

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

COMPORTAMIENTO DE GENOTIPOS DE MAÍZ Y FRIJOL EN CULTIVOS EN CALLEJONES CON Erythrina poeppigiana, Calliandra calothyrsus y Gliricidia sepium.

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

MAGISTER SCIENTIAE

Por

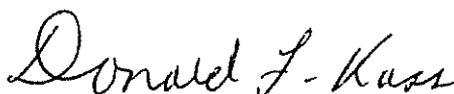
ARTURO LIMON LIMON

Turrialba, Costa Rica
1993

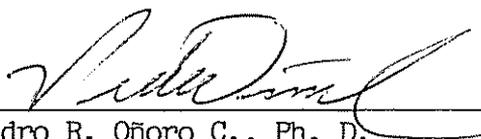
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

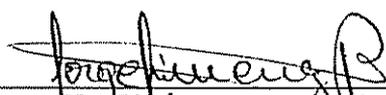
FIRMANTES:



Donald L. Kass, Ph. D.
Profesor Consejero



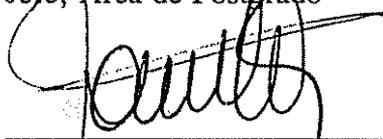
Pedro R. Oñoro C., Ph. D.
Miembro Comité Asesor



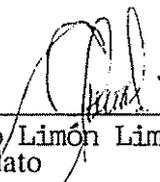
Jorge M. Jiménez B., M. Sc.
Miembro Comité Asesor



Assefaw Tewolde, Ph. D.
Jefe, Area de Postgrado



Ramón Lastra, Ph. D.
Director, Programa de Enseñanza



Arturo Limón Limón
Candidato

DEDICATORIA.

A Nuestro Dios:

Salmo 65

¡ Oh Dios de nuestra salvación, esperanza de todos los términos de la tierra y del mar !. Tú haces alegrar las salidas de la mañana y de la tarde. Visitas la tierra, la riegas con el río de Dios lleno de aguas y preparas el grano cuando así lo dispones. Haces que se empapen sus surcos y bendices sus renuevos. Coronas el año con tus bienes y los collados se ciñen de alegría, dan voces de júbilo, y aún cantan. Por esto te doy gracias, ¡ Oh Dios!.

A mi esposa:

Lidia Arena Casango.

Con gran Amor, por su comprensión, estímulos y paciencia en esta vida de constantes esfuerzos y luchas.

A mis padres:

César y Ma. del Carmen.

Por su gran cariño, apoyos y sacrificios brindados.

Al pueblo de:

México.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México, por darme el apoyo económico para realizar mis estudios de maestría.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) de México, 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 Proyecto Arboles Fijadores de Nitrógeno en su parte CIID-Canadá (Centro Internacional para la Investigación y el desarrollo) y SAREC (Autoridad Sueca para la Cooperación en la Investigación de los Países en Desarrollo) por el apoyo para la realización del presente trabajo de tesis.

Al Ph. D. Donald L. Kass, profesor consejero principal, por su valiosa asesoría, sugerencias y ayuda en la ejecución del presente trabajo.

Al Ph. D. Pedro Oñoro C. por su apoyo estadístico, manejo de datos, sugerencias y cuidadosa revisión del manuscrito.

Al Mag. Sc. Jorge M. Jiménez Burgos, por su dedicada revisión, paciencia y valiosas sugerencias

A todo el personal técnico, administrativo y de campo del proyecto AFN/CIID-SAREC y al laboratorio de suelos por el apoyo brindado.

A Johnny Pérez y los operadores del centro de cómputo por su desinteresada asistencia en el análisis de datos.

Al personal del programa de posgrado, profesores, biblioteca, compañeros de la generación 91-93 y a todos quienes hicieron posible la realización de este trabajo.

BIOGRAFIA

El autor, de nacionalidad Mexicana, nació el 01 de Febrero de 1963 en Huimanguillo, Tabasco.

En Junio de 1987, obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo, en la especialidad de Fitotecnia en la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México

Desde Noviembre de 1986, presta sus servicios como Investigador del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de Tabasco (CIFAP-TAB/INIFAP), México.

Becado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México, ingresó al programa de Posgrado del CATIE, en Septiembre de 1991, obteniendo el grado de Magister Scientiae en la especialidad de Agroforestería el 24 de Septiembre de 1993.

INDICE GENERAL

	Página
HOJA DE APROBACION.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
BIOGRAFIA.....	v
INDICE GENERAL.....	vi
RESUMEN.....	viii
SUMMARY.....	x
LISTA DE CUADROS.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
LISTA DE ANEXOS.....	xvi
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITRATURA.....	4
2.1. Características de crecimiento en culti- vos agrícolas.....	4
2.2. Descripción de las especies forestales.....	8
2.3. El sistema de cultivos en callejones.....	11
III. MATERIALES Y METODOS.....	19
3.1. Descripción del sitio experimental.....	19
3.2. Material experimental.....	20
3.3. Tratamientos.....	21
3.4. Diseño y unidad experimental.....	22
3.5. Manejo del experimento.....	22
3.6. Análisis del crecimiento.....	26
3.7. Variables de respuestas.....	30
3.7.1. Variables evaluadas en los culti- vos agrícolas.....	30
3.7.2. Variables evaluadas en los árboles.....	33
3.8. Análisis estadístico.....	33
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	37
4.1. Crecimiento del maíz.....	37
4.1.1. Area foliar.....	37
4.1.2. Altura de planta.....	40
4.1.3. Diámetro de tallo.....	41
4.1.4. Longitud de entrenudos.....	42
4.1.5. Componentes de la biomasa.....	44
4.1.6. Biomasa total seca.....	46
4.1.7. Indices morfológicos.....	47
4.1.8. Indices fisiológicos.....	50
4.1.9. Índice de cosecha.....	52

4.2.	Efecto de la posición de los surcos de maíz.....	54
4.2.1.	Componentes de la biomasa.....	55
4.2.2.	Indices de crecimiento.....	56
4.3.	Rendimiento de grano.....	57
4.4.	Crecimiento de los árboles.....	61
4.5.	Producción de biomasa de los árboles.....	63
4.6.	Crecimiento del frijol.....	66
4.6.1.	Area foliar.....	66
4.6.2.	Altura de la planta.....	67
4.6.3.	Número de vainas por planta y granos por vaina.....	70
4.6.4.	Componentes de la biomasa.....	71
4.6.5.	Biomasa total seca.....	72
4.6.6.	Indices morfológicos.....	75
4.6.7.	Indices fisiológicos.....	77
4.7.	Efecto de la posición del surco de frijol.....	80
4.7.1.	Indices de crecimiento.....	82
4.8.	Producción de biomasa del frijol.....	82
4.8.1.	Rastrojo.....	82
4.8.2.	Rendimiento de grano.....	86
4.8.3.	Indice de cosecha.....	88
4.9.	Crecimiento de los árboles.....	88
4.10.	Producción de Biomasa de los árboles.....	91
V.	CONCLUSIONES.....	94
VI.	RECOMENDACIONES.....	96
VII.	LITERATURA CITADA.....	97
VIII.	ANEXOS.....	104

RESUMEN

Limón, L. A. 1993. Comportamiento de genotipos de maíz y frijol en cultivos en callejones con Erythrina poeppigiana, Calliandra calothyrsus y Gliricidia sepium. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 126 p.

