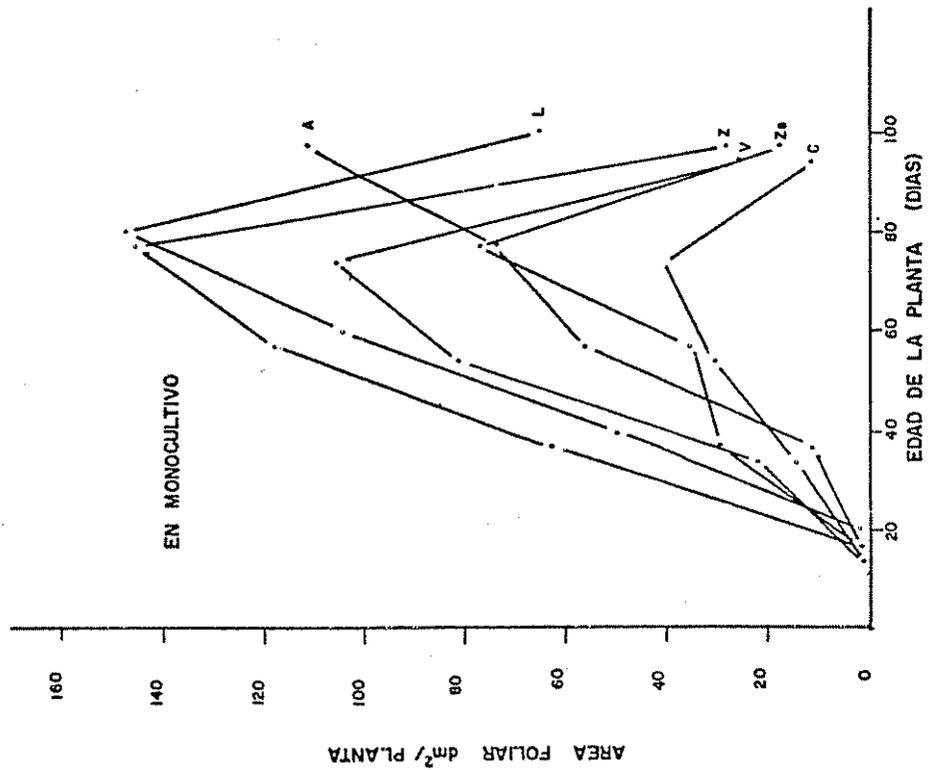


Fig. 21. Variación del comportamiento del área foliar por planta de 5 leguminosas comestibles en monocultivo, en relación con la edad (A=Alado, C=Común, Z=Zarandaja, S=Sin soporte, L=Lima, V=Vigna).

Se observa que para el caso de los monocultivos frijol común, zarandaja, vigna y lima la mayor área foliar se obtuvo al cuarto muestreo, correspondiendo a la edad de 64 DDS para frijol común y vigna; para zarandaja a los 72 DDS y para lima a los 80 DDS. Esto coincide con la máxima producción de grano tierno comercial. El frijol alado tuvo su máxima área foliar a los 90 DDS, comparándolo con frijol zarandaja y lima no se sabe si esta área foliar sería la máxima ya que el cultivo, una vez terminado el período de evaluación, siguió produciendo.

Los valores más altos de área foliar los obtuvieron los monocultivos de frijol lima y frijol zarandaja y los menores valores el frijol común y el tratamiento frijol zarandaja sin soporte, aquí una vez más resalta la importancia de la espaldera o soporte en el cultivo de zarandaja en comparación con el cultivo sin soporte.

En relación a las leguminosas asociadas con maíz, el comportamiento aunque más bajo es muy similar, a excepción del frijol lima que su más alto valor lo obtuvo a los 60 DDS. El valor máximo lo obtuvo el sistema Z+M con $77.7 \text{ dm}^2/\text{planta}$ y el valor menor, frijol común más maíz con $31.03 \text{ dm}^2/\text{planta}$.

e. Absorción total de nitrógeno

Una curva de absorción de nutrientes, en este caso nitrógeno, representa las cantidades que son extraídas por las plantas en el sustrato del suelo, durante su ciclo de vida.

La absorción depende de muchos factores, entre los que se pueden citar, el potencial genético de la planta, el ambiente en que se desarrolla y estado de desarrollo de la planta.

En el Cuadro 8A se presentan los datos del contenido total de nitrógeno y por órganos (mg/planta) de las leguminosas en monocultivo y asociadas con maíz y en las figuras de la 23 a la 33, se muestra la absorción por órganos de la planta para cada especie.

En todos los casos se hace evidente que el nitrógeno se encuentra en

mayor cantidad en las hojas y frutos y la menor cantidad en los tallos. Se aprecia asimismo en forma general que las especies en monocultivo tienen mayor cantidad de nitrógeno en sus órganos que en las asociaciones, esto puede deberse principalmente a la competencia por nutrimentos que presenta el cultivo cuando se asocia con el maíz.

Para la especie de frijol alado (Fig. 23 y 24), la cantidad de nitrógeno, tanto en hojas como en tallos aumenta con la edad de la planta teniendo su máximo valor a los 90 días. El porcentaje de absorción de N fue en el monocultivo cerca del doble en relación al cultivo asociado.

En el frijol común (Fig. 25 y 26), no hay una diferencia muy marcada en las cantidades de nitrógeno en tallos y hojas, incluso el porcentaje de N absorbido por hojas es inferior al 50% en el monocultivo, mientras que en el asociado es superior al 50%.

El frijol zarandaja en monocultivo (Fig. 27) y en asociación (Fig. 28), al compararlos con el tratamiento zarandaja sin soporte (Fig. 29), se observa que el porcentaje del N total absorbido en este último tratamiento es muy bajo en relación al monocultivo con soporte y bajo en relación al cultivo asociado.

Para el caso del frijol lima (Fig. 30 y 31) se nota que fue la leguminosa que presentó la mayor cantidad de N, al compararlo con las demás especies estudiadas. Este aspecto está en estrecha relación con la mayor cantidad de biomasa seca total alcanzada por este cultivo. En relación al porcentaje de N total absorbido el cultivo en asociación se ve fuertemente afectado al presentar valores muy bajos.

El frijol vigna (Fig. 32 y 33) muestra el patrón general de comportamiento del frijol común. En el monocultivo el valor más alto de contenido de nitrógeno se presentó a los 80 días mientras que en el cultivo asociado fue a los 64 días y luego bajó.

f. Indices de crecimiento

En los Cuadros 10A, 11A y 12A se presentan los valores

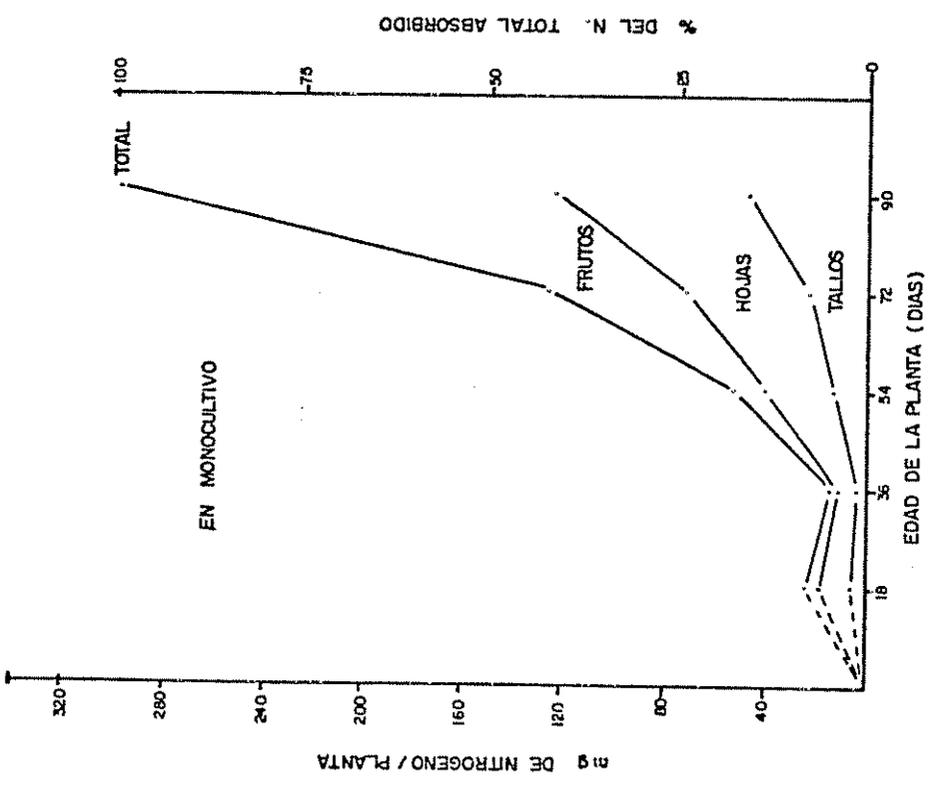


Figura 23. Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol aiado en monocultivo (mg/planta).

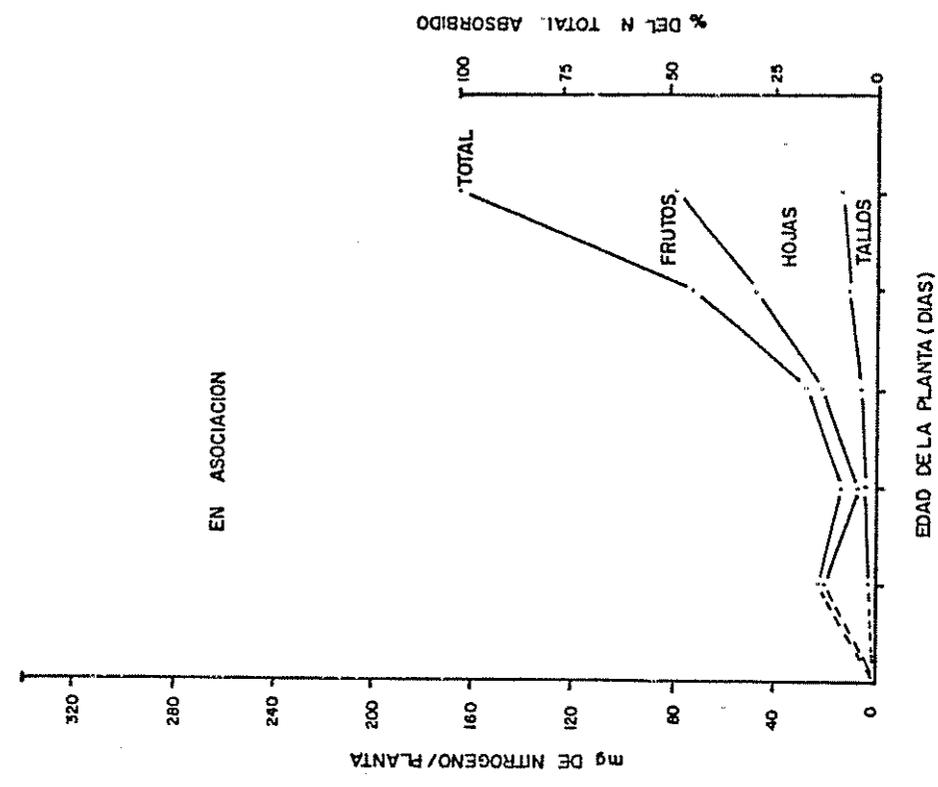


Figura 24. Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol aiado en asociación con maíz (mg/planta).

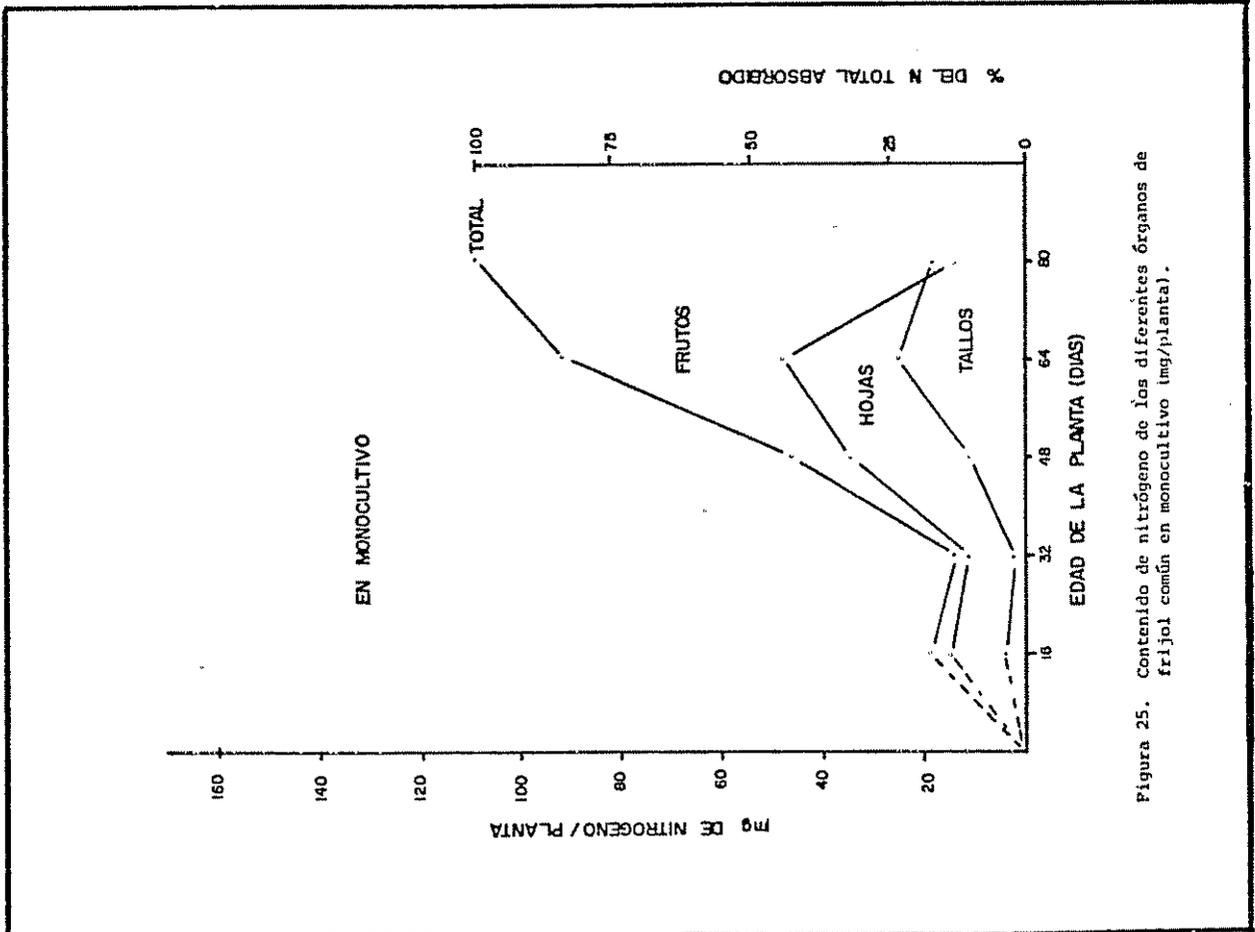


Figura 25. Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol común en monocultivo (mg/planta).

