

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
(CATIE)
PROGRAMA DE ENSEÑANZA
ÁREA DE POSGRADO.

// "EFECTO DE LA DENSIDAD DE POBLACION Y METODOS DE
LABRANZA EN LA PRODUCCION DE DOS CICLOS AGRICOLAS
DEL CULTIVO DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)
BAJO EL SISTEMA DE CULTIVO EN CALLEJONES".

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico
Académico del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias
Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical
de Investigación y enseñanza, para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

Por

✓
JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

Turrialba, Costa Rica
1995

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

C I B I D H
CIENCIAS
MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:



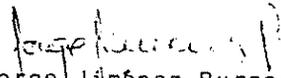
Donald L. Kass, Ph.D.

Profesor Consejero



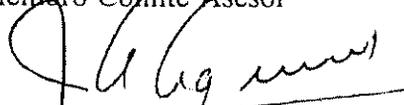
Pedro Oñoro C., Ph.D.

Miembro Comité Asesor



Jorge Jiménez Burgos, M.Sc.

Miembro Comité Asesor



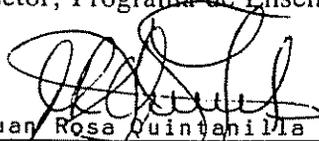
Juan Antonio Aguirre, Ph.D.

Jefe, Area de Postgrado



Pedro Ferreira, Ph.D., Director a.i.

Director, Programa de Enseñanza



Juan Rosa Quintanilla Quintanilla

Candidato

DEDICATORIA

- A dios todo poderoso, luz y guía que conduce por el camino de la sabiduría.
- A mi esposa Zoila Elizabeth por su amor, paciencia y comprensión.
- A mis hijas: Ana Elizabeth y Alejandra Maria, quienes con su ternura han estimulado en mí la sed de superación para brindarles lo mejor.
- A mis padres, Margarita de la Paz y Carlos Alberto, siempre atentos, viven en mí.
- A mis hermanos Marta, Rigoberto, Carlos, Ana, Berta, Manuel y José Héctor con mucho amor fraternal.
- A mis cuñados y sobrinos, con mucho cariño.
- A mi pueblo: El Salvador.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, por darme la oportunidad y el apoyo para la superación personal.

Al Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza (CATIE), por la formación profesional recibida.

Al Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD), por el apoyo económico para realizar mis estudios de Posgrado en el CATIE.

Al Ph. D. Donald L. Kass, profesor consejero principal y amigo, por su orientación, sugerencias y ayuda en la realización del presente trabajo.

Al Ph. D. Pedro Oñoro, por su apoyo en el manejo estadístico de datos, cuidadosa revisión y sugerencias para la redacción del documento final.

Al Mg. Sc. Jorge Manuel Jiménez Burgos, por sacar tiempo extra de su trabajo, dedicarse con paciencia a la revisión del documento y aportar valiosas sugerencias en la redacción del mismo.

A Manuel Brenes Soto y Rigoberto Rodríguez Gamboa, obreros de campo, con quienes compartimos gratos momentos e hicieron posible llegar a la meta final. Mis agradecimientos también a Carlos Hernández, asistente del área de Agroforestería, por su apoyo logístico.

A Gustavo López y Johnny Pérez, por su desinteresada asistencia en el análisis de datos.

Al personal del programa de posgrado, catedráticos, biblioteca, compañeros de la promoción 94-95 y todos quienes con su apoyo hicieron posible la realización de este trabajo.

BIOGRAFIA

El autor nació en el municipio de El Tránsito, departamento de San Miguel, El Salvador, el 30 de agosto de 1966.

En febrero de 1991, obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo, con orientación en Fitotecnia, en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

En mayo de 1990, ingresa como asistente a la Unidad de Planificación de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. En septiembre de 1991, es incorporado al departamento de Fitotecnia, de la misma facultad, donde trabaja como instructor en las materias Granos Básicos y Cultivos Agroindustriales. A partir del año 1993, es asignado como responsable de las materias antes mencionadas.

En enero de 1994, ingresa al Programa de Posgrado del CATIE, recibiendo en diciembre de 1995 el grado de Magister Scientiae, en la especialidad de Agroforestería.

INDICE GENERAL

Contenido	Página
HOJA DE APROBACION	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
BIOGRAFIA	v
INDICE GENERAL	vi
RESUMEN	ix
SUMMARY	xi
LISTA DE CUADROS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xvii
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Cultivo de frijol	3
2.2. Árboles en asociación con cultivos anuales	4
2.3. Importancia del componente arbóreo	5
2.4. Cultivo en callejones y la producción de granos básicos	6
2.5. Especies forestales	10
2.5.1. <i>Calliandra calothyrsus</i> Meissn.	10
2.5.2. <i>Gliricidia sepium</i> (Jacquin) Steud.	12
2.5.3. <i>Erythrina poeppigiana</i> (Walpers) O.F. Cook	13
2.6. Densidades de siembra del cultivo de frijol	15

2.7. Cultivo en callejones con y sin labranza	17
3. MATERIALES Y METODOS	22
3.1. Ubicación	22
3.2. Material experimental	23
3.3. Diseño y unidad experimental	24
3.4. Tratamientos	24
3.5. Manejo del experimento	25
3.6. Análisis de crecimiento	29
3.7. Variables de respuesta	30
3.7.1. Variables evaluadas en el cultivo de frijol	30
3.7.2. Variables evaluadas en los árboles	30
3.8. Análisis estadístico	33
4. RESULTADOS Y DISCUSION	36
4.1. Cultivo de frijol	36
4.1.1. Rendimiento de grano	36
4.1.2. Índice de cosecha	39
4.1.3. Componentes del rendimiento	40
4.1.4. Área foliar	43
4.1.5. Altura de la planta	48
4.1.6. Producción de biomasa seca total	50
4.1.7. Índice de área foliar	51
4.1.8. Índices fisiológicos	55

4.2. Producción de biomasa de los árboles	58
4.3. Aporte de nutrimentos por las especies forestales	62
5. CONCLUSIONES	66
6. RECOMENDACIONES	68
7. BIBLIOGRAFIA	69
8. ANEXOS	76

RESUMEN

QUINTANILLA Q., J.R. 1995. Efecto de la densidad de población y métodos de labranza en la producción de dos ciclos agrícolas del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo el sistema de cultivo en callejones. Tesis Mg.Sc., CATIE. Turrialba, Costa Rica. 91 p.

Palabras claves: cultivo en callejones, métodos de labranza, densidades de siembra, cultivo de frijol, agroforestería, producción de biomasa.

El estudio del frijol bajo el sistema de cultivo en callejones, ha sido reportado por varios autores (Kass, 1986; CATIE, 1992; Unger, 1987); pero muy poco se ha enfatizado en evaluar el efecto de la labranza y la población de plantas por hectárea sobre el rendimiento de éste.

Para estudiar dichos factores, se realizó el presente trabajo, el cual tuvo como objetivos: determinar el efecto de la densidad de siembra y dos métodos de preparación del terreno en el rendimiento del frijol cv. Negro Huasteco; evaluar la influencia del componente arbóreo en el aporte de nutrimentos por la incorporación del material de poda y comparar el nivel de producción de un sistema tradicional (monocultivo), con respecto al sistema de cultivo en callejones.

El experimento se realizó en el área de cultivos del lote no. 7 de la finca experimental "La montaña" del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica, en un suelo clasificado como Eutropept, fino, hallosyctico, isohypertermico, en el periodo comprendido entre noviembre de 1994 y agosto de 1995.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con parcelas subdivididas, con 3 repeticiones y 16 tratamientos que correspondieron a la combinación de tres especies forestales y el monocultivo con dos métodos de preparación del terreno y dos densidades de siembra (*C. callothyrsus*, *G. sepium*, *E. poeppigiana* y monocultivo con y sin labranza y densidades de 160,000 y 200,000 pl/ha). El área útil por parcela fue de 33 m².

Durante el primero y segundo ciclo, se evaluaron las variables de crecimiento, rendimiento e índices morfológicos, fisiológicos y de cosecha del cultivo de frijol. Los resultados incluyen un análisis por especie forestal y monocultivo, método de labranza y densidad de siembra; además se presenta el crecimiento y producción de biomasa de los árboles, así como el aporte de nutrimentos que cada una de las especies hicieron al sistema.

A los 74 días se observó el mayor efecto de las especies forestales en el crecimiento, índice de área foliar y producción de biomasa del frijol, para el primer ciclo y a los 58 días para el segundo; los mejores promedios se obtuvieron en callejones de *E. poeppigiana*. El cultivo en callejones mostró superioridad en el rendimiento de grano de frijol, sobresaliendo *G. sepium*. Al

sembrar el frijol bajo el sistema de cero labranza, durante el primer ciclo, se encontraron mayores valores promedios para las variables en estudio, incluyendo el rendimiento, caso contrario ocurrió durante el segundo ciclo, en donde la labranza convencional obtuvo los mejores promedios. En cuanto a las densidades de siembra, los mayores promedios se obtuvieron a la densidad de 200,000 pl/ha.

C. calothyrsus y *E. poeppigiana*, presentaron el mayor diámetro de copa hacia el frijol, diámetro de copa hacia los árboles y número de rebrotes. El mayor peso de biomasa seca total por árbol y por hectárea los presentó *C. calothyrsus*. En cuanto al aporte de nutrimentos, *C. calothyrsus* y *E. poeppigiana*, proporcionaron la mayor cantidad, casi en la misma proporción, pero cabe destacar que *E. poeppigiana*, lo hizo con aproximadamente el 50% menos de materia seca.

SUMMARY

Quintanilla Q, J.R. 1995. Effect of plant density and tillage on the production of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in two crop cycles in an alley farming production system. Thesis Mg.Sc., CATIE. Turrialba, Costa Rica. 91 p.

Key words: alley farming, tillage, crop density, *Phaseolus vulgaris*, agroforestry, biomass production.

Various studies of the use of beans in alley farming systems have been reported in the literature (Kass, 1986; CATIE, 1992; Unger, 1987), but few have evaluated the effect of tillage or plant populations on crop yield.

The present study was designed to study these effects, with the following objectives: to determine the effect of planting density and two methods of soil preparation on the yield of bean cultivar Negro Huasteco; to evaluate the influence of the tree component in supplying nutrients when prunings were incorporated; and to compare the productivity of alley farming with traditional monoculture.

The experiment was carried out in Lot 7 of the Montaña experimental farm of CATIE, in Turrialba, Costa Rica, on a soil classified as an Andic Eutropept, fine, hallosytic, isohyperthermic, between November, 1994 and August, 1995.

A split-split plot design was used in three randomized blocks, the main plots being alley farming with *Erythrina poeppigiana*, *Gliricidia sepium* or *Calliandra calothyrsus*, and a sole crop control. The first split was with and without ploughing to incorporate the tree prunings. The second split was between two seeding rates of *P. vulgaris*: 160,000 and 200,000 plants per hectare. Crop growth and yield was evaluated in an area of 33 m².

During both bean cycles, yield determinants, grain yield, and morphological and physiological characteristics were measured. Tree growth and biomass and nutrient production were also determined.

At 74 days after planting, the greatest effect of the trees on bean growth, leaf area index and biomass production were observed. In the first cycle, highest mean values were observed in alleys of *E. poeppigiana*. In all cases, alley farming produced higher grain yield than monoculture. In the first cycle, no-tillage produced the highest values of all parameters measured, including grain yield. In the second cycle, however, highest values were obtained with conventional tillage, perhaps due to greater availability of nutrients in the second cycle where yields in all treatments were higher. The higher plant density produced higher yield.

C. calothyrsus and *E. poeppigiana* produced the greatest canopy diameter in the direction of the bean crop, greatest diameter within the tree row, and greatest number of shoots following pruning. *C. calothyrsus* produced the greatest biomass

production per tree and per hectare.

Although *E. poeppigiana* produced only about half as much total biomass as *C. calothyrsus*, the nutrient contribution of both species was about the same. Highest bean yields were associated with *G. sepium*, however, indicating that lower competition for light was of as great or if not greater significance than the supply of nutrients.

LISTA DE CUADROS

Cuadro	1.	Descripción de los estados vegetativos y reproductivos de la planta de frijol.....	30
Cuadro	2.	Variables de respuesta para el análisis del crecimiento en dos ciclos agrícolas del cultivo de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones. Turrialba, C.R., 1995.....	31
Cuadro	3.	Índices fisiológicos, morfológicos y de cosecha evaluados en dos ciclos agrícolas del cultivo de frijol, bajo el sistema de cultivo en callejones. Turrialba, C.R., 1995.....	32
Cuadro	4.	Medias por especies, métodos de labranza y densidades de siembra para el rendimiento de grano e índice de cosecha de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.....	37
Cuadro	5.	Medias por especies, métodos de labranza y densidades de siembra para el rendimiento de grano e índice de cosecha de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 2). Turrialba, C.R., 1995.....	37
Cuadro	6.	Medias por especies, métodos de labranza y densidades de siembra para los componentes del rendimiento de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.....	41
Cuadro	7.	Medias por especies, métodos de labranza y densidades de siembra para los componentes del rendimiento de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 2). Turrialba, C.R., 1995.....	41
Cuadro	8.	Medias por especies de las variables del crecimiento y producción de biomasa seca de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.....	44
Cuadro	9.	Medias por especies de las variables del crecimiento y producción de biomasa seca de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 2). Turrialba, C.R., 1995.....	45
Cuadro	10.	Medias para las variables de crecimiento y producción de biomasa seca de frijol según método de labranza bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.....	47

Cuadro 11.	Medias para las variables de crecimiento y producción de biomasa seca de frijol según método de labranza bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 2). Turrialba, C.R., 1995.....47
Cuadro 12.	Medias para las variables de crecimiento y producción de biomasa seca según densidad de siembra de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.....49
Cuadro 13.	Medias para las variables de crecimiento y producción de biomasa seca según densidad de siembra de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 2). Turrialba, C.R., 1995.....49
Cuadro 14.	Medias del crecimiento y producción de biomasa por árbol de tres especies forestales asociadas con frijol a los seis meses después de la poda. Turrialba, C.R., 1994.....59
Cuadro 15.	Medias del crecimiento y producción de biomasa por árbol de tres especies forestales asociadas con frijol a los cuatro meses después de la poda. Turrialba, C.R., 1995.....59
Cuadro 16.	Medias de la producción de biomasa por hectárea de tres especies forestales asociadas con frijol a los seis meses después de la poda. Turrialba, C.R., 1994.....63
Cuadro 17.	Medias de la producción de biomasa por hectárea de tres especies forestales asociadas con frijol a los cuatro meses después de la poda. Turrialba, C.R., 1994.....63
Cuadro 18.	Producción de biomasa seca y aporte de nutrimentos (kg/ha/año) por las especies forestales utilizadas en el ensayo de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones. Turrialba, C.R., 1995.....65
Cuadro A1.	Análisis químico del suelo por sub-subparcela para el ensayo de densidades de siembra de frijol y métodos de labranza bajo el sistema de cultivo en callejones. Turrialba, C.R., 1994.....77
Cuadro A2.	Cuadrados medios del análisis de varianza para el rendimiento de grano e índice de cosecha de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.....79

Quadro A3.	Cuadrados medios del análisis de varianza para el rendimiento de grano e índice de cosecha de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 2). Turrialba, C.R., 1995.....79
Quadro A4.	Cuadrados medios del análisis de varianza para el rendimiento de grano del frijol combinado de dos ciclos agrícolas bajo el sistema de cultivo en callejones. Turrialba, C.R., 1995.....80
Quadro A5.	Cuadrados medios del análisis de varianza para los componentes del rendimiento de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.....81
Quadro A6.	Cuadrados medios del análisis de varianza para los componentes del rendimiento de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 2). Turrialba, C.R., 1995.....81
Quadro A7.	Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de crecimiento y producción de biomasa seca de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.....82
Quadro A8.	Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de crecimiento y producción de biomasa seca de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 2). Turrialba, C.R., 1995.....84
Quadro A9.	Índice de asimilación neta (IAN g/cm ² /día) del cultivo de frijol según especie forestal, método de labranza y densidades de siembra (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.....86
Quadro A10.	Índice de asimilación neta (IAN g/cm ² /día) del cultivo de frijol según especie forestal, método de labranza y densidades de siembra (Ciclo 2). Turrialba, C.R., 1995.....87
Quadro A11.	Cuadrados medios para el crecimiento y producción de biomasa por árbol de tres especies forestales asociadas con frijol a los seis meses después de la poda. Turrialba, C.R., 1994.....87
Quadro A12.	Cuadrados medios para el crecimiento y producción de biomasa por árbol de tres especies forestales asociadas con frijol a los cuatro meses después de la poda. Turrialba, C.R., 1995.....88

Cuadro A13.	Cuadrados medios para la producción de biomasa por hectárea de tres especies forestales asociadas con frijol a los seis meses después de la poda. Turrialba, C.R., 1994.....	89
Cuadro A14.	Cuadrados medios para la producción de biomasa por hectárea de tres especies forestales asociadas con frijol a los seis meses después de la poda. Turrialba, C.R., 1995.....	90
Cuadro A15.	Análisis químico de tejido vegetal por órgano de las especies forestales utilizadas en el ensayo de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones. Turrialba, C.R., 1995.....	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Distribución de los tratamientos en el campo para el ensayo de densidades de siembra y métodos de labranza en el cultivo de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones. Turrialba, C.R., 1995.....	26
Figura 2.	Distribución de las subparcelas por tratamiento para la realización de los muestreos del cultivo de frijol y las especies forestales. Turrialba, C.R., 1995.....	27
Figura 3.	Índice de área foliar (IAF) del cultivo de frijol según especie forestal (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.....	52
Figura 4.	Índice de área foliar (IAF) del cultivo de frijol según especie forestal (Ciclo 2). Turrialba, C.R., 1995.....	52
Figura 5.	Índice de área foliar (IAF) del cultivo de frijol según método de labranza. Turrialba, C.R., 1995.....	53
Figura 6.	Índice de área foliar (IAF) del cultivo de frijol según densidad de siembra. Turrialba, C.R., 1995.....	53
Figura 7.	Índice de crecimiento relativo (ICR) del cultivo de frijol según especie forestal (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.....	56
Figura 8.	Índice de crecimiento relativo (ICR) del cultivo de frijol según especie forestal (Ciclo 2). Turrialba, C.R., 1995.....	56
Figura 9.	Índice de crecimiento relativo (ICR) del cultivo de frijol según método de labranza. Turrialba, C.R., 1995.....	57
Figura 10.	Índice de crecimiento relativo (ICR) del cultivo de frijol según densidad de siembra. Turrialba, C.R., 1995.....	57
Figura 1A.	Distribución de la precipitación (mm), durante la realización del ensayo. Estación meteorológica, CATIE. Turrialba, C.R., 1994-1995.....	91

1. INTRODUCCION

Los grandes problemas que actualmente se viven en los países en vías de desarrollo tales como el alto crecimiento poblacional, la escasez de alimentos y el deterioro del ambiente demandan una mejor atención y toma de conciencia por parte de todos los individuos e instituciones que tienen bajo su responsabilidad el desarrollo del sector agropecuario y forestal.

Con los sistemas tradicionales de uso de la tierra en los trópicos se ha considerado más la reducción de los riesgos de las cosechas que el logro de una producción sostenible de los cultivos en el transcurso del tiempo. En los últimos años se está dando énfasis a los sistemas agroforestales; el interés que estos han despertado desde el punto de vista científico se debe a la necesidad de encontrar opciones más atinadas para resolver los problemas de baja producción y degradación de la tierra. Los sistemas agroforestales pueden brindar una alternativa viable para el uso eficiente de los recursos naturales que aumente o, al menos mantenga la productividad de la tierra sin causar degradación. Existen varias definiciones sobre sistemas agroforestales; Budowski (1984), los define como "el conjunto de técnicas de manejo de tierras, que implica la combinación de árboles forestales o frutales, ya sea con la ganadería o con los cultivos. La combinación puede ser escalonada o simultánea en el tiempo o en el espacio".

La asociación de cultivos anuales con árboles es una práctica tradicional antigua, que tal vez, coincide con los orígenes de

la agricultura y no se limita al trópico húmedo, ya que hasta el inicio del siglo XX caracterizó la agricultura en diversas zonas de Europa (King, 1987). Es posible entonces en la actualidad, la implementación de los sistemas agroforestales, y específicamente el sistema de cultivo en callejones, en el cual "los cultivos anuales asociados crecen entre las líneas de los árboles o arbustos, preferiblemente especies leguminosas, que se podan frecuentemente para prevenir el sombreamiento de los cultivos. Las filas de árboles y arbustos tienen la función de reciclar nutrimentos, suprimir malezas y controlar la erosión en tierras inclinadas" (Kang y Wilson, 1987), constituyendo ésta, una alternativa de producción de granos básicos (maíz, frijol, soya, etc.).

En Centro América, la importancia del cultivo de frijol radica en el hecho que es un grano básico de alto valor nutritivo (alto contenido proteico) que forma parte de la dieta alimenticia de la población y que es cultivado principalmente por pequeños agricultores. De acuerdo a lo anterior, es necesario evaluar algunas prácticas agronómicas de manejo bajo el sistema de cultivo en callejones, para determinar su efecto en la producción del cultivo y poder contribuir al mejoramiento de esta técnica.

En el presente trabajo se determinó el efecto de la densidad de siembra y los métodos de preparación del terreno en el rendimiento del cultivo de frijol, así como las interacciones con las especies arbóreas utilizadas.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Cultivo de frijol

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los cultivos más antiguos. México es probablemente su centro de origen; hallazgos arqueológicos en dicho país y en Sur América indican que era conocido desde hace unos 7000 años. Aunque de origen americano, se cultiva extensamente en diferentes partes, pudiéndose decir con propiedad que prácticamente se cultiva en todo el mundo; como especie termófila no soporta heladas y así su cultivo se extiende desde el trópico hasta las zonas templadas.