Palabras claves: Genotipos, Maíz, Frijol, Cultivos en callejones, Análisis de crecimiento, Posición de surcos y Especies forestales.

El presente trabajo se efectuó con el objetivo de determinar la influencia de tres especies forestales sobre el comportamiento vegetativo y reproductivo de cuatro genotipos de maíz y frijol, considerando la posición del surco de los cultivos en callejones. El experimento se realizó en la finca experimental "La Montaña" del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba, C. R., entre junio de 1992 a mayo de 1993. Se establecieron dos experimentos, correspondiente a un ciclo de maíz y uno de frijol, en callejones de E. poeppigiana (Walpers) O. F. Cook, C. calothyrsus Meissn y G. sepium (Jacquin) Steud; se incluyó un tratamiento de monocultivo. Los genotipos de maíz utilizados fueron: Tuxpeño, H₃, H₅ y Centapasaguina, en frijol se evaluaron el: Bat 76, Dor 364, Dor 390 y Negro Huasteco.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con parcelas divididas. La parcela grande fueron las especies forestales y monocultivo; la subparcela correspondió a los genotipos de los cultivos agrícolas, con tres repeticiones y 16 tratamientos de manera independiente para cada ciclo de producción. Se efectuaron cuatro y cinco evaluaciones en maíz y frijol, respectivamente, en subparcelas elegidas al azar dentro de las unidades experimentales, formadas por 6 surcos en maíz y 12 surcos en frijol. En cada evaluación de los cultivos se hicieron mediciones en las especies forestales. La poda de los árboles se realizó a los seis meses.

En ambos experimentos se evaluaron las variables de crecimiento, rendimiento e índices morfológicos, fisiológicos y de cosecha. Los resultados incluyen un análisis por especies forestales incluyendo el monocultivo, genotipos y la ubicación del surco de los cultivos agrícolas en el callejón, además se presenta el crecimiento y producción de biomasa de los árboles.

A los 65 días se observó el mayor efecto de las especies arbóreas en el crecimiento, índice de área foliar y producción de biomasa del maíz; los mejores promedios fueron para el maíz asociado con C. calothyrsus. El genotipo H₃ mostró el mayor crecimiento en área foliar, altura de planta, diámetro de tallo, índice de área foliar, producción

de materia seca y grano. El monocultivo fue superior al cultivo en callejones en rendimiento de grano.

El mayor efecto de los árboles sobre el crecimiento y producción de biomasa del frijol ocurrió a los 58 días. Los mejores promedios en área foliar, altura de planta, índice de área foliar y producción de materia seca se obtuvieron en callejones de E. poeppigiana. Los genotipos Negro Huasteco y Dor 364, presentaron los promedios más altos en índice de área foliar, altura de planta, producción de rastrojo y grano. El cultivo en callejones mostró superioridad en el rendimiento de rastrojo y grano de frijol.

Al aumentar los distanciamientos de las planta en los cultivos estudiados con respecto al árbol, se obtuvo mayor eficiencia fotosintética y por ende mayor rendimiento de rastrojo y grano.

C. calothyrsus y E. poeppigiana, presentaron el mayor crecimiento en altura, diámetro de copa hacia los cultivos y hacia los árboles. Los promedios más altos en el número de rebrotes, peso seco total por árbol y por hectárea los presentó C. calothyrsus.

SUMMARY

Limón L. A. 1993. Behavior of genotypes of maize and beans in alley cropping with Erythrina poeppigiana, Calliandra calothyrsus and Gliricidia sepium. Tesis Mag. Sc. Turrialba. C. R., CATIE. 126 p

Key words: Genotypes, Maize, Beans, Alley cropping, Analysis of growth, Row position and Forest species.

This study was conducted to determine the influence of three forest species on the vegetative and reproductive behavior of four genotypes of maize and beans, considering the row position of the alley cropping. The experiment was conducted in the "La Montaña" experimental farm at the Tropical Agricultural Center for Research and Training (CATIE) in Turrialba, C. R., from June 1992 to May 1993. Two experiments were established corresponding to maize and bean cycles, in alleys of E. poeppigiana (Walpers) O.F. Cook, C. calothyrsus Meissn y G. sepium (Jacquin) Steud; a single crop treatment was included. Maize genotypes used were: Tuxpeño, H₃, H₅ and Centapasaguina. Bean genotypes evaluated were Bat 76, Dor 364, Dor 390 and Negro Huasteco.

The random block with divided plots design was used. The large plot was dedicated to forest species and single crops; the subplot corresponded to agricultural crop genotypes, with three repetitions and 16 independent treatments for each production cycle. Four and five evaluations were carried out in maize and beans, respectively, in randomly chosen subplots within the experimental units, formed by six rows of maize and 12 rows of beans. Measurements of forest species were made in each crop evaluation. Trees were pruned at six months.

Growth, yield and morphological, physiological, and harvest index variables were evaluated in both experiments. Results included and analysis by forest species including the single crop, genotypes and the location of the agricultural crop row in the alley. Also growth and biomass production of the trees is presented.

At 65 days after planting, the greatest effect of tree species growth, foliar area index and biomass production in maize was observed; the best averages were for maize associated with C. calothyrsus. The genotype H₃ showed the greatest growth in foliar area, plant height, stem diameter, foliar area index, and dry material and grain production. The single crop was superior to the alley cropping in grain yield.