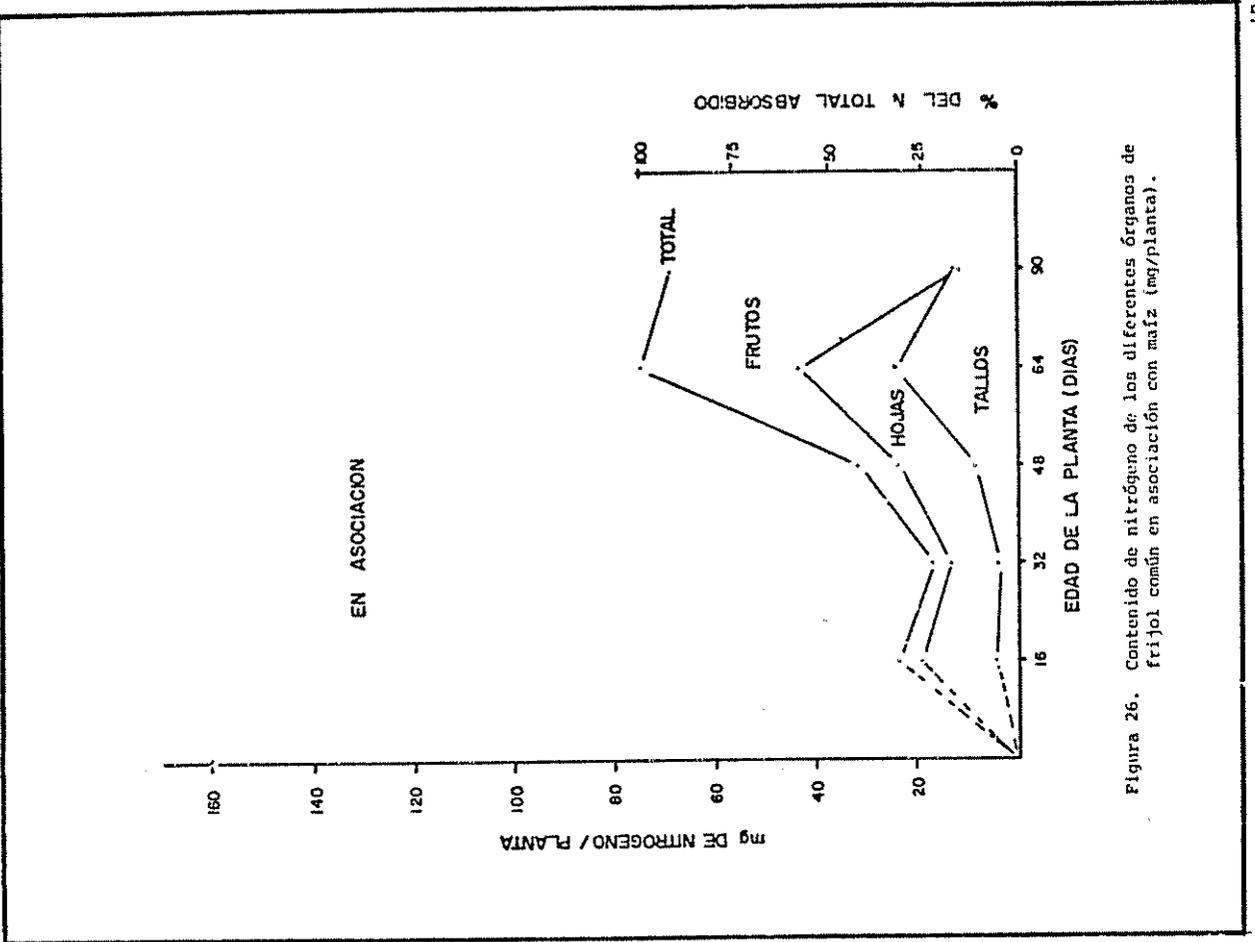


Figura 26. Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol común en asociación con maíz (mg/planta).

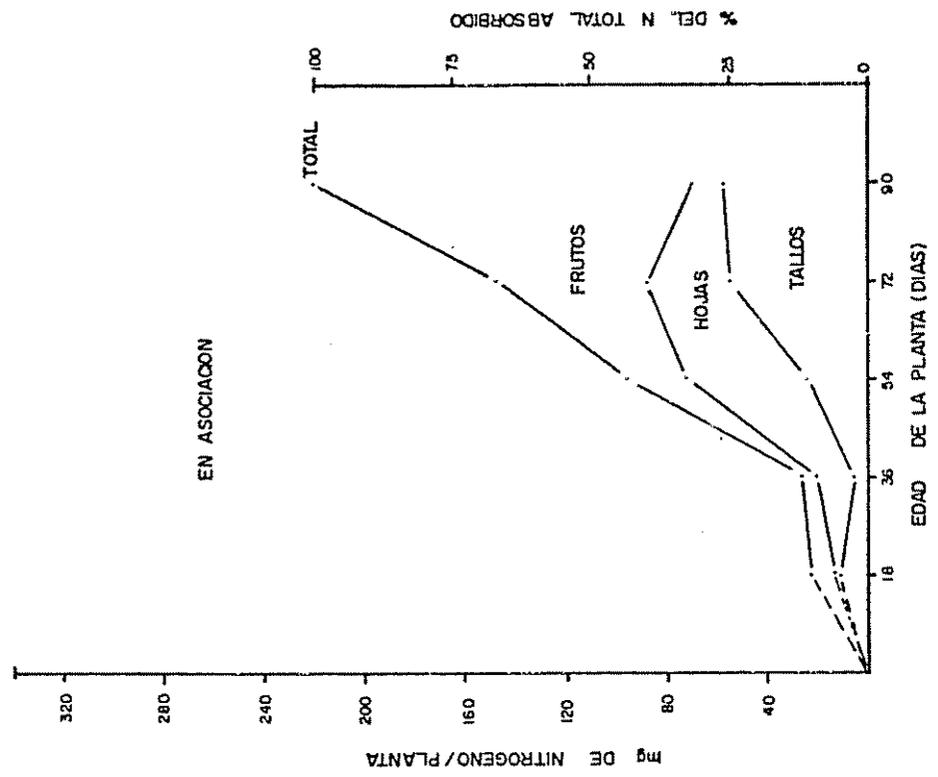


Figura 28. Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol zarandaja en asociación con maíz (mg/planta).

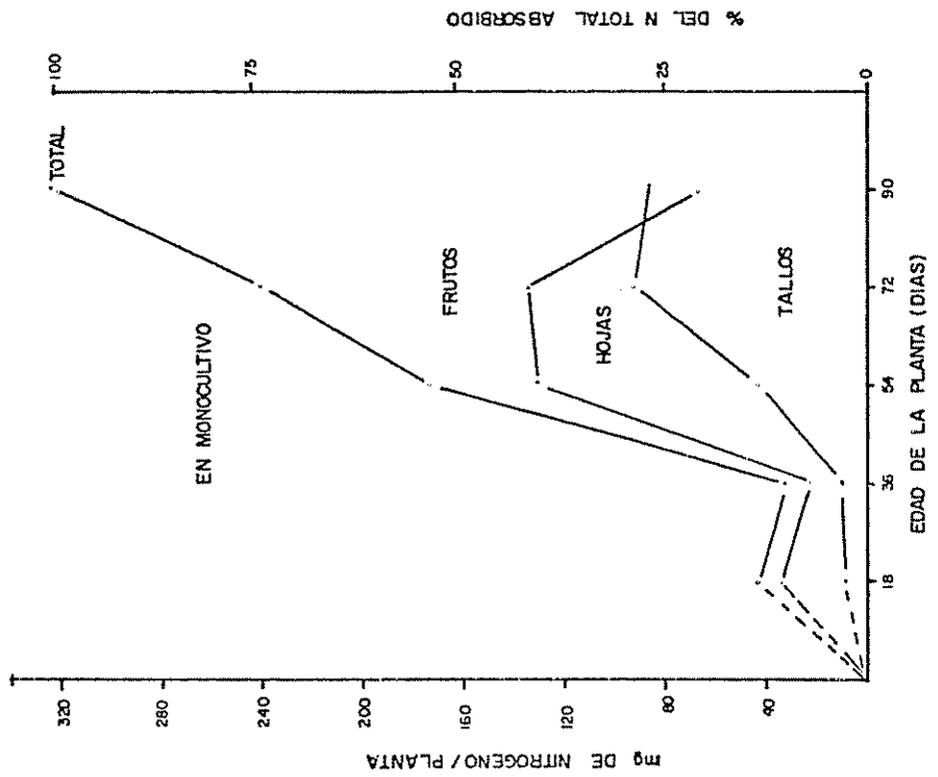


Figura 27. Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol zarandaja en monocultivo (mg/planta).

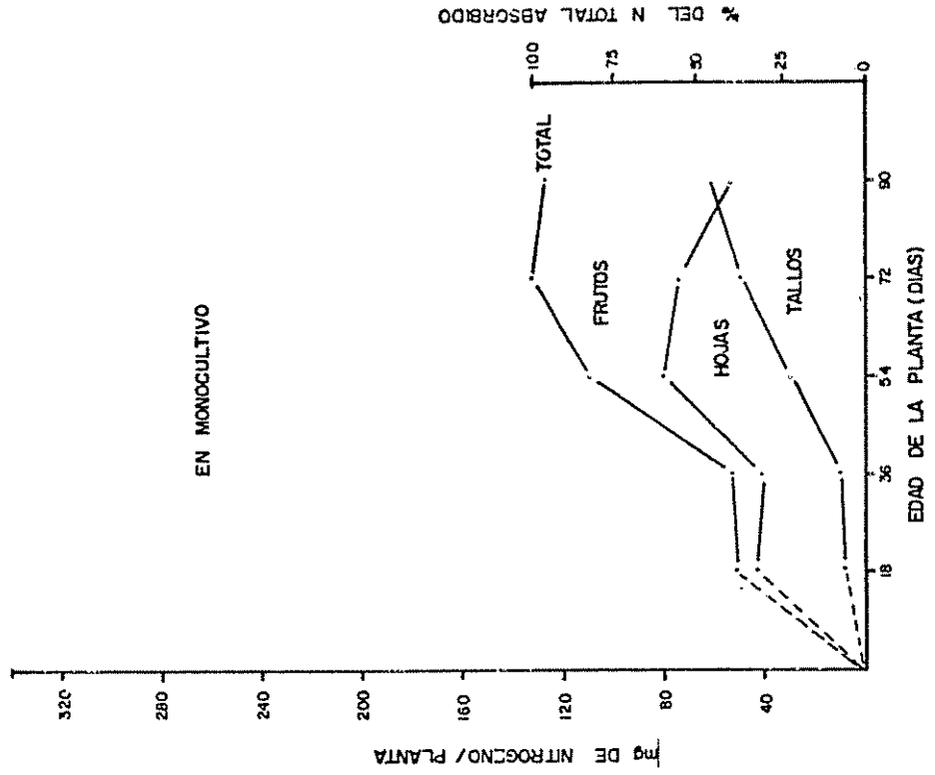


Figura 29. Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol zaramandaja sin soporte (mg/planta).

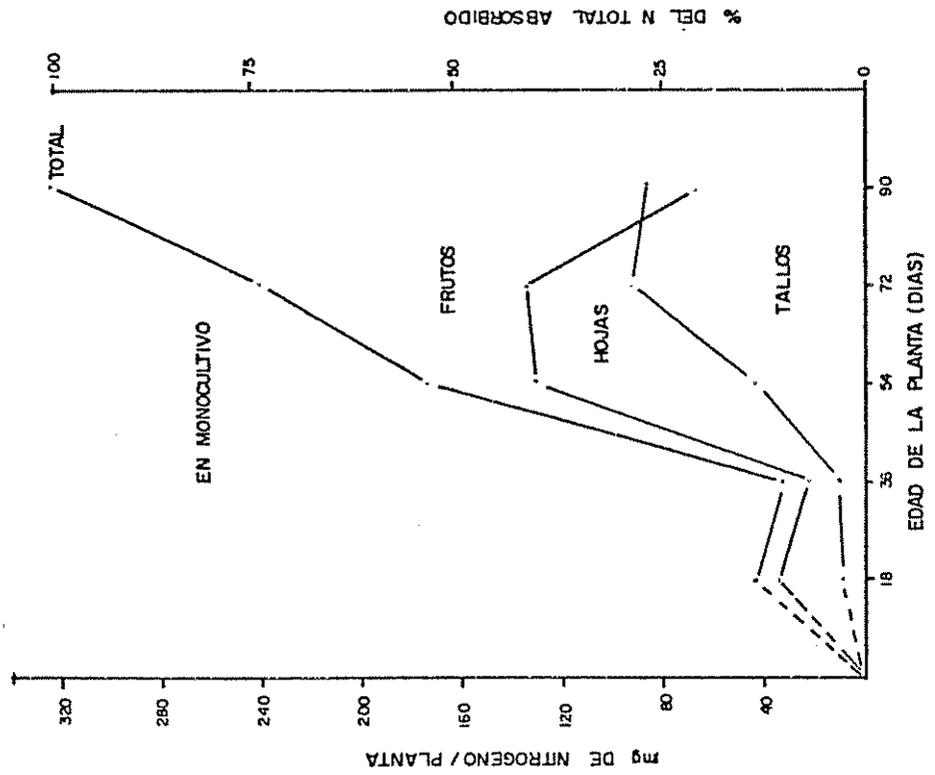


Figura 27. Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol zaramandaja en monocultivo (mg/planta).