En el continente americano, México, Centro y Sur América constituyen las zonas de mayor distribución de dicho cultivo. Es entre las leguminosas de grano alimenticias, la especie más importante para el consumo humano. América Latina es, en particular, la zona de mayor producción y consumo, estimándose que el 30% de la producción total mundial proviene de esta área (Voyset, 1983; López, 1985). El rendimiento promedio mundial es de 500 kg/ha; en América Latina se obtienen rendimientos que oscilan entre los 600 y 800 kg/ha (CIAT, 1987). Es cultivado por pequeños agricultores y en sistemas de cultivos diversificados, en donde el frijol combinado con el maíz forman un binomio de gran importancia socioeconómica. En muchas regiones, estos cultivos se siembran asociados y son utilizados para la alimentación humana,

donde el maíz proporciona la mayor parte de carbohidratos, y el frijol la mayor parte de proteínas y una cierta proporción de carbohidratos (Kohashi-Shibata, 1990). Sánchez (1989), menciona que esta especie ha sido muy utilizada en estudios bajo el sistema de cultivo en callejones en el CATIE.

2.2. Árboles en asociación con cultivos anuales

En estas asociaciones, las interacciones de los cultivos anuales con el componente arbóreo tienden a optimizar el uso de recursos y a aumentar la productividad por unidad de terreno. Estos sistemas se prestan para especies anuales tolerantes a la sombra; sin embargo, en esta misma categoría, para el caso particular de los sistemas de cultivos en callejones, también se pueden utilizar especies que no toleren sombra. Estos sistemas incluyen cultivos tales como maíz, frijoles, guisantes, soya, maní, tubérculos y raíces en la asociación con árboles; en la mayoría de los casos se utilizan árboles fijadores de nitrógeno (Montagnini *et al*, 1992).

Según Kohashi-Shibata (1990), el cultivo de frijol, tiene la característica distintiva de ser una planta C3. Este tipo de planta requiere condiciones de radiación baja para la fotosíntesis y temperatura óptima de baja a alta para el proceso de fotosíntesis y el crecimiento; por lo tanto, en situaciones donde el sombreado es uno de los factores que limitan el desarrollo de los cultivos deberá utilizarse una planta C3 (Tieszen, 1983).

Además el frijol presenta el fenómeno de gran plasticidad fenotípica, el cual consiste en la aptitud de un genotipo dado, para variar fenotípicamente bajo diferentes ambientes. Esta variación consiste en cambios morfológicos en órganos o estructuras, como grado de ramificación, tamaño y grosor de las hojas, número de flores; o fisiológicos como velocidad de fotosíntesis y de transpiración, tasa de asimilación neta, etc. (Kohashi-Shibata, 1990).

2.3. Importancia del componente arbóreo

Cuando se establece un sistema de cultivo en callejones deben considerarse varios factores; algunos relacionados con el ambiente y otros con características del árbol, tales como la producción de biomasa, respuesta a la poda, velocidad de descomposición de la biomasa y desarrollo de la raíz (Salazar y Palms, 1987). El interés de utilizar árboles leguminosos ha aumentado, ya que constituye una fuente de nitrógeno fijado del aire, abono verde, forraje y aún de leña. La cobertura producida por árboles y arbustos disminuye la erosión, mejora las propiedades físicas de los suelos y favorece el ciclaje de nutrientes (Sánchez, 1989). El cultivo en callejones constituye una opción para aumentar la fertilidad de los suelos; la fertilización con agroquímicos podría servir para esos propósitos, pero a mayor costo. Además, en ese caso no se obtienen otros beneficios tales como una mayor protección del suelo, producción de forraje, leña,

etc. A pesar de las ventajas mencionadas, según Montagnini *et al* (1992), es necesario señalar que el espacio utilizado por los árboles disminuye el rendimiento de las cosechas en términos de peso del producto por unidad de superficie de terreno. Además, puede haber competencia por agua y nutrimentos entre los cultivos y los árboles. Por otro lado, en el caso del cultivo en callejones, el valor de los productos de la poda a veces es menor que el costo de las podas, por lo cual no vale la pena utilizar los residuos como abono. En algunos suelos muy ácidos y con alta saturación de aluminio, los problemas de fertilidad son tan grandes que ni siquiera los árboles crecen satisfactoriamente, de modo que no es posible utilizar el sistema. Finalmente, se requieren altos costos de mano de obra en las etapas iniciales de establecimiento, de modo que su adopción es poco probable en situaciones en donde la tierra es abundante y la mano de obra escasa.

2.4. Cultivo en callejones y la producción de granos básicos

El asocio de árboles con cultivos tiene como objetivo optimizar la producción por unidad de área en forma sostenida. El cultivo en callejones ha sido uno de los sistemas agroforestales que ha generado mayor interés, especialmente como alternativa de producción en fincas de pequeños agricultores (CATIE, 1992). Los árboles o arbustos se podan periódicamente para evitar que se produzca mucha sombra sobre los cultivos, y para utilizar los

residuos de la poda como abono verde para mejorar la fertilidad del suelo o como forraje de alta calidad. Un beneficio adicional es el control de malezas (Montagnini et al., 1992).

El sistema de cultivo en callejones fue inspirado en las prácticas tendientes a la recuperación de barbechos, tales como el uso de coberturas verdes. El uso de cultivo en callejones se basa en el principio de que es posible hacer un uso productivo y sostenido de la tierra, cuando los métodos de conservación y rehabilitación son introducidos antes de que se produzca degradación seria de los recursos. El cultivo en callejones puede ser considerado como un sistema de agricultura migratoria mejorado, con las siguientes ventajas (Kang y Wilson, 1987):

1. Las prácticas de cultivo y barbecho se realizan simultáneamente.
2. Se logra un mayor periodo de cultivo y un uso más intensivo de la tierra.
3. Se logra una regeneración efectiva de la fertilidad del suelo con especies más eficientes para este propósito.
4. Los requerimientos de insumos externos son menores.
5. El sistema se puede utilizar a escala variable.

El sistema de cultivo en callejones es una técnica que se acerca a la utilización de la labranza cero (Tapia, 1989), que logra la aplicación de mulch, el mantenimiento de la cobertura y la fertilidad del suelo. Con esta práctica las raíces profundas de arbustos o leguminosas, están creciendo en filas lo suficientemente separadas que permiten el crecimiento del cultivo entre

ellas. Los árboles son manejados durante el desarrollo del cultivo por medio de podas para minimizar la competencia por luz y agua. Se ha determinado que un aumento en el número de podas puede reducir la competencia por luz, pero también resulta en una disminución en la producción de biomasa de los árboles (Kass y Jiménez, s.f.). Las hojas y ramas delgadas podadas son usadas como mulch y las ramas gruesas pueden usarse como leña. Esta forma simple de asociación de cultivo con árboles ha sido practicada con éxito en varios países y parece prometedora como sistema integrado de conservación y fertilización orgánica en fincas marginales (Unger, 1987).

Se trata de intercalar el cultivo con hileras de árboles leguminosos de crecimiento rápido con espaciamientos que van desde 0.50 m hasta 5.0 m de acuerdo al tipo de crecimiento de las especies utilizadas y que preferiblemente, sean fijadoras de nitrógeno, tales como *Calliandra sp.*, *Leucaena sp.*, *G. sepium*, *Erythrina sp.* etc. Al preparar el terreno para sembrar el cultivo, los árboles se podan completamente y el follaje rico en nitrógeno y otros nutrientes, se aplica al suelo como mulch. Los árboles podados no producen mucha sombra al desarrollarse el cultivo y el sistema provoca un reciclado de nutrientes muy eficiente. Cuando se deja la parcela en descanso, el follaje de los árboles cubre rápidamente los callejones, evitando la erosión (Geilfus, 1985).

En Centroamérica, algunos cultivos como el frijol y el maíz se siembran solos o asociados con otras especies agrícolas. La

técnica de asociarlos con árboles (cultivo en callejones) es relativamente nueva. Se ha demostrado que el sistema de cultivo en callejones contribuye a mantener la fertilidad de los suelos, y permite obtener rendimientos estables del cultivo asociado (Kass et al., 1989).

Las leguminosas de grano, son muy importantes como cultivos alimenticios por su alto contenido proteico y por tener la capacidad de nodular efectivamente para poder fijar nitrógeno atmosférico, mejorando las condiciones del suelo. Por estas dos razones, las leguminosas de grano deberían ser componentes esenciales de cualquier sistema de cultivos en el trópico; y si los árboles pueden también ser incluidos exitosamente en el sistema, esto podría cambiar la actitud de los agricultores hacia el crecimiento de las especies forestales (Redhead, Maghembe y Ndunguru, 1983).

Kass et al (1989), en Turrialba, Costa Rica, encontraron que la producción de frijol durante seis años bajo el sistema de cultivo en callejones con *E. poeppigiana* y *Gliricidia sepium*, ha oscilado entre 740 y 1515 kg/ha, por lo tanto se puede considerar que este sistema puede contribuir a obtener una producción sostenible del cultivo de frijol, haciendo un uso racional de los recursos.

Kass (1986), reporta que en trabajos realizados en Costa Rica, bajo el sistema de cultivos en callejones, se ha encontrado que los rendimientos de *Phaseolus vulgaris* han aumentado en un 35% con *E. poeppigiana* y un 30% con *G. sepium*, obteniendo una

producción estable de dicho cultivo, en comparación con el monocultivo. Kass y Díaz-Romeu (1986), consideran que un cultivo en callejones de *Gliricidia sepium* o el uso de mulch de *Erythrina poeppigiana*, pueden mantener estable el rendimiento de los cultivos alimenticios.

2.5. Especies forestales

2.5.1. *Calliandra calothyrsus* Meissn.

La calliandra es originaria de las áreas húmedas de Centro América, desde el sur de México hasta Panamá. Hoy en día su cultivo se está promoviendo en muchos países de Asia, Africa y América por su potencial como especie de crecimiento rápido. Es un arbusto leguminoso de la subfamilia Mimosáceas; generalmente no pasa de 4 a 6 metros de alto, pero en condiciones muy buenas puede alcanzar 12 metros (CATIE, 1986).

El uso principal de la Calliandra en muchos países es la producción de leña, pues esta seca y quema relativamente muy rápido dejando pocas cenizas y generando un buen carbón. Produce un forraje de excelente calidad, con 20 a 22% de proteínas y no tiene problemas de toxicidad como la leucaena, aunque tenga un porcentaje elevado de taninos que reducen su digestibilidad (35 - 45% in vitro) (NAS, 1984)).

Una hectárea de Calliandra puede producir de 7 a 10 toneladas de materia seca por año. Por su capacidad de fijar nitrógeno, es una especie excelente para producir abono verde, sea en forma

de cercas y de barreras vivas, o de barbecho mejorado. En República Dominicana y en Rwanda (Africa) se está utilizando con éxito como barrera viva en sistemas de conservación de suelos, y para cultivo en callejones (Geilfus, 1985). En Costa Rica se ha estudiado la respuesta de maíz, frijol y ñampi asociado con *C. calothyrsus*, bajo el sistema de cultivo en callejones (Jiménez, Solano y Viquez, 1993; Jiménez, Oñoro y Viquez, 1993; Limón, 1993).

La calliandra puede crecer en áreas tropicales desde el nivel del mar hasta 1,800 metros, pero el crecimiento es muy lento a partir de los 1,000 metros. Puede desarrollarse a partir de los 1,000 mm de lluvia anual, pero el óptimo es de 2,000 a 4,000 mm. Es capaz de soportar sequías de hasta cuatro meses; si se prolonga mucho comienza a secarse, recuperándose a la llegada de las lluvias (NAS, 1984).

La propagación de la calliandra puede ser por semillas y pseudo-estacas. Las semillas pueden conservar una buena viabilidad hasta por tres años, pudiendo haber entre 14,000 a 20,000 por kilogramo. Se puede utilizar la siembra directa si el suelo está suficientemente húmedo y libre de hierbas o también establecer en semilleros para repicar en bolsas; lo más conveniente es sembrar en bolsas directamente, colocando de dos a tres semillas. La reproducción por pseudo-estacas es la más segura para establecer plantaciones donde no se puede asegurar riego ni desyerbe, en laderas muy inclinadas, y para llevar las plantas a grandes distancias (CATIE, 1986).

2.5.2. *Gliricidia sepium* (Jacquin) Steud.

El madero negro o mata-ratón es una especie leguminosa, de la subfamilia Papilionácea, originaria de América Tropical, distribuida desde México hasta Panamá. Se ha difundido en casi todos los Trópicos, incluyendo el Caribe, Brasil, Africa, Asia y Oceania. Es un árbol mediano, de 10 a 12 metros de alto, de copa extendida y rala, de tronco torcido y muy ramificado; figura entre las especies de usos múltiples más versátiles. Es una especie de clima tropical cálido, que se puede encontrar hasta los 1,600 metros, pero crece mejor por debajo de los 700. Necesita un clima húmedo, con precipitaciones que van desde los 785 a 3,500 mm de lluvia anual y una estación seca (CATIE, 1991).

Entre los usos del madero negro destacan el consumo de madera y leña (CATIE, 1986), forraje (Espinoza, 1984), sombra y tutor vivo, cercas vivas, abono verde y conservación de suelos (Glover, 1989) y en combinación con cultivos agrícolas bajo el sistema de cultivo en callejones (CATIE, 1992; Escobar, 1990; Jiménez, Solano y Viquez, 1993; Limón, 1993; Kass et al, 1989).

La facilidad de establecimiento por estacas grandes, la sombra difusa y el enriquecimiento del suelo por la caída de hojas, son factores que hacen del madero negro una de las mejores especies para combinaciones agroforestales. El follaje de esta especie, con su alto contenido en nitrógeno, es un excelente abono verde. La práctica de utilizar el material de poda como abono verde para fertilizar cultivos tales como el té, el cacao,

el café, la pimienta y el arroz, es tradicional en algunas partes de Asia; maíz y frijol en Costa Rica. En sistemas de cultivo en callejones, en buenas condiciones produce grandes cantidades de follaje; el máximo beneficio se deriva de la incorporación del follaje fresco al suelo. Puede completar o hasta sustituir el abono químico al producir entre 5 y 15 toneladas de materia seca por hectárea; sembrándolo como barrera viva en terrenos muy inclinados, se ha logrado reducir la erosión en más de un 50% (CATIE, 1991). El número de rebrotes disminuye con la edad debido a la autopoda (Glover, 1989).

2.5.3. Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F. Cook.

Pertenece a la familia de las leguminosas, subfamilia Papilionácea; es un árbol grande de hasta 35 metros de alto, es el más comúnmente plantado en muchas partes de América Central y del Caribe. Crece bien en terrenos húmedos en zonas cálidas. Produce gran cantidad de follaje; si se poda de 4 a 5 metros es excelente para la sombra de café y cacao; en algunos países se objeta su uso porque pierde las hojas en la estación seca y tiene raíces superficiales; no resiste fuertes vientos y sus ramas son muy espinosas y quebradizas (Holdridge y Poveda, 1975).

Características como rápido crecimiento, altas producciones de biomasa, fácil propagación por medio vegetativo y habilidad para soportar podas regulares con brotes posteriores vigorosos, hacen a esta especie muy atractiva para ser utilizado en agrofo-

resteria. Por su abundante nodulación en las raíces y su potencial como fijador de nitrógeno, se abren bastantes posibilidades para el establecimiento de plantaciones en suelos de baja fertilidad y/o recuperación de suelos (Russo, 1993).

Bajo el sistema de cultivo en callejones la especie ha demostrado un buen potencial (Kass *et al.*, 1993a; Kass *et al.*, 1993b; Sánchez, 1989; Jiménez, 1990; Oñoro *et al.*, 1993), con alta producción de biomasa caracterizada por una mejor dinámica de nutrimentos. Russo y Budowski (1986), citados por Escobar (1990), mencionan que *E. poeppigiana*, bajo las condiciones de Turrialba, Costa Rica, produjo hasta 18.5 ton/ha/año de materia seca con una densidad de 280 árboles/hectárea en asocio con árboles de café.

Kass *et al.* (1989), en un cultivo en callejones en la montaña, Turrialba, Costa Rica, encontraron que esta especie produjo 14.50 ton/ha/año de materia seca a una densidad de 555 árboles/hectárea. La diferencia en la producción de biomasa se debe, a que en el asocio con café, el rendimiento corresponde a una poda anual y en el cultivo en callejones a tres podas anuales, determinándose que la frecuencia de poda es uno de los factores que influyen en la producción de biomasa de esta especie. Además, el espacio para crecer en el asocio con café, es mayor por la densidad de árboles/hectárea de poró.

En cuanto al aporte de nutrimentos se han demostrado las cualidades de esta especie, en el sentido de que puede ser un buen sustituto del fertilizante nitrogenado, elemento que es aportado por medio del material de poda, el cual se ha estimado

que oscila entre 120 y 244 kg de N/ha/año. En otro trabajo, Alavez (1987), bajo el sistema de cultivo en callejones con *E. poeppigiana*, determinó un aporte de nitrógeno de 122.6 kg/ha/año en un arreglo de 6x4 y de 300 kg/ha/año en el arreglo 6x1; en ambos casos se tomó en consideración la incorporación de hojas y tallos provenientes de la poda.

2.6. Densidades de siembra del cultivo de frijol común

La densidad de siembra es uno de los factores de tipo agronómico, que tiene gran influencia en los rendimientos de frijol común; por lo cual es importante lograr una adecuada densidad en base a un arreglo óptimo de la distancia entre surcos y entre plantas (Dacarett, 1976). El distanciamiento de siembra depende de varios factores, entre ellos se pueden mencionar: la variedad, el sistema de siembra, la mecanización y el riego (Irañeta, 1984).

Cuando las plantas están más espaciadas presentan más desarrollo de área foliar, lo que hace producir mayor rendimiento por planta (Wright, 1990); sin embargo, no se logra compensar la capacidad productiva de la población mayor (Morales, 1984). Trece (1980), menciona que algunos componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en frijol se ven afectados con los cambios en la densidad de población; así mismo Kohashi-Shibata (1990), sostiene que el rendimiento y gran número de sus componentes (número de vainas por planta y por metro cuadrado, número de

semillas por planta y por metro cuadrado y número de semillas por vaina), son afectados en forma significativa por la densidad de población. El tamaño de la semilla no sufre cambios significativos (Drozco, 1989).

En diversos estudios realizados se han evaluado diferentes poblaciones de plantas por hectárea, variándolas desde 25,000 hasta 225,000, obteniendo los mejores rendimientos a la mayor población (Barrios, 1972). Para obtener la mejor población, algunos investigadores han estudiado varios arreglos espaciales que van desde 0.36 a 1.00 m entre surco y de 0.05 a 0.30 m entre planta, y se ha determinado que en variedades con hábito de crecimiento arbustivo en monocultivo la mejor densidad por hectárea es de 200,000 plantas (CIAT, 1980). En base a las características climáticas de cada localidad algunos sostienen que los distanciamientos entre surco pueden variar de 0.30 a 0.60 m y entre planta 0.05 a 0.30 m (Barrios, 1972).

En trabajos realizados con frijol bajo el sistema cultivo en callejones, los distanciamientos de siembra han variado de 0.40 a 0.50 m entre surco, manteniendo constante la distancia entre planta (0.25 m) (Nygren, 1990; Escobar, 1990; Limón, 1993), variando la población cuando la siembra es en monocultivo (Nygren, 1990; Escobar, 1990). En estos trabajos puede considerarse quizás, como una desventaja el hecho de que la población de plantas por hectárea tanto en los callejones como en el monocultivo son diferentes, pudiendo ser similares si se reduce la distancia del surco de frijol a la línea de los árboles, haciendo

asi una comparación más acorde a la realidad de ambos sistemas. Por ejemplo, Escobar (1990), estableció el frijol en los callejones de las especies utilizadas en su ensayo a 0.40 x 0.25 m entre surco y planta respectivamente y en monocultivo a 0.50 x 0.25 m. La distancia del surco de la línea de los árboles fue de 0.60 m; Nygren, (1990), sembró el surco de frijol vecino a la línea de los árboles de *Erythrina poeppigiana*, a 0.75 m de ésta línea.

2.7. Cultivo en callejones con y sin labranza

Antes de profundizar en el tema, se considera necesario definir algunos términos. Métodos de labranza, son técnicas de manejo de la tierra mediante los cuales se realiza la preparación de ésta, previo al establecimiento del cultivo. Existen varios métodos de labranza, pero para efecto del presente trabajo se hará referencia a dos de éstos: labranza convencional y labranza cero o cero labranza. Shenk (1988), define la labranza convencional (laboreo convencional), como aquella actividad en la cual se hace uso de arados, rastras y/u otros implementos para la remoción del suelo como medida de preparación del terreno para la siembra. La cero labranza en muchos sistemas de producción, es parte de la forma de siembra tradicional en laderas. En este método simplemente no hay labranza y solamente se hace un pequeño agujero en el suelo, suficiente para enterrar la semilla (Shenk, 1988).

Bajo el sistema de cultivo en callejones, son pocos los trabajos realizados en los cuales se ha aplicado labranza convencional (laboreo convencional); generalmente los estudios incluyen la aplicación de la labranza cero, pues la idea de cultivo en callejones viene de una práctica de conservación de suelos, en donde su papel es todavía más valioso en terrenos de pendiente de pequeñas extensiones sujetos a ser erosionados (Kass y Jiménez, s.f.); sin embargo, aunque la técnica del cultivo en callejón fue originalmente diseñada para uso de pequeños agricultores que no usan maquinaria agrícola, esta tiene suficiente flexibilidad para ser adoptada por la agricultura mecanizada con una maquinaria apropiada (Kang y Wilson, 1987).

Nygren (1990), en su trabajo de tesis, en Turrialba, Costa Rica, donde pretendía comparar dos métodos de labranza (con y sin labranza) en un sistema de cultivo en callejones con *Erythrina poeppigiana*, utilizando maíz y frijol como cultivos asociados, encontró que la cosecha del maíz fue uniforme en las parcelas aradas, pero que no existían diferencias en el desarrollo de la especie forestal. Por esto se decidió utilizar solamente las parcelas aradas para la siembra del cultivo de frijol, sin poder comparar el efecto de la aplicación de los métodos de labranza; sin embargo encontró rendimientos promedios de frijol de 902 kg/ha, que es satisfactorio en un cultivo sin fertilización.