The greatest effect of trees on bean growth and biomass production occurred at 58 days. The best averages in foliar area, plant height, foliar area index and dry material production was obtained in alleys of E. poeppigiana. The

genotypes Negro Huasteco and Dor 364 showed the highest averages in foliar area index, plant height, and fallow and grain production. The alley cropping showed superiority in fallow and bean grain yield

When the distance between plants of the crops studied was increased with respect to trees, greater photosynthetic efficiency was obtained and thus greater fallow and grain yield

Q. calothyrsus and M. poeppigiana, showed the greatest growth in height and canopy diameter in crops and trees. The highest averages in the number of regrowths, total dry weight per tree and per hectare were shown with Q. calothyrsus

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Descripción de los estados vegetativos y reproductivos de la planta de maíz (IBSNAT, 1988).....	29
Cuadro 2. Descripción de los estados vegetativos y reproductivos de la planta de frijol (IBSNAT, 1986).....	30
Cuadro 3. Variables de respuesta evaluadas en maíz y frijol durante los muestreos para el análisis de crecimiento. Turrialba, C. R., 1993.....	31
Cuadro 4. Índices morfológicos, fisiológicos y de cosecha evaluados en maíz y frijol, durante los muestreos para el análisis de crecimiento. Turrialba, C. R., 1993.....	32
Cuadro 5. Medias para variables de crecimiento del maíz a los 26, 65, 89 y 120 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.....	38
Cuadro 6. Medias para variables de crecimiento en genotipos de maíz a los 26, 65, 89 y 120 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.....	39
Cuadro 7. Cuadrados medios de los contrastes de las especies y genotipos de maíz en los componentes del rendimiento. Turrialba, C. R., 1993.....	58
Cuadro 8. Medias por especie y genotipo de maíz para los componentes del rendimiento en cultivos en callejones. Turrialba, C. R., 1993.....	58
Cuadro 9. Medias del crecimiento en tres especies forestales a los 26, 65, 89 y 120 días después de la siembra del maíz. Turrialba, C. R., 1993.....	62
Cuadro 10. Medias del crecimiento y producción de biomasa por árbol en tres especies forestales asociadas con maíz a los seis meses después de la poda. Turrialba, C. R., 1993.....	64

Cuadro 11.	Medias de la producción de biomasa por hectárea en tres especies forestales asociadas con maíz a los seis meses después de la poda. Turrialba, C. R., 1993.....	65
Cuadro 12.	Medias por especie para las variables de crecimiento y componentes de la biomasa del frijol a los 44 y 58 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.....	67
Cuadro 13.	Medias para variables de crecimiento en genotipos de frijol a los 27, 44, 58, 76 y 86 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.....	68
Cuadro 14.	Medias para los componentes de la biomasa en genotipos de frijol a los 27, 44, 58, 76 y 86 días después de la siembra Turrialba, C. R., 1993.	73
Cuadro 15.	Cuadrados medios de los contrastes para los componentes de rendimiento del frijol cultivado en callejones. Turrialba, C. R., 1993.	84
Cuadro 16.	Medias de las especies y genotipos de frijol para los componentes del rendimiento en cultivos en callejones Turrialba, C. R., 1993.....	84
Cuadro 17.	Medias del crecimiento en tres especies forestales a los 27, 44, 58 y 86 días después de la siembra del frijol. Turrialba, C. R., 1993.....	90
Cuadro 18.	Medias del crecimiento y producción de biomasa por árbol en tres especies forestales asociadas con frijol, a los seis meses después de la poda. Turrialba, C. R., 1993.....	92
Cuadro 19.	Medias de la producción de biomasa por hectárea en tres especies forestales a los seis meses después de la poda. Turrialba, C. R., 1993.....	93

LISTA DE FIGURAS

	Página
Fig. 1. Distribución de tratamientos en campo para el sistema de cultivos en callejones. Turrialba, C. R., 1993	23
Fig. 2. Arreglo espacial de árboles y de los cultivos de maíz, frijol y parcela útil en los tratamientos evaluados. Turrialba, C. R., 1993.....	24
Fig. 3. Distribución de las subparcelas por tratamiento, formadas por seis surcos para los muestreos 1, 2, 3 y 4 del análisis de crecimiento en maíz. Turrialba, C. R., 1993.....	27
Fig. 4. Distribución de las subparcelas por tratamiento, formadas por 12 surcos para los muestreos 1, 2, 3, 4 y 5 del análisis de crecimiento en frijol. Turrialba, C. R., 1993.	28
Fig. 5. Diámetro del tallo de los diferentes genotipos de maíz a los 65 días después de la siembra.....	43
Fig. 6. Peso seco de grano en genotipos de maíz a los 120 días después de la siembra.....	46
Fig. 7. Biomasa total seca en genotipos de maíz a los 120 días después de la siembra.....	48
Fig. 8. Índice de área foliar del maíz según especies.....	48
Fig. 9. Índice de área foliar en diferentes genotipos de maíz.....	49
Fig. 10. Comportamiento del índice de crecimiento relativo del maíz según especies.....	51
Fig. 11. Índice de crecimiento relativo en genotipos de maíz.....	51
Fig. 12. Índice de asimilación neta del maíz asociado con especies arbóreas.....	52
Fig. 13. Índice de cosecha en genotipos de maíz cultivado en callejones.....	53

Fig. 14.	Promedios del rendimiento de grano en genotipos de maiz cultivado en callejones.....	60
Fig. 15.	Peso seco de hoja en genotipos de frijol a los 58 días después de la siembra.....	74
Fig. 16.	Biomasa total seca de los genotipos de frijol a los 58 días después de la siembra.....	75
Fig. 17.	Indice de área foliar del frijol según especies.....	76
Fig. 18.	Indice de área foliar en diferentes genotipos de frijol.....	76
Fig. 19.	Razón de área foliar del frijol según especies.....	78
Fig. 20.	Razón de área foliar en genotipos de frijol.....	78
Fig. 21.	Indice de crecimiento relativo del frijol según especies.....	79
Fig. 22.	Indice de crecimiento relativo en genotipos de frijol.....	79
Fig. 23.	Rendimiento de rastrojo en genotipos de frijol cultivados en callejones.....	85
Fig. 24.	Rendimiento total de biomasa del frijol según la posición de los surcos con respecto al árbol.....	85
Fig. 25.	Rendimiento de grano en genotipos de frijol cultivados en callejones.....	87
Fig. 26.	Indice de cosecha en genotipos de frijol cultivados en callejones.....	89