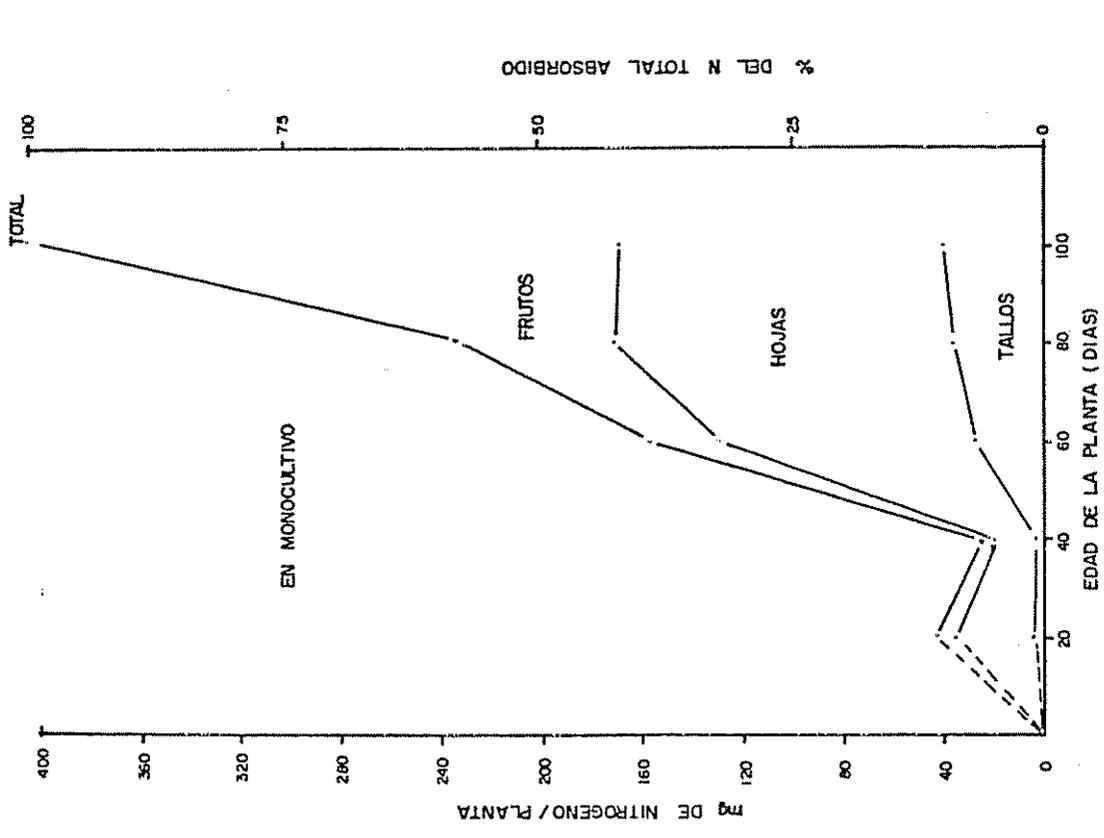


Figura 30. Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol lima en monocultivo (mg/planta).

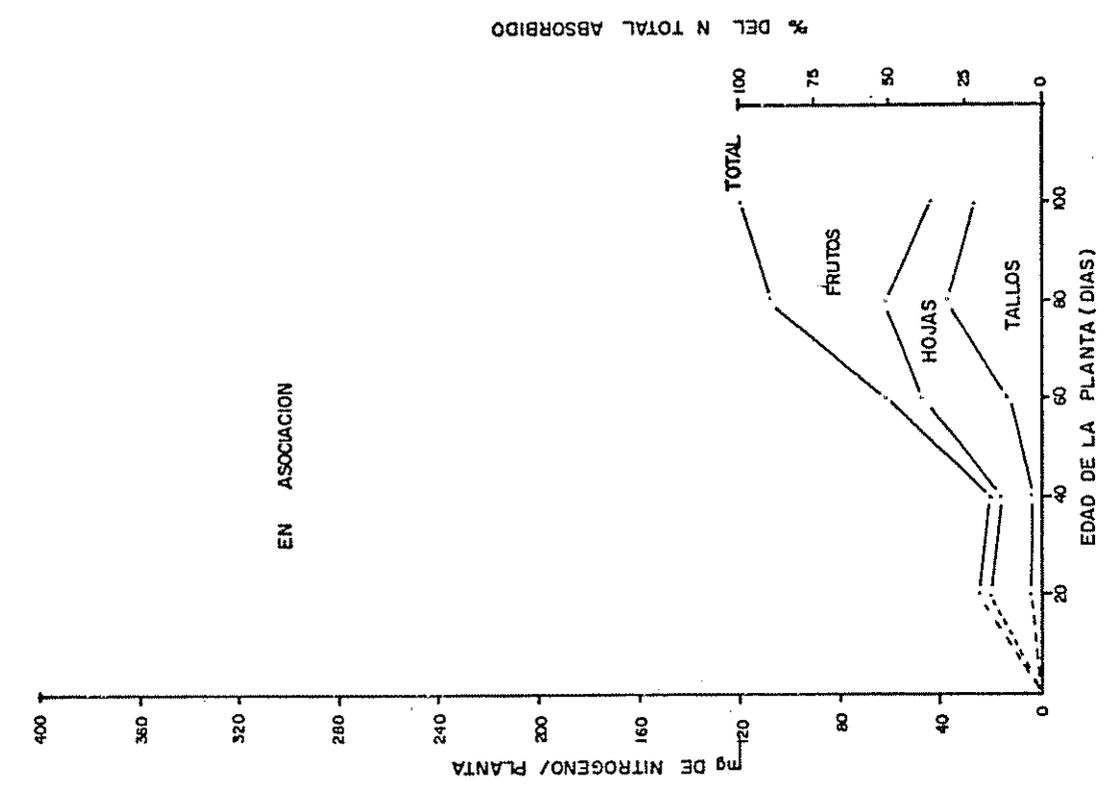


Figura 31. Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol lima en asociación con maíz (mg/planta).

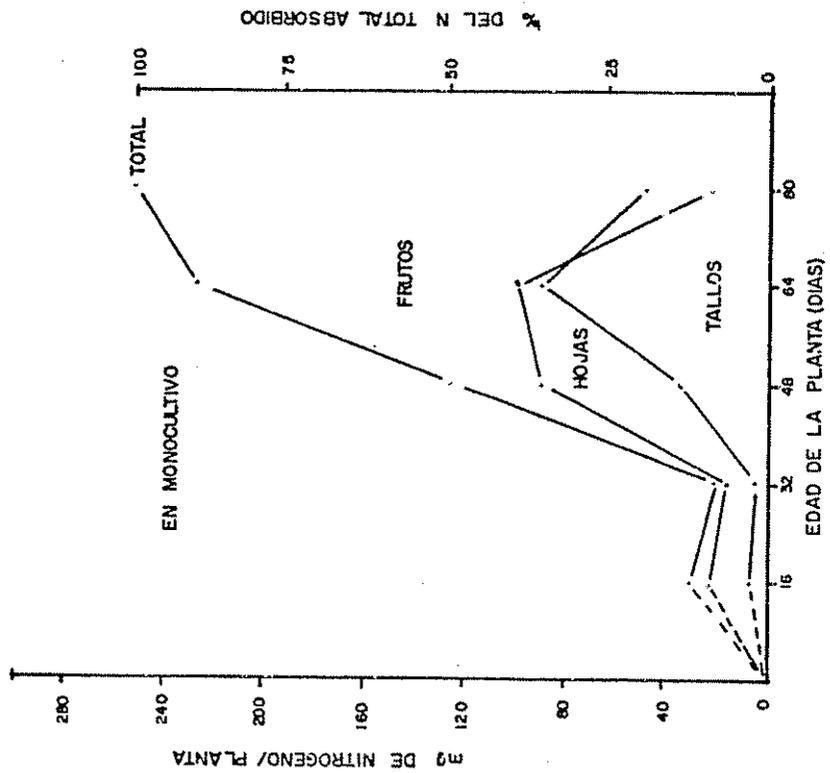


Figura 32. Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol vicia en monocultivo (mg/planta).

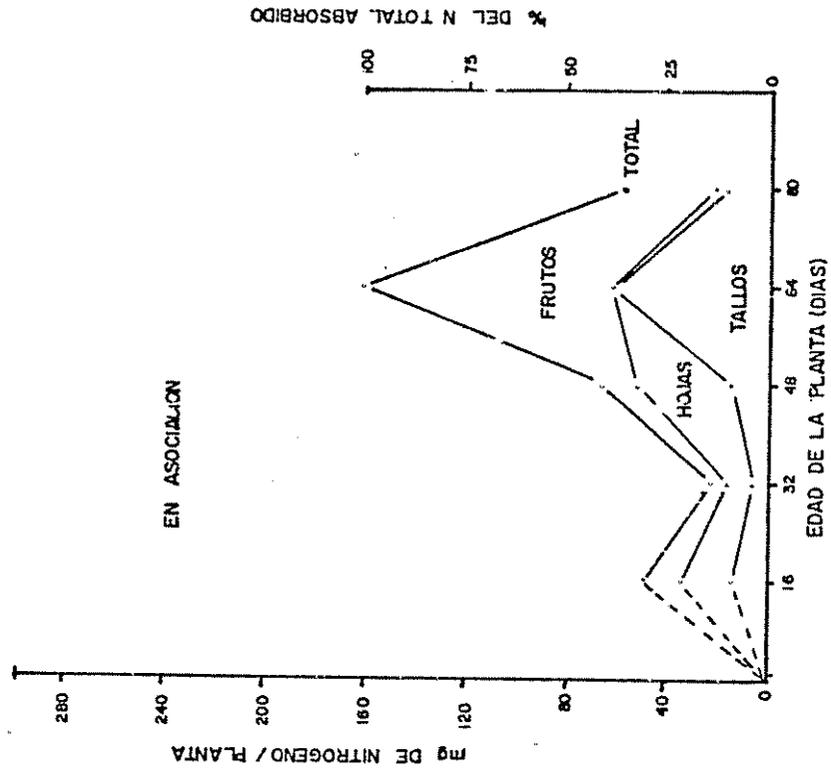


Figura 33. Contenido de nitrógeno de los diferentes órganos de frijol vicia en asociación con maíz (mg/planta).

obtenidos para los índices fisiológicos del crecimiento, que se calcularon en este estudio para las cinco leguminosas en monocultivo y asociadas con maíz, durante el período experimental.

La intensidad de asimilación neta (IAN), intensidad de crecimiento relativo (ICR) y la intensidad de crecimiento relativo del área foliar, fueron mayores en los estados iniciales del crecimiento. Posteriormente, ocurrió un descenso gradual en la magnitud de estos parámetros a medida que la planta avanzó en edad; coincidiendo así con lo encontrado por Ascencio y Fargas (7) para el caso de frijol común y también coincide con Noguera (54), quien trabajó con leguminosas forrajeras.

En el período de muestreo, para cada especie la IAN fue mayor en el frijol zarandaja en monocultivo con $74 \text{ mg/dm}^2/\text{día}$, lo que nos demuestra que este cultivo convirtió mayor cantidad de materia seca por unidad de área foliar en el intervalo considerado. La intensidad de crecimiento relativo del área foliar (ICRF) el promedio fue mayor en los monocultivos que en los cultivos asociados, pero en general se puede observar que en los cultivos anuales tradicionales, frijol común y vigna, la ICRF es alta por el corto período de su ciclo de vida, sin embargo, en los frijoles: alado, zarandaja y lima, su ICRF es más baja pero más estable en más tiempo de estar aumentando en área foliar.

La ICRF en las leguminosas asociadas siempre fue menor en promedio, que las leguminosas en monocultivo, lo cual pudo deberse al efecto de competencia, el incremento en área foliar por cada área foliar ya existente sea menor. La ICR fue mayor en frijol alado en monocultivo y frijol vigna en monocultivo, esto quiere decir que estos cultivos tuvieron un aumento en peso por unidad de peso original mayor, sin embargo, puede ser que los demás cultivos como frijol lima y frijol zarandaja ese aumento en peso sea más consistente en el tiempo del cultivo, es decir menos fluctuante.

En los Cuadros 13A, 14A y 15A, se presentan los valores obtenidos para los índices morfológicos del crecimiento, que se calcularon para las leguminosas, en el período experimental citado.