Algunos investigadores sostienen que la competencia bajo tierra, es uno de los factores que afectan negativamente el rendimiento de los cultivos, en terrenos que pueden ser mecaniza-

bles. Kass (1993), menciona que a pesar de que en los cultivos asociados en los sistemas agroforestales la competencia por luz recibe mayor importancia que la competencia por nutrimentos y agua bajo la superficie del suelo, aparentemente esta última es más crítica. Fernandes (1990), en un estudio realizado en suelos ácidos determinó que ambas competencias contribuyeron a reducir los rendimientos de cultivos en el sistema de cultivo en callejones, pero que se ha obtenido mejor éxito en reducir la competencia abajo de la tierra al podar (cortar) las raíces; no reporta si existe efecto en la producción de biomasa fresca por hectárea. La aplicación de la labranza convencional después de podar los árboles puede aumentar la eficiencia del sistema en dos maneras: se efectúa una poda de las raíces reduciendo la competencia bajo tierra (Huck, 1983) y se hace la incorporación de los residuos en el suelo reduciendo la posibilidad de perder nutrimentos por volatilización o escorrentía (Ssekabembe, 1985). Salazar, Szott y Palms (1993), afirman que al incorporar los residuos, estos disminuyen su valor como mulch, pero los residuos de las especies que quedan más tiempo sobre la superficie del suelo son normalmente las que liberan menos nutrimentos. El sistema de cultivo en callejones puede ser mejorado si se incorpora el material podado en lugar de dejarlo en la superficie del suelo (Kass y Jiménez, s.f.), pues los procesos de descomposición se realizan más eficientemente, mejorando las propiedades químicas y físicas para un desarrollo excelente de los cultivos. Los residuos incorporados antes del establecimiento del cultivo aumentan los contenidos

de materia orgánica, humedad y temperatura del suelo, lo cual puede tener un efecto en el crecimiento del cultivo, madurez y rendimiento de este. La materia orgánica resultante de la descomposición afecta los agregados y estabilidad del suelo (Griffith, Mannering y Box, 1986).

Otro aspecto en el cual el uso de la labranza, puede tener influencia es en el comportamiento de plagas insectiles. En la actualidad existen diversas opiniones en relación al efecto del tipo de labranza sobre las poblaciones de insectos dañinos en los cultivos. En una serie de trabajos realizados en el área del trópico húmedo de Costa Rica, varios autores concluyeron que la incidencia del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), fue siempre mayor con labranza convencional que con cero labranza (Andino, 1989). Similar comportamiento se observó en otros experimentos para los crysomélidos, especialmente adultos de *Diabrotica balteata*, que en un experimento en la zona atlántica de Costa Rica, provocó un daño seis veces mayor en labranza convencional que en labranza cero; su mayor colonización en parcelas aradas fue debido probablemente a una reacción al contraste de color entre el verde del cultivo y el suelo pardo, además de la preferencia para la oviposición del insecto en el suelo arado (Carballo, 1982).

Un caso contrario ocurre con la babosa del frijol, la cual causó más daño en cero labranza que en laboreo convencional, en un estudio hecho en Costa Rica. Esto debido a que esta plaga le favorecen los refugios frescos y húmedos que le proporcionan los

residuos que permanecen en la superficie en campos de no laboreo (Jiménez, 1981). Al respecto Fitty y Andrews (1989), confirman en Honduras lo encontrado por Jiménez (1981) en Costa Rica, por cuanto ellos registraron poblaciones de ésta plaga más altas y mayor daño en cero y reducida labranza, y aseguran que la labranza convencional reduce el número de babosas por destrucción de refugios y exposición de babosas a la deshidratación y enemigos naturales. Un sistema de labranza, también es considerado como parte de un programa de manejo de malezas, que pueden servir como un reservorio tanto de semillas de malezas, como de plagas y enfermedades, además que reduce la competencia entre el cultivo y las malezas por nutrimentos y agua (Triplett y Worsham, 1986).

Algunas características propias del suelo también son modificadas por efecto de la labranza. Muchos estudios de las propiedades físicas se refieren a las condiciones de este después de una serie de operaciones con equipo de labranza. Por ejemplo la densidad del suelo que afecta el movimiento del agua y crecimiento de las raíces, y que algunas veces afecta el rendimiento potencial del cultivo varía de acuerdo a la profundidad y frecuencia de labranza; esto también afecta la densidad del suelo en la zona de las raíces durante el crecimiento del cultivo. En un trabajo donde se evaluó el efecto de la labranza sobre la densidad del suelo se determinó que la densidad fue mayor cuando no se aplicó labranza, intermedia cuando se aplicó labranza mínima y menor cuando se aplicó labranza convencional (Griffith, Mannering y Box, 1985).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación

La investigación se realizó en el lote no. 7 de la finca experimental "La Montaña" del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica, durante el período comprendido entre noviembre de 1994 y agosto de 1995.

Las coordenadas geográficas de la zona son $9^{\circ} 53'$ de latitud Norte y $83^{\circ} 43'$ de longitud Oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 603 metros. Los datos de la estación meteorológica del CATIE reportan una temperatura y precipitación media anual de 21.5°C y 2623 mm respectivamente, con un período de menor precipitación en los meses de enero a abril; la zona de vida según Holdridge (1987), corresponde a un bosque muy húmedo premontano (bmh-p).

Kass et al (1989), mencionan que el suelo es de origen aluvial con una textura media arcillosa en los primeros 15 cm, clasificado en el orden Inceptisol, suborden Tropepts, gran grupo Humitropepts, sub-grupo Typic Humitropepts y familia fina, hallosytic isohipertermico; Kauffman (1991), lo clasificó como Andic eutropept. El terreno presenta una topografía plana; con algunos problemas por exceso de humedad que se han reducido debido a la construcción de drenes.

3.2. Material experimental

La presente investigación correspondió a la evaluación de dos ciclos agrícolas del cultivo de frijol, variedad Negro Huasteco bajo el sistema de cultivo en callejones con tres especies forestales, en el quinto año de producción, establecidas en 1991.

El experimento incluyó como tratamientos dos distanciamientos de siembra (0.50 x 0.25 m y 0.40 x 0.25 m entre surcos y plantas respectivamente) y dos métodos de preparación del terreno (con labranza, para lo cual se hizo un paso de arado y dos de rastra; y sin labranza, donde solamente se realizó aplicación de herbicida, previo a la siembra del cultivo), en parcelas con las siguientes especies forestales:

Gliricidia sepium (Madero negro), material proveniente de cercas vivas de Guápiles, Costa Rica, plantado a 6 x 0.50 m.

Erythrina poeppigiana (Poró), clon 2708, proveniente del banco clonal del proyecto árboles fijadores de nitrógeno (AFN) de San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica, plantado a 6 x 2 m.

Calliandra callothyrsus (Calliandra), material propagado en el vivero del CATIE, plantado a 6 x 1 m. Además hubo un tratamiento control, en donde se tuvo el cultivo de frijol en monocultivo.

3.3. Diseño y unidad experimental

Se utilizó un diseño de bloques al azar con parcelas subdivididas y tres repeticiones. La parcela grande correspondió a las especies forestales y monocultivo, la subparcela a los métodos de labranza y la subsubparcela a las densidades de siembra.

El área total ocupada por las especies forestales y el monocultivo (parcela principal) fue de 384 m²; cada sub-parcela correspondiente a los métodos de labranza fue de 192 m² y las sub-sub-parcelas correspondientes a las densidades de siembra ocuparon un área de 96 m². El área útil por unidad experimental (sub-sub-parcela) fue de 33 m²; de los cuales, 3 m² fueron para el análisis de crecimiento y 30 m² para obtener el rendimiento de grano del cultivo de frijol (Fig 1).

3.4. Tratamientos

Se evaluaron 16 tratamientos, los cuales fueron distribuidos al azar dentro de las unidades experimentales siendo similares para cada ciclo estudiado (Fig. 2), y que correspondieron a los siguientes:

Tratamientos.		
Especies (Parcela principal)	Densidad (pl/ha) (Subparcela)	Labranza (Sub-sub-parcela)
1. <i>C. callothyrsus</i>	160,000	no
2. "	"	si

3.	"	200,000	no
4.	"	"	si
5.	<i>G. sepium</i>	160,000	no
6.	"	"	si
7.	"	200,000	no
8.	"	"	si
9.	<i>E. poeppigiana</i>	160,000	no
10.	"	"	si
11.	"	200,000	no
12.	"	"	si
13.	Monocultivo	160,000	no
14.	"	"	si
15.	"	200,000	no
16.	"	"	si

3.5. Manejo del experimento

Previo a la siembra del primer ciclo agrícola del cultivo de frijol se realizó un muestreo del suelo a una profundidad de 0 a 30 cm, para analizar el contenido de N, P, K, Ca, Mg, materia orgánica y pH (Cuadro A1). Se efectuaron las mediciones correspondientes a las especies forestales, luego la poda de los rebrotes, incorporando la biomasa al sistema. En seguida se llevó a cabo la preparación del terreno, tanto en los callejones como en las parcelas de monocultivo, de acuerdo a la distribución de los métodos de labranza a utilizar.

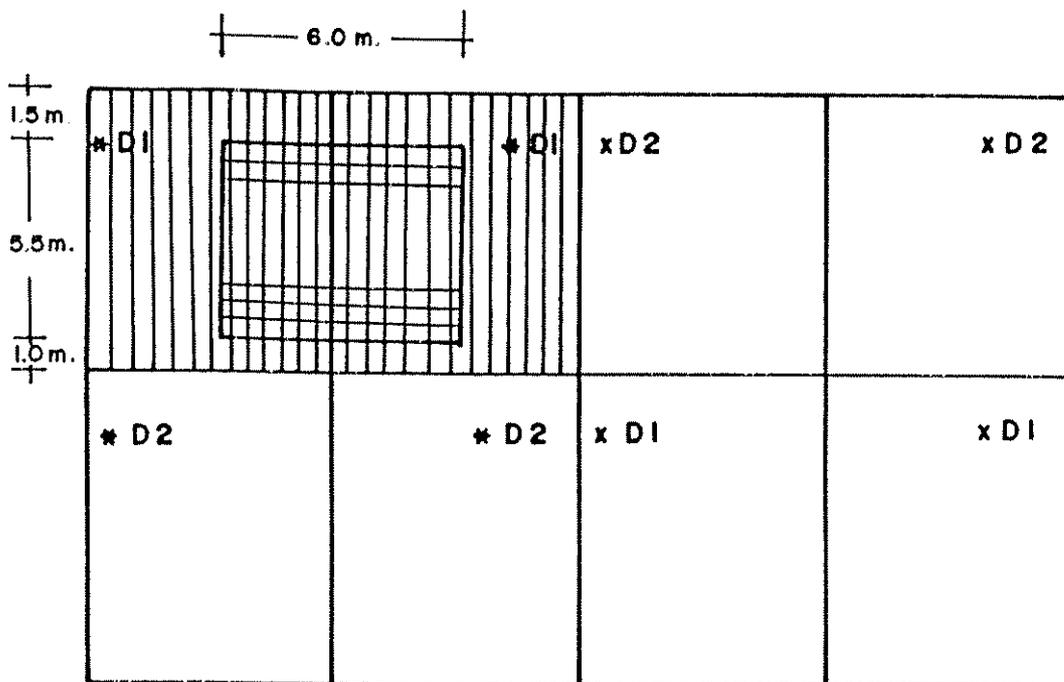


Figura 1. Distribución de las subparcelas por tratamiento para la realización de los muestreos del cultivo de frijol y las especies forestales. Turrialba, Costa Rica, 1995.

* = Con labranza

X = Sin labranza

D1 = Densidad 1

D2 = Densidad 2

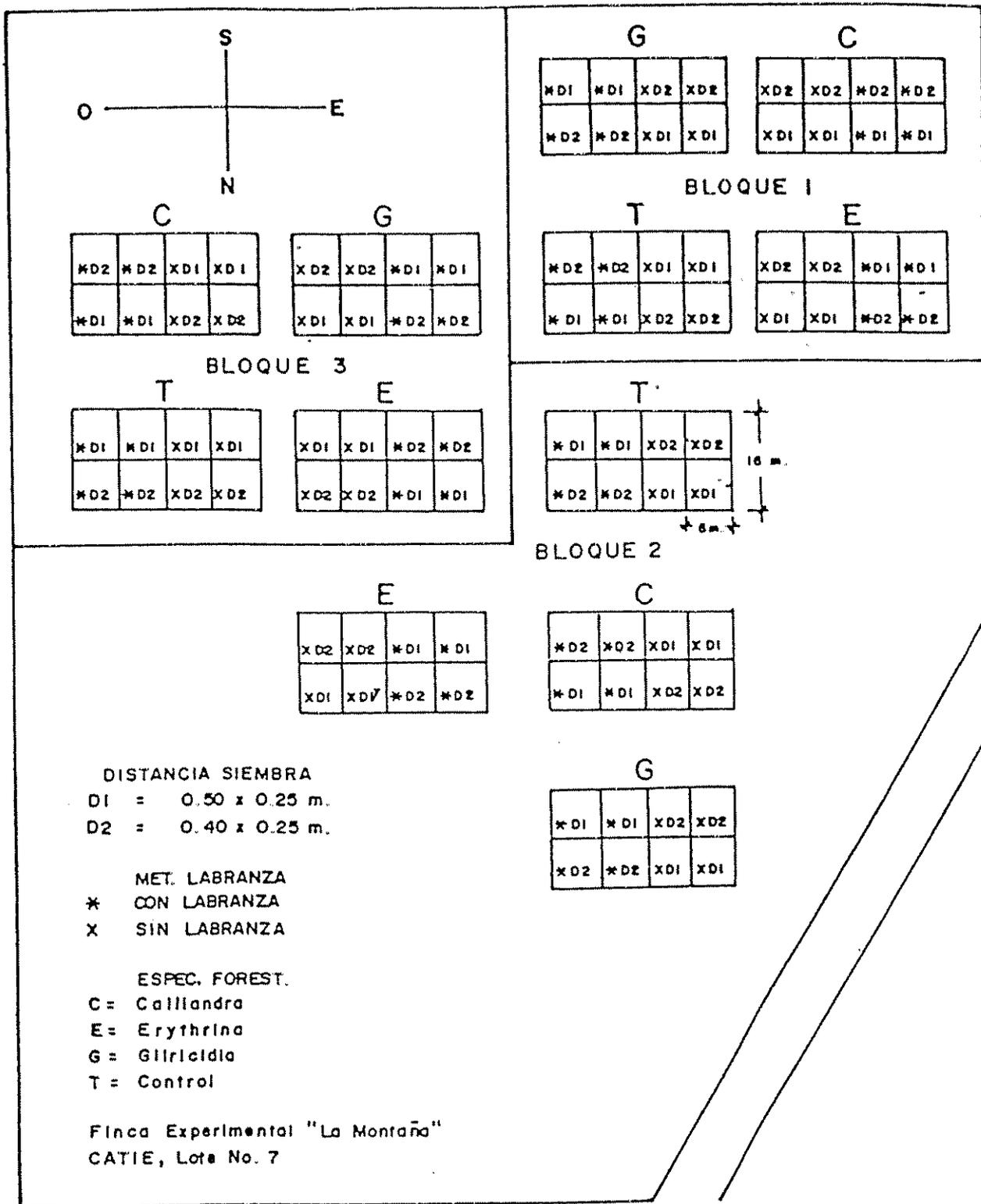


Figura 2. Distribución de los tratamientos en el campo, para el ensayo de densidades de siembra y métodos de labranza en el cultivo de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones, Turrialba, Costa Rica, 1995.

La siembra del cultivo de frijol se realizó entre el 5 y el 8 de diciembre de 1994, para el primer ciclo y entre el 17 y el 20 de abril de 1995 para el segundo, a distanciamientos de 0.50 x 0.25 m y 0.40 x 0.25 m entre surcos y plantas, para obtener una población de 160,000 y 2000,000 pl/ha respectivamente, tanto en monocultivo como en los callejones. Para la siembra del frijol en combinación con las especies forestales se dejó 0.25 y 0.20 m de la línea de árboles, en los espaciamentos de 0.50 x 0.25 m y 0.40 x 0.25 m respectivamente, para obtener un total de 12 y 15 surcos en cada callejón. Inicialmente se establecieron tres semillas por postura y 20 días después de la siembra se hizo el raleo para dejar dos plantas por hoyo.

Para el control de malezas se hizo una aplicación de Roundup (480 gr de i.a./litro), una semana antes de la siembra. luego dos deshierbes manuales a los 30 y 50 días después de establecido el cultivo. Para el control de plagas, principalmente *Diabrotica balteata*, se hicieron aplicaciones de Metamidofos (570 gr de i.a./kg) y Sevin 80 (530 gr de i.a./kg) en combinación con Benomyl (500 gr de i.a./kg) como preventivo de enfermedades fungosas; no hubo aplicación de fertilizantes químicos pues el ensayo se manejó solo con el material incorporado de las especies forestales. La cosecha se realizó a los 90 días, a la cual se le determinó el porcentaje de humedad de campo, para luego expresar el rendimiento de grano al 14% de humedad, obtenido de acuerdo a la fórmula $R = R_{pl} * (100 - \%H) / 86$, desarrollada por White (1985).

donde R_{pl} = rendimiento preliminar y %H = porcentaje de humedad.

3.6. Análisis del crecimiento

Para la evaluación y análisis de crecimiento del cultivo de frijol, se realizaron muestreos en subparcelas elegidas al azar dentro del área útil de cada una de las unidades experimentales (Fig. 1), la cual tuvo 1.5 m de borde en los costados y 1 m en la parte central con 12 y 15 surcos para cada distanciamiento, habiendo 6 por lado de la línea de árboles para el distanciamiento de 0.50 x 0.25 m y para 0.40 x 0.25 m hubo 7 surcos en un lado y 8 en el otro. En ambos casos se obtuvo un área útil de 33 m². Las plantas de frijol muestreadas fueron evaluadas individualmente utilizando un promedio de las dos que se encontraban por postura.

Los muestreos (cinco/por ciclo) se realizaron en los momentos recomendados por el IBSNAT (1986), para el estado vegetativo y reproductivo del cultivo de frijol (Cuadro 1). Las evaluaciones para el análisis de crecimiento se realizaron cuando el cincuenta por ciento de las plantas alcanzaron el estado vegetativo y reproductivo para cada muestreo indicado.

La evaluación del componente arbóreo se realizó en la hilera central de cada unidad experimental, ubicada dentro de la parcela útil de cada uno de los tratamientos, evaluando 12, 6 y 3 árboles de las especies forestales *G. sepium*, *C. calothyrsus* y *E. poeppigiana* respectivamente.

Cuadro 1. Descripción de los estados vegetativos y reproductivos de la planta de frijol.

Estado	Descripción
V4	Cuando la planta presenta cuatro nudos en el tallo principal.
R4	Vainas de 2 cm entre los cuatro nudos superiores con hojas totalmente desarrolladas.
R6	Granos desarrollados que llenan toda la vaina, en los cuatro nudos superiores.
R7	Vainas y hojas amarillas. Madurez fisiológica.
R8	Vainas color marrón. Madurez de cosecha.

Fuente: IBSNAT, 1986.

3.7. Variables de respuesta

3.7.1. Variables evaluadas en el cultivo de frijol

Las variables evaluadas en cada muestreo se describen en el cuadro 2. Además se determinó el Índice de Área Foliar (índice morfológico) y el Índice de Crecimiento Relativo (ICR) y Asimilación Neta (IAN) como índices fisiológicos del crecimiento, también se calculó el Índice de Cosecha (IC) (Cuadro 3).

3.7.2. Variables evaluadas en los árboles

Para la evaluación del crecimiento de los árboles, se hicieron mediciones al momento de realizar cada poda. Las variables evaluadas fueron:

- altura total del árbol
- diámetro de copa orientado hacia el cultivo
- diámetro de copa orientado hacia los árboles

Al momento de la poda de los árboles, se evaluaron las variables antes mencionadas, así como el número de rebrotes y la producción de biomasa fresca total y por órgano (hojas, tallo

Cuadro 2. Variables de respuesta para el análisis del crecimiento en dos ciclos agrícolas del cultivo de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones. Turrialba, C.R., 1995.

VARIABLES	Método de medición
Altura de planta	Desde la base hasta el punto de crecimiento en el tallo principal
Área foliar	Se tomaron muestras de hojas y submuestras con un perforador circular de área conocida, y por medio de la relación área-peso se determinó el área foliar por planta. $AF = (Ad \times Ph) / Pd$ Donde: AF = área foliar, Ad = área del disco (2.5012 cm ²), Ph = peso de hojas (g) y Pd = peso del disco (g).
Peso seco (g) (hojas, tallo, flores y fruto)	Muestras se colocaron en horno de aire forzado a 70°C, aproximadamente 72 horas.
Número de vainas por plantas	El promedio del número de vainas de 20 plantas tomadas al azar por parcela útil.
Número de granos por vainas	El promedio del número de granos de 30 vainas tomadas de 20 plantas extraídas para obtener el número de vainas.
Peso de cien semillas (g)	Tomados del rendimiento de grano por parcela útil al 14% de humedad
Rendimiento	En un área de 30 m ² se determinó el rendimiento de grano de frijol al 14% de humedad.

Cuadro 3. Indices fisiológicos, morfológicos y de cosecha evaluados en dos ciclos agrícolas del cultivo de frijol, bajo el sistema de cultivo en callejones. Turrialba, C.R. 1994-1995.

Indices fisiológicos	
Crecimiento relativo	$ICR = \frac{\ln (F_2) - \ln (F_1)}{T_2 - T_1} \quad (\text{g/g/d})$
Asimilación neta	$IAN = \frac{F_2 - F_1}{A_2 - A_1} \times \frac{\ln (A_2) - \ln (A_1)}{T_2 - T_1} \quad (\text{g/cm}^2/\text{d})$
Indice morfológico	
Area foliar	$IAF = \frac{\text{Area foliar/planta}}{\text{Area de suelo/planta}} \quad (\text{cm}^2/\text{cm}^2)$
Indice de cosecha	
	$IC = \frac{\text{Peso seco de grano}}{\text{Peso seco total biomasa}} \times 100$

F_1 y F_2 = Peso seco de la biomasa total en el muestreo anterior y posterior.

T_1 y T_2 = Tiempo (días entre el muestreo anterior y posterior).

\ln = Logaritmo natural.