LISTA DE ANEXOS

	Página
Cuadro 1A. Resumen acumulado de datos meteorológicos hasta 1992. Estación: CATIE. Turrialba, C. R., 1993.....	105
Cuadro 2A. Resumen de datos meteorológicos mensuales para junio de 1992 a mayo de 1993. Estación: CATIE. Turrialba, C. R., 1993.....	105
Cuadro 3A. Análisis químico del suelo en las parcelas de las especies utilizadas en el ensayo de cultivos en callejones, lote no. 7 "La Montaña". Turrialba, C. R., 1992.....	106
Cuadro 4A. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables de crecimiento del maíz a los 26, 65 y 89 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.....	107
Cuadro 5A. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables de crecimiento del maíz a los 120 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.....	108
Cuadro 6A. Cuadrados medios del análisis de varianza para los componentes de la biomasa del maíz a los 120 días después de la siembra Turrialba, C. R., 1993.....	108
Cuadro 7A. Medias para los componentes de la biomasa por especies y genotipos de maíz a los 65, 89 y 120 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.....	109
Cuadro 8A. Razón de área foliar (RAF) y asimilación neta (IAN) del maíz según especies y genotipos. Turrialba, C. R., 1993.....	109
Cuadro 9A. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables de crecimiento y componentes de la biomasa del maíz según la posición de los surcos a los 65 y 120 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.....	110

Cuadro 10A.	Cuadrados medios de los contrastes para las funciones polinómicas del efecto de posición en el crecimiento y componentes de la biomasa de genotipos de maíz a los 65 y 120 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.....	111
Cuadro 11A.	Promedios para variables de crecimiento según la posición de los surcos del maíz a los 65 y 120 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.....	112
Cuadro 12A.	Promedio de las variables de crecimiento por especies, según la posición de los surcos de maíz. Turrialba, C. R., 1993.....	112
Cuadro 13A.	Promedios de las variables de crecimiento en genotipos de maíz según la posición de los surcos. Turrialba, C. R., 1993.....	113
Cuadro 14A.	Promedios para los componentes de la biomasa según la posición de los surcos del maíz a los 65 y 120 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.....	113
Cuadro 15A.	Promedios de los componentes de la biomasa por especies y genotipos de maíz según la posición de los surcos. Turrialba, C. R., 1993.....	114
Cuadro 16A.	Índices de área foliar (IAF), razón de área foliar (RAF), crecimiento relativo (ICR) y asimilación neta (IAN), según la posición de los surcos de maíz a los 65 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.....	114
Cuadro 17A.	Cuadrados medios del análisis de varianza para variables del rendimiento de grano del maíz en callejones. Turrialba, C. R., 1993.....	115
Cuadro 18A.	Porcentajes de la reducción del rendimiento de grano en genotipos de maíz cultivados en callejones comparados con el monocultivo. Turrialba, C. R., 1993.....	115

Cuadro 19A.	Cuadrados medios del análisis de varian- za para variables del crecimiento en el árbol a los 26, 65, 89 y 120 días des- pués de la siembra del maíz. Turrialba, C. R., 1993.....	116
Cuadro 20A.	Cuadrados medios para el crecimiento y producción de la biomasa en tres espe- cies forestales asociadas con maíz a los seis meses después de la poda. Turrial- ba, C. R., 1993.....	117
Cuadro 21A.	Cuadrados medios del análisis de varian- za para variables de crecimiento y com- ponentes de la biomasa del frijol a los 27 días después de la siembra. Turrial- ba, C. R., 1993.....	117
Cuadro 22A.	Cuadrados medios del análisis de varian- za para variables de crecimiento y com- ponentes de la biomasa del frijol a los 44, 58 y 76 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.....	118
Cuadro 23A.	Cuadrados medios del análisis de varian- za para variables de crecimiento y com- ponentes de la biomasa del frijol a los 76 y 86 días después de la siembra. Tu- rrialba, C. R., 1993.....	119
Cuadro 24A.	Índice de asimilación neta (IAN g/cm ² /d) por especies y genotipos de frijol, du- rante el ciclo del cultivo. Turrialba, C. R., 1993.....	120
Cuadro 25A.	Cuadrados medios del análisis de varian- za para variables de crecimiento y com- ponentes de la biomasa del frijol según la posición del surco en los callejones a los 58 y 86 días después de la siem- bra. Turrialba, C. R., 1993.....	120
Cuadro 26A.	Cuadrados medios de los contrastes para las funciones polinómicas del efecto de posición en el crecimiento y componentes de la biomasa del frijol a los 58 y 86 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.....	121

Cuadro 27A.	Promedios para variables de crecimiento, según la posición de los surcos del frijol a los 58 y 86 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.....	121
Cuadro 28A.	Promedios para los componentes de la biomasa según la posición de los surcos del frijol a los 58 y 86 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.....	122
Cuadro 29A.	Indices de área foliar (IAF), razón de área foliar (RAF), crecimiento relativo (ICR) y asimilación neta (IAN), según la posición de los surcos de frijol a los 58 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.....	122
Cuadro 30A.	Cuadrados medios del análisis de varianza para variables de rendimiento del frijol en cultivos en callejones. Turrialba, C. R., 1993.....	123
Cuadro 31A.	Cuadrados medios del análisis de varianza para variables de crecimiento del frijol según la posición de los surcos. Turrialba, C. R., 1993.....	123
Cuadro 32A.	Promedio por tratamiento de los componentes del rendimiento e índice de cosecha del frijol en callejones. Turrialba, C. R., 1993.....	124
Cuadro 33A.	Cuadrados medios de los contrastes para las funciones polinómicas del efecto de posición en el rendimiento del frijol en callejones. Turrialba, C. R., 1993.....	124
Cuadro 34A.	Promedio del rendimiento de rastrojo y grano del frijol, según la posición de los surcos con respecto al árbol. Turrialba, C. R., 1993.....	125
Cuadro 35A.	Cuadrados medios del análisis de varianza para variables del crecimiento en el árbol, durante el ciclo del frijol. Turrialba, C. R., 1993.....	125
Cuadro 36A.	Cuadrados medios para el crecimiento y producción de biomasa en tres especies forestales a los seis meses después de la poda. Turrialba, C. R., 1993.....	126

I. INTRODUCCION

El incremento acelerado de la población, la destrucción de los bosques, debido a la ampliación de las fronteras agrícolas y ganaderas en áreas inapropiadas y el gran déficit de productos forestales conllevan a buscar opciones más atinadas para los problemas de baja producción y degradación de las tierras en los trópicos. Esto implica realizar estudios adecuados que consideren la interacción de una gran cantidad de factores.