El índice de área foliar alcanzó su más alto valor en las especies en monocultivo, estos valores fueron de 5.93 en frijol lima y 5.83 en frijol zarandaja, a los 80 y 72 DDS respectivamente. Los valores más bajos fueron de frijol común con 1.63 a los 64 DDS. Los datos obtenidos para frijol común son muy similares a los obtenidos por Orlando (57) quien trabajó con cultivos asociados. Después del tercer muestreo el IAF en todos los sistemas fue mayor de uno lo que comprueba que el área foliar de las plantas pasó de los 25 dm² que fue la superficie de terreno que correspondió a cada planta. Los valores obtenidos de IAF también coinciden para el caso de los monocultivos, con los valores obtenidos por Tanaka y Fujita (69). El dato para frijol lima no coincide con lo obtenido por Medal (47) tal vez, por la época, por usar diferente variedad o por la población de plantas usado.

La razón de área foliar para el caso de las especies en monocultivo nos muestra que el aumento de superficie foliar en relación al peso total de la planta fue mayor, en el intervalo de los 18 a 54 días para el frijol alado y zarandaja y de los 20 a 80 días para frijol lima. Para el caso de frijol común y frijol vigna el período fue más corto, de 16 a 32 días, en este último caso se coincide con lo obtenido por Orlando (57). En las leguminosas asociadas al aumento de superficie foliar en relación al peso total de la planta fue un poco diferente; para el sistema A+M el intervalo fue mayor que en el monocultivo con 18 a 72 días; en el sistema Z+M el intervalo fue menor que en monocultivo tan solo de 18 a 36 días y en el frijol lima L+M, el intervalo fue de 20 a 60 días, menor que en el monocultivo.

Para el caso de frijol común y frijol vigna, el intervalo en el aumento de superficie foliar en relación al peso total de la planta fue de 16 a 48 días para el primero, de 16 a 32 para el segundo.

La razón de peso foliar RPF es alta en las primeras semanas del crecimiento, lo que nos indica que el porcentaje de gramos de hoja por gramo de peso seco total es arriba del 60%. Durante la floración y fructificación hay una disminución de este valor y es debido al traslado de fotosintetizados hacia los órganos en formación, pero en términos generales el

valor de la RPF permanece elevado durante casi todo el ciclo del cultivo, debido a la sobreproducción de hojas.

La variación en el peso seco de la hoja en relación al peso seco total de la planta con la edad se debe a la distribución diferencial de fotosintetizados hacia un aumento en la producción de hojas, de otros órganos de la planta o de ambos a la vez. Los valores son muy similares en las especies en monocultivo y asociadas a maíz, lo que nos indica que en los cultivos asociados hay producción similar de hojas pero la diferencia en rendimiento estriba en la competencia por el aprovechamiento de la luz solar.

4.4.2 Producción de maíz

La producción de maíz, se dividió: rendimiento de elotes, en número de elotes por hectárea y rendimiento de grano seco al 14% de humedad en kg/ha.

a. Rendimiento de elotes

Para esta característica, el número de elotes comerciales por hectárea varió de 27 222 para maíz asociado con frijol zarandaja a 33 889 elotes para el maíz en monocultivo (Fig. 34). Ningún frijol afecta más al maíz como el frijol zarandaja, dicho efecto es del orden del 20%. El efecto de los demás frijoles en el rendimiento del maíz no fue tan drástico; el frijol común afectó al rendimiento de elotes con 5.7%, el frijol lima y el frijol alado con 4.1% y el frijol vigna que fue la leguminosa que menos afectó el rendimiento de elotes con un valor menor al 1%.

Cuando los elotes se cosecharon las leguminosas: frijol alado, frijol lima y frijol zarandaja estaban en su máximo de floración, incluso el frijol zarandaja sobresalía del maíz y la floración se localizó, en forma general, en la parte alta del maíz, es por esto que el efecto en la baja en elotes fue mayor en este frijol.

En relación a los elotes no comerciales, el porcentaje en relación al total obtenido por parcela útil fue de 6.3 para el maíz asociado a frijol

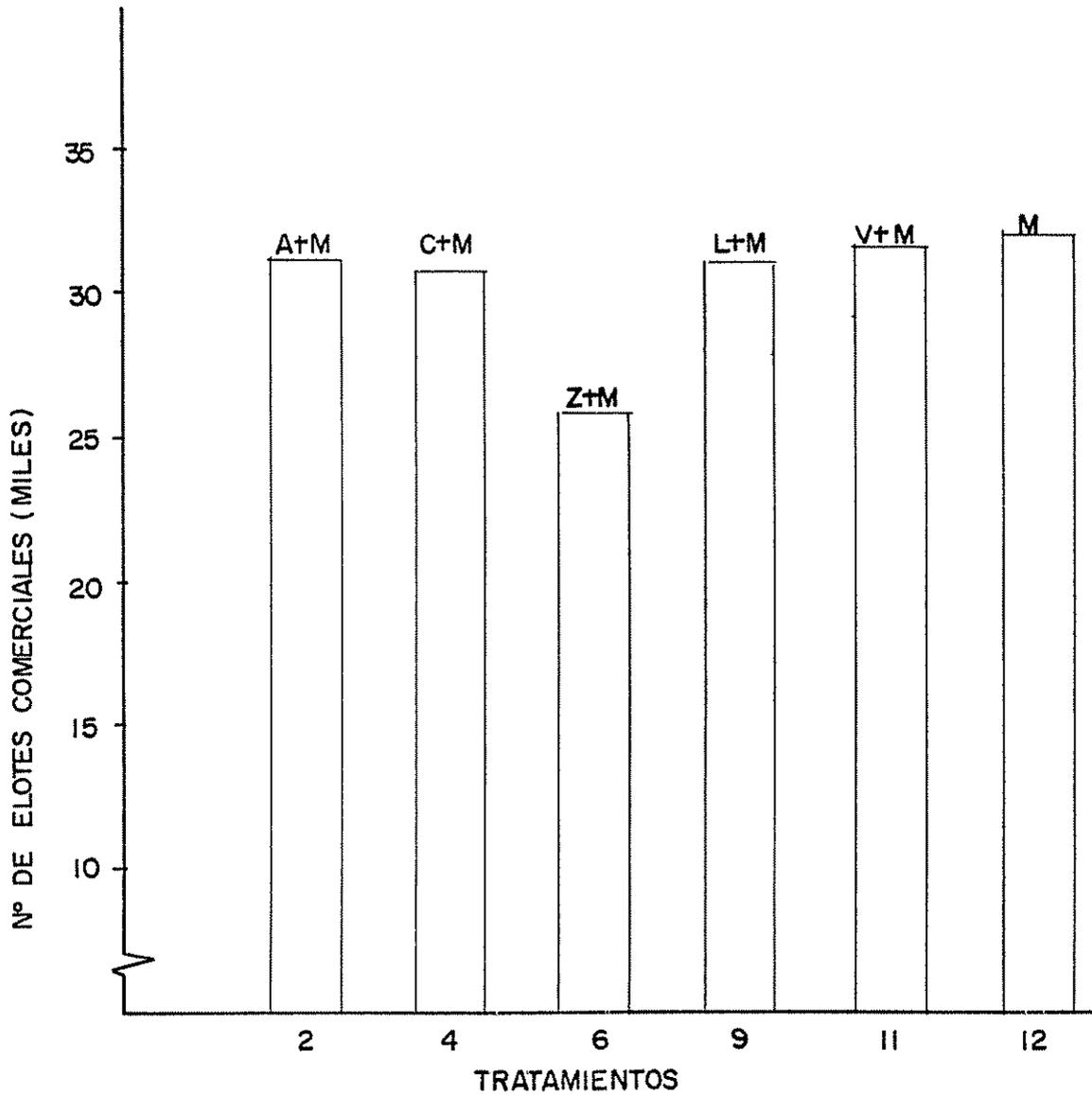


Figura 34. Número de elotes comerciales por hectárea en el maíz en monocultivo y asociado a cinco leguminosas comestibles (A=Alado; C=Común; Z=Zarandaja; L=Lima; V=Vigna; M=Maíz).

común; 3.9% para el maíz asociado a frijol zarandaja; 3.0% para el maíz asociado a frijol lima; 10.3% para el maíz asociado a frijol vigna y 7.8% para el maíz en monocultivo. No hubo elotes dañados en casi ningún tratamiento excepto en los sistemas A+M y L+M, sin embargo este daño fue mínimo.

b. Rendimiento de grano seco

El análisis de varianza para esta variable determinó diferencia estadística para tratamientos.

La prueba de Duncan aplicada a los tratamientos, presenta rendimientos significativos mayores al 1% para el maíz en monocultivo con 5 425 kg/ha (Fig. 20). Los rendimientos de los sistemas V+M y L+M son diferentes estadísticamente al monocultivo de maíz e iguales entre sí con 4 467 y 4 464 kg/ha respectivamente; a la vez los rendimientos de maíz asociado a frijol alado y frijol común fueron iguales con 4 123 y 3 997 kg/ha respectivamente. El sistema que menor rendimiento presentó fue Z+M con 3 077 kg/ha.

Como lo muestran los rendimientos anteriores el frijol que mayor efecto negativo tuvo sobre el rendimiento de maíz, fue el frijol zarandaja, bajó un 43.3% el rendimiento en relación al maíz en monocultivo; el frijol alado y el frijol común con 24.0 y 26.3%. Así los dos frijoles que causan menos efecto al rendimiento de maíz son el frijol lima y el frijol vigna con 17.7 y 18.0% de baja.

Los rendimientos obtenidos para el frijol lima, coinciden con los obtenidos por Medal (47), bajo las mismas condiciones de cultivo. El efecto mayor de frijol zarandaja sobre el maíz, es por la agresividad de esta leguminosa por dominar el sistema, desde las primeras semanas de crecimiento del cultivo (72 días) el frijol zarandaja sobresalía al maíz, estableciéndose la competencia por espacio, luz y nutrimentos principalmente.

El maíz que a los 90 días alcanzó alturas promedios en monocultivo de 292 cm, desarrolló para la época lluviosa bastante bien, tanto en altura que es una característica deseable para servir de soporte a las leguminosas como en rendimiento y grosor del tallo. El grosor del tallo alcanzó

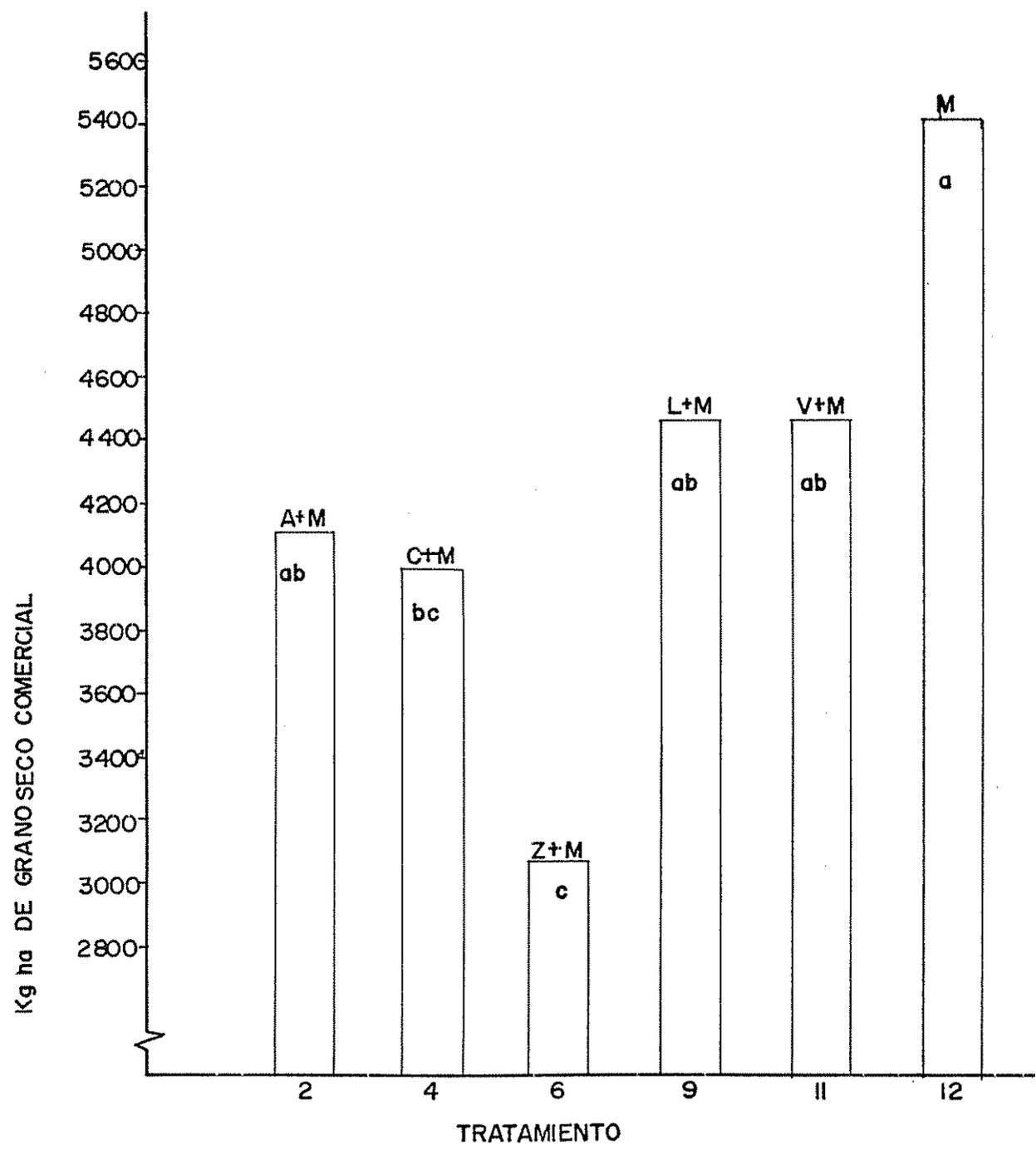


Figura 35. Kilogramos por hectárea de grano seco comercial de maíz en monocultivo y asociado a cinco leguminosas comestibles (A=Alado; C=Común; Z=Zarandaja; L=Lima; V=Vigna; M=Maíz).

un diámetro promedio de 4 cm, esta característica ayudó a que las plantas, aún con ataque de vientos, permanecieran por más tiempo en el campo sin sufrir volcaduras.