A_1 y A_2 = Area foliar en el muestreo anterior y posterior.

tierno y tallo leñoso) de cada una de las especies forestales; posteriormente se tomó una submuestra de estos de aproximadamente 500 gramos, las cuales se secaron en un horno con corriente de aire forzado a 70°C durante 72 horas, se obtuvo el peso seco de las submuestras y de acuerdo a los resultados del análisis químico del tejido vegetal (hojas, tallo tierno y leñoso), se determinó el aporte de nutrimentos de las especies al sistema (Cuadro 18).

3.8. Análisis estadístico

Para cada una de las variables de crecimiento y rendimiento del cultivo de frijol en los dos ciclos agrícolas se realizó un análisis de varianza. El modelo estadístico utilizado fue un diseño de parcelas subdivididas en bloques al azar, en donde la parcela grande correspondió a las especies forestales y el monocultivo, las subparcelas a los métodos de labranza y las subsubparcelas a las densidades de siembra. Los promedios de los efectos principales de las variables con diferencias significativas se compararon por medio de pruebas de Duncan y para determinar la significancia en las interacciones se utilizó el LSMeans de SAS (Least Squares Means).

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + \tau_i + \alpha_j + \delta_{ij} + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \pi_{ijk} + O_m + (\alpha O)_{jm} + (\beta O)_{km} + (\alpha\beta O)_{jkm} + \epsilon_{ijklm}, \text{ para:}$$

$$i = 1, 2, \dots, r$$

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

$$k = 1, 2, \dots, b$$

$$m = 1, 2, \dots, c$$

Se tiene:

μ = promedio general

τ_i = efecto de la repetición i

α_j = efecto del nivel j del factor A (especies)

δ_{ij} = variación al azar aplicables a las parcelas principales.

β_k = efecto del factor B (asociado a las subparcelas de labranza)

$(\alpha\beta)_{jk}$ = interacción entre el factor A y el B

π_{ijk} = variación al azar entre las subparcelas

α_m = efecto del nivel m del factor C (población)

$(\alpha\alpha)_{jm}$ = interacción entre el factor A y el C

$(\beta\alpha)_{km}$ = interacción entre el factor B y el C

$(\alpha\beta\alpha)_{jkm}$ = interacción de los factores A, B y C

ϵ_{ijklm} = variación al azar entre sub-subparcelas.

Y_{ijklm} , expresa el valor observado en la m-ésima sub-subparcela de la k-ésima subparcela de la i-ésima replicación en la j-ésima parcela principal. Los términos de error δ_{ij} , π_{ijk} y ϵ_{ijklm} son variables aleatorias que se distribuyen normalmente con media cero (0) y varianzas σ_δ^2 , σ_π^2 , σ_ϵ^2 , respectivamente.

El crecimiento y producción de biomasa de los árboles se evaluó de acuerdo al diseño de bloques al azar para la primera poda (antes de la primera cosecha del frijol). Los promedios se compararon mediante pruebas de Duncan.

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = M + B_i + T_j + E_{ij}.$$

Donde:

Y_{ij} = Es el valor correspondiente de la especie forestal j, en el bloque i (variable dependiente).

M = Efecto de la media general.

B_i = Efecto del i-ésimo bloque.

T_j = Efecto de la j-ésima especie forestal.

E_{1j} = Error experimental.

Para determinar si la aplicación de la labranza convencional, tuvo efecto en el crecimiento y producción de biomasa de los árboles después de la primera poda se aplicó el diseño de bloques al azar en parcelas divididas. El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \alpha_j + \epsilon_{1j} + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \epsilon_{1jk}$$

para:

$$i = 1, 2, \dots, r$$

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

$$k = 1, 2, \dots, b$$

Se tiene:

μ = promedio general

τ_i = efecto de la repetición i

α_j = efecto del nivel j del factor A (especies)

ϵ_{1j} = variación al azar aplicables a las parcelas principales.

β_k = efecto del factor B (asociado a las subparcelas de labranza)

$(\alpha\beta)_{jk}$ = interacción entre el factor A y el B

ϵ_{1jk} = variación al azar entre las subparcelas

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Cultivo de frijol

4.1.1. Rendimiento de grano

En los cuadros 4 y 5 se presentan los promedios para el rendimiento de grano e índice de cosecha del cultivo de frijol obtenidos por especie forestal, métodos de labranza y densidades de siembra en dos ciclos agrícolas, bajo el sistema de cultivo en callejones. Durante el primer ciclo se encontraron diferencias significativas entre el rendimiento de grano de frijol en callejones y en monocultivo (Cuadros 4 y A2). El rendimiento fue superior al asociar el frijol con las especies forestales, sobresaliendo el asocio con *E. poeppigiana*. Esto puede deberse a una mayor disponibilidad de nutrimentos, ya que el material de poda, principalmente las hojas de esta especie tienen una rápida descomposición y pueden proveer nutrimentos, especialmente nitrógeno en época temprana (Russo, 1986; Budelman, 1989). En el segundo ciclo también se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el rendimiento de grano entre el cultivo en callejones y el monocultivo (Cuadros 5 y A3). Varios investigadores han encontrado que el rendimiento de frijol es mayor cuando se combina con las especies forestales en comparación con el monocultivo (Kass, 1989; Limón, 1993; Escobar, 1990).

Cuadro 4. Medias por especies, métodos de labranza y densidades de siembra para el rendimiento de grano e índice de cosecha de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.

Especies forestales	Rendimiento grano (kg/ha)	Índice de cosecha (%)
<i>C. calothyrsus</i>	1134.50 A	50.85 A
<i>G. sepium</i>	1182.50 A	55.16 A
<i>E. poeppigiana</i>	1364.30 A	52.37 A
Control	595.70 B **	50.22 A
Métodos de labranza		
Con labranza	971.83 B *	51.61 A
Sin labranza	1166.67 A	52.69 A
Densidades		
160,000 pl/ha	965.67 B **	51.63 A
200,000 "	1172.83 A	52.67 A

Cuadro 5. Medias por especies, métodos de labranza y densidades de siembra para el rendimiento de grano e índice de cosecha de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 2). Turrialba, C.R., 1995.

Especies forestales	Rendimiento grano (kg/ha)	Índice de cosecha (%)
<i>C. calothyrsus</i>	1355.78 A	51.28 A
<i>G. sepium</i>	1422.63 A	50.45 A
<i>E. poeppigiana</i>	1289.99 A	50.89 A
Control	953.16 B	53.80 A
Métodos de labranza		
Con labranza	1338.59 A	53.43 A
Sin labranza	1172.19 B	50.30 A
Densidades		
160,000 pl/ha	1173.09 B	52.02 A
200,000 "	1337.69 A	51.19 A

Promedios con la misma letra no presentan diferencias significativas (* $P < 0.10$, ** $P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

En cuanto al efecto de los métodos de labranza en el primer ciclo, se encontraron diferencias significativas ($F < 0.10$); el rendimiento fue superior cuando no se efectuó labranza (Cuadros 4 y A2); Kass² (1995) quien ha encontrado resultados similares, sostiene que esto puede deberse a que los nitratos en las parcelas donde se efectuó labranza convencional fueron lixiviados por efecto de las condiciones de lluvia que imperaron durante cierto período de desarrollo del cultivo (Fig. A1), no así durante el segundo ciclo de cultivo, donde también se encontraron diferencias significativas ($F < 0.05$) entre los métodos de labranza (Cuadros 5 y A3), pero en este caso, el rendimiento fue mayor cuando se empleó labranza convencional; el efecto de la incorporación de los residuos para el proceso de descomposición en el suelo posiblemente es lento. Ssekabembe (1985), considera que con la aplicación de la labranza convencional, se hace la incorporación de los residuos en el suelo, reduciendo la posibilidad de perder nutrimentos por volatilización o escorrentía.

Las densidades de siembra en los dos ciclos de cultivo presentaron diferencias estadísticas ($F < 0.05$) (Cuadros 4, 5, A2 y A3); encontrándose el mayor rendimiento a la densidad de 200,000 plantas/hectárea. Morales (1984), afirma que cuando las plantas están más espaciadas, tienden a producir más, pero no se logra compensar la capacidad productiva de la población mayor, por lo tanto el rendimiento es superior cuando la población de

²Kass, D. 1995. Comunicación personal, CATIE, Turrialba, C.R.

plantas por hectárea es alta. Durante el segundo ciclo de cultivo, se encontró que existió interacción significativa ($P < 0.05$), entre los métodos de labranza y las densidades de siembra (Cuadro A3); el rendimiento de grano fue mayor cuando se combinó la labranza convencional con la densidad de 200,000 pl/ha.

De acuerdo al análisis combinado del rendimiento de grano de frijol para el primero y segundo ciclo, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$), entre las épocas de siembra (Cuadro A4); el rendimiento obtenido durante la segunda época de siembra (1255.39 kg/ha), fue superior al de la primera (1069.25 kg/ha). En este mismo análisis, se encontró que existió interacción entre las épocas de siembra y los métodos de labranza; se encontró diferencia significativa entre la primera época con labranza (971.83 kg/ha), y la segunda, también con labranza (1338.59 kg/ha); esta interacción fue debido a que las condiciones que se presentaron durante la segunda época, favorecieron al cultivo para desarrollarse mejor cuando se utilizó labranza convencional.

4.1.2. Índice de cosecha

No se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en los índices de cosecha del frijol tanto en los callejones de las especies forestales y el monocultivo, como en los métodos de labranza y las densidades de siembra durante los dos ciclos de siembra; esto indica que la relación grano/biomasa

total se mantuvo constante. Los índices de cosecha fueron mayores al 50% para todos los tratamientos (Cuadros 4 y 5). Según Arze (1977), mediante el índice de cosecha (IC), se puede conocer la eficiencia de la planta para convertir la materia seca total acumulada en producto comercial. Un índice de cosecha igual a 50 indica que del total del peso seco de la planta el 50% es producto comercial.

4.1.3. Componentes del rendimiento

En los Cuadros 6 y 7, se presentan los promedios por especie, método de labranza y densidad de siembra, para los componentes del rendimiento del cultivo de frijol durante dos ciclos agrícolas bajo el sistema de cultivo en callejones. El número de vainas por planta durante el primer ciclo presentó diferencias significativas ($P < 0.05$), entre el sistema de cultivo en callejones y el monocultivo (Cuadros 6 y A5); esto contrasta con lo encontrado por Limón (1993), en un ensayo de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones, utilizando las mismas especies forestales y establecido en la misma época.

Durante el segundo ciclo también se detectaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$), en el número de vainas por planta en los diferentes sistemas; el número de vainas en callejones de *Calliandra calothyrsus* fue superior estadísticamente al monocultivo, pero igual a *Gliricidia sepium* y *Erythrina poeppigiana* (Cuadros 7 y A6).

Cuadro 6. Medias por especie, método de labranza y densidad de siembra para los componentes del rendimiento de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.

Especies forestales	Número de vainas/pl.	Número de granos/vaina	Peso 100 semillas (g)
Cc	4.92 A	5.50 A	20.58 A
Gs	4.58 A	6.00 A	20.83 A
Ep	5.33 A	5.67 A	21.17 A
Co	3.58 B	5.75 A	19.92 A
Mét. labranza			
Con labranza	3.88 B	5.79 A	20.75 A
Sin labranza	4.83 A	5.67 A	20.50 A
Densidades			
160,000 pl/ha	4.50 A	5.88 A	20.79 A
200,000 "	4.21 A	5.58 A	20.46 A

Cuadro 7. Medias por especie, método de labranza y densidad de siembra para los componentes del rendimiento de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 2). Turrialba, C.R., 1995.

Especies forestales	Número de vainas/pl.	Número de granos/vaina	Peso 100 semillas (g)
Cc	7.90 A	5.67 A	20.75 A
Gs	7.23 AB	5.62 A	21.42 A
Ep	6.52 AB	5.30 A	21.00 A
Co	5.79 B	5.76 A	20.67 A
Mét. labranza			
Con labranza	7.79 A	5.34 A	21.33 A
Sin labranza	5.93 B	5.81 A	20.58 A
Densidades			
160,000 pl/ha	7.35 A	5.75 A	20.88 A
200,000 "	6.37 B	5.40 A	21.04 A

Promedios con la misma letra no presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

Cc = *C. calothyrsus*

Gs = *G. sepium*

Ep = *E. poeppigiana*

Co = control

Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$), cuando se compararon los métodos de labranza en el primer ciclo (Cuadro 6), con un mayor número de vainas por planta en el frijol sembrado con cero labranza; también se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$), durante el segundo ciclo (Cuadro 7), siendo superior el número de vainas por planta cuando se aplicó labranza convencional; en ambos casos se obtuvieron los mayores rendimientos, encontrándose que existe una relación positiva directa entre el número de vainas por planta y el rendimiento. Además con los residuos incorporados con la labranza convencional antes del establecimiento del cultivo se aumentan los contenidos de materia orgánica y temperatura del suelo, lo cual puede tener un efecto en el crecimiento, madurez y rendimiento del cultivo (Griffith et al, 1986).

Para las densidades de siembra durante el primer ciclo de cultivo no se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) (Cuadro 6), pero sí para el segundo, obteniéndose un mayor número de vainas por planta a la densidad de 160,000 plantas por hectárea (Cuadro 7); López (1985), menciona que el incremento del número de plantas por unidad de área influye negativamente en el número de vainas por planta.

El número de granos por vaina en los dos ciclos agrícolas no presentó diferencias estadísticas ($P < 0.05$), entre las especies forestales y el monocultivo, los métodos de labranza y las densidades de siembra (Cuadros 6, 7, A5 y A6). Este es un carác-

ter de origen genético propio de la especie, por lo cual no varía al someterse a diversos tratamientos (CIAT, 1980).

En cuanto al peso de 100 semillas se encontró que no existen diferencias significativas ($F < 0.05$) en el primero y segundo ciclo, entre los sistemas en callejones y el monocultivo (Cuadros 6 y 7); posiblemente esto es debido a el tamaño del grano es una característica genética propia de la especie. Los métodos de labranza y las densidades de siembra no presentaron diferencias significativas ($F < 0.05$), en relación a esta variable (Cuadros 6, 7, A5 y A6). Algunos estudios han demostrado que el peso de la semillas permanece constante a cualquier densidad de siembra (CIAT, 1980).

4.1.4. Area foliar

En relación a esta variable, durante el primer ciclo de cultivo, se detectaron diferencias significativas ($F < 0.05$), en el efecto de las especies forestales y el monocultivo a los 44, 74 y 86 días después de la siembra. Se encontró que la producción de área foliar al asociar el frijol en callejones de *E. poeppigiana*, fue superior al monocultivo, pero que este es estadísticamente similar cuando se compara con *C. calothyrsus* y *G. sepium* (Cuadros 8 y A7); estos resultados coinciden con los reportados por Limón (1993), el cual menciona que el área foliar aumentó al existir un mayor diámetro de copa hacia el cultivo. En el segundo ciclo, solamente a los 66 días después de la siembra

Cuadro 8. Medias por especie de las variables de crecimiento y producción de biomasa seca de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.

Esp.	Días	Area foliar (cm ² /pl)	Altura/planta (cm)	Biomasa seca (g/pl)
Cc	28	352.31 A	30.82 A	1.63 A
Gs		387.09 A	31.16 A	1.92 A
Ep		449.07 A	32.04 A	2.06 A
Co		243.44 A	26.61 B	1.27 A
Cc	44	641.50 AB	37.88 A	2.94 AB
Gs		637.20 AB	37.07 A	2.88 AB
Ep		897.80 A	37.26 A	3.85 A
Co		326.70 B	29.63 A	1.84 B
Cc	58	921.20 A	43.81 AB	5.83 A
Gs		769.60 A	45.12 A	4.91 A
Ep		880.80 A	45.06 A	5.82 A
Co		407.60 A	32.51 B	3.05 A
Cc	74	1132.80 A	49.73 A	11.35 A
Gs		952.60 AB	53.17 A	9.29 AB
Ep		1318.10 A	52.85 A	11.78 A
Co		433.10 B	35.40 B	5.10 B
Cc	86	874.50 A	47.31 A	13.53 A
Gs		620.60 AB	44.90 A	11.22 A
Ep		801.90 A	48.40 A	12.72 A
Co		380.40 B	32.85 B	5.79 A

Promedios con la misma letra no presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

Cc = *C. calothyrsus* Gs = *G. sepium*

Ep = *E. poeppigiana* Co = control

se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$), pero con la misma tendencia del primer ciclo, en el sentido de que hay una mayor producción de área foliar al asociar el frijol con las especies forestales (Cuadros 9 y A8). Larcher (1977) y Tieszen

Cuadro 9. Medias por especies de las variables de crecimiento y producción de biomasa seca de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 2). Turrialba, C.R., 1995.

Esp.	Días	Area foliar (cm ² /pl)	Altura/planta (cm)	Biomasa seca (g/pl)
Cc	28	479.81 A	36.63 A	1.65 A
Gs		452.50 A	35.57 A	1.67 A
Ep		491.73 A	35.35 A	1.70 A
Co		490.19 A	36.19 A	1.76 A
Cc	44	1236.20 A	46.28 A	6.88 A
Gs		1236.90 A	45.01 A	6.72 A
Ep		1132.30 A	44.53 A	6.09 A
Co		977.20 A	41.99 A	5.84 A
Cc	58	1536.10 A	77.58 A	12.12 A
Gs		1477.50 A	73.75 A	11.71 A
Ep		1730.30 A	67.10 A	12.97 A
Co		1151.00 A	63.17 A	10.19 A
Cc	74	846.09 A	79.71 A	14.70 A
Gs		850.27 A	75.54 A	15.37 A
Ep		949.65 A	68.72 A	14.61 A
Co		624.98 A	64.64 A	11.81 A
Cc	86	156.07 AB	81.83 A	15.47 A
Gs		223.04 A	77.33 A	16.18 A
Ep		168.99 AB	70.33 A	15.38 A
Co		98.96 B	66.10 A	12.43 A

Promedios con la misma letra no presentan diferencias significativas ($F < 0.05$), según la prueba de Duncan.

Cc = *C. calothyrsus* Gs = *G. sepium*
 Ep = *E. poeppigiana* Co = control

(1983), sostienen que la planta de frijol debido a su metabolismo fotosintético, soporta condiciones de baja incidencia de radiación solar, permitiendo tolerar el sombreamiento de los árboles y por ende un mejor desarrollo de área foliar. López (1985), afirma que la luz juega un papel muy importante en la regulación del

desarrollo de la planta, pero que en el caso del frijol, existe una gran variación en los diferentes cultivares por su respuesta a esta, permitiendo un desarrollo muy eficiente bajo condiciones de sombreamiento. En cuanto al efecto de los métodos de labranza sobre el desarrollo de área foliar en el primer ciclo, se detectaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) a los 58 días después de la siembra (Cuadros 10 y A7), encontrándose que la mayor producción de área foliar correspondió al tratamiento en donde se aplicó la cero labranza; Kass¹ (1995), sostiene que en las parcelas donde se aplicó labranza convencional, debido a las condiciones de lluvia que imperaron durante el desarrollo del cultivo, el nitrógeno en forma de amonio fue lixiviado, razón por la cual se presentó un mejor crecimiento en las parcelas de cero labranza. En el transcurso del segundo ciclo, se detectaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) del área foliar entre los métodos de labranza, encontrándose los mayores valores cuando se aplicó labranza convencional (Cuadros 11 y A8). En general puede afirmarse que las densidades de siembra (160,000 y 200,000 pl/ha), no presentaron diferencias estadísticas durante el primero y segundo ciclo (Cuadros 12, 13, A7 y A8), en la producción de área foliar en el período de desarrollo del cultivo, excepto a los 74 días después de la siembra del primer ciclo; esto contrasta con lo reportado por Morales (1984), el cual afirma que cuando las plantas están más espaciadas presentan mayor desarrollo de área foliar.

Cuadro 10. Medias para las variables de crecimiento y producción de biomasa seca de frijol según método de labranza, bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.

Met. Labr.	Días	Area foliar (cm ² /pl)	Altura/planta (cm)	Biomasa seca (g/pl)
Con labran.	28	328.76 A	29.52 B	1.56 A
Sin labran.		387.19 A	30.80 A	1.88 A
Con labran.	44	562.77 A	33.89 B	3.16 A
Sin labran.		688.85 A	37.03 A	2.60 A
Con labran.	58	628.18 B	40.10 B	4.10 B
Sin labran.		861.41 A	43.18 A	5.73 A
Con labran.	74	933.04 A	46.25 B	8.61 A
Sin labran.		985.28 A	49.32 A	10.14 A
Con labran.	86	640.65 A	41.29 B	9.99 A
Sin labran.		698.04 A	45.44 A	11.64 A

Cuadro 11. Medias para las variables de crecimiento y producción de biomasa seca de frijol según método de labranza, bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 2). Turrialba, C.R., 1995.

Met. Labr.	Días	Area foliar (cm ² /pl)	Altura/planta (cm)	Biomasa seca (g/pl)
Con labran.	28	512.42 A	35.13 B	1.71 A
Sin labran.		444.74 B	36.75 A	1.68 A
Con labran.	44	1186.45 A	43.80 A	6.43 A
Sin labran.		1104.85 A	45.11 A	6.33 A
Con labran.	58	1784.70 A	68.17 A	13.73 A
Sin labran.		1162.80 B	72.63 A	9.77 B
Con labran.	74	989.60 A	69.86 A	15.61 A
Sin labran.		645.92 B	74.44 A	12.64 A
Con labran.	86	194.49 A	71.54 A	16.43 A
Sin labran.		129.04 B	76.25 A	13.30 B

Promedios con la misma letra no presentan diferencias significativas ($P < 0.05$).

4.1.5. Altura de la planta

Durante el estado de desarrollo del cultivo en el primer ciclo, (excepto a los 44 días), el frijol sembrado en monocultivo presentó diferencias significativas ($F < 0.05$) en relación a la altura comparado con el asociado en callejones de las especies forestales (Cuadros 8 y A7). Encontrándose que el crecimiento de la planta es estimulado por el sombreamiento que se provoca. Además, la incorporación del material de poda, mejora las características químicas del suelo (Fassbender, 1993), permitiendo una mayor disponibilidad de nutrimentos, que hacen que el cultivo se desarrolle eficientemente. En el segundo ciclo de cultivo no se encontraron diferencias significativas ($F < 0.05$) en el crecimiento en altura en los diferentes sistemas (Cuadros 9 y A8), pero sí mayores valores promedios de altura en comparación con el primer ciclo, posiblemente las condiciones ambientales presentes durante el segundo ciclo favorecieron el desarrollo del cultivo.