La agroforestería es una forma de manejo integrado de la tierra que promueve la utilización del componente árbol en los diferentes sistemas de producción; prevé la necesidad de incrementar la diversidad y estabilidad productiva, resaltando el papel que desempeña el follaje en el componente arbóreo.

Dentro de estos sistemas se encuentra el cultivo en callejones, donde los cultivos anuales se siembran entre hileras de árboles o arbustos. Los que son podados periódicamente para evitar la sombra y ofrecer abono verde para el cultivo asociado (Kang et al., 1981). La poda, permite un mayor aprovechamiento de la radiación solar, agua y nutrimentos (Cannell, 1983).

Las especies preferidas son las leguminosas arbóreas, por su capacidad para fijar nitrógeno, generación de rebrotes, rápido crecimiento, alta producción de biomasa de fácil descomposición, aporte de materia orgánica, control de

malezas, disminución de la erosión y prevención de las pérdidas de las reservas del suelo (Hawkins et al., 1990).

La información existente sobre cultivos en callejones está enfocada hacia el componente arbóreo, su efecto en el estado nutricional del suelo y en cierto grado, hacia el rendimiento del cultivo, existiendo observaciones contradictorias acerca de sus consecuencias en la productividad agrícola. La escasa información sobre el análisis de crecimiento de los cultivos agrícolas y evaluación de genotipos asociados con árboles, impiden determinar las épocas críticas durante las etapas de desarrollo y la selección de material promisorio para las condiciones del sistema de producción agroforestal.

Los cultivos agrícolas más estudiados en este sistema son el maíz (Zea mays L.) y frijol (Phaseolus vulgaris L.), ambos de gran importancia en mesoamérica como alimentos básicos en la dieta del pequeño productor y su cultivo puede llevarse a cabo en diferentes zonas ecológicas, mediante monocultivos o asociados (García, 1983 y Navarro, 1987).

El conocimiento sobre cultivos en callejones es reciente y, corresponde a la fase de investigación; por tanto, es necesario continuar con las evaluaciones de este sistema agroforestal con la finalidad de definir claramente el comportamiento de las especies agrícolas, asociadas con los árboles, para que en el futuro pueda ser integrado como una alternativa tecnológica a la actividad de los productores.

Estos antecedentes, permitieron fijar los objetivos principales del presente trabajo:

- Determinar la influencia de la Erythrina poeppigiana (Walpers) O. F. Cook, Calliandra calothyrsus Meissn y Gliciridia sepium (Jacquin) Steud, sobre el comportamiento vegetativo y reproductivo de cuatro genotipos de maíz y frijol en un cultivo en callejones.
- Evaluar el efecto de las diferentes posiciones de los surcos de maíz y frijol en los cultivos en los callejones.

II. REVISION DE LITERATURA.

2.1. Características del crecimiento en cultivos agrícolas.

El crecimiento de muchas plantas sigue un patrón similar, generalmente sigmoideo. Este se inicia con un crecimiento relativamente bajo, que posteriormente se incrementa conforme las plantas crecen (fase exponencial del crecimiento) y culmina con una disminución en los incrementos, denominada fase de senescencia del crecimiento (Fargas, 1986).

La principal función de las hojas es interceptar y captar la radiación solar incidente y transitoria para convertirla en energía estable y químicamente almacenable a través del proceso de fotosíntesis. En general, la tasa de crecimiento de las plantas depende de la eficiencia con la cual las hojas son capaces de utilizar energía lumínica en la síntesis de nuevo material para la planta (Rojas, 1979).

Al respecto, Larcher (1977) denota que la eficiencia de las plantas en el aprovechamiento de la radiación depende, fundamentalmente de su metabolismo y eficiencia fotosintética (plantas C_3 ó C_4), la arquitectura de la planta y el desarrollo del área foliar destacando la tasa fotosintética de hojas individuales diferentes a la de la comunidad. Esto corresponde con la afirmación de Evans (1975) al establecer que existe una mayor eficiencia fotosintética en condiciones óptimas de crecimiento y radiación solar. Además, Tieszen (1983) y Kira y Kumura

(1983) reportan que las plantas C_4 tienen mayor capacidad para la producción de materia seca que las plantas C_3 . De igual forma, Arze (1975) indica que la acumulación de materia seca está influenciada por el balance entre los procesos de fotosíntesis y respiración de las plantas.

Los datos básicos para el análisis del crecimiento de las plantas individuales corresponden a una serie de mediciones secuenciales del tamaño, área foliar y peso de la planta entera o de sus órganos, tomados a intervalos regulares durante el ciclo de vida o al finalizar éste (Fargas, 1986).

Según Kohashi (1979), los trabajos de análisis de crecimiento en el caso del frijol están encaminados a conocer:

- La dinámica del crecimiento y de los procesos de floración y llenado del grano.
- Las relaciones entre la morfología y el funcionamiento de la planta de frijol.
- La eficiencia en el uso de la energía para el cultivo.

El análisis del crecimiento de las plantas describe y cuantifica el crecimiento vegetativo y reproductivo durante un periodo determinado o ciclo de vida, permitiendo detectar el efecto de los factores ambientales y los responsables del crecimiento a través del tiempo (Arze, 1977). Estos efectos, agrupados en componentes, pueden cuantificarse mediante relaciones y fórmulas que ayudan a comprender mejor el crecimiento. Una de las técnicas

empleadas es el ajuste de curvas, las que permiten describir y efectuar comparaciones entre distintas modalidades de procesos biológicos. En esta metodología no solamente es importante obtener una expresión matemática adecuada, sino también que tenga sentido biológico (Arze et al., 1985).

Para interpretar la cinética del mismo, Radford (1967) y Hunt (1982) sugieren utilizar índices y fórmulas que, aunque diseñadas para plantas, pueden extenderse a sus partes. Entre los componentes morfológicos del crecimiento comúnmente utilizados se destacan: índice de área foliar (IAF), razón de peso foliar (RPF), razón de área foliar (RAF), área foliar específica, que describen el estado de distribución de la biomasa en la planta a través del tiempo en relación con el área foliar. Los componentes fisiológicos del crecimiento pueden ser estimados mediante el índice de crecimiento relativo (ICR), índice de crecimiento relativo del área foliar (ICRF) e índice de asimilación neta (IAN), (Arze, 1977).