Los valores en rendimiento son muy similares a los obtenidos por Acevedo (1), pero a una densidad de 30 mil p/ha. El éxito en el rendimiento en el maíz en monocultivo se pudo haber debido a la forma de aplicación del fertilizante, a la época de aplicación y al lugar en que fue aplicado. El porcentaje de grano dañado fue bastante bajo en los tratamientos asociados, el mayor porcentaje lo obtuvo el maíz asociado a frijol zarandaja con 11.6%, el menor porcentaje lo obtuvo el maíz asociado con frijol lima cuyo valor fue menor de 1%. En los sistemas V+M, A+M y C+M el porcentaje de daño fue de 5.2; 4.1 y 1.1% respectivamente.

El mayor daño de zarandaja sobre el rendimiento de grano, se debió al microambiente húmedo por efecto del sombreo que dio el frijol zarandaja al maíz, causando pudriciones.

4.5 Análisis de la nodulación

4.5.1 Crecimiento de los nódulos

En las muestras de plantas para análisis del crecimiento, se efectuaron observaciones para conocer el avance de la nodulación tanto en monocultivo como en asociación.

Un caso interesante en el frijol lima, digno de mencionarse, fue el ataque de nemátodos a las raíces; este ataque se presentó después de la floración, alrededor de los 100 días de edad de las plantas, coincide con lo señalado por Santos (63) quien trabajando con este frijol reporta alta incidencia de nemátodos en las últimas etapas de desarrollo del cultivo.

Se realizó un muestreo para determinar tanto la especie de nemátodo como para evaluar su presencia en raíces, en la población de plantas. Dos especies estuvieron presentes en la raíz: *Meloidogine spp.* en alta población (850 *Meloidogine* por cada 10 gramos de raíz) y *Helicotilenchus*

spp. en baja población (120 *Helicotilenchus* por cada 10 gramos de raíz) ^{1/}.

En cuanto a la presencia de estas dos especies de nemátodos en las parcelas donde estuvo presente el frijol lima, se muestrearon 10 plantas por parcela tomadas al azar, determinándose que un 40% de las plantas estaban atacadas por nemátodos. No se midió el efecto en el rendimiento porque la evaluación del ensayo estaba en su parte final.

Las demás especies de leguminosas no fueron atacadas por nemátodos, al parecer tienen preferencia por frijol lima.

Los nódulos del frijol alado y frijol vigna fueron atacados por larvas de Crisomélidos.

Todas las especies de leguminosas presentaron nódulos que desde temprana edad se formaron.

4.5.2 Distribución y tamaño de nódulos

En el Cuadro 8 se presenta la distribución y tamaño de los nódulos, misma que tiene sus variaciones debido a la falta de uniformidad de algunas variedades.

El frijol alado presentó distribución tipo 1, la distribución fue tanto en la raíz principal como en las raíces laterales, predominando esta última. En relación al tamaño, el frijol alado presentó el mayor tamaño con nódulos en promedio de 5 a 8 mm.

El frijol común, desarrolló una enorme cantidad de nódulos que de acuerdo a los diagramas de calificación, cae en tipo 4 con la variante de presentar agrupaciones más fuertes de nódulos en un solo lugar del sistema radical. Los nódulos fueron los de menor tamaño, en promedio de 1 a 2 mm, cuando el desarrollo normal es de 2 a 5 mm (20).

^{1/} Determinación realizada en el laboratorio de Nematología de la Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

El frijol zarandaja, presentó nódulos distribuidos de tipo 2, de tamaño que en promedio midieron de 3 a 4 mm. Este frijol presentó las raíces de mayor tamaño, en algunos casos llegaron hasta 250 cm.

El frijol lima a la etapa de muestreo para nodulación, solo 3 plantas de 40 presentaron nemátodos, que en menor grado afectaron la nodulación, el ataque visto desde el punto de vista de las deformaciones en la raíz, no fue muy fuerte, sin embargo cuando se muestreó, para evaluar su presencia, las raíces estaban fuertemente deformadas con las poblaciones señaladas anteriormente. El tamaño de los nódulos en frijol lima en promedio fue de 3 a 4 mm.

El frijol vigna mostró distribución tipo 1 y 5, no hubo uniformidad, se presentaron plantas que tenían nódulos abundantes de buen tamaño y otras que tenían nódulos escasos, el tamaño en promedio fue de 2 a 3 mm.

Los nódulos abundantes y pequeños presentados en frijol común se debió entre otros factores al ataque temprano de la roya, este favorecido por la humedad y pH bajo del suelo.

De las especies evaluadas sobresalió tanto en abundancia como en tamaño el frijol alado, sin embargo esta especie no fue la que presentó el mayor rendimiento. Tal vez en este aspecto se coincida con lo señalado por Date (22), en cuanto al número de nódulos.

4.5.3 Forma y color de nódulos

De acuerdo a la evaluación de forma, el frijol alado y el frijol zarandaja presentaron nódulos esféricos y semi-esféricos; en cuanto que frijol lima, frijol común y frijol vigna fueron en general esféricos. Como la superficie de los nódulos fue diferente en las especies se anotó esta característica como: lisa y estriada; el frijol alado solo presentó nódulos lisos, el frijol zarandaja presentó los dos tipos: estriados y lisos, predominando el primer tipo. En frijol común, frijol lima y frijol vigna, los nódulos fueron de superficie estriada.

Cuadro 8. Distribución, tamaño, efectividad y forma de los nódulos de cinco leguminosas comestibles en monocultivo.

Leguminosa	Distribución	Tamaño	% de nódulos	Forma
<u>1/</u>	<u>2/</u>	mm	efectivos	<u>3/</u>
A	Corona	5-8	90	Esférica y Semi-esférica
C	Corona	1-2	10	Esférica y estriada
Z	Corona	3-4	90	Esférica y estriada
L	Corona	2-3	80	Esférica y estriada
M	Corona	2-3	70	Esférica y estriada

1/ A = Alado; C = Común; Z = Zarandaja; L = Lima y V = Vigna.

2/ Manuel de la Universidad de Hawaii (36).

3/ Lim y NG (41).

El color de los nódulos como una medida de la efectividad se presentó en frijol alado con un 90% de color rosado; en frijol común los nódulos fueron blancos, verdes y rosados, los rosados se presentaron en un 10%. En frijol zarandaja un 90% fueron de color rosado; en frijol lima a pesar de haber presentado buen aspecto, los nódulos rosados se presentaron en un 80%. En frijol vigna, muy a pesar de haber desarrollado muy bien los nódulos, en la etapa de floración había considerable cantidad de nódulos negros, en algunos casos el nódulo estaba hueco; los nódulos rosados se presentaron en un 70%.

Los nódulos blancos y verdes en frijol común, se pudo haber debido a los factores señalados en distribución y tamaño de los nódulos y además como lo señala Date (22) para que tenga lugar la fijación de N_2 atmosférico la planta huésped debe presentar buen aspecto o buen crecimiento. En vigna los *Rhizobia* posiblemente fueron atacados por microorganismos del suelo en el momento más importante de la fijación; es muy posible que sea este factor el que esté influyendo para una nodulación deficiente.

4.5.4 Efecto de la fertilización en la nodulación

En varios reportes (32, 51) se ha manifestado el beneficio de una fertilización base de nitrógeno para una efectiva nodulación. En forma general se evaluó este efecto con una parcela de las leguminosas en monocultivo que no recibieron fertilización, como se señala en materiales y métodos.

En el Cuadro 9 se presentan los valores de peso seco (promedio de 5 plantas) en comparación con los datos obtenidos del experimento, pesos secos (promedio de 20 plantas).

En frijol alado se aprecia que tanto el peso seco, la cantidad se duplica con la aplicación del nitrógeno. En frijol común el efecto no se ve muy claro, pareciera que en cuanto también es necesaria la fertilización base, sin embargo como el desarrollo de la planta fue bastante malo, este dato no es muy verídico. El frijol zarandaja sí supera el peso seco y fresco cuando se fertiliza que cuando no se hace esta labor, entonces el

Cuadro 9. Peso fresco y peso seco de nódulos mg/planta de cinco leguminosas comestibles, en monocultivo con aplicación y sin aplicación de fertilizante.

Tratamiento 1/	CON FERTILIZANTE		SIN FERTILIZANTE	
	Peso fresco mg/planta	Peso seco mg/planta	Peso fresco mg/planta	Peso seco mg/planta
A	6 290.0	863.2	3 135.0	464.0
C	34.2	16.2	40.0	12.6
Z	181.5	41.2	77.2	26.0
L	346.6	61.1	160.6	27.8
V	508.0	90.1	238.0	44.0

1/ A = Frijol alado; C = Frijol común; Z = Zarandaja; L = Frijol lima; V = Frijol vigna.

efecto es que hay beneficio con la fertilización base. En general para el resto de los frijoles se contempla el mismo efecto, siendo más marcado en unas especies que en otras.

4.5.5 Peso fresco de nódulos

a. Frijol alado

En frijol alado el peso fresco de nódulos presentó diferencia con altísima significancia (Cuadro 15A), siendo el monocultivo superior al cultivo asociado; el frijol alado en monocultivo presentó un peso promedio de 6 290.4 mg, mientras que el cultivo asociado con maíz 2 628.5 mg.

b. Frijol común

Con una diferencia estadística del 0.05% el frijol común en monocultivo fue inferior al cultivo asociado (Cuadro 16A), el frijol común en monocultivo presentó un peso fresco promedio de 34.3 mg mientras el asociado fue de 162.7 mg.

c. Frijol zarandaja

Para el frijol zarandaja en sus tres tratamientos: Z, Zs y Z+M, no se presentó diferencia significativa (Cuadro 17A) sin embargo, el peso fresco del cultivo asociado muestra la misma tendencia que en frijol común, es superior al monocultivo y al tratamiento zarandaja sin soporte quien mostró mayor nodulación que los demás.

d. Frijol lima

En frijol lima entre los datos de peso fresco del monocultivo y del cultivo, no hubo significancia (Cuadro 18A), pero la cantidad del monocultivo (346.6 mg) fue inferior al cultivo asociado que tuvo un promedio de 449.8 mg.

e. Frijol vigna

De acuerdo al análisis de varianza hubo diferencia significativa (Cuadro 19A), para tratamientos. El frijol vigna en monocultivo con 483.9 mg superó al cultivo asociado que presentó un valor de 337.1 mg.

En relación a los datos de peso fresco (Cuadro 10) hay dos aspectos importantes, el primero es que el frijol alado y el frijol vigna se comportan de la misma forma, el monocultivo presenta mayor peso fresco que el cultivo asociado; en frijol común, frijol zarandaja y frijol lima, ocurre lo contrario hay mayor peso fresco en el cultivo asociado que en el monocultivo. El segundo aspecto es que el frijol alado presentó los mayores valores de peso fresco, le siguieron frijol lima y frijol vigna.

Los monocultivos de frijol alado y vigna fueron superiores tal vez porque la dosis de fertilizante aplicada al cultivo asociado sí afectó la nodulación de las leguminosas. En frijol común, frijol zarandaja y frijol lima, la competencia por nutrimentos, principalmente N ayudó a que las plantas nodularan en mayor proporción y sin afectar la cantidad aplicada del nitrógeno.

4.5.6 Peso seco de nódulos

a. Frijol alado

En el análisis de varianza hay altísima significancia (Cuadro 15A), para tratamientos, siendo superior el frijol alado en monocultivo con un valor de 863.2 mg sobre un valor de 334.3 mg del cultivo asociado.

b. Frijol común

Estadísticamente hay diferencia significativa (Cuadro 16A) para los tratamientos, el cultivo asociado de frijol común con 46.6 mg es superior al monocultivo que presentó un valor de 16.2 mg.

c. Frijol zarandaja

Al igual que en el caso de peso fresco, no hubo significancia para los tratamientos, sin embargo se observa la misma tendencia en los datos que en peso fresco, esto es: un mayor para Zs, el cultivo asociado con 46.0 mg es superior al monocultivo el cual presentó un valor de 41.1 mg (Cuadro 17A).

d. Frijol lima

En los tratamientos de frijol lima, el análisis de varianza (Cuadro 18A) nos muestra no significancia. Al igual que para peso fresco de nódulos, el cultivo asociado con 82.2 mg superó al monocultivo.

e. Frijol vigna

El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas para tratamientos (Cuadro 19A), el frijol en monocultivo presentó un valor mayor de 90.1 mg mientras que el cultivo asociado tuvo un valor de 54.2 mg.

El mismo panorama presentado para peso fresco se repite para peso seco (Cuadro 10), analizando estos datos desde el punto de vista de la fijación de nitrógeno, podríamos decir que el frijol alado fija mayor cantidad de N y por tanto sería el que nos presentaría el mayor rendimiento de grano, sin embargo en este caso no ocurrió así, la leguminosa que presentó el mayor rendimiento fue el frijol zarandaja y este en proporción fue 20 veces menor en peso seco de nódulos, para el caso del monocultivo.

Cuadro 10. Peso fresco y peso seco de nódulos (mg/planta) de las leguminosas en monocultivo y asociadas con maíz por tratamiento.

Tratamiento <u>1/</u>	Peso fresco mg/planta	Peso seco mg/planta <u>2/</u>
A	6 290.4 a	863.2 a
A+M	2 628.5 b	334.3 b
C	34.3 a	16.2 a
C+M	162.7 b	41.6 b
Z	181.5 ns	41.1 ns
Z+M	220.4 ns	46.0 ns
Zs	224.4 ns	49.4 ns
L	346.6 ns	61.0 ns
L+M	449.8 ns	82.2 ns
V	483.9 a	483.9 a
V+M	337.1 b	337.1 b

1/ A = Alado; C = Común; Z = Zarandaja; s = Sin soporte; L = Lima; V = Vigna.