En cuanto al efecto de la aplicación de la labranza convencional, en el primer ciclo se encontró que existen diferencias estadísticas ($P < 0.05$), en comparación con la cero labranza (Cuadros 10 y A7), determinándose que el frijol creció más cuando no se efectuó labranza. Durante el segundo ciclo, solamente a los 28 días se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el crecimiento del frijol (Cuadros 11 y A8), siendo mayor cuando no se aplicó labranza. Con la labranza, se trata de reducir la

Cuadro 12. Medias para las variables de crecimiento y producción de biomasa seca según densidad de siembra del frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.

Densidad	Días	Area foliar (cm ² /pl)	Altura/planta (cm)	Biomasa seca (g/pl)
160000 pl/ha	28	361.36 A	30.14 A	1.72 A
200000 "		354.59 A	30.18 A	1.72 A
160000 pl/ha	44	627.83 A	35.41 A	2.94 A
200000 "		623.79 A	35.50 A	2.82 A
160000 pl/ha	58	751.90 A	41.74 A	4.78 A
200000 "		737.69 A	41.51 A	5.03 A
160000 pl/ha	74	1029.27 A	48.05 A	10.26 A
200000 "		889.04 B	47.52 A	8.50 B
160000 pl/ha	86	642.23 A	43.25 A	10.77 A
200000 "		696.46 A	43.48 A	10.86 A

Cuadro 13. Medias para las variables de crecimiento y producción de biomasa seca según densidad de siembra del frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 2). Turrialba, C.R., 1995.

Densidad	Días	Area foliar (cm ² /pl)	Altura/planta (cm)	Biomasa seca (g/pl)
160000 pl/ha	28	478.79 A	36.01 A	1.68 A
200000 "		478.37 A	35.85 A	1.71 A
160000 pl/ha	44	1205.85 A	44.94 A	6.54 A
200000 "		1085.45 A	43.97 A	6.23 A
160000 pl/ha	58	1500.40 A	71.17 A	12.06 A
200000 "		1447.10 A	69.63 A	11.44 A
160000 pl/ha	74	834.32 A	72.88 A	15.03 A
200000 "		801.20 A	71.42 A	13.21 A
160000 pl/ha	86	168.23 A	74.58 A	15.82 A
200000 "		155.30 A	73.21 A	13.91 B

Promedios con la misma letra no presentan diferencias significativas ($F < 0.05$).

competencia por agua y nutrimentos bajo la superficie del suelo entre el cultivo y las especies forestales, ya que se realiza una poda del sistema radicular de éstas últimas. La competencia bajo el suelo se considera una de las más críticas en la reducción del rendimiento de los cultivos asociados en los sistemas agroforestales (Kass, 1993).

El crecimiento del frijol en las dos densidades de siembra, durante el primero y segundo ciclo de cultivo, no presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) (Cuadros 12, 13, A7 y A8).

4.1.6. Producción de biomasa seca total

Durante el primer ciclo, el frijol cultivado en callejones de *E. poeppigiana*, presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) en la producción de biomasa seca total con el monocultivo, a los 44 días después de la siembra (Cuadro 8), lo cual se encuentra asociado a una mayor producción de área foliar/planta en esta misma fecha. También a los 74 días después de la siembra se encontró que en callejones de *C. calothyrsus* y *E. poeppigiana* se obtuvo una mayor producción de biomasa seca en comparación con el monocultivo, como consecuencia de una mayor producción de vainas por planta en dichas especies (Cuadro 6). En el segundo ciclo no se presentaron diferencias significativas, en la producción de biomasa seca total de frijol durante el período de desarrollo del cultivo (Cuadros 9 y A8), en los diferentes

sistemas, como consecuencia de una producción de área foliar por planta y crecimiento en altura uniforme.

El efecto de la labranza sobre esta variable fué significativo ($P < 0.05$) a los 58 días después de la siembra en el primer ciclo, donde la cero labranza superó a la labranza convencional (Cuadros 10 y A7), lo cual puede asociarse a la mayor producción de área foliar/planta y altura que alcanzó el frijol con cero labranza. Durante el segundo ciclo, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$), en la producción de biomasa seca total a los 58, 74 y 86 días después de la siembra, pero en este caso fué mayor cuando se aplicó labranza convencional (Cuadros 11 y A8). En las densidades de siembra, durante el primero y segundo ciclo de cultivo, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$), únicamente a los 74 días después de la siembra (Cuadros 12, 13, A7 y A8), donde la densidad de 160,000 plantas/hectárea superó a la de 200,000 plantas/hectárea, lo cual está relacionado a la mayor producción de área foliar/planta que se obtuvo en esta fecha para dicha densidad.

4.1.7. Índice de área foliar

En ambos ciclos el frijol sembrado en callejones de *E. poeppigiana*, presentó el mayor índice de área foliar, mientras que el monocultivo presentó el menor. (Figs. 3 y 4). Vieira (1985), citado por Limón (1993), afirma que al existir sombra-

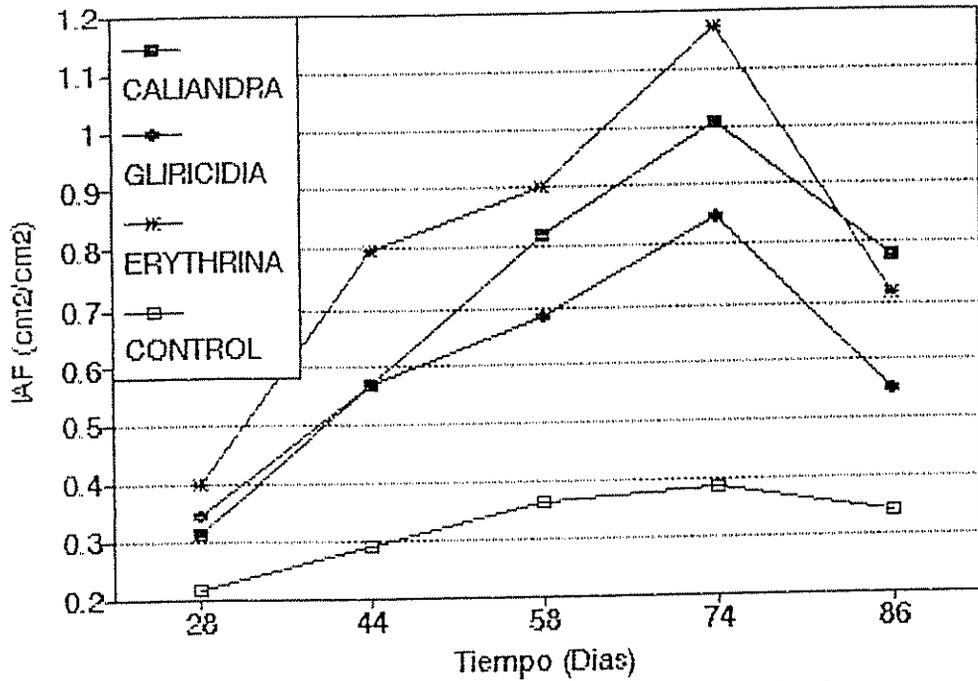


Fig. 3. Índice de area foliar (IAF) del cultivo de frijol segun especie forestal (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.

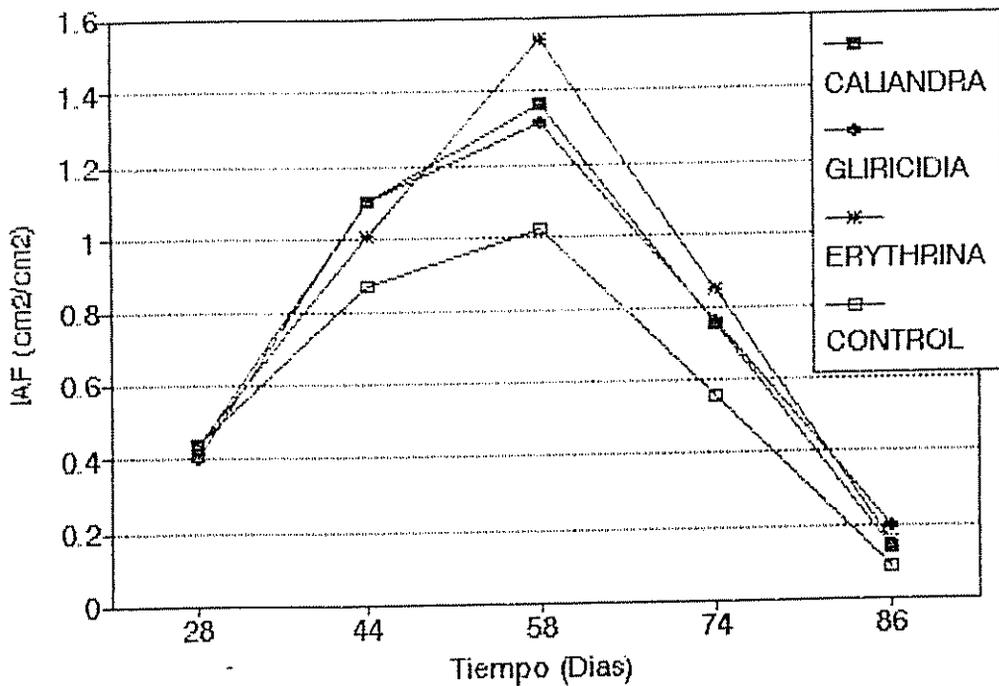


Fig. 4. Índice de area foliar (IAF) del cultivo de frijol segun especie forestal (Ciclo 2). Turrialba, C.R., 1995.

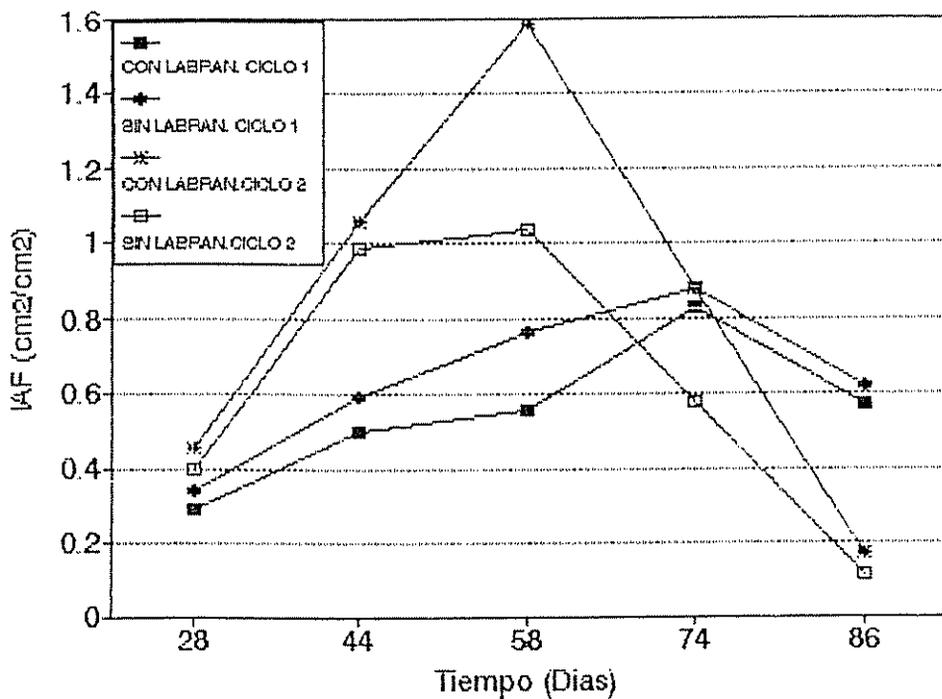


Fig. 5. Indice de area foliar (IAF) del cultivo de frijol segun metodo de labranza. Turrialba, C.R., 1995.

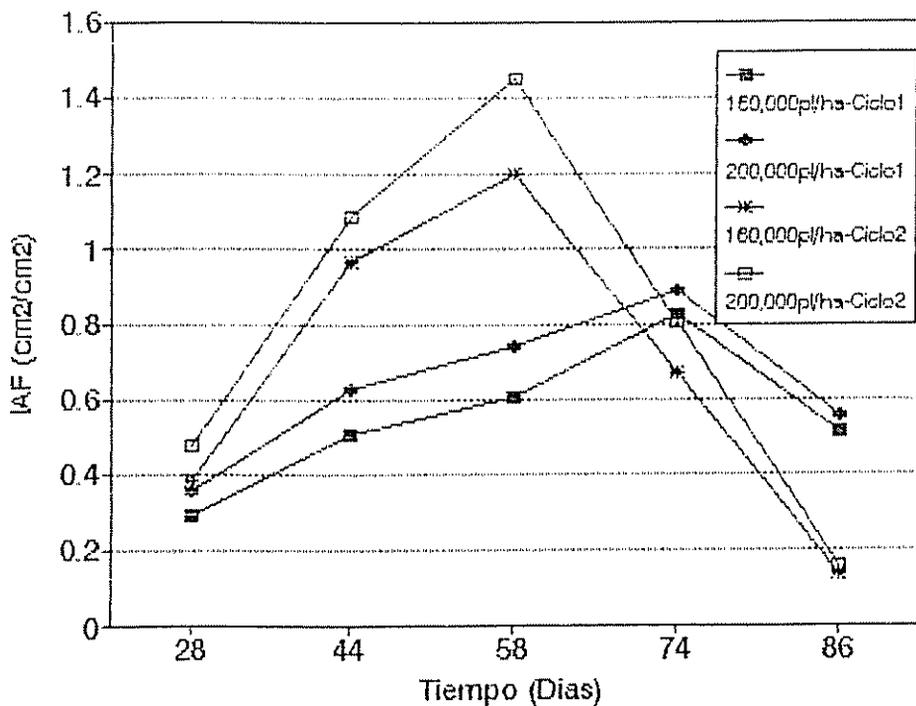


Fig. 6. Indice de area foliar (IAF) del cultivo de frijol segun densidad de siembra. Turrialba, C.R., 1995.

miento, la planta tiende a incrementar su área foliar para captar con eficiencia la luz disponible, generando un mayor índice de área foliar. Trece (1980), sostiene que el índice de área foliar puede considerarse como la fuente de fotosintatos, ya que sus valores expresan la magnitud del área fotosintetizante expuesta por el cultivo a la radiación incidente. Se ha determinado que este índice aumenta con el crecimiento del cultivo (White, 1985) y obtiene su valor óptimo cuando la tasa de crecimiento del cultivo es máxima (Magalhaes, 1979).

El mayor valor de IAF encontrado en los métodos de labranza, durante el primer ciclo se obtuvo al emplear la cero labranza; caso contrario ocurrió durante el segundo ciclo (Fig. 5).

En relación al efecto de las densidades de siembra sobre el índice de área foliar se encontró que para el primero y segundo ciclo, el mayor valor se obtuvo a la densidad de 200,000 plantas por hectárea aunque el área foliar por planta fue menor a esta densidad (Fig. 6); posiblemente, la mayor población de plantas originó una mayor producción de área foliar. Cabe destacar, que los mayores valores de IAF del cultivo de frijol, se presentaron durante el segundo ciclo de cultivo, como consecuencia de la mayor producción de área foliar durante el desarrollo de éste, en comparación con el primero.

4.1.8. Índices fisiológicos

El índice de crecimiento relativo del cultivo de frijol durante el primer ciclo, fue mayor con *E. poeppigiana* y *C. calothyrsus*, desde los 44 a 74 días después de la siembra, seguido por *G. sepium* y por último el monocultivo (Fig. 7). En evaluaciones del ICR del cultivo de frijol en callejones, se menciona que posiblemente la no incorporación de material de poda en el monocultivo, genera una deficiencia de nutrimentos, lo cual retrasa el crecimiento del área foliar, provocando una menor producción de biomasa seca (Limón, 1993). En el segundo ciclo, el comportamiento del ICR en los diferentes sistemas fue similar (Fig. 8).

El máximo valor del ICR bajo los métodos de labranza durante el primer ciclo, se obtuvo a los 58 días después de la siembra (Fig. 9); la tendencia para ambos sistemas se mantuvo durante el desarrollo del cultivo; el mismo comportamiento se produjo en el segundo ciclo, pero el valor máximo se obtuvo a los 44 días después de la siembra.

Durante el primer ciclo el ICR fue ligeramente mayor cuando el frijol se sembró a la densidad de 160,000 plantas/hectárea (Fig. 10), determinándose que la planta al estar más espaciada, tiene mayor capacidad de producción de materia seca, la cual tiene un comportamiento ascendente, hasta alcanzar su máximo crecimiento a los 74 días. En el segundo ciclo, el comportamiento del ICR para las dos densidades, fue similar (Fig. 10).

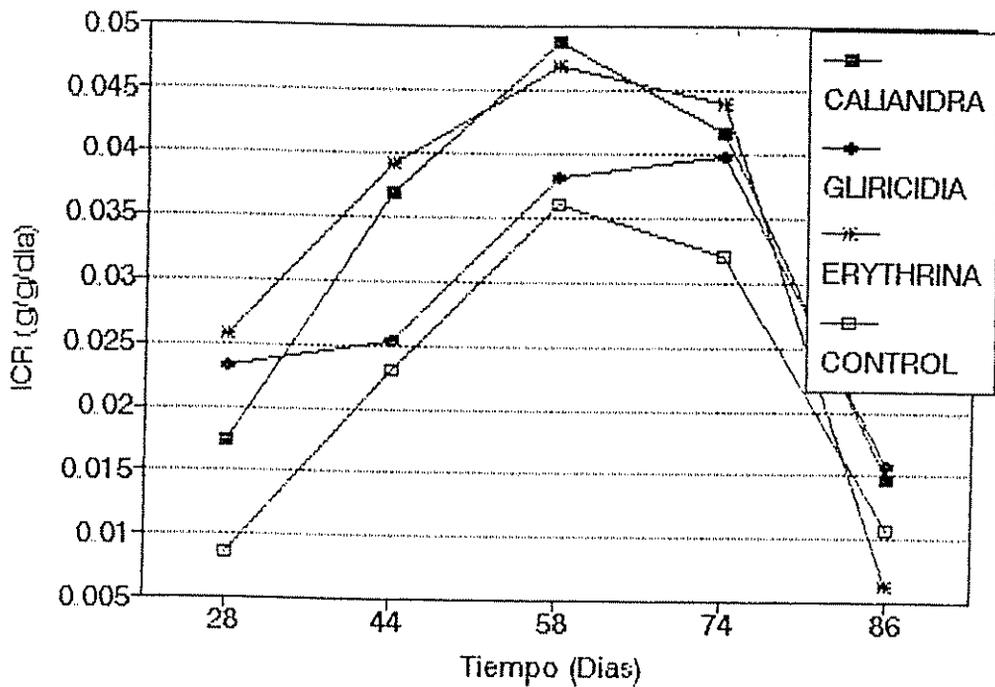


Fig. 7. Índice de crecimiento relativo (ICR) del cultivo de frijol según especie forestal (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.

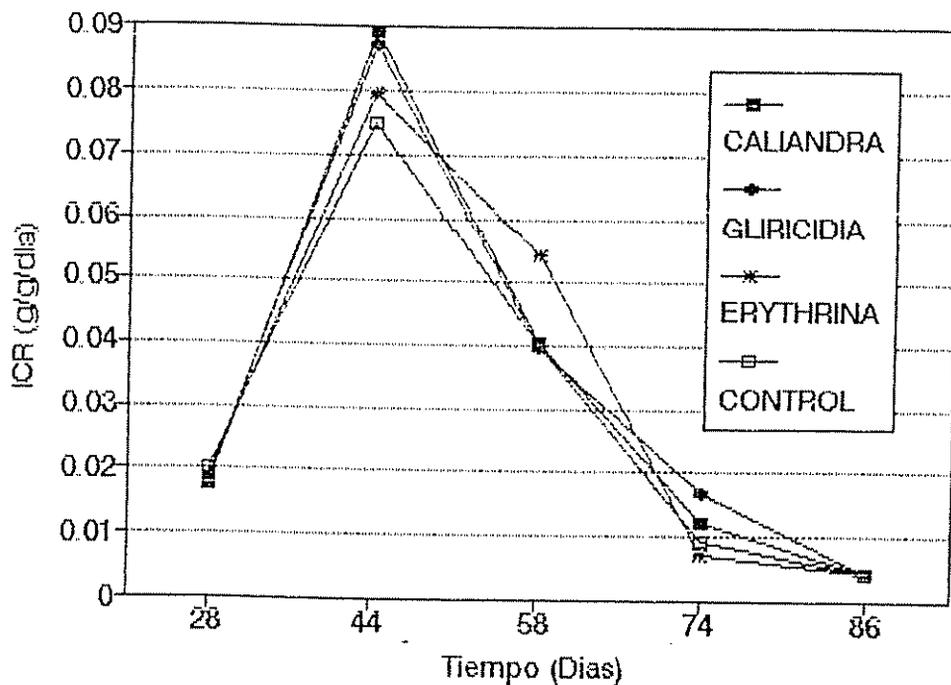


Fig. 8. Índice de crecimiento relativo (ICR) del cultivo de frijol según especie forestal (Ciclo 2). Turrialba, C.R., 1995.

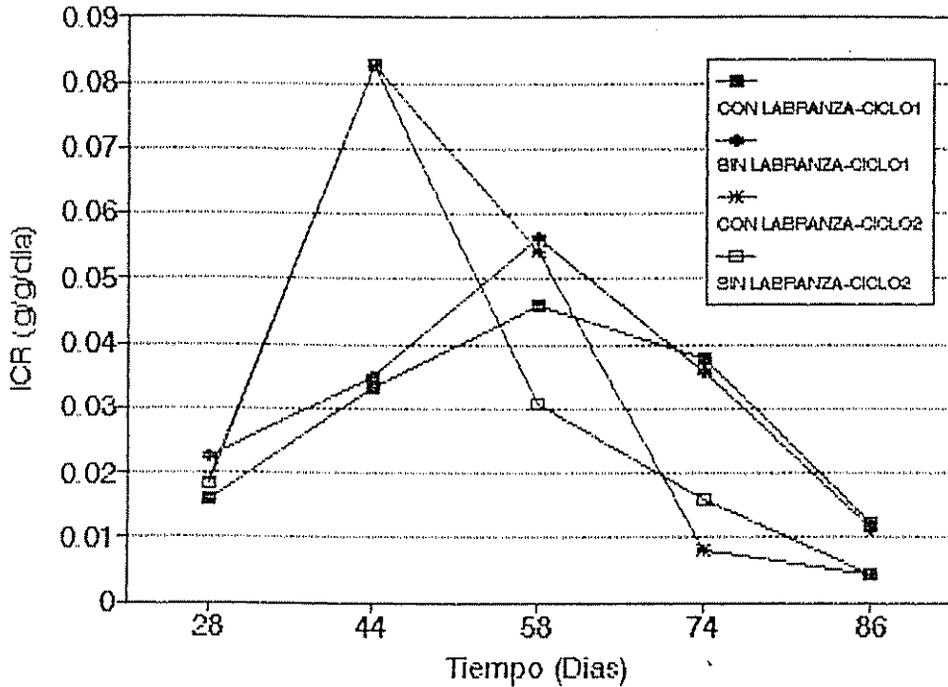


Fig. 9. Índice de crecimiento relativo (ICR) del cultivo de frijol según método de labranza. Turrialba, C.R., 1995.