El desarrollo de la planta de frijol comprende dos fases sucesivas: a). La vegetativa que se inicia en el momento en que la semilla dispone de condiciones favorables para germinar y termina cuando aparecen los primeros botones florales; b). La fase reproductiva finaliza cuando el grano alcanza el grado de madurez necesario para la recolección. A lo largo de estas fases se ha identificado una serie de etapas bien definidas de desarrollo que, para el caso de la fase vegetativa, está caracterizado principalmente por la

formación de hojas; en la fase reproductiva destacan la floración, formación y llenado de vaina, y madurez fisiológica (Fernández et al., 1986).

De acuerdo con Tanaka y Yamaguchi (1972), se observó que el proceso del crecimiento de las plantas de maíz puede ser dividido en cuatro fases:

- Fase inicial, que incluye la brotación y desarrollo de hojas, con producción lenta de materia seca y que termina al iniciarse la diferenciación de los órganos reproductivos y elongación de los entrenudos;
- Fase vegetativa activa, en la que ocurre un incremento activo del peso de las hojas y, posteriormente, del culmo, terminando con la emisión de los estigmas;
- Fase inicial del llenado del grano, que implica el incremento continuo de materia seca de los componentes de la planta, y es transitoria entre la vegetativa y la del llenado del grano;
- Fase del llenado del grano activo, con un rápido incremento en el peso del grano y la reducción del peso de los demás componentes de la planta.

El IBSNAT (1986 y 1988) hace una descripción detallada de los diferentes estados fenológicos y de crecimiento del frijol y maíz, e indica que es conveniente realizar los muestreos para el análisis de crecimiento durante los estados V4, R4, R6, R7, R8 y V6, R1, R4, R6 y R7, para el frijol y el maíz respectivamente, esto por presentarse en

estas etapas los cambios vegetativos y reproductivos más importantes en las plantas de ambos cultivos.

2.2. Descripción de las especies forestales.

Erythrina poeppigiana (Walpers) O. F. C.

Es un árbol leguminoso de la subfamilia Papilionaceae; su ámbito natural de distribución va desde Panamá hasta Bolivia y Perú (Holdridge y Poveda, 1975); fue introducida a inicios del siglo XX en Centroamérica y México (Borchert, 1980). En Costa Rica es una de las especies más utilizadas y se le conoce como "poró gigante". En crecimiento libre alcanza alturas mayores de 25 m y diámetros que superan los 50 cm (Holdridge y Poveda, 1975).

Se localiza en altitudes entre 0-1800 msnm con climas tropicales húmedos; presenta características que le permiten ser utilizadas en sistemas agroforestales, tales como crecimiento rápido, resistencia a podas, alta producción de biomasa mediante la producción de rebrotes y alto contenido de nitrógeno (Budowski, 1983).

Es usado tradicionalmente como árbol de sombra en cafetales y cacaotales (Russo, 1983) y asociado con pastos (Rodríguez, 1985). En experimentos la especie ha mostrado potencial para cultivos en callejones (Kass et al., 1989; Sánchez, 1989; Jiménez, 1990), con alta producción de biomasa caracterizada por una mejor dinámica de nutrientes

en el suelo y como suplemento protéico en la alimentación animal (Espinoza, 1984).

Por lo general, la propagación se realiza en forma vegetativa; sin embargo puede realizarse mediante semillas. La fructificación es en los meses de marzo a mayo, con 4500 semillas por kilogramo y un 85% de germinación durante los primeros días después de la cosecha (Banco Latinoamericano de Semillas del CATIE).

Calliandra calothyrsus Meissn.

Es un arbusto leguminoso de la subfamilia Mimosoideae, nativa del sur de México hasta Panamá (CATIE, 1986). En 1936 se introdujo en Indonesia a partir de semillas provenientes de Guatemala, en donde las plantaciones resultaron muy exitosas (NAS, 1984). En condiciones naturales alcanza hasta 12 m de altura y 20 cm de diámetro; crece en zonas húmedas desde 150 msnm hasta 1500 msnm, pero se encuentra con mayor frecuencia entre 600 msnm y 1300 msnm. En plantaciones los mejores crecimientos se han presentado en zonas arriba de 300 msnm; puede crecer en suelos pobres, ácidos, arcillosos y compactados; sin embargo crece mejor en suelos livianos, ligeramente ácidos, de buena fertilidad, y no tolera suelos con mal drenaje (CATIE, 1986).

Se ha reportado que la planta posee una notable capacidad para rebrotar, aún después de 20 años o más de

cortas sucesivas (NAS, 1983); además la regeneración natural es abundante.

La forma de crecimiento y régimen de cosecha es adecuado sobre todo para el asocio con cultivos agrícolas. Ha sido plantada en gran escala para la producción de leña en Indonesia; permite controlar la erosión y mejora los suelos. Contiene 22% de proteína cruda en las hojas, aunque una desventaja es la baja digestibilidad por el contenido de taninos (NAS, 1984).

La propagación puede ser vegetativa y por semillas; generalmente la fructificación ocurre en la época seca de noviembre a marzo. El número de semillas por kilogramo es aproximadamente de 20000 unidades, en los primeros días después de la cosecha tiene un porcentaje alto de germinación (90 %), (CATIE, 1986).

Gliricidia sepium (Jacquin) Steud.

Esta especie es una leguminosa arbórea, de la subfamilia Papilionideae; nativa de las zonas bajas de México y América Central, con una estación seca bien definida. La especie es de porte bajo (10 m a 15 m) de altura, con diámetros menores a 40 cm y fuste torcido, con tallos múltiples originados cerca de la base (Pennigton y Sarukan, 1968). Se encuentra desde el nivel del mar hasta los 2200 msnm (Mora, 1983). El número de tallos disminuye con la edad debido a la autopoda (Glover, 1989). El sistema radicular de las plantas provenientes de semillas es

profundo, con raíz pivotante y raíces laterales en ángulos agudos respecto de la raíz principal, mientras que en plantas provenientes de estacas las raíces son superficiales (CATIE, 1986).

La razón principal por la cual muchos agricultores la utilizan en agroforestería es su fácil propagación, ya sea por semillas o estacas (90% de supervivencia), su manejo a través de rebrotes o podas de copa, su capacidad para fijar nitrógeno y rápido crecimiento (Mora, 1983). Sus principales usos son como sombra en cultivos agrícolas perennes (García y Fierros, 1983); soporte para cultivos agrícolas (Chavarria, 1991); cultivos en callejones (Kass et al., 1989; Escobar, 1990); producción de leña y madera (CATIE, 1986); producción de forrajes (Espinoza, 1984); cercas vivas (Beliard, 1984); control de erosión de suelo y otros usos (Hawkins et al., 1990). La fructificación se presenta entre marzo y mayo, con un promedio de 8000 semillas por kilogramo (Mora, 1983).