2/ Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas al 5%, 1% y 0.1%.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Tomando como base los resultados obtenidos en el presente estudio, se llegó a las siguientes conclusiones:

- a. En monocultivo el sistema que produjo mayor cantidad de proteína fue el frijol zarandaja con 1 192 kg/ha, en segundo lugar el frijol lima y el frijol alado con 796 y 769 kg/ha respectivamente.
- b. Los rendimientos de grano tierno comercial fueron mayores en el frijol zarandaja en monocultivo, frijol alado y frijol lima con 9 366, 7 066 y 6 571 kg/ha. El frijol común asociado con maíz rindió 868 kg/ha.
- c. El maíz en asociación bajó el rendimiento de las leguminosas en un 77.2% en frijol lima; un 68.0% en frijol vigna y un 67.0% en frijol alado.
- d. La leguminosa que más afectó el rendimiento de grano en el maíz fue el frijol zarandaja, que lo bajó en un 43.3% en relación al monocultivo.
- e. La nodulación natural en las leguminosas estudiadas fue muy buena con la excepción de frijol común.
- f. El frijol común para producción de grano tierno y seco, no se debe recomendar su siembra en la época lluviosa en la zona de Turrialba, la humedad y las enfermedades terminan con el cultivo.
- g. La intensidad de asimilación neta (IAN) presentó su máximo valor en el frijol zarandaja con $74 \text{ mg/dm}^2/\text{día}$ a la edad de 72 días.
- h. El índice de área foliar (IAF) fue mayor en las leguminosas en monocultivo, los valores más altos fueron los de frijol lima y frijol zarandaja con 5.93 y 5.83 respectivamente.

5.2 Recomendaciones

El encarecimiento de las fuentes de proteína animal y la escasez de fuentes de proteína vegetal, nos permiten justificar las siguientes recomendaciones:

- a. Seguirles el ciclo completo de crecimiento a las especies de leguminosas perennes: frijol alado, frijol lima y frijol zarandaja.
- b. En frijol lima es necesario un estudio para determinar la época precisa de invasión de los nemátodos y medir su efecto en el rendimiento.
- c. Es necesario investigar el efecto de una fertilización que incluya micronutrientes, sobre la fijación de nitrógeno por cepas nativas.
- d. Dado el potencial que tienen para producir grano tierno, frijol alado, frijol zarandaja y frijol lima, es necesario evaluar productos inoculantes, para medir su respuesta y determinar su efecto en el rendimiento.
- e. Probar otras variedades de maíz que presenten tallos gruesos y altura media (2.00 m) para la asociación con este tipo de leguminosas.

6. LITERATURA CITADA

1. ACEVEDO S., F. J. Influencia de la radiación solar y de otros componentes del microclima sobre el cultivo del frijol *Phaseolus vulgaris* L. asociado con maíz *Zea mays*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1975. 91 p.
2. AGUIRRE, A. V. Estudios de los suelos del área del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. IICA-CIEI. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 139 p.
3. ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. 2ed. New York, Wiley, 1977. 472 p.
4. ALLEN, O. N. y ALLEN, E. K. Root nodule bacteria of some tropical leguminous plants. II. Cross-inoculation test within the cowpea group. Soil Science 47:63-76. 1939.
5. ANDERSON, M. C. Light relations of terrestrial plant communities and their measurement. Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society 39(4):425-486. 1964.
6. ANDREW, C. S. Influence of nutrition on nitrogen fixation and growth of legumes. Commonwealth Bureau. Bulletin No.46, 1962. pp. 130-146.
7. ASCENCIO, J. y FARGAS, J. E. Análisis de crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. "Turrialba-4" cultivado en solución nutritiva. Turrialba (Costa Rica) 23(4):420-428. 1963.
8. BAZAN, R. Fertilización con nitrógeno y manejo de leguminosas de grano en América Central. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1977. 143 p.
9. BEST, R. Production factors in the tropics. Netherlands Journal of Agricultural Science 10(5):347-353. 1962.
10. BERGENSEN, F. J. Oxigenation of leghemoglobin in soybean root-nodules in relation to the external oxygen tension. Nature 194:1059-1061. 1962.
11. BLACKMAN, G. E. y BLACK, J. N. Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment. XII. The role of the light factor in limiting growth. Annals of Botany 23(89): 131-145. 1959.
12. BORDE, S. Luz solar en la producción de maíz. Pergamino, Argentina. Estación Experimental Agropecuaria. Informe Técnico No. 69. 1967. 12 p.

13. BRAVO, C. M. Notas sobre el crecimiento y fotosíntesis del cultivo en relación con su productividad. *In* Seminario de Fisiología Vegetal, Lima, 1967. [Informe] Lima. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Zona Andina. 1967. 19 p.
14. BREMMER, J. M. Total nitrogen. *In* Black, C. A. *et al.* Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. V. 2, pp. 1149-1178.
15. BURGESS, A. Introducción a la microbiología del suelo. Trad. del inglés por Andrés Suárez y Suárez. Zaragoza, España, Acribia, 1960. pp. 135-155.
16. BURTON, T. B. Nutrición Humana. Organización Panamericana de la Salud, Publicación Científica No. 146. 1966. pp. 45-60.
17. BUTT, A. M. Vegetative growth, morphogenesis and carbohydrate content of the onion plant as a function of light and temperature under field, and controlled conditions. Medeligen. Landbouwhogeschool Wageningen Nederland 68(10). 1-211. 1968.
18. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Informe de Progreso 1979. Turrialba, Costa Rica. Unidad de Comunicación e Información, 1980. pp. 1-35.
19. _____. Informe de Progreso 1980. Turrialba, Costa Rica, Unidad de Comunicación e Información, 1981. pp. 4-16.
20. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe Anual 1977. Cali, Colombia, 1978. 418 p.
21. _____. Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L). Cali, Colombia, 1980. 50 p.
22. DATE, R. A. Microbiological problems in the inoculation and nodulation of legumes. *Plant and soil* 32(3):703-725. 1970.
23. DAVIDSON, J. L. y DONALD, C. M. The growth of swards of subterranean clover with particular aferece to leaf area. *Australian Journal of Agricultural Research* 9(1):53-72. 1958.
24. DAVIS, J. F. The relationship between leaf area and yield of the bean; a statistical study of methods for determining leaf area. *Journal of the American Society of Agronomy* 32(5):323-327. 1940.
25. DEMOLON, A. Crecimiento de vegetales cultivados. Trad. de la 1a. ed. francesa por M. Pérez I. Barcelona, Omega, 1966. V 2. pp. 374-376.
26. EARLEY, E. B. *et al.* Effects of shade on maize production under field conditions. *Crop Science* 61(1):1-7. 1961.

27. ELIAS, L. G. Algunos aspectos bioquímicos y nutricionales del maíz y del frijol. Ed. por Heleodoro Miranda. Santa Techa, El Salvador. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria, 1976. pp. 1-44.
28. EVANS, H. J. y RUSSELL, S. A. Chemistry and biochemistry of nitrogen fixations. London, Plenum. 1971. pp. 191-244.
29. EVANS, G. C. The quantitative analysis of plant growth. Berkeley, University of California Press, 1972. 134 p.
30. EVANS, R. A., KAY, B. L. y YOUNG, J. A. Microenvironment of a dynamic annual community in relation to range improvement. *Hilgardia* 43(3):79-102. 1975.
31. GAASTRA, P. Photosynthesis of leaves and field crop. Netherlands Journal of Agricultural Science 10(5):311-324. 1962.
32. GRAHAM, P. H. y HALLIDAY, J. Introduction and nitrogen fixation in genus *Phaseolus*. In Vincent, J. M., ed. Exploiting the legume-Rhizobium symbiosis in tropical agriculture. Kahului, Mawi. Hawaii, 1976. pp. 313-334.
33. _____ y HUBBELL, D. H. Legume Rhizobium relationships in tropical agriculture. Florida Agricultural Experimentation Station. Journal No. 5439:9-12. 1974.
34. HARTWING, E. E. Breeding soybean for high protein content and quality: new approaches to breeding improved plant proteins. Viena, International Atomic Energy Agency, 1969. pp. 69-70.
35. HARRIS, J. R. Influence of rhizosphere micro-organisms on the virulence of *Rhizobium trifolii*. *Nature* 172(43-76):507-508. 1953.
36. HAWAII. UNIVERSITY. COLLEGE OF TROPICAL AGRICULTURE AND HUMAN RESOURCES. International network of legume inoculation trials. Hawaii, Niftal Project, 1980. 19 p.
37. HOLDRIDGE, L. R. Life zone ecology. 2a. ed. San José, Costa Rica, Tropical Science Center, 1967. 206 p.
38. JORDAN, D. y JENKINS, S. Planty Agricultural Program. Guatemala, UNICEF, 1980. 45 p.
39. KROBER, O. A. *et al.* Effects of variety and location on the protein content of pulses. *Indian Journal Agronomy Science* 40:1025-1030. 1970.
40. LA ESCASES de proteína: el papel de la AID para reducir la desnutrición en los países en desarrollo. México, D. F., Centro Regional de Ayuda Técnica, 1972. 25 p.

41. LIM, G. y NG, H. L. Root nodules of some tropical legumes in Singapore. *Plant and Soil* 46(2):117-127. 1977.
42. LITZENBERGER, S. C. El mejoramiento de las plantas leguminosas de grano comestibles como contribución a una mejor nutrición humana. *In* Centro Internacional de Agricultura Tropical. El potencial de frijol y de otras leguminosas de grano comestibles en América Latina. Cali, Colombia, 1973. pp. 3-12.
43. LOACH, K. Shade tolerance in tree seedlings. II. Growth analysis of plants under artificial shade. *New Phytologist* 69(2):273-286. 1970.
44. MAGALHAES, A. C. y MONTOJOS, J. C. Effect of solar radiation on the growth parameters and yield of two varieties of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Turrialba (Costa Rica)* 21(2):165-168. 1971.
45. MANHAES, S. S. y DOBEREINER, J. Efeito do fosforo, temperature e unidade do solo na nodulacao e no desenvolvimento de duas variedades de soja perenne (*Glycine javanica*). *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 3:215-221. 1968.
46. MCKEE, H. S. Symbiotic nitrogen fixation in legumes. *In* Nitrogen metabolism in plants. Oxford, Clarendon, 1962. pp. 66-69.
47. MEDAL MENDIETA, J. C. Efecto de la distribución espacial de siembra sobre la producción de maíz-frijol lima en siembra simultánea y en relevo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1981. 113 p.
48. MIRANDA MIRANDA, H. Algunos aspectos de la situación del frijol en Centroamérica. Documento presentado en la Reunión Internacional de Colaboración Técnica CATIE-CIAT-CIMMYT-IIICA. Turrialba, Costa Rica, 1977. 2 p.
49. MONGE VILLALOBOS, L. A. Cultivos básicos. San José, Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia, 1980. 312 p.
50. MOSS, D. y MUSGRAVE, R. B. Photosynthesis and crop production. *Advance in Agronomy* 23:317-336. 1977.
51. _____; MUSGRAVE, R. B. y LEMON, E. R. Photosynthesis under field conditions. III. Some effects of light, carbon dioxide, temperature, and soil moisture on photosynthesis, respiration, and transpiration of corn. *Crop Science* 4(2):127-131. 1961.
52. MUNNS, D. N. Mineral nutrition and the legume symbiosis. *In* A treatise on Dinitrogen Fixation. H, R. W.f y G., A. H., eds 1977. pp. 353-391.

53. MULLER, L. Un aparato micro-Kjeldahl simple para análisis de rutina rápida de materias vegetales. Turrialba (Costa Rica) 11(1): 17-25. 1961.
54. NOGUEDA OTERO, R. Efecto de la edad en la acumulación de carbohidratos no estructurales y calidad nutritiva de tres leguminosas tropicales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1981. 63 p.
55. NORRIS, D. O. y DATE, R. A. Legume bacteriology. *In* Shaw, N. H. y Bryan, N. W., eds. Tropical pasture research. Principles and Methods, 1976. pp. 134-174.
56. NUTMAN, P. S. The influence of physical environmental factors on the activity of *Rhizobium* in soil and symbiosis. Inst. Atom. Energy, Agricultural Publication 149, 1977. pp. 55-184.
57. ORLANDO, T. A. Influencia del microclima sobre el comportamiento fisiológico y rendimiento del frijol común y de costa asociados con maíz, yuca y plátano. Tesis Mag, Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1976. 135 p.
58. RADFORD, P. J. Growth analysis formulae: their use and abuse. Crop Science 7(3):171-175. 1967.
59. RAJAN, A. K., BETTERIDGE, B. y BLACKMAN, G. E. Interrelationships between the nature of the light source, ambient air temperature and vegetative growth of different species within growth cabinets. Annals of Botany 33(140):323-343. 1971.
60. _____ y BLACKMAN, G. E. Interacting effects of light and night temperatures on the growth of four species in the vegetative phase. Annals of Botany 39 (162):733-743. 1975.
61. ROBINSON, P. E. Root-knot nematodes and legumes nodules. Nature 189(4763):506-507. 1961.
62. ROSAS, J. C. y VITERY, S. Inoculación y fijación de nitrógeno en frijol (*Phaseolus vulgaris*). Trabajo presentado al 4o. Curso de Producción de Frijol. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1978. 31 p.
63. RUTGER, J. M. Variations in protein content and its relation to other characters in bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Informe No. 10. Dry Beans Research Conference. 14-76. U. S. Department of Agriculture, 1971. pp. 59-69.
64. SANTOS, M. A. DOS. Evaluación biológica de agrosistemas basados en el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y su rentabilidad económica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 1979. 172 p.