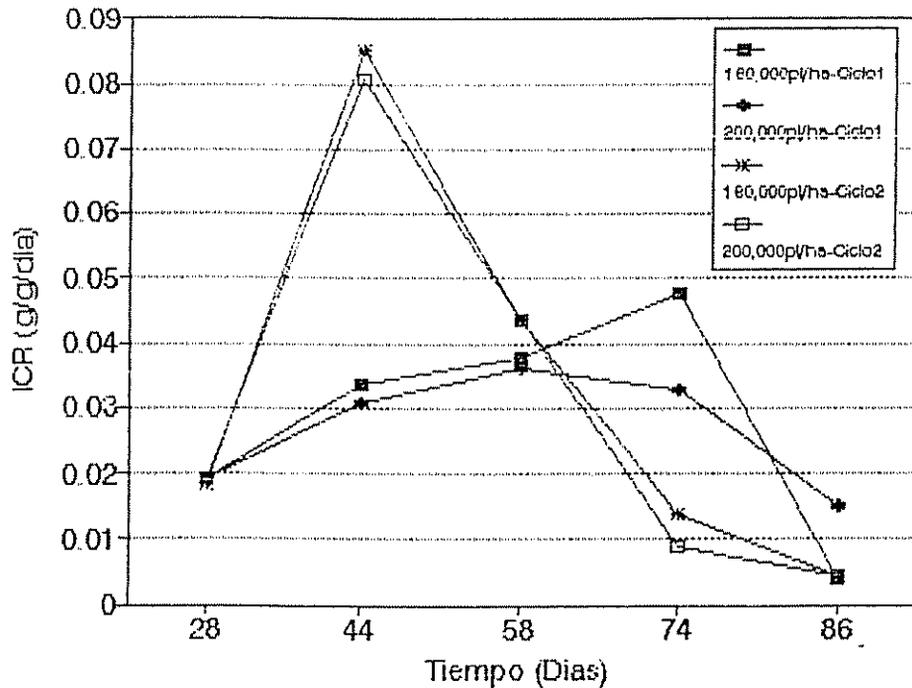


Fig. 10. Índice de crecimiento relativo (ICR) del cultivo de frijol según densidad de siembra. Turrialba, C.R., 1995.

El índice de asimilación neta (IAN) del frijol en los sistemas de cultivo en callejones y en el monocultivo durante el primero y segundo ciclo, presentó sus máximos valores a los 28 días después de la siembra (Cuadros A9 y A10). Los mismos resultados se encontraron en los métodos de labranza y las densidades de siembra. El índice de asimilación neta (IAN), representa una medida de la eficiencia del sistema fotosintetizante (Arze, 1977).

4.2. Producción de biomasa de los árboles

En el Cuadro 14 se presentan los promedios del crecimiento y producción de biomasa por árbol de tres especies forestales asociadas con el frijol a los seis meses después de la poda. Se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$ y 0.01), para las variables de crecimiento (diámetro de copa hacia el frijol, diámetro de copa hacia el árbol y número de rebrotes), no así para la altura de los árboles. También hubo diferencias significativas en la producción de biomasa por árbol (Cuadro A11). *C. calothyrsus*, fue estadísticamente superior ($P < 0.05$), a *E. poeppigiana* y *G. sepium*, en relación al número de rebrotes producidos. En cuanto al diámetro de copa orientado hacia el frijol y hacia los árboles, *C. calothyrsus* y *E. poeppigiana*, no presentaron diferencias significativas, pero sí ambas fueron superiores a *G. sepium* (Cuadro 14). La producción de biomasa fresca de hoja por árbol presentó diferencias estadísticas según

Cuadro 14. Medias del crecimiento y producción de biomasa por árbol de tres especies forestales asociadas con frijol a los seis meses después de la poda. Turrialba, C.R., 1994.

Especies forestales	Altura árbol (m)	Diámetro copa hacia frijol (m)		Diámetro copa hacia árbol (m)	Número rebrotes
Cc	3.85 A	4.54 A		2.89 A	14 A
Gs	2.99 A	1.90 B		1.07 B	6 B
Ep	3.86 A	4.90 A		3.76 A	6 B

Especies forestales	Peso fresco (kg/árbol)				Peso seco (kg/árbol)			
	Hoja	Tallo leñoso	Tallo Tierno	Total	Hoja	Tallo leñoso	Tallo tierno	Total
Cc	4.3B	8.3A	1.1AB	13.7A	1.7A	3.7 A	0.3AB	5.7A
Gs	0.8B	1.9B	0.2B	2.9B	0.2B	0.6 B	0.1B	0.9B
Ep	12.4A	8.7A	5.4A	26.5A	2.4A	2.1 AB	0.8A	5.3A

Cuadro 15. Medias del crecimiento y producción de biomasa por árbol de tres especies forestales asociadas con frijol a los cuatro meses después de la poda. Turrialba, C.R., 1994.

Especies forestales	Altura árbol (m)	Diámetro copa hacia frijol (m)		Diámetro copa hacia árbol (m)	Número rebrotes
Cc	2.28 AB	2.57 A		2.04 A	16 A
Gs	1.76 B	1.43 B		0.86 B	8 B
Ep	2.39 A	2.86 A		2.34 A	11 AB

Especies forestales	Peso fresco (kg/árbol)				Peso seco (kg/árbol)			
	Hoja	Tallo leñoso	Tallo Tierno	Total	Hoja	Tallo leñoso	Tallo tierno	Total
Cc	1.2A	0.9A	0.3A	2.4A	0.4A	0.3A	0.06A	0.8A
Gs	0.6A	0.6A	0.2A	1.4A	0.1A	0.1B	0.02A	0.2A
Ep	2.5A	0.7A	0.7A	3.9A	0.5A	0.3A	0.09A	0.9A

Promedios con la misma letra no presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

Cc = *C. calothyrsus*, Gs = *G. sepium* y Ep = *E. poeppigiana*.

la prueba de Duncan ($P < 0.05$), siendo mayor para *E. poeppigiana* en comparación con *C. calothyrsus* y *G. sepium*. Para la producción de tallo leñoso fresco se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las especies, además se encontró cuando se comparó la biomasa fresca de tallo tierno, encontrándose el mayor valor para *E. poeppigiana*. En cuanto a la producción de biomasa fresca total por árbol, *C. calothyrsus* y *E. poeppigiana*, fueron superiores estadísticamente a *G. sepium* ($P < 0.05$). La biomasa seca total presentó diferencias significativas ($P < 0.05$), entre las especies, encontrándose los mayores valores en *C. calothyrsus* y *E. poeppigiana*.

En el Cuadro 15, se presentan los promedios del crecimiento y producción de biomasa por árbol de las tres especies forestales asociadas con frijol a los cuatro meses después de la primera poda. Se encontraron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre las especies forestales, para las variables altura total, diámetro de copa hacia el frijol y los árboles y número de rebrotes: en relación a la altura total *E. poeppigiana* superó a *G. sepium*, pero ambas fueron iguales a *C. calothyrsus*, en cuanto al diámetro de copa hacia el frijol y los árboles *C. calothyrsus* y *E. poeppigiana* superaron a *G. sepium* y para el caso del número de rebrotes, *C. calothyrsus* fue mayor que *G. sepium*, pero ambas fueron iguales a *E. poeppigiana*. También se encontraron diferencias estadísticas entre los métodos de labranza, para las variables altura total y número de rebrotes, las dos variables disminuyeron cuando se empleó labranza convencional. No se encontraron

diferencias significativas ($P < 0.05$), en la producción de biomasa de las especies forestales.

Además se encontró interacción significativa ($P < 0.05$), entre los métodos de labranza y las especies forestales (Cuadro A12), para la variable diámetro de copa hacia el frijol y producción de biomasa fresca y seca total por árbol; en cuanto al efecto de la aplicación de labranza convencional, sobre el diámetro de copa de los árboles hacia el frijol y producción de biomasa fresca por árbol, se encontró que únicamente afectó a *Calliandra calothyrsus*, en donde se obtuvieron valores menores (2.35 m y 2.01 kg/árbol), que cuando se aplicó la cero labranza (2.79 m y 2.85 kg/árbol).

En el Cuadro 16 se presentan los promedios de producción de biomasa por hectárea de tres especies forestales asociadas con el cultivo de frijol, a los seis meses después de la poda. Se encontraron diferencias significativas entre las especies forestales ($P < 0.05$), en la producción de biomasa fresca total por hectárea a los seis meses después de la poda; *E. poeppigiana* y *C. calothyrsus* superaron a *G. sepium*. También se encontraron diferencias significativas en la producción de biomasa fresca de hojas, en donde *C. calothyrsus*, fue igual a *G. sepium* y *E. poeppigiana*, pero esta última superó a *G. sepium* (Cuadro 16). La biomasa seca de hojas por hectárea, fue mayor ($P < 0.05$), en *C. calothyrsus* y *E. poeppigiana*, esto se debió principalmente a que durante la primera poda se dio una mayor producción de rebrotes en la primera y al tamaño de las hojas que caracterizan a la segunda.

En cuanto a la producción de biomasa seca total, se encontró que *C. calothyrsus*, supero estadísticamente ($P < 0.05$) a *E. poeppigiana* y *G. sepium*. A esto posiblemente contribuye la alta lignificación de los tallos de *C. calothyrsus*, que también fue mayor a las otras dos especies (Cuadros 16 y A13); estos resultados coinciden con los reportados por Limón (1993).

El Cuadro 17 muestra los promedios de producción de biomasa de las especies forestales asociadas con el cultivo de frijol a los cuatro meses después de la primera poda. No se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$), entre las especies forestales en la producción de biomasa fresca por órgano (hojas, tallo leñoso y tallo tierno) y total. Sí se encontraron diferencias significativas en la producción de biomasa fresca/hectárea por efecto de los métodos de labranza (Cuadro A14), obteniéndose mayores producciones cuando se utilizó la cero labranza (4,057.40 kg/ha), superando hasta por casi 1 ton/ha a los tratamientos con labranza convencional (3624.40 kg/ha). En cuanto a la biomasa seca por hectárea, solamente se encontró diferencias significativas ($P < 0.05$), en la producción de tallo leñoso, donde *Calliandra calothyrsus* superó a las otras dos especies.

4.3. Aporte de nutrimentos por las especies forestales

C. calothyrsus y *E. poeppigiana*, fueron las especies que aportaron una mayor cantidad de nutrimentos al sistema, aproximadamente en las mismas proporciones (Cuadro 18), pero cabe desta-

Cuadro 16. Medias de la producción de biomasa por hectárea de tres especies forestales asociadas con frijol a los seis meses después de la poda. Turrialba, C.R., 1994.

Esp. for.	Peso fresco (kg/ha)				Mat. seca (%)
	Hoja	Tallo leñoso	Tallo Tierno	Total	
Cc	7165 AB	13838 A	1850 A	22853 A	
Gs	2479 B	6447 B	794 A	9720 B	
Ep	10369 A	7227 AB	4535 A	22131 A	

Esp. for.	Peso seco (kg/ha)				Mat. seca (%)
	Hoja	Tallo leñoso	Tallo Tierno	Total	
Cc	2796.70 A	6123.40 A	546.00 A	9466.10 A	41 A
Gs	667.10 B	2014.40 B	181.40 A	2862.90 B	29 B
Ep	1972.80 A	1712.30 B	640.30 A	4325.40 B	20 C

Cuadro 17. Medias de la producción de biomasa por hectárea de tres especies forestales asociadas con frijol a los cuatro meses después de la poda. Turrialba, C.R., 1994.

Esp. for.	Peso fresco (kg/ha)				Mat. seca (%)
	Hoja	Tallo leñoso	Tallo Tierno	Total	
Cc	2062.90 A	1548.70 A	436.10 A	4047.70 A	
Gs	2071.20 A	966.00 A	578.50 A	3615.70 A	
Ep	2084.70 A	1182.60 A	542.00 A	3809.30 A	

Esp. for.	Peso seco (kg/ha)				Mat. seca (%)
	Hoja	Tallo leñoso	Tallo Tierno	Total	
Cc	699.60 A	569.97 A	101.01 A	1370.58 A	33.86 A
Gs	490.60 A	254.87 B	95.48 A	840.95 A	23.26 B
Ep	439.50 A	268.95 B	69.28 A	777.73 A	20.42 C

Promedios con la misma letra no presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Duncan.

Cc = *C. calothyrsus*, Gs = *G. sepium* y Ep = *E. poeppigiana*.

car que *C. calothyrsus*, lo hizo con el doble de biomasa seca de lo que aporta *E. poeppigiana*, debido a la alta cantidad de nutrimentos en el tejido vegetal de esta última (Cuadro A15) y además de tener la ventaja de que la incorporación de éstos (los nutrimentos) es más rápida, lo cual demuestra el potencial para ser utilizada en sistemas agroforestales. En un ensayo en el CATIE, se encontró que el frijol dio mejores rendimientos durante nueve años consecutivos al asociarse con *E. poeppigiana*, que cuando se sembró en monocultivo, aún cuando a este último se le adicionaron 50 kg/ha/año de nitrógeno en forma de nitrato de amonio (Kass et al, 1993).

Estudios sobre la producción de biomasa seca de *C. calothyrsus*, reportan una producción de 7 a 10 toneladas por hectárea por año (Geilfus, 1994), lo cual coincide con lo encontrado en la presente investigación donde se obtuvo una producción de 12 toneladas (Cuadro 18), aportando una cantidad adecuada de nutrimentos para el desarrollo del cultivo.

En relación a *G. sepium*, esta especie fue la que aportó menor cantidad de nutrimentos al sistema; sin embargo, la producción obtenida de frijol fue ligeramente superior a *C. calothyrsus*. Posiblemente la velocidad de descomposición del material de poda de esta especie sea más rápido, teniéndose una disponibilidad de nutrimentos a corto plazo, además por su hábito de crecimiento (brotes verticales) y corto diámetro de copa orientado hacia el cultivo, compite menos por luz con éste. Kang y Wilson (1987), con una producción similar de biomasa de *G.*

Cuadro 18. Producción de biomasa seca y aporte de nutrimentos (kg/ha/año) por las especies forestales utilizadas en el ensayo de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones. Turrialba, C.R., 1995.

Especie forestal	Biomasa seca * (kg/ha/año)	Nutrimentos (kg/ha/año)				
		N	P	K	Ca	Mg
<i>C. calothyrsus</i>	10836.68	154.66	10.09	63.94	53.18	14.33
<i>G. sepium</i>	3703.85	77.98	4.21	38.45	15.26	5.61
<i>E. poeppigiana</i>	5103.13	146.57	11.23	79.68	38.67	9.68

* Cinco años después de establecidas las especies forestales; total de dos podas al año.

sepium, de una plantación igual en edad a la del presente ensayo, pero con cinco podas anuales, determinó que el aporte de nutrimentos fue superior al encontrado en este trabajo, lo cual posiblemente se haya debido a que el contenido de nutrimentos en el tejido vegetal tierno es mayor al hacer podas frecuentes que cuando se realizan las podas más espaciadas en el tiempo.

5. CONCLUSIONES

- 1.- El rendimiento del frijol, bajo el sistema de cultivo en callejones, superó al monocultivo, determinándose que la interacción del cultivo con el componente arbóreo optimiza el uso de los recursos y aumenta la productividad del terreno.
- 2.- En cuanto a los métodos de labranza, se determinó que durante el primer ciclo, el rendimiento de grano de frijol, fue mayor en la cero labranza, mientras que en el segundo, cuando se aplicó labranza convencional.
- 3.- Los mejores rendimientos de cultivo de frijol durante el primero y segundo ciclo de cosecha, bajo el sistema de cultivo en callejones, se obtuvieron a la densidad de 200,000 pl/ha.
- 4.- El cultivo de frijol respondió favorablemente al asocio con las especies forestales; los mejores promedios en área foliar, altura de la planta, producción de materia seca e índice de área foliar, se obtuvieron bajo el sistema de cultivo en callejones.
- 5.- En relación a las épocas de siembra, se encontró que el rendimiento de grano del frijol fue menor en la primera,

teniendo como factor adverso la precipitación, lo cual dificultó el buen desarrollo del cultivo.

- 6.- La aplicación de labranza convencional redujo la producción de biomasa (kg/ha) de las especies forestales en aproximadamente un 11% y solamente afectó en la producción por árbol (kg/árbol) a *Calliandra calothyrsus*, obteniéndose una reducción del 30%.
- 7.- *C. calothyrsus* y *E. poeppigiana*, obtuvieron el mayor crecimiento en altura, diámetro de copa hacia el cultivo y hacia los árboles.
- 8.- El aporte de nutrimentos de las especies forestales por medio del material de poda es superior para *Calliandra calothyrsus* y *Erythrina poeppigiana* en comparación a *Gliricidia sepium*, pero en el caso de las dos primeras es necesario mencionar que *Erythrina poeppigiana* lo hace con menos del 50% de materia seca/ha con respecto a *Calliandra calothyrsus*.

6. RECOMENDACIONES

- 1.- Para el establecimiento del cultivo de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones y obtener buenos rendimientos se recomienda sembrar una población de plantas por hectárea de 200,000, con distanciamientos de 20 cm desde la línea de los árboles hasta el primer surco, 40 cm entre surcos y 25 cm entre planta.
- 2.- Para determinar el efecto de la aplicación de labranza convencional en la poda del sistema radical y en la incorporación del material de poda proveniente de las especies forestales se recomienda hacer la evaluación del comportamiento del cultivo a partir del segundo ciclo.
- 3.- Realizar análisis químico del suelo, cultivo y árboles, para conocer el balance entre los nutrimentos aportados por los árboles y los consumidos por el cultivo.
- 4.- Realizar un análisis económico del cultivo de frijol, para obtener los indicadores que permitan comparar el sistema de cultivo en callejones y el monocultivo, con la aplicación de los dos métodos de labranza y las densidades de siembra.

7. BIBLIOGRAFIA

- ALAVEZ, L.S. 1986. Efecto de poró *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook, plantado en cuatro espaciamentos sobre la producción de maíz (*Zea mays* L.) en un sistema de cultivo en franjas (*Alley cropping*). Thesis Mg.Sc. Turrialba, Costa Rica. Programa Universidad de Costa Rica-CATIE. 87 p.
- ANDINO, J.S. 1989. Efecto de labranzas y rotación de cultivos sobre la población de malezas. Thesis Mg.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 120 p.
- ARZE, J.A. 1977. Factores que afectan la producción agrícola. La Paz, Bolivia. IICA-IBTA. 26 p.
- BARRIOS, A. 1972. Foblación y rendimiento por hectárea en siembras de caraota negra (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de riego y secano. Revista del Centro de Investigaciones Agronómicas. Maracay, Venezuela. Vol. 12(4):391-393.
- BUDELMAN, A. 1989. Nutrient composition of the leaf biomass of tree selected woody leguminous species. Agroforestry Systems (Holanda) 8:39-51.
- BUDOWSKI, G. 1984. Los sistemas agroforestales en Centroamérica. In Agroforesteria: actas del seminario realizado en el CATIE, febrero a marzo de 1991. Heuvelodp, H., Lagemann, J. (eds.). Turrialba, Costa Rica. CATIE-GTZ-DSE. p. 15.
- CARBALLO VARGAS, M. 1982. Manejo de suelo, rastrojo y plagas-interacciones y efecto sobre el maíz (*Zea mays* L.). Thesis Mg.Sc. Turrialba, Costa Rica. UCR/CATIE. 94 p.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1992. Evaluación de genotipos de maíz y frijol en un cultivo en callejones con *C. calothyrsus*, *E. poeppigiana* y *G. sepium*. In Informe anual: Proyecto árboles fijadores de nitrógeno. Turrialba, Costa Rica. CATIE-SAREC. p. 62-63.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central: Resultados de cinco años de investigación. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico-no. 86. 227 p.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1991. Madreado (Madero negro, Madrecacao,...) (*Gliricidia sepium*). especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE, Turrialba, C.R. Serie Técnica. Informe Técnico No. 180. 79 p.

- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1980. Informe anual del programa de frijol 1979. Cali, Colombia. CIAT. p. 85.
- . 1987. Informe CIAT 1986. Cali, Colombia. CIAT. p. 40-41.
- DACARETT, V. 1976. Efecto de la densidad de siembra en los rendimientos de dos variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). In XXII Reunión Anual PCCMCA, 1975. San José, Costa Rica. s.e. p. L.16.1-L.16.3.
- ESCOBAR MUNERA, M.L. 1990. Dinámica del nitrógeno en un cultivo en callejones de poro *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F.Cook y madero negro *Gliricidia sepium* (Jacq) con frijol común *Phaseolus vulgaris* L. Thesis Mg.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 98 p.
- ESPINOZA, J.P. 1984. Caracterización nutritiva de la fracción nitrogenada de madero negro *Gliricidia sepium* y poró *Erythrina poeppigiana*. Thesis Mg.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 90 p.
- FASSBENDER, H.W. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2 ed. Turrialba, Costa Rica. CATIE/GTZ. p. 70-72.
- FERNANDES, E.C.M. 1990. Alley cropping on acid soils. Thesis Ph.D. North Carolina State University. 157 p.
- GEILFUS, F. 1985. Sistemas integrados de conservación de suelos adaptados a los pequeños agricultores en zonas húmedas y sub húmedas. Santo Domingo. IICA. p. 44-47.
- . 1994. El árbol al servicio del agricultor, manual de agroforestería para el desarrollo rural: guía de especies. Vol. 2. Turrialba, Costa Rica. enda-caribe-CATIE. p. 535-539, 581-585, 593-597.
- GLOVER, N.L. 1989. *Gliricidia* production and use. Waimanalo, Hawaii. Nitrogen Fixing Tree Association. 44 p.
- GRIFFITH, D.R.; MANNERING, J.V.; BOX, J.E. 1986. Soil and moisture management with reduced tillage. In Sprague, M.A.; Triplett, G.B. (eds.). No-tillage and surface-tillage agriculture: the tillage revolution. New York. John Wiley & Sons. p. 20-37.
- HOLDRIDGE, L.R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica. IICA. 216 p.