2.3. El sistema de cultivo en callejones.

El cultivo en callejones es un sistema agroforestal, en donde los árboles se pueden considerar como un servicio para el cultivo asociado por el aporte de nutrimentos, especialmente nitrógeno. Esta alternativa de sistema de cultivo posee un enorme potencial para muchas zonas de ladera. Las principales ventajas del sistema son el

suministro de materia orgánica y nitrógeno al suelo, control de malezas, disminución de la erosión de los suelos y el mantenimiento de las reservas de nutrimentos del mismo (Hawkins et al., 1990). Mediante técnicas tradicionales y utilizando tecnología mejorada, se trata de contribuir al establecimiento de sistemas de producción más estables y diversificadas (Borel, 1988).

Cuando se establece un sistema de cultivos en callejones deben considerarse varios factores; algunos relacionados con el ambiente y otros con características del árbol, como producción de biomasa, respuesta a la poda, velocidad de descomposición de la biomasa, desarrollo radicular y, sobre todo la capacidad del aporte de nitrógeno al sistema (Salazar y Ann, 1987).

En zona tropical y en condiciones de cielo despejado, la intercepción solar en callejones este - oeste no es afectada de manera significativa por la altura de los árboles cuando el sol está cerca del cenit (Jackson y Palmer, 1989).

Nygren y Jiménez (1992) reportan que, a partir del estudio sobre el régimen de radiación bajo los árboles y el suministro de nitrógeno en callejones de E. poeppigiana provenientes de diferentes densidades (1 m, 2 m y 4 m) entre árboles y 4 m, 6 m y 8 m entre líneas, con orientaciones E-O y N-S, parece razonable el uso de arreglos espaciales con callejones amplios y densos espaciamientos (uno y dos entre árboles, seis y ocho entre líneas), para combinar un buen

suministro de nitrógeno con la menor sombra posible. Los callejones amplios minimizan el área ocupada por las líneas de los árboles; además, la dirección E-O parece ser la mejor alternativa sobre terrenos planos.

El interés de utilizar árboles leguminosos ha aumentado porque presentan características deseables para el sistema; y son excelente fuente de abono verde e incorporan nitrógeno al sistema (Hawkins et al., 1990). La cobertura producida por árboles y arbustos disminuye la erosión, mejora las propiedades físicas de los suelos y favorece el ciclaje de nutrimentos (Sánchez, 1987). Según Kass (1985), el cultivo de maíz y frijol en callejones de leguminosas arbóreas y aplicaciones de mulch parece ser una fuente viable de nitrógeno al frijol y maíz; principalmente cuando el nivel de este elemento en el suelo ha disminuido durante varios años de cultivo.

De acuerdo con Araya (1987), *G. sepium*, como abono verde, aporta importantes cantidades de N, K, Ca y Mg, pero es una mala fuente de P. Después de transcurrido tres ciclos de maíz y frijol, el suelo no presentó ninguna variante química con respecto al inicio del ensayo, a consecuencia de la aplicación de los tratamientos. Así mismo, Sánchez (1989) indica que, a pesar de la recirculación de nutrimentos por el componente arbóreo, las propiedades químicas del suelo cambian muy poco en el transcurso del tiempo.

Baron (1986) reportó que G. sepium con una densidad de plantación de 6666 árboles/ha (3 x 0.5 m en cultivos en callejones) y bajo un régimen de dos podas anuales aportó al suelo 8851 kg/ha, 198 kg/ha, 18 kg/ha, 160 kg/ha, 74 kg/ha y 24 kg/ha de materia seca, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio respectivamente, y que el rendimiento del frijol en asocio con y sin 50 kg/ha de N, resultaron ser iguales y estadísticamente diferentes al testigo, bajo las condiciones anteriores de fertilización.

De acuerdo con Sánchez (1989), la reserva de fósforo del componente arbóreo en el cultivo en callejones es de vital importancia ya que llega a representar un 42% con G. sepium, lo cual origina que P y K se tornen en limitantes de la producción. Así mismo el abono verde de esta especie tiene baja estabilidad en el sistema.

Kass et al., (1989) encontraron a los seis años de evaluación en un cultivo de E. poeppigiana y G. sepium en callejones, un promedio de 2368 kg/ha, 2470 kg/ha y 4858 kg/ha de hoja, tallo y biomasa total seca de E. poeppigiana; y 2408 kg/ha, 3749 kg/ha y 6158 kg/ha de hoja, tallo y biomasa total seca de G. sepium, en nueve podas efectuadas cada seis meses, en parcelas sin fertilización de nitrógeno. Con un suministro en promedio de nitrógeno de 137 kg/ha y 174 kg/ha para E. poeppigiana y G. sepium, utilizando espaciamientos de 6 x 3 metros.

Sánchez (1989), al evaluar un cultivo en callejones con E. poeppigiana en un sistema de maíz-maíz, indica que la

producción promedio de biomasa total seca (hoja y tallo) en ocho podas cada seis meses fue de 4965 kg/ha/año, 3320 kg/ha/año, 2685 kg/ha/año y 1918 kg/ha/año en espaciamientos de 6 x 1, 6 x 2, 6 x 3 y 6 x 4 m, respectivamente; las medias del suministro de nitrógeno por los árboles fueron de 274 kg/ha/año, 174 kg/ha/año, 151 kg/ha/año y 102 kg/ha/año para los distanciamientos antes indicados.

En un experimento de asociación maíz-caupí en relevo con G. sepium, en donde las estacas se sembraron a 2.25 m, 3.75 m y 6.75 m entre surcos y a 0.50 m entre planta; se encontró que los diferentes espaciamientos no afectaron los rendimientos de maíz (5062 kg/ha en promedio). Para el caupí, el efecto fue diferente, con 854 kg/ha, 586 kg/ha y 339 kg/ha respectivamente, para cada espaciamiento. Posiblemente el efecto no significativo en la producción de maíz, se atribuye a la baja contribución del N por parte de G. sepium (IIIA, 1980).

Wilson y Reed (1981), demostraron que G. sepium, Tephrosia candida, Cajanus cajan y Leucaena leucocephala sembradas a 4 m x 0.5 m, no tuvieron ningún efecto sobre el rendimiento de maíz.