65. SCHOCH, P. y CANDELARIO, L. S. Influencia de la sombra en el crecimiento y producción de las hojas de *Vigna sinensis* L. Turrialba (Costa Rica) 24(1):84-89. 1974.
66. SILVERNAGEL, M. J. Bean protein improvement work by USDA Bean and Pea Investigations. Informe No. 10. Dry Bean Research Conference. 74-76. U. S. Department of Agriculture, 1971. pp. 70-84.
67. SPRENT, J. T. The biology of nitrogen-fixing organism. London, McGraw-Hill, 1979. pp. 13-25.
68. STOBBE, E. H., ORMROD, D. P. y WOOLEY, C. J. Blossoming and fruit set patterns in *Phaseolus vulgaris* L. as influenced by temperature. Canadian Journal of Botany 44(6):813-816. 1966.
69. TANAKA, A. y FUJITA, K. Growth, photosynthesis and yield componentes in relation to grain yield of bean. Journal of the Agriculture Hokkaido University 59(2):145-238. 1979.
70. _____; KAWANO, K. y YAMAGUCHI, J. Photosynthesis respiration and plant type of the tropical rice plant. International Rice Research Institute Technical Bulletin No. 7. 1966. 46 p.
71. TAHIR, W. W. Review of the World's Plant Protein Resources Paper presented to Ford Foundation/IRAT/IITA. Ibadan, University of Nigeria, 1970. 9 p. (Seminar IV. Grain Legume Research in West Africa).
72. TANNER, J. W. y ANDERSON, J. C. An external effect of inorganic nitrogen in root nodulation. Nature 198:303-304. 1963.
73. _____ y ANDERSON, J. C. Reversal of nitrate inhibition of nodulation by indolyl e acetic acid. Nature 206:326. 1965.
74. THUT, H. F. y LOOMIS, W. E. Relation of light to growth of plants. Plant Physiology 19(1):117-130. 1944.
75. TULLER, S. E. Effects of vertical vegetation surface on the adjacent microclimate: the role of aspect. Agricultural Meteorology 12(3):407-424. 1973.
76. VALDEZ, M. y HUBBELL, D. H. Fertilizantes naturales para plantas leguminosas (inoculación). Resúmenes de Trabajos publicados. San Salvador, El Salvador. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria. 1970. 14 p.
77. VIGLIERCHIO, D. R. y WENT, F. W. Plant growth under on tropical condition. IX. Growth and fruiting of the Kentucky wonder bean [*Phaseolus vulgaris*]. American Journal of Botany 44:449-453. 1957.

78. VINCENT, J. M. Environmental factors in the fixation of nitrogen by legumes. *In* Bartholomew, W. V. y Clark, F. I. Soil Nitrogen. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pp. 404-408.
79. WALLACE, D. H. y MUNGER, H. M. Studies of the physiological basis for yield differences. I. Growth analysis of six dry bean varieties. *Crop Science* 5(4):343-348. 1965.
80. WATSON, D. J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Annals of Botany* 11(41):41-76. 1947.
81. _____. The physiological basis of variation in yield. *Advances in Agronomy* 4:101-145. 1952.
82. WHYTE, R. O. y TRUMBLE, H. C. Las leguminosas en la agricultura. FAO. *Estudios Agropecuarios* No. 21. 1955. 405 p.
83. WILLIAMS, R. F. The physiology of plant growth special reference to the concept of net assimilation rate. *Annals of Botany* 10(37):41-72. 1946.

7. APENDICE



Fig. 1A. Distribución de parcelas y tratamientos en el campo (los números romanos de la izquierda indican el número de repetición).

Cuadro 1A. Características de posición geográfica, clima y suelo de la zona de Turrialba; donde se realizó el estudio

1. Posición Geográfica

Altura sobre el nivel del mar: 602 m.

Longitud: 83° 39' Oeste G W

Latitud: 9° 53' Norte

2. Clima^{1/}

Temperatura media anual: (\bar{x} de 23 años)

Precipitación media anual: 2 647.5 mm (\bar{x} de 38 años)

Número promedio de días con lluvia: 251

Humedad relativa promedio: 87.4% (\bar{x} de 21 años)

Radiación diaria promedio: 427.9 Cal/cm/día (\bar{x} de 17 años)

Evaporación diaria promedio: 3.0 mm (\bar{x} de 14 años)

Zona de vida: Bosque muy húmedo premontano (37)

3. Suelo^{2/}

Origen: Aluvial fluvio lacustre

Serie: Instituto arcilloso, fase normal

Drenaje: Moderado a impedido

Fertilidad Natural: Mediana a baja

Textura: Franco-Arcillosa

pH: Fuertemente ácida (5.3 - 5.7)

^{1/} Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - Resumen de datos meteorológicos desde la iniciación hasta diciembre de 1981.

Cuadro 2A. Análisis de suelo^{1/} del muestreo realizado previo al establecimiento del ensayo.

(H ₂ O)	%	meq/100 ml suelo					ug/ml				
		Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Fe	Cu		
5.1	2/ 4.9	4.2	1.4	0.40	17.8	3.4	29.1	113.7	23.4		
		4/	4/	4/	4/	5/	4/	3/	3/		

Textura: Arcilloso limoso.

1/ Laboratorio de Suelos, Departamento de Producción Vegetal. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. P, K, Zn, Mn, Cn y Fe extraído con solución Olsen modificado; Ca, Mg y Al extraído con KCl 1N.

2/ Acido.

3/ Alto.

4/ Adecuado.

5/ Deficiente.

Cuadro 3A. Cronología de las principales actividades realizadas durante la duración del experimento con los cultivos de leguminosas comestibles y maíz.

FECHA	ACTIVIDAD
<u>1981</u>	
27 de mayo	Preparación de suelo.
28 de mayo	Muestreo de suelo.
29 de mayo	Siembra de maíz y leguminosas.
29 de mayo	Tratamiento al sitio de siembra con 'Aldrin 25%' mezclado con cal a proporción de 1:4.
29 de mayo	Fertilización a las leguminosas y al maíz.
10 de junio	Instalación del soporte artificial a las leguminosas en monocultivo.
15 de junio	Raleo de frijol común, vigna, lima y maíz.
17 de junio	1er. muestreo de frijol vigna para análisis de crecimiento.
20 de junio	Raleo de frijol alado y frijol zarandaja.
21 de junio	1er. muestreo de frijol zarandaja para análisis de crecimiento.
22 de junio	1er. muestreo de frijol lima para análisis de crecimiento.
23 de junio	1er. muestreo de frijol común para análisis de crecimiento.
23 de junio	1er. muestreo de frijol alado para análisis de crecimiento.
23 de junio	Deshierbas.
24 de junio	Control de insectos a las leguminosas.
4 de julio	Aplicación de insecticidas a las leguminosas.
4 de julio	2do. muestreo de frijol vigna para análisis del crecimiento.
9 de julio	2do. muestreo de frijol común y zarandaja.
11 de julio	2do. muestreo de frijol alado.
12 de julio	2do. muestreo de frijol lima.
20 de julio	3er. muestreo de frijol vigna y nodulación.
21 de julio	1a. aplicación de fungicida al frijol lima.
25 de julio	3er. muestreo para frijol común y nodulación.

continúa....

Cuadro 3A. (Continuación....)

27 de julio	3er. muestreo para frijol zarandaja y nodulación.
28 de julio	Deshierbas.
29 de julio	3er. muestreo para frijol alado y nodulación.
31 de julio	2a. aplicación de fungicida en lima.
1 ^a de agosto	3er. muestreo para frijol lima y nodulación.
5 de agosto	4to. muestreo de frijol vigna para análisis de crecimiento.
10 de agosto	1a. cosecha de frijol vigna.
10 de agosto	4to. muestreo de frijol común para análisis del crecimiento.
10 de agosto	3a. aplicación de fungicida al frijol lima.
14 de agosto	4to. muestreo del frijol zarandaja.
16 de agosto	4to. muestreo de frijol alado para análisis de crecimiento.
17 de agosto	2a. cosecha de frijol vigna.
17 de agosto	1a. cosecha de frijol común.
19 de agosto	Cosecha de elotes en maíz.
21 de agosto	4to. muestreo para frijol lima.
21 de agosto	5to. muestreo para frijol vigna.
25 de agosto	5to. muestreo para frijol común.
26 de agosto	3a. cosecha de frijol vigna.
26 de agosto	2a. cosecha de frijol común.
31 de agosto	1a. cosecha de zarandaja.
31 de agosto	3a. cosecha de frijol común.
1 ^a de setiembre	5to. muestreo para frijol zarandaja.
4 de setiembre	Deshierbas.
4 de setiembre	1a. cosecha de frijol alado.
7 de setiembre	2a. cosecha de frijol zarandaja.
9 de setiembre	1a. cosecha de frijol lima.
10 de setiembre	5to. muestreo para frijol lima.
16 de setiembre	6to. muestreo para frijol zarandaja.
21 de setiembre	6to. muestreo para frijol alado.

continúa....

Cuadro 3A. (Continuación....)

24 de setiembre	2a. cosecha de frijol lima.
24 de setiembre	2a. cosecha de frijol alado.
24 de setiembre	3a. cosecha de frijol zarandaja.
29 de setiembre	Cosecha de maíz.
30 de setiembre	6to. muestreo para frijol lima.
3 de octubre	3a. cosecha de frijol alado.
5 de octubre	4a. cosecha de frijol zarandaja.
5 de octubre	3a. cosecha de frijol lima.
15 de octubre	4a. cosecha de frijol alado.
15 de octubre	5a. cosecha de frijol zarandaja.
15 de octubre	4a. cosecha de frijol lima.
16 de octubre	Muestreo de suelos para análisis.

Cuadro 4A. Temperatura media mensual y precipitación total mensual que se presentaron en el desarrollo del experimento.

Mes	Temperatura (C)	Precipitación (mm)
Mayo	24.0	251.8
Junio	23.5	223.6
Julio	22.9	242.5
Agosto	23.1	260.7
Setiembre	23.2	259.2
Octubre	23.1	215.3

Cuadro 5A. Materia seca en kg/ha de cinco leguminosas en monocultivo y asociadas a maíz a cinco edades de la planta.

Tratamiento	M u e s t r e o s						
	1/	1	2	3	4	5	6
A		20.04	131.16	590.26	1 689.2	3 511.0	5 840
A+M		19.70	90.90	293.34	925.0	1 291.0	2 792
C		19.40	144.36	634.44	2 013.72	1 570.0	----
C+M		20.02	166.84	347.04	1 292.66	906.0	----
Z		40.08	401.22	2 226.72	3 998.6	5 350.0	3 892
Z+M		33.38	281.60	1 221.34	2 782.6	3 893.0	3 588
Zs		38.78	545.92	1 359.10	2 129.4	2 398.0	1 777
L		39.82	251.45	1 143.20	2 772.0	5 608.0	6 568
L+M		29.32	243.64	894.20	1 458.4	2 453.0	3 749
V		24.90	228.26	1 860.34	3 306	2 960.0	----
V+M		44.50	239.10	1 038.36	2 528.0	2 201.0	----

1/ A = Frijol Alado; C = Frijol Común; Z = Frijol Zarandaja; Zs = Frijol Zarandaja al suelo; L = Frijol Lima; V = Frijol Vigna; M = Maíz.

Cuadro 6A. Biomasa seca (g/planta) total y de los diferentes órganos de cinco leguminosas comestibles en monocultivo y asociadas con maíz (promedio de 20 plantas).

Tratamiento 1/	Organo 2/	Muestr e o s					
		1	2	3	4	5	6
A	T	1.59	1.26	5.80	14.95	28.66	32.12
	H	3.42	2.00	8.95	17.55	29.91	38.62
	F	-----	-----	-----	8.37	26.16	85.25
		5.01	3.26	4.75	10.87	84.73	155.99
A+M	F	0.87	8.57	2.86	7.64	9.56	21.90
	H	4.05	1.41	4.46	11.66	19.26	17.52
	F	-----	-----	-----	3.82	16.75	30.37
		4.92	9.98	7.32	13.12	45.59	69.79
C	T	1.20	1.51	6.45	18.60	13.64	-----
	H	3.64	2.60	8.39	12.09	4.01	-----
	F	-----	-----	-----	5.13	22.08	-----
		4.84	4.11	14.84	35.82	39.73	-----
C+M	T	1.48	1.64	4.57	12.36	6.24	-----
	H	3.52	2.69	6.01	11.54	3.73	-----
	F	-----	-----	-----	3.41	13.42	-----
		5.00	4.33	10.58	27.31	23.39	-----
Z	T	3.53	5.07	27.00	60.84	56.58	51.95
	H	5.84	4.35	28.16	36.03	19.86	11.37
	F	-----	-----	-----	3.07	45.42	34.02
		9.37	9.42	55.16	99.94	21.86	97.34
Z+M	T	1.84	3.46	15.33	38.13	45.61	52.07
	H	4.77	3.94	15.19	24.82	21.57	8.55
	F	-----	-----	-----	1.60	28.54	29.07
		6.61	7.40	30.52	64.55	95.72	89.69

continúa....

Cuadro 6A. (Continuación....)

Zs	T	1.85	5.90	17.26	31.64	44.24	31.75
	H	7.84	7.74	16.67	18.71	12.71	4.55
	F	-----	-----	-----	2.87	5.49	8.12
		9.69	13.64	33.93	53.22	62.44	44.42
L	T	2.66	2.27	19.11	22.07	28.15	93.80
	H	7.29	4.02	34.46	43.47	48.15	45.75
	F	-----	-----	-----	8.70	72.01	138.27
		9.95	19.93	53.57	74.24	148.31	277.82
L+M	T	1.64	2.25	9.28	26.55	21.27	46.00
	H	5.69	3.83	13.07	17.02	14.82	23.07
	F	-----	-----	-----	6.59	19.21	87.30
		7.33	6.08	22.35	50.16	55.30	156.37
V	T	2.22	2.20	24.33	48.91	46.54	-----
	H	4.00	3.50	24.16	27.31	8.50	-----
	F	-----	-----	-----	9.85	42.51	-----
		6.22	5.70	48.49	86.07	97.55	-----
V+M	T	4.87	2.76	12.62	37.21	23.58	-----
	H	6.24	3.21	13.32	16.95	5.14	-----
	F	-----	-----	-----	9.08	5.14	-----
		11.11	5.97	25.94	63.24	38.66	-----

1/ A = Alado; C = Común; Z = Zarandaja; s = Sin soporte; L = Lima;
V = Vigna; M = Maíz.