- HOLDRIDGE, L.R.; POVEDA, L.J. 1975. Arboles de Costa Rica. San José, C.R. Centro Científico Tropical. 546 p.
- HUCK, M.G. 1983. Root distribution, growth, and activity with reference to agroforestry. In. Huxley, F.A. (ed.). Plant research and agroforestry. Nairobi, Kenya. ICRAF. p. 533-534.
- IBSNAT. 1986. Decision support system for agrotechnology transfer (DSSAT). Crop model: input and output files, version 1.0. IBSNAT. Technical report no. 5 53 p.
- IRAMETA, M. 1984. Influencia de la densidad de población y el espaciamiento entre hileras sobre el comportamiento de diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) In. XXX Reunión Anual PCCMCA, 1983. Managua, Nicaragua. s.e. p. 56.
- JIMENEZ CHACON, T. 1981. Desempeño de sistemas de cultivo con maíz, frijol común y frijol lima, en dos tipos de laboreo de suelo y dos niveles de fertilización con nitrógeno. Thesis Mg.Sc. Turrialba, Costa Rica. UCR/CATIE. 76 p.
- JIMENEZ BURGOS, J.M. 1990. Análisis del crecimiento y fenología del maíz (*Zea mays* L. c.v. Tuxpeño) en un cultivo en callejones con poró (*Erythrina poeppigiana*)(Walpers) O.F.Cook, plantado en cuatro arreglos espaciales. Thesis Mg.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 124 p.
- JIMENEZ, J.; SOLANO, R.; VIQUEZ, E. 1993. Evaluación inicial del sistema maíz-maíz en un cultivo en callejones con cuatro leguminosas arbóreas. In. Memorias de la semana científica 8-10 de diciembre, 1993. Salazar, R. (ed.). Turrialba, Costa Rica. CATIE. p. 43-45.
- ; OKORO, P.; VIQUEZ, E. 1993. Evaluación inicial del sistema ñampi-maíz en un cultivo en callejones de *E. fusca* y *C. calothyrsus* con tres arreglos espaciales. In. Memorias de la semana científica 8-10 de diciembre, 1993. Salazar, R. (ed.). Turrialba, Costa Rica. CATIE. p. 47-49.
- KANG, B.T.; WILSON, G.F. 1987. The development of alley cropping as a promising agroforestry technology. In Steppler, H.A.; Nair, P.K.R. (eds.). Agroforestry. A decade of development. Nairobi, Kenya. ICRAF. p. 227-235.
- s.f. Cultivos en callejones: logros y perspectivas. Ibadan, Nigeria. IITA. p. 61-79.
- KASS, D.L.C. 1986. Alley cropping of annual food crops with woody legumes in Costa Rica. In Proceedings "Advances in agroforestry research. September 1-11; 1985". Ed. por J.

- Beer, H. Fassbender y J. Heuvelodp. Turrialba, Costa Rica. CATIE-GTZ. p. 197-202.
- . 1989. Experiencias sobre el uso de abono orgánico y sistemas agroforestales en la producción sostenida del frijol. In. Curso manejo agronómico de frijol. Ed. por PROFRIJOL. San José, Costa Rica. CIAT-CATIE-CNP-UCR-UNA. p. 50-59.
- . 1993. Consideraciones edafológicas relacionadas con los sistemas agroforestales. In. Seminario regional "Sombras y Cultivos Asociados con cacao". Ed. por Wilbert Phillips M. Turrialba, Costa Rica. CATIE-GTZ. p. 19-28.
- ; JIMENEZ, J. s.f. Cultivo en callejones - pasado y perspectivas. Turrialba, Costa Rica, CATIE. (mimeo).
- ; BARRANTES, A.; BERMUDEZ, W.; CAMPOS, W.; JIMENEZ, M.; SANCHEZ, J. 1989. Resultados de seis años de investigación de cultivo en callejones (alley cropping), en "La Montaña". Turrialba, Costa Rica. In El Chasqui. Boletín informativo sobre recursos naturales. CATIE. 19:5-24.
- ; DIAZ-ROMEU, R. 1986. Effect of prunings of woody legumes on a nutrient losses in sustained crop production a Typic Humitropept. (Humic Cambisol) XIII Congress of the International Soil Science Society. Hamburgo, Alemania. Vol. 3:801-802.
- ; JIMENEZ, J.; SANCHEZ, J.; SOTA, M.L.; GARZON, H. 1993a. *Erythrina* in alley farming. In. Westley, S.B.; Powell, M.H. (eds.). *Erythrina* in the new and old worlds. Bangkok, Thailand. Nitrogen Fixing Tree Association 1993. p. 129-135.
- ; ROGERS, S.; COOPERBAND, L.; NYGREN, P. 1993b. Trees with annual crops. In. Westley, S.B.; Powell, M.H. (eds.). *Erythrina* production and use: a field manual. Bangkok, Thailand. Nitrogen Fixing Tree Association 1993- CATIE. p. 12-14.
- KAUFFMAN. 1991. ISIS 4.0 data sheet of monolith CR002. Turrialba, Costa Rica. CATIE. p. 1-2.
- KING, K.F.S. 1987. The history of agroforestry. In Steppler, H.A.; Nair, P.K.R. (eds.). Agroforestry. A decade of development. Nairobi, Kenia, ICRAF. p. 3-6.
- KOHASHI-SHIBATA, J. 1990. Aspectos de la morfología y fisiología del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su relación con el rendimiento. Chapingo-Montecillo, México. Centro de Botánica Colegio de Postgraduados. p. 22-27.

- LARCHER, W. 1977. Ecofisiología vegetal. Barcelona, España. Omega. p. 150-155.
- LIMON LIMON, A. 1993. Comportamiento de genotipos de maíz y frijol en cultivos en callejones con *Erythrina poeppigiana*, *Calliandra calothyrsus* y *Gliricidia sepium*. Thesis Mg.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 126 p.
- LOPEZ, M. 1985. Frijol: investigación y producción. Cali, Colombia. XYZ. p. 43-47.
- MAGALHAES, A.C.N. 1979. Análise quantitativa do crescimento. In. Fisiología vegetal vol. 1. Gimaraes, M. (ed.). Sao Paulo, Brasil. Universidad de Sao Paulo. p. 313-342.
- MONTAGNINI, F. 1992. Sistemas agroforestales, principios y aplicaciones en los trópicos. 2 ed. San José, Costa Rica. ORGANIZACION PARA ESTUDIOS TROPICALES. p. 22-23, 75-79.
- MORALES, C. 1984. Determinación de la densidad de población en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). In. XXX Reunión Anual PCCMCA 1983. Managua, Nicaragua. s.e. p. 66.
- NAS. 1984. Especies para leña: Arbustos y árboles para la producción de energía. Trad. por V.A. de Argüello. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 344 p.
- NYGREN, P. 1990. Modelos de patrones de sombra de surcos de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) D.F.Cook en sistemas de cultivos en callejones. Thesis Mg.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 143 p.
- ORRORO, P.; JIMENEZ, J.; VIQUEZ, E.; SOLANO, R. 1993. Evaluación de un sistema maíz-maíz en callejones de *Erythrina poeppigiana* con diferentes espaciamientos. In. Memorias de la semana científica 8-10 de diciembre, 1993. Salazar, R. (ed.). Turrialba, Costa Rica. CATIE. p. 39-41.
- OROZCO, S.H. 1989. Densidades de siembra del frijol. In. Curso manejo agronómico de frijol. Ed. por PROFRIJOL. San José, Costa Rica. CIAT-CATIE-CNF-UCR-UNA. p. 156-164.
- PITTY, A.; ANDREWS, K.L. 1989. Effects of weeds and tillage on the bean slug, *Sarasinula plebeia* (Fischer), in the corn-bean production systems, in Central America. WSSA, Abstracts (EE.UU) 29: 63.
- REDHEAD, J.F.; MAGHEMBE, J.A.; NDUNGURU, B.J. 1983. The intercropping of grain legumes in agroforestry systems. Huxley, P.A. (ed.). Plant research and agroforestry. Nairobi, Kenya. ICRRAF. p. 117-118.

- RUSSO, R.O. 1983. Efecto de la poda de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook (poró), sobre la nodulación, producción de biomasa y contenido de nitrógeno en el suelo en un sistema agroforestal "café-poró". Thesis Mg.Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 108 p.
- RUSSO, R.O. 1993. The use of *Erythrina* species in the Americas. In: Westley, S.B.; Powell, M.H. (eds.). *Erythrina in the new and old worlds*. Bangkok, Thailand. Nitrogen Fixing Tree Association 1993. p. 28-35.
- SALAZAR, A.; PALMS, C.A. 1987. Screening of leguminous trees for alley cropping on acidic soils in the humid tropics. In Proceedings *Gliricidia sepium* (Jack) Walp. Management and improvement NFTA, CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 61-65.
- ; SZOTT, A.L.; PALMS, C.A. 1993. Crop-tree interactions in alley cropping systems on alluvial soils of the Upper Amazon Basin. *Agroforestry Systems*. 22:67-80.
- SANCHEZ, J.F. 1989. Análisis de la estabilidad y dinámica de sistemas de producción de cultivos en callejones. Tesis Mg.Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 174 p.
- SANCHEZ, F.A. 1987. Soil productivity and sustainability in agroforestry systems. In Steppeler, H.A.; Nair, P.K.R. (eds.). *Agroforestry. A decade of development*. Nairobi, Kenya, ICRAF. p. 205-207, 211-218.
- SHENK, M. 1988. La agricultura conservacionista. In: Principios básicos sobre el manejo de malezas. Shenk, M.; Fischer, A.; Valverde, B. (eds.). El Zamorano, Honduras. IPFC-Universidad de Oregon. p. 195-204.
- SHIBLES, M.; ANDERSON, C.; GIBSON, H. 1975. Soybean. In *Crop physiology*. L.T. Evans (Ed.). New York. Cambridge University. p. 175-180.
- SSEKABEMBE, C.K. 1985. Perspectives on hedgerow intercropping. *Agroforestry Systems*. 3:339-56.
- TAPIA BARQUERO, H. 1989. Manejo racional de malezas y siembra con labranza cero. In: Curso manejo agronómico de frijol. Ed. por PROFRIJOL. San José, Costa Rica. CIAT-CATIE-CNP-UCR-UNA. p. 105-108.
- TIESZEN, L.L. 1983. Photosynthetic systems: implications for agroforestry. In: Huxley, P.A. (ed.). *Plant research and agroforestry*. Nairobi, Kenya. ICRAF. p. 323-341.

- TRIPLETT, G.B.; WORSHAM, A.D. 1986. Principles of weed management with surface-tillage systems. In. Sprague, M.A.; Triplett, G.B. (eds.). No-tillage and surface-tillage agriculture: the tillage revolution. New York. John Wiley & Sons. p. 321-324.
- TRECE RAMOS, F. 1980. El hábito de crecimiento y sus implicaciones en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Palmira, Colombia. UN-ICA. p. 4-6.
- UNGER, F.W. 1987. Possibilities of zero tillage for small-scale farmers in the tropics. ILEIA. 3(3):12-13.
- VOYSEST, O. 1983. Variedades de en en América Latina y su origen. Cali, Colombia. CIAT. p. 1-13.
- WHITE, J.W. 1985. Conceptos básicos de fisiología del frijol. In. Frijol: investigación y producción. López, M; Fernández, F.; Schoonhoven, A.V. (eds.). Cali, Colombia. PNUD-CIAT. p. 43-61.
- WRIGHT, D. 1990. Fisiología de los cultivos. In. Manual de agricultura y ganadería. Halley, R.J. (ed.). México. LIMUSA. p. 106-108.
- YAMOAH, C.F.; AGBOOLA, A.A.; WILSON, G.F. 1986. Nutrient contribution and maize performance in alley cropping Systems. Agroforestry Systems. 4:247-251.

8. ANEXOS

Cuadro A1. Análisis químico del suelo por sub-parcela para el ensayo de densidades de siembra de frijol y métodos de labranza bajo el sistema de cultivo en callejones. Turrialba, C.R., 1994.

REF. I								
(meq/100 ml suelo)								
TRAT.	pH	P (mg/l)	Ca	Mg	K	Ac.Ext.	M.O. (%)	N (%)
C*D1	5.10	7.30	4.60	1.40	0.25	0.45	5.58	0.25
C*D2	5.10	6.20	4.33	1.31	0.26	0.45	5.38	0.24
CXD1	5.50	3.00	4.94	1.33	0.20	0.20	4.91	0.23
CXD2	5.60	4.80	5.20	1.98	0.46	0.20	5.94	0.26
G*D1	5.50	5.10	5.59	1.67	0.23	0.20	5.55	0.25
G*D2	5.70	5.10	5.35	2.27	0.39	0.20	6.15	0.28
GXD1	5.60	5.80	5.80	1.65	0.26	0.20	6.29	0.26
GXD2	5.60	3.10	6.45	1.50	0.16	0.15	6.19	0.25
E*D1	5.70	9.30	6.39	1.35	0.43	0.15	5.79	0.26
E*D2	5.20	8.00	4.31	1.44	0.41	0.40	5.69	0.27
EXD1	5.70	7.90	6.19	1.48	0.35	0.15	6.10	0.26
EXD2	5.60	4.40	6.05	1.52	0.26	0.20	5.81	0.26
T*D1	5.40	5.70	4.43	1.48	0.23	0.30	6.69	0.30
T*D2	5.40	5.50	4.85	1.35	0.10	0.30	6.60	0.30
TXD1	5.50	6.70	5.53	1.44	0.17	0.20	6.04	0.28
TXD2	5.30	6.30	5.29	1.56	0.20	0.30	5.82	0.26
REF. II								
C*D1	5.30	11.60	4.85	1.50	0.22	0.40	6.15	0.29
C*D2	5.40	6.80	5.21	1.54	0.13	0.35	6.08	0.27
CXD1	5.50	20.60	5.80	1.46	0.37	0.30	6.22	0.27
CXD2	5.60	21.70	7.53	1.40	0.24	0.20	5.66	0.25
G*D1	5.30	8.10	3.13	1.42	0.19	0.65	6.25	0.29
G*D2	5.50	7.30	4.55	1.75	0.15	0.30	5.95	0.28
GXD1	5.60	8.40	5.68	1.65	0.31	0.20	6.39	0.31
GXD2	5.60	17.50	5.74	1.50	0.57	0.20	6.49	0.30
E*D1	5.30	7.50	4.30	1.25	0.19	0.45	6.11	0.27
E*D2	5.50	6.60	4.58	1.40	0.32	0.40	6.11	0.27
EXD1	5.40	4.00	5.43	1.23	0.23	0.35	5.98	0.27
EXD2	5.50	6.60	4.65	1.00	0.34	0.40	6.06	0.27
T*D1	5.40	8.50	5.15	1.58	0.13	0.35	6.52	0.29
T*D2	5.40	6.30	4.92	1.67	0.23	0.25	6.20	0.30
TXD1	5.60	7.20	5.26	1.50	0.39	0.10	6.14	0.29
TXD2	6.00	26.30	9.36	1.44	0.18	0.10	5.73	0.25

Continuación Cuadro A1.....

REF. III								
(meq/100 ml suelo)								
TRAT.	pH	F(mg/l)	Ca	Mg	K	Ac.Ext.	M.O.(%)	N (%)
C*D1	5.60	5.20	5.91	1.83	0.46	0.15	5.45	0.25
C*D2	5.60	6.80	4.19	1.27	0.36	0.20	4.94	0.23
CXD1	5.50	4.50	4.91	1.46	0.34	0.20	4.88	0.24
CXD2	5.30	6.20	5.61	1.54	0.36	0.20	6.22	0.30
G*D1	5.30	6.30	4.39	1.19	0.10	0.50	6.27	0.31
G*D2	5.40	5.70	5.11	1.67	0.26	0.30	6.30	0.29
GXD1	5.40	11.70	4.30	1.31	0.35	0.45	5.83	0.28
GXD2	5.60	4.10	5.93	1.69	0.25	0.20	5.91	0.28
E*D1	5.40	5.70	4.38	1.25	0.23	0.45	5.47	0.26
E*D2	5.60	6.20	4.49	1.73	0.24	0.15	6.27	0.31
EXD1	5.60	3.90	4.59	1.87	0.27	0.20	5.62	0.27
EXD2	5.30	6.00	4.01	1.17	0.30	0.55	5.65	0.28
T*D1	5.50	7.20	5.15	1.35	0.23	0.30	4.72	0.24
T*D2	5.60	9.80	5.39	1.48	0.58	0.20	5.37	0.28
TXD1	5.70	4.50	5.19	1.19	0.32	0.20	4.64	0.23
TXD2	5.60	3.50	5.31	1.94	0.13	0.20	5.33	0.26

C = *C. calothyrsus*G = *G. sepium*E = *E. poeppigiana*

T = Control

* = Con labranza

X = Sin labranza

D1 = 160,000 pl/ha

D2 = 200,000 pl/ha

Cuadro A2. Cuadrados medios del análisis de varianza para el rendimiento de grano e índice de cosecha de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.

F de V.	GL	Rendimiento grano	Indice de cosecha
Bloque (1)	2	1816133.25 NS	6.05 NS
Especie (1)	3	1313753.89 **	58.20 NS
Error (A)	6	405063.97	46.87
Mét. lab. (2)	1	455520.33 *	14.09 NS
Esp.*mét.lab. (2)	3	108226.11 NS	61.12 NS
Error (B)	8	116348.29	26.25
Densidad (3)	1	515016.33 ***	12.84 NS
Dens.*esp. (3)	3	12902.33 NS	60.80 NS
Dens.*mét.lab. (3)	1	901.33 NS	3.02 NS
Dens.*mét.lab.*esp.(3)	3	21922.00 NS	20.97 NS
Error (C)	16	9707.33	29.26
CV (%)		9	10

Cuadro A3. Cuadrados medios del análisis de varianza para el rendimiento de grano e índice de cosecha de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 2). Turrialba, C.R., 1995.

F de V.	GL	Rendimiento grano	Indice de cosecha
Bloque (1)	2	113719.78 NS	64.60 **
Especie (1)	3	522350.04 ***	27.01 NS
Error (A)	6	50758.36	6.81
Mét. lab. (2)	1	332257.54 ***	160.20 NS
Esp.*mét.lab. (2)	3	36727.27 NS	9.29 NS
Error (B)	8	27958.36	17.80
Densidad (3)	1	325111.34 ***	8.18 NS
Dens.*esp. (3)	3	4191.45 NS	18.26 NS
Dens.*mét.lab. (3)	1	35790.30 ***	0.05 NS
Dens.*mét.lab.*esp.(3)	3	16971.18 NS	3.88 NS
Error (C)	16	4139.69	13.50
CV (%)		5	7

* = Significativo al 10%
 *** = Significativo al 1%

** = Significativo al 5%
 NS = No significativo.

1, 2 y 3, utiliza el cuadrado medio del error A, B y C respectivamente para la prueba de hipótesis.

Cuadro A4. Cuadrados medios del análisis de varianza para el rendimiento de grano de frijol combinado de dos ciclos agrícolas bajo el sistema de cultivo en callejones. Turrialba, C.R., 1995.

F de V.	GL	Rendimiento grano
Bloque (1)	2	855327.65 NS
Especie (1)	3	1633380.06 **
Error (A)	6	257672.32
Mét. lab. (2)	1	4851.58 NS
Esp.*mét.lab. (2)	3	114203.32 NS
Error (B)	8	65998.18
Densidad (3)	1	829255.29 ***
Dens.*esp. (3)	3	2194.18 NS
Dens.*mét.lab. (3)	1	12666.12 NS
Dens.*mét.lab.*esp. (3)	3	18792.11 NS
Error (C)	16	6078.38
Epoca (4)	1	831546.95 **
Epoca*esp. (4)	3	202723.87 NS
Epoca*mét.lab. (4)	1	782926.29 **
Epoca*esp.*mét.lab. (4)	3	30750.06 NS
Epoca*densidad (4)	1	10872.38 NS
Epoca*esp.*densidad (4)	3	14899.60 NS
Epoca*densidad*mét.lab. (4)	1	24025.52 NS
Epoca*esp.*densidad*mét.lab.	3	8786.95 NS
Error (D)	32	127772.40
CV (%)		31

** = Significativo al 5%

*** = Significativo al 1%

NS = No significativo.

1, 2, 3 y 4, utiliza el cuadrado medio del error A, B, C y D respectivamente para la prueba de hipótesis.

Cuadro A5. Cuadrados medios del análisis de varianza para los componentes del rendimiento de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.

F de V. forestales	GL	Número de vainas/pl.	Número de granos/vaina	Peso 100 semillas
Bloque (1)	2	21.40 NS	0.40 NS	5.25 NS
Especie (1)	3	17.85 **	0.52 NS	3.36 NS
Error (A)	6	5.06	0.15	1.11
Mét. lab. (2)	1	11.02 **	0.19 NS	0.75 NS
Esp.*mét.lab. (2)	3	1.19 NS	0.74 NS	1.47 NS
Error (B)	8	1.40	0.17	0.98
Densidad (3)	1	1.02 NS	1.02 NS	1.33 NS
Dens.*esp. (3)	3	0.52 NS	0.35 NS	1.06 NS
Dens.*mét.lab. (3)	1	0.19 NS	0.52 NS	0.33 NS
Dens.*mét.lab.*esp. (3)	3	0.24 NS	0.08 NS	0.17 NS
Error (C)	16	0.69	0.23	0.60
CV (%)		19	8	4

Cuadro A6. Cuadrados medios del análisis de varianza para los componentes del rendimiento de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 2). Turrialba, C.R., 1995.