2/ T = Tallos; H = Hojas; F = Frutos.

Cuadro 7A. Area foliar en dm^2 /planta de cinco leguminosas comestibles en monocultivo y asociadas con maíz (promedio de 20 plantas).

Tratamiento ^{1/}	M u e s t r e o s				
	1	2	3	4	5
A	1.866	11.44	56.21	77.58	111.12
A+M	1.839	7.23	22.41	52.66	22.24
C	1.233	14.89	30.53	40.78	11.73
C+M	1.254	8.74	21.19	31.03	8.09
Z	1.520	63.03	118.35	145.97	28.61
Z+M	1.771	36.78	43.74	77.70	21.39
Zs	1.206	29.13	31.12	77.52	17.62
L	1.670	49.99	114.32	148.45	65.03
L+M	1.648	24.28	66.08	45.05	41.73
V	1.164	22.10	80.93	106.33	25.87
V+M	1.156	14.63	51.92	67.75	19.19

^{1/} A = Alado; C = Común; Z = Zarandaja; s = sin soporte; L = Lima;
V = Vigna; M = Maíz.

Cuadro 8A. Contenido de nitrógeno (mg/planta) total y de los diferentes órganos de cinco leguminosas comestibles en monocultivo y asociadas con maíz (promedio de 20 plantas).

Tratamiento 1/	Organo 2/	M u e s t r e o s				
		1	2	3	4	5
A	T	5.15	3.28	12.59	23.62	47.58
	H	18.71	10.54	40.27	71.95	124.42
	F	-----	-----	-----	30.47	127.40
		23.86	13.92	52.86	126.04	299.40
A+M	T	2.60	4.60	6.26	11.15	13.48
	H	20.65	7.06	21.68	48.74	80.51
	F	-----	-----	-----	13.45	70.52
		23.25	11.66	27.94	73.34	164.51
C	T	4.07	2.72	11.42	26.23	18.82
	H	15.00	11.54	35.24	48.72	14.15
	F	-----	-----	-----	17.44	76.62
		19.07	14.26	46.66	92.39	109.59
C+M	T	4.17	3.46	8.23	23.85	12.60
	H	19.25	13.15	23.56	43.16	11.15
	F	-----	-----	-----	7.57	44.69
		23.42	16.61	31.79	14.58	68.49
Z	T	8.47	9.73	43.20	93.08	86.57
	H	34.22	22.49	131.51	134.75	67.52
	F	-----	-----	-----	13.78	171.23
		42.69	32.22	174.71	241.61	325.32
Z+M	T	10.60	6.23	24.22	54.91	57.01
	H	12.64	20.01	72.00	88.61	70.10
	F	-----	-----	-----	3.36	93.04
		23.24	26.24	96.22	146.88	220.15

continúa....

Cuadro 8A. (Continuación....)

Zs	T	8.08	11.21	30.20	49.36	61.05
	H	43.51	41.80	80.18	74.65	42.58
	F	-----	-----	-----	9.21	24.37
		51.59	53.01	110.38	133.20	128.00
L	T	5.77	5.13	28.87	37.52	41.10
	H	37.40	19.89	130.60	172.14	169.97
	F	-----	-----	-----	25.32	195.15
		43.17	25.02	159.47	234.98	406.22
L+M	T	4.51	3.82	13.83	38.76	27.03
	H	21.17	15.89	47.57	63.82	44.76
	F	-----	-----	-----	5.73	49.56
		25.68	19.71	61.40	108.31	121.35
V	T	7.55	4.80	35.03	90.48	49.80
	H	23.44	16.49	90.84	99.41	21.93
	F	-----	-----	-----	36.94	181.52
		30.99	21.29	125.89	226.82	253.25
V+M	T	14.07	5.96	14.51	62.51	22.87
	H	35.75	16.15	52.48	62.21	17.53
	F	-----	-----	-----	37.32	17.48
		49.82	22.11	66.99	162.04	58.08

1/ A = Alado; C = Común; Z = Zarandaja; s = Sin soporte; L = Lima;
V = Vigna; M = Maíz.

2/ T = Tallos; H = Hojas; F = Frutos.

Cuadro 9A. Altura de plantas en cm de cinco leguminosas comestibles en monocultivo y asociadas a maíz (promedio de 20 plantas).

Tratamiento <u>1/</u>	M u e s t r e o s				
	1	2	3	4	5
1. A	12	97	229	310	325
2. A+M	15	81	184	281	291
3. C	11	42	99	137	---
4. C+M	12	48	124	210	---
5. Z	39	138	215	280	293
6. Z+M	21	136	245	270	275
7. Zs	13	145	200	234	240
8. L	14	79	214	271	302
9. L+M	18	93	210	232	245
10. V+M	18	56	178	224	---

1/ A = Alado; C = Común; Z = Zarandaja; s = Sin soporte; L = Lima;
V = Vigna.

Cuadro 10A. Intensidad de asimilación neta de cinco leguminosas comestibles en monocultivo y asociadas a maíz a cinco edades de plantas (mg/dm²/día).

Tratamiento 1/	Intervalo entre muestreo			
	1-2	2-3	3-4	4-5
A	29	22	23	28
A+M	25	21	24	14
C	41	34	21	30
C+M	59	28	41	-17
Z	30	00	74	26
Z+M	30	32	37	35
Zs	80	1	27	2
L	18	33	6	35
L+M	32	19	13	26
V	46	56	18	- 4
V+M	57	42	40	-13

1/ A = Frijol Alado; C = Frijol Común; Z = Frijol Zarandaja;
s = Sin soporte; L = Frijol Lima; V = Frijol Vigna; M = Maíz.

Cuadro 11A. Intensidad de crecimiento relativo del área foliar en cinco leguminosas comestibles en monocultivo y asociadas a maíz a cinco edades de plantas ($\text{dm}^2/\text{dm}^2/\text{día}$).

Tratamiento <u>1/</u>	Intervalo entre muestreo			
	1-2	2-3	3-4	4-5
A	.101	.088	.015	.023
A+M	.076	.063	.047	-.048
C	.156	.045	.018	-.078
C+M	.121	.045	.018	-.078
Z	.206	.000	.047	-.090
Z+M	.168	.009	.032	-.072
Zs	.177	.004	.050	-.082
L	.170	.041	.013	-.041
L+M	.135	.050	.019	-.130
V	.183	.081	.017	-.088
V+M	.159	.079	.017	-.078

1/ A = Frijol Alado; C = Frijol Común; Z = Frijol Zarandaja;
s = Sin soporte; L = Frijol Lima; V = Frijol Vigna; M = Maíz.

Cuadro 12A. Intensidad de crecimiento relativo de cinco leguminosas comestibles en monocultivo y asociadas a maíz a cinco edades de plantas (mg/g/día).

Tratamiento 1/	Intervalo entre muestreo			
	1-2	2-3	3-4	4-5
A	104	84	58	56
A+M	85	65	63	18
C	133	84	36	21
C+M	132	58	59	40
Z	82	95	32	16
Z+M	120	79	45	34
Zs	162	51	29	2
L	92	107	13	35
L+M	106	65	24	25
V	138	131	27	3
V+M	105	92	56	9

1/ A = Frijol Alado; C = Frijol Común; Z = Frijol Zarandaja;
s = Sin soporte; L = Frijol Lima; V = Frijol Vigna; M = Maíz.

Cuadro 13A. Índice de área foliar de cinco leguminosas comestibles en monocultivo y asociadas a maíz, a cinco edades de plantas.

Tratamiento <u>1/</u>	M u e s t r e o				
	1	2	3	4	5
A	.075	.458	2.248	2.943	4.445
A+M	.073	.289	0.896	2.106	0.889
C	.049	.595	1.221	1.631	0.469
C+M	.050	.350	0.848	1.241	0.324
Z	.061	2.521	4.734	5.839	1.144
Z+M	.071	1.471	1.750	3.108	0.856
Zs	.048	1.165	1.241	3.100	0.705
L	.067	1.999	4.573	5.938	2.601
L+M	.066	0.971	2.643	1.802	1.669
V	.046	0.884	3.237	4.253	1.035
V+M	.046	0.585	2.077	2.710	0.768

1/ A = Frijol Alado; C = Frijol Común; Z = Frijol Zarandaja;
s = Sin soporte; L = Frijol Lima, V = Frijol Vigna; M = Maíz.

Cuadro 14A. Razón de área foliar de cinco leguminosas comestibles en monocultivo y asociadas a maíz a cinco edades de plantas (dm^2/g).

Tratamiento 1/	Muestr e o s				
	1	2	3	4	5
A	3.72	3.49	3.81	1.74	1.27
A+M	3.74	3.18	3.57	2.28	0.69
C	2.54	3.61	1.92	1.46	0.30
C+M	2.51	2.09	2.00	1.14	0.35
Z	1.52	6.28	2.12	1.46	0.21
Z+M	2.09	4.96	1.43	1.12	0.22
Zs	1.24	2.13	0.92	1.33	0.29
L	1.68	7.94	2.13	2.14	0.46
L+M	2.25	3.98	2.95	1.24	0.68
V	1.87	3.88	1.74	1.46	0.37
V+M	1.04	2.45	1.99	1.07	0.35

1/ A = Frijol alado; C = Frijol Común; Z = Frijol Zarandaja;
s = Sin soporte; L = Frijol Lima; V = Frijol Vigna; M = Maíz.

Cuadro 15A. Razón de peso foliar de cinco leguminosas comestibles en monocultivo y asociadas a maíz en cinco edades de plantas (en %).

Tratamiento <u>1/</u>	M u e s t r e o s				
	1	2	3	4	5
A	68	61	60	41	34
A+M	81	62	60	50	29
C	75	63	53	43	10
C+M	70	64	57	42	16
Z	58	43	50	36	15
Z+M	56	53	49	36	22
Zs	80	57	49	32	21
L	73	64	64	62	13
L+M	77	63	58	47	24
V	64	61	48	37	12
V+M	56	54	51	27	9

1/ A = Frijol Alado; C = Frijol Común; Z = Frijol Zarandaja;
s = Sin soporte; L = Frijol Lima; V = Frijol Vigna; M = Maíz.

Cuadro 16A. Resumen del análisis de varianza para los parámetros peso fresco y peso seco de nódulos en frijol alado.

Fuentes de variación	Gl.	Cuadrados medios	
		Peso fresco	Peso seco
Planta	4	2.39213 ns	4.81081 ns
Tratamientos	1	1.34099 ***	2.79735 ***
PT	4	1.21572 ns	1.87883 ns
Repeticiones	3	9.61727 ns	1.35699 ns
PR	12	1.29689 ns	1.88634 ns
TR	3	3.86108 ns	1.49257 ns
PTR	12	3.29073	5.17443

ns = No significativo

***= P = 0.001

Cuadro 17A. Resumen del análisis de varianza para los parámetros peso fresco y peso seco de nódulos en frijol común.

Fuentes de variación	Gl,	Cuadrados medios	
		Peso fresco	Peso seco
Planta	4	5.09130 ns	1.68944 ns
Tratamientos	1	1.64737 *	6.47702 *
PT	4	3.46273 ns	1.01984 ns
Repeticiones	3	4.68648 ns	1.52196 ns
PR	12	2.79949 ns	1.30077 ns
TR	3	5.88052 ns	2.68969 ns
PTR	12	2.73946	1.33050

ns = No significativo

* = P = 0.05

Cuadro 18A. Resumen del análisis de varianza para los parámetros peso fresco y peso seco de nódulos en frijol zarandaja.

Fuentes de variación	Gl.	Cuadrados medios			
		Peso fresco		Peso seco	
Planta	4	1,92285	ns	7.59358	ns
Tratamientos	2	1.12205	ns	3.44317	ns
PT	8	5.70817	ns	2.04767	ns
Repeticiones	3	2.37028	**	1.16496	**
PR	12	4.43838	ns	1.38799	ns
TR	6	3.11258	ns	1.13056	ns
PTR	24	4.32117		1.63205	

ns = No significativo

** = P = 0.01

Cuadro 19A. Resumen del análisis de varianza para los parámetros peso fresco y peso seco de nódulos en frijol lima.

Fuentes de variación	Gl.	Cuadrados medios			
		Peso fresco		Peso seco	
Planta	4	3.66705	ns	1.17677	ns
Tratamientos	1	1.06606	ns	4.49440	ns
PT	4	3.09204	ns	8.79665	ns
Repeticiones	3	2.45151	ns	8.22810	ns
PR	12	6.71736	ns	2.77447	ns
TR	3	2.28432	ns	8.53440	ns
PTR	12	1.15386	ns	3.58748	ns

ns = No significativo

Cuadro 20A. Resumen del análisis de varianza para los parámetros peso fresco y peso seco de nódulos en frijol vigna.

Fuentes de variación	Gl.	Cuadrados medios			
		Peso fresco		Peso seco	
Planta	4	2.86940	ns	2.43162	ns
Tratamientos	1	2.15356	*	1.29240	**
PT	4	1.25442	ns	3.79212	ns
Repeticiones	3	6.90507	***	1.55071	***
PR	12	5.82607	ns	2.00671	ns
TR	3	1.07439	ns	1.83222	ns
PTR	12	3.80235		1.07183	

ns = No significativo

* = P = 0.05

** = P = 0.01

*** = P = 0.001