F de V. forestales	GL	Número de vainas/pl.	Número de granos/vaina	Peso 100 semillas
Bloque (1)	2	0.96 NS	0.63 NS	4.33 NS
Especie (1)	3	9.92 **	0.12 NS	1.36 NS
Error (A)	6	2.20	0.18	3.94
Mét. lab. (2)	1	42.00 ***	0.53 NS	6.75 NS
Esp.*mét.lab. (2)	3	1.92 NS	0.31 NS	2.25 NS
Error (B)	8	0.66	0.22	2.25
Densidad (3)	1	11.50 **	0.40 NS	0.33 NS
Dens.*esp. (3)	3	0.65 NS	0.05 NS	1.83 NS
Dens.*mét.lab. (3)	1	2.30 NS	0.06 NS	0.00 NS
Dens.*mét.lab.*esp. (3)	3	2.38 NS	0.14 NS	0.39 NS
Error (C)	16	1.15	0.15	2.56
CV (%)		16	7	8

** = Significativo al 5%
NS = No significativo.

*** = Significativo al 1%

1, 2 y 3, utiliza el cuadrado medio del error A, B y C respectivamente para la prueba de hipótesis.

Cuadro A7. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de crecimiento y producción de biomasa seca de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 1). Turrialba, C.R., 1995.

(28 días)

F de V	GL	Area foliar	Altura/planta	Biomasa seca
Bloque (1)	2	176518.59 **	5.74 NS	2.9700 NS
Especie (1)	3	89184.40 NS	70.31 ***	1.4600 NS
Error (A)	6	26728.68	2.04	0.6000
Mét. lab. (2)	1	40964.69 NS	19.48 **	1.1900 NS
Esp.*mét.lab. (2)	3	2972.54 NS	11.38 NS	0.1800 NS
Error (B)	8	15533.80	3.48	0.3500
Densidad	1	550.33 NS	0.02 NS	0.0001 NS
Dens.*esp.	3	2986.12 NS	1.59 NS	0.0200 NS
Dens.*mét.lab.	1	15814.82 NS	0.44 NS	0.6100 NS
Dens.*mét.lab.*esp.	3	4069.34 NS	0.02 NS	0.0900 NS
Error (C)	16	11564.70	0.90	0.2200
CV (%)		30	3	28

(44 días)

F de V	GL	Area foliar	Altura/planta	Biomasa seca
Bloque (1)	2	479188.29 NS	386.47 **	7.48 **
Especie (1)	3	655416.47 **	182.86 NS	8.06 **
Error (A)	6	96601.97	60.50	1.31
Mét. lab. (2)	1	190736.35 NS	118.35 **	3.87 NS
Esp.*mét.lab. (2)	3	54507.03 NS	28.28 NS	1.40 NS
Error (B)	8	83642.51	15.09	0.97
Densidad (3)	1	196.43 NS	0.09 NS	0.17 NS
Dens.*esp. (3)	3	16950.32 NS	8.42 NS	0.36 NS
Dens.*mét.lab. (3)	1	1296.46 NS	0.01 NS	0.01 NS
Dens.*mét.lab.*esp.(3)	3	119290.96 ***	3.04 NS	1.07 **
Error (C)	16	22210.24	3.85	0.32
CV (%)		24	6	20

** = Significativo al 5%

*** = Significativo al 1%

NS = No significativo.

1, 2 y 3, utiliza el cuadrado medio del error A, B y C respectivamente para la prueba de hipótesis.

Continuación Cuadro A7.....

(58 días)

F de V	GL	Area foliar	Altura/planta	Biomasa seca
Bloque (1)	2	321351.31 NS	413.08 **	39.25 NS
Especie (1)	3	655584.50 NS	447.29 **	20.52 NS
Error (A)	6	347338.42	67.28	18.27
Mét. lab. (2)	1	652712.81 ***	115.72 **	32.57 ***
Esp.*mét.lab. (2)	3	61386.53 NS	23.00 NS	3.22 NS
Error (B)	8	26474.96	16.14	1.94
Densidad (3)	1	2423.09 NS	0.61 NS	0.77 NS
Dens.*esp. (3)	3	100737.41 NS	11.71 NS	4.88 NS
Dens.*mét.lab. (3)	1	832.33 NS	0.07 NS	1.35 NS
Dens.*mét.lab.*esp.(3)	3	91175.78 NS	2.43 NS	6.12 **
Error (C)	16	42798.99	4.92	1.68
CV (%)		28	5	26

(74 días)

F de V	GL	Area foliar	Altura/planta	Biomasa seca
Bloque (1)	2	555499.12 NS	442.04 NS	82.14 **
Especie (1)	3	1742974.12 ***	847.72 **	112.03 **
Error (A)	6	140079.06	91.33	13.86
Mét. lab. (2)	1	32748.21 NS	113.31 **	28.21 NS
Esp.*mét.lab. (2)	3	46008.26 NS	43.98 NS	1.29 NS
Error (B)	8	39510.40	19.73	5.52
Densidad (3)	1	235970.63 ***	3.39 NS	37.21 ***
Dens.*esp. (3)	3	39605.05 NS	27.86 NS	2.67 NS
Dens.*mét.lab. (3)	1	25989.80 NS	0.38 NS	2.84 NS
Dens.*mét.lab.*esp.(3)	3	137593.23 ***	2.51 NS	20.29 ***
Error (C)	16	25378.00	12.07	2.02
CV (%)		17	7	15

** = Significativo al 5%

*** = Significativo al 1%

NS = No significativo.

1, 2 y 3, utiliza el cuadrado medio del error A, B y C respectivamente para la prueba de hipótesis.

Continuación Cuadro A7.....

(86 días)

F de V	GL	Area foliar	Altura/planta	Biomasa seca
Bloque (1)	2	723288.71 **	123.01 NS	246.69 **
Especie (1)	3	582000.85 **	614.85 **	145.51 NS
Error (A)	6	90680.48	66.95	30.96
Mét. lab. (2)	1	39513.02 NS	206.26 **	32.69 NS
Esp.*mét.lab. (2)	3	67027.73 NS	14.46 NS	3.80 NS
Error (B)	8	42458.61	21.38	10.22
Densidad (3)	1	35285.29 NS	0.63 NS	0.10 NS
Dens.*esp. (3)	3	75488.70 NS	2.60 NS	8.22 NS
Dens.*mét.lab. (3)	1	4595.31 NS	5.01 NS	1.08 NS
Dens.*mét.lab.*esp.(3)	3	55377.05 NS	0.82 NS	39.57 ***
Error (C)	16	42660.63	4.93	5.02
CV (%)		31	5	21

Cuadro A8. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de crecimiento y producción de biomasa seca de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones (Ciclo 2).Turrialba, C.R., 1995.

(28 días)

F de V	GL	Area foliar	Altura/planta	Biomasa seca
Bloque (1)	2	140211.67 **	5.23 NS	0.54 NS
Especie (1)	3	3968.48 NS	4.24 NS	0.02 NS
Error (A)	6	23071.61	8.26	0.16
Mét. lab. (2)	1	54967.67 **	31.04 ***	0.01 NS
Esp.*mét.lab. (2)	3	9255.90 NS	2.85 NS	0.01 NS
Error (B)	8	6028.41	1.87	0.08
Densidad (3)	1	2.06 NS	0.30 NS	0.01 NS
Dens.*esp. (3)	3	13995.57 NS	1.50 NS	0.23 **
Dens.*mét.lab. (3)	1	62.40 NS	1.69 NS	0.03 NS
Dens.*mét.lab.*esp.(3)	3	9677.34 NS	0.48 NS	0.05 NS
Error (C)	16	8932.13	2.41	0.07
CV (%)		20	4	16

** = Significativo al 5% *** = Significativo al 1%
NS = No significativo.

1, 2 y 3, utiliza el cuadrado medio del error A, B y C respectivamente para la prueba de hipótesis.

Continuación Cuadro A8.....

(44 días)

F de V	GL	Area foliar	Altura/planta	Biomasa seca
Bloque (1)	2	2127299.96 ***	215.44 **	18.81 **
Especie (1)	3	180388.96 NS	38.81 NS	2.94 NS
Error (A)	6	172138.90	21.19	2.96
Mét. lab. (2)	1	79910.88 NS	20.72 NS	0.11 NS
Esp.*mét.lab. (2)	3	93379.58 NS	30.33 NS	3.02 NS
Error (B)	8	99800.09	7.28	2.48
Densidad (3)	1	173949.10 NS	11.29 NS	1.10 NS
Dens.*esp. (3)	3	76028.96 NS	11.57 NS	1.66 NS
Dens.*mét.lab. (3)	1	150261.56 NS	4.95 NS	3.53 NS
Dens.*mét.lab.*esp.(3)	3	15064.25 NS	4.01 NS	0.22 NS
Error (C)	16	93052.39	7.33	1.68
CV (%)		27	6	20

(58 días)

F de V	GL	Area foliar	Altura/planta	Biomasa seca
Bloque (1)	2	2331812.70 **	394.65 NS	62.96 NS
Especie (1)	3	695572.58 NS	504.58 NS	16.21 NS
Error (A)	6	303149.10	164.37	21.02
Mét. lab. (2)	1	4641407.62 ***	238.52 NS	188.06 **
Esp.*mét.lab. (2)	3	258957.66 NS	92.02 NS	7.06 NS
Error (B)	8	182479.64	77.52	17.52
Densidad (3)	1	34073.10 NS	28.52 NS	4.61 NS
Dens.*esp. (3)	3	337089.71 NS	21.24 NS	13.21 NS
Dens.*mét.lab. (3)	1	62754.23 NS	28.52 NS	8.53 NS
Dens.*mét.lab.*esp.(3)	3	89851.40 NS	29.91 NS	2.22 NS
Error (C)	16	127023.90	50.56	8.34
CV (%)		24	10	25

** = Significativo al 5%

*** = Significativo al 1%

NS = No significativo.

1, 2 y 3, utiliza el cuadrado medio del error A, B y C respectivamente para la prueba de hipótesis.

Continuación Cuadro A8.....

(86 días)

F de V	GL	Area foliar	Altura/planta	Biomasa seca
Bloque (1)	2	37441.69 ***	421.65 NS	44.55 **
Especie (1)	3	31133.50 ***	594.19 NS	33.21 NS
Error (A)	6	2838.79	186.90	7.81
Mét. lab. (2)	1	51414.90 **	266.02 NS	117.10 **
Esp.*mét.lab. (2)	3	7832.65 NS	102.58 NS	18.10 NS
Error (B)	8	7041.31	80.38	14.54
Densidad (3)	1	2007.00 NS	22.69 NS	43.47 **
Dens.*esp. (3)	3	484.63 NS	17.47 NS	7.28 NS
Dens.*mét.lab. (3)	1	7115.10 NS	31.69 NS	5.03 NS
Dens.*mét.lab.*esp. (3)	3	4982.01 NS	27.35 NS	1.07 NS
Error (C)	16	7019.59	56.23	9.23
CV (%)		52	10	20

** = Significativo al 5% *** = Significativo al 1%
 NS = No significativo.

Cuadro A9. Índice de asimilación neta (IAN g/cm²/día) del cultivo de frijol según especie forestal, método de labranza y densidades de siembra. Turrialba, C.R., 1995 (Ciclo 1).

DDS	Especies forestales			
	Cc	Gs	Ep	Co
28	0.0010	0.0011	0.0010	0.0011
44	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001
58	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
74	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
86	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001
	Mét. Labranza		Densidades (pl/ha)	
	Con Lab.	Sin Lab.	160,000	200,000
28	0.0010	0.0011	0.0010	0.0011
44	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001
58	0.0001	0.0003	0.0002	0.0002
74	0.0004	0.0003	0.0004	0.0003
86	0.0002	0.0002	0.0001	0.0003

DDS = Días después de la siembra Cc = *C. calothyrsus*
 Gs = *G. sepium* Ep = *E. poeppigiana* Co = Control.

Cuadro A10. Índice de asimilación neta (IAN g/cm²/día) del cultivo de frijol según especie forestal, método de labranza y densidades de siembra. Turrialba, C.R., 1995 (Ciclo 2).

DDS	Especies forestales			
	Cc	Gs	Ep	Co
28	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
44	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
58	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003
74	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001
86	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002
	Mét. Labranza		Densidades (pl/ha)	
	Con Lab.	Sin Lab.	160,000	200,000
28	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
44	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
58	0.0004	0.0002	0.0003	0.0003
74	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001
86	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002

DDS = Días después de la siembra

Cc = *C. calothyrsus*

Gs = *G. sepium*

Ep = *E. poeppigiana*

Co = Control.

Cuadro A11. Cuadrados medios para el crecimiento y producción de biomasa por árbol de tres especies forestales asociadas con frijol a los seis meses después de la poda. Turrialba, C.R., 1994.

F de V.	GL	Altura árbol	Diámetro copa hacia frijol	Diámetro copa hacia árbol	Número rebrotes
Bloque	2	0.15 NS	0.03 NS	0.18 NS	0.44 NS
Especie	2	0.75 NS	8.08 ***	5.65 ***	61.44 ***
Error	4	0.18	0.40	0.14	1.44
CV (%)		12	17	15	14

**. Significativo al 5%

***. Significativo al 1%

Continuación Cuadro A11.....

F de V.	GL	Peso fresco (kg)				Peso seco (kg)			
		Hoja	Tallo leñoso	Tallo Tierno	Total	Hoja	Tallo leñoso	Tallo tierno	Total
Blo. 2		3.7 NS	3.4NS	2.2NS	1.6NS	0.1NS	0.3NS	0.03NS	0.9NS
Esp. 2		107.8***	43.1**	23.3**	89.2***	3.7***	7.1**	0.40**	21.2**
Error 4		5.8	5.5	2.4	4.1	0.2	0.4	0.04	1.5
CV(%)		41	37	68	26	30	16	53	32

Cuadro A12. Cuadrados medios para el crecimiento y producción de biomasa por árbol de tres especies forestales asociadas con frijol a los cuatro meses después de la poda. Turrialba, C.R., 1995.

F de V.	GL	Altura árbol	Diámetro copa hacia frijol	Diámetro copa hacia árbol	Número rebrotos
Bloque (1)	2	0.25 NS	0.32 NS	0.130 NS	10.17 NS
Especie (1)	2	0.68 **	3.45 ***	3.680 ***	98.00 **
Error (A)	4	0.08	0.16	0.030	8.41
Mét.lab. (2)	1	0.03 **	0.04 NS	0.070 NS	68.06 ***
Esp*Mét.lab.(2)	2	0.06 NS	0.25 **	0.002 NS	9.55 NS
Error (B)	6	0.003	0.034	0.028	3.89
CV (%)		2	8	10	18

F de V.	GL	Peso fresco (kg)			
		Hoja	Tallo leñoso	Tallo tierno	Total
Bloque (1)	2	0.56 NS	0.03 NS	0.060 NS	1.85 NS
Especie (1)	2	5.43 NS	0.19 NS	0.380 NS	18.54 NS
Error (A)	4	0.90	0.06	0.070	2.78
Mét.lab. (2)	1	0.04 NS	0.01 NS	0.001 NS	0.06 NS
Esp*Mét.lab.(2)	2	0.57 NS	0.15 NS	0.031 NS	2.27 ***
Error (B)	6	0.03	0.02	0.001	0.10
CV(%)		12	18	10	11

**. Significativo al 5%

***. Significativo al 1%

1 y 2, utiliza el cuadrado medio del error A y B respectivamente para la prueba de hipótesis.

Continuación Cuadro A12.....

F de V.	GL	Peso seco (kg)			
		Hoja	Tallo leñoso	Tallo tierno	Total
Bloque (1)	2	0.020 NS	0.0100 NS	0.0010 NS	0.060 NS
Especie (1)	2	0.230 NS	0.1300 **	0.0050 NS	0.800 NS
Error (A)	4	0.050	0.0100	0.0010	0.130
Mét.lab. (2)	1	0.000 NS	0.0001 NS	0.0002 NS	0.001 NS
Esp+Mét.lab.(2)	2	0.030 NS	0.0254 NS	0.0011 NS	0.138 ***
Error (B)	6	0.002	0.0020	0.0001	0.005
CV(%)		11	18	14	11

** . Significativo al 5% *** . Significativo al 1%

1 y 2, utiliza el cuadrado medio del error A y E respectivamente para la prueba de hipótesis.

Cuadro A13. Cuadrados medios para la producción de biomasa por hectárea de tres especies forestales asociadas con frijol a los seis meses después de la poda. Turrialba, C.R., 1994.

F de V.	GL	Peso fresco			
		Hoja	Tallo leñoso	Tallo tierno	Total
Blo.	2	1371233.5 NS	1872890.1 NS	1363086.7 NS	13561262.5 NS
Esp.	2	47233283.6 **	49470478.9 **	11161440.5 NS	162311564.2 **
Error	4	5151361.9	6368327.9	1798824.0	33624151.8
CV(%)		34	38	56	32

F de V.	GL	Peso seco			
		Hoja	Tallo leñoso	Tallo tierno	Total
Blo.	2	25259.4 NS	273973.6 NS	19661.9 NS	589242.6 NS
Esp.	2	3459457.7 **	18216220.5 ***	176179.2 NS	6239649.4 ***
Error	4	198805.5	767244.3	32268.1	1944875.0
CV(%)		25	27	39	25

** . Significativo al 5% *** . Significativo al 1%

Cuadro A14. Cuadrados medios para la producción de biomasa por hectárea de tres especies forestales asociadas con frijol a los cuatro meses después de la poda. Turrialba, C.R., 1995.

F de V.	GL	Peso fresco			
		Hoja	Tallo leñoso	Tallo tierno	Total
Blo. (1)	2	269073.0NS	95320.2NS	71978.9NS	1056392.1NS
Esp. (1)	2	722.4NS	520460.3NS	32840.7NS	281382.1NS
Error (A)	4	791344.8	166392.8	55763.6	2099792.2NS
Mét.lab. (2)	1	166189.6NS	37310.0NS	61033.2NS	843795.8**
Esp*Mét.lab(2)	2	816468.5NS	431663.0NS	65699.7NS	2873955.5NS
Error (B)	6	35727.0	46695.2	4728.2	122274.2
CV(%)		9	18	13	9

F de V.	GL	Peso seco			
		Hoja	Tallo leñoso	Tallo tierno	Total
Blo. (1)	2	9829.1NS	3457.5NS	1488.2NS	34979.2NS
Esp. (1)	2	113977.6NS	190097.7**	1724.0NS	636053.7NS
Error (A)	4	45345.8	10758.5	1496.9	122409.6
Mét.lab. (2)	1	23307.8**	11476.6NS	2843.1***	98053.6**
Esp*Mét.lab(2)	2	51340.8NS	40287.8NS	1860.5NS	210041.2NS
Error (B)	6	2775.1	3451.2	179.2	10304.8
CV(%)		10	16	15	10

** Significativo al 5% *** Significativo al 1%
 1 y 2, utiliza el cuadrado medio del error A y B respectivamente para la prueba de hipótesis.

Cuadro A15. Análisis químico de tejido vegetal por órgano de las especies forestales utilizadas en el ensayo de frijol bajo el sistema de cultivo en callejones. Lab. Suelos, CATIE. Turrialba, C.R., 1995.

Esp. For.	Organo	Nutrimento (%)				
		N	P	Ca	Mg	K
<i>C. calothyrsus</i>	hojas	2.98	0.12	1.12	0.26	0.55
	tallo leñoso	0.56	0.07	0.17	0.06	0.56
	tallo tierno	2.02	0.19	0.40	0.19	1.14
<i>G. sepium</i>	hojas	3.85	0.20	1.20	0.32	1.28
	tallo leñoso	1.21	0.09	0.20	0.11	0.98
	tallo tierno	2.15	0.18	0.68	0.25	1.78
<i>E. poeppigiana</i>	hojas	4.88	0.31	1.13	0.24	1.92
	tallo leñoso	0.89	0.11	0.35	0.11	0.93
	tallo tierno	1.58	0.22	0.63	0.24	2.10

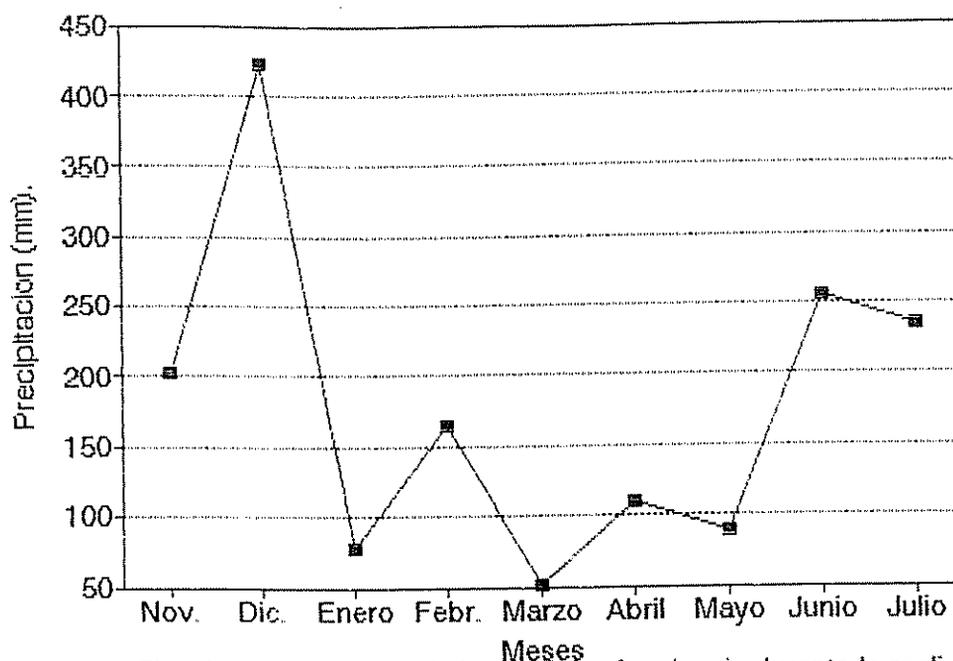


Fig. 1A. Distribución de la precipitación (mm), durante la realización del ensayo. Estación meteorológica, CATIE. Turrialba, C.R., 1994-1995.