Un experimento realizado por el IIIA (1983), donde se evaluó el sistema G. sepium (2 m y 4 m entre líneas de árboles) con maíz-caupí (con y sin fertilización) no mostró diferencias significativas entre distanciamientos del árbol para el rendimiento de maíz con fertilizante; pero sí hubo diferencias con respecto al no fertilizado entre ambos

distanciamientos y, fue mejor el espaciamiento de cuatro metros. Además el rendimiento de este sistema fue superior al control. Para el caso del caupí el mejor distanciamiento fué el de cuatro metros con y sin fertilizante.

En Ultisoles de Nigeria (IITA, 1983), se indica que C. calothyrsus, Sesbania grandiflora y L. leucocephala respondieron significativamente a la aplicación de cal, lo que pone de manifiesto que, a pesar de que un suelo tenga reservas altas de nutrimentos, el árbol no puede reciclarlos debido principalmente a las limitaciones en el crecimiento de la raíz, como sucede en suelos con alta saturación de aluminio.

Baron (1986), reporta que el cultivo de maíz en callejones a 6 m, utilizando biomasa de G. sepium como única fuente de nitrógeno, presentó rendimientos similares al monocultivo fertilizado con 100 kg/ha de nitrógeno.

Según Sánchez (1989), Los rendimientos del cultivo de maíz-maíz en callejones de E. poeppigiana por cosecha fueron de 2098 kg/ha, 2032 kg/ha, 2235 kg/ha y 2386 kg/ha, para los distanciamientos de 6 x 1, 6 x 2, 6 x 3 y 6 x 4 m respectivamente. Sin embargo, al considerar la evolución de los rendimientos del árbol y del maíz a través del tiempo, el distanciamiento óptimo para Turrialba es 6 x 2 metros.

De acuerdo con Kass *et al.*, (1989) los rendimientos de maíz por cosecha en callejones de E. poeppigiana a los seis años superaron ligeramente el del control sin árboles y sin fertilización; además de este cultivo, se estableció

secuencialmente el frijol y el rendimiento promedio de seis cosechas en callejones con y sin aplicación de nitrógeno fueron mejor que el control.

Segun Sánchez (1989), a través del tiempo, es posible encontrar un menor deterioro y evolución positiva de los rendimientos del maíz bajo cultivos en callejones que en monocultivo .

Yamoah et al., (1986) en un cultivo en callejones con Cassia sp., Flemingia sp. y G. sepium plantados a 4 m X 0.50 m, reportaron una reducción insignificante del peso de rastrojos, peso de mazorcas y altura de maíz para las plantas de los surcos cercanos al árbol en relación a los surcos más distantes. Sin embargo, cuando se aplicó nitrógeno y se realizaron podas, los surcos del maíz más cercanos a las especies forestales mostraron mejores respuestas en el peso seco de la planta con respecto a las que estaban en el centro del callejón.

Kass et al., (1987) determinaron para maíz en asocio con G. sepium, que los surcos localizados a menos de dos metros del árbol tuvieron un rendimiento de grano inferior, aunque no hubo diferencias significativas en la producción de biomasa. En el maíz del surco más distante del árbol, solamente 15.7% de las mazorcas fueron dañadas por pudriciones, en tanto que en los surcos más cercanos a los árboles el 30% sufrió daños.

Los resultados de Jiménez (1990) indican que el efecto de los árboles de E. poeppigiana en el crecimiento de maíz,

se observa en el estado reproductivo R1, siendo el tallo la estructura que sufre mayores modificaciones. Al ubicar la planta de maíz cerca de la hilera de árboles, el diámetro del tallo disminuye y la longitud de los entrenudos aumenta. El mismo autor concluye que los espaciamientos de 6 x 2 m, 6 x 3 m y 6 x 4 m son distanciamientos óptimos y logran rendimientos similares (3.1 t/ha), superando al testigo durante un ciclo de evaluación, que correspondió al octavo año de evaluación del sistema de producción maíz-maíz. Además la posición del surco de maíz no tuvo mayor efecto en el crecimiento y rendimiento del cultivo.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Descripción del sitio experimental.

En junio de 1992 se estableció el experimento en el área de cultivos lote no. 7 de la finca experimental "La Montaña" del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica.

El sitio experimental está ubicado a 9° 53' de latitud Norte y 83° 43' de longitud Oeste, a una altitud de 602 msnm. El área está clasificada como bosque muy húmedo premontano (Holdridge, 1987). La temperatura y precipitación media anual en los últimos 25 y 44 años es de 21.5°C y 2623 mm, respectivamente, con un periodo de menor precipitación en los meses de enero a abril, (Estación agroclimatológica del CATIE), (Cuadro 1A). Los datos climatológicos del periodo cuando se realizó la investigación aparecen en el (Cuadro 2A).

De acuerdo con Kass *et al.*, (1989) 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 isohipertérmico. La topografía es plana; presenta algunos problemas de exceso de humedad que se han reducido debido a la construcción de drenes. El análisis químico de suelo del lote experimental se incluye en el Cuadro 3A.

3.2. Material experimental.

La presente evaluación corresponde a un sistema de producción maíz-frijol de un cultivo en callejones con tres especies forestales, en el segundo año de producción.

EL experimento incluye como tratamientos diferentes genotipos de maíz y frijol. Los genotipos de maíz utilizados fueron:

Iuxpeño, Centapasaquina, Híbridos H₃ y H₅. Todos de porte medio, la floración se presenta a partir de los 60 a 65 días después de la siembra y su ciclo vegetativo es de 120 a 130 días.

Para el frijol se evaluaron los genotipos:

Bat 76, Dor 364, Dor 390 y Negro Huasteco; con tipo de hábito II (indeterminado arbustivo). El color de la semilla para el Dor 364, es rojo y negro para los demás genotipos, la floración ocurre entre los 40 y 45 días después de la siembra y el ciclo vegetativo es de 80 a 90 días.

Las especies forestales utilizadas fueron:

- G. sepium (Madero Negro), material proveniente de cercas vivas de Guápiles, en Costa Rica.
- E. poeppigiana "Poró" (clon, 2708), proveniente del banco clonal del Proyecto Arboles Fijadores de Nitrógeno (AFN) de San Juan Sur, Turrialba, en Costa Rica.
- C. calothyrsus (Calliandra), material propagado en el vivero del CATIE.

3.3. Tratamientos.

Se evaluaron 16 tratamientos en cada ciclo agrícola, distribuidos en forma independiente dentro de las parcelas experimentales con respecto al anterior, y que corresponden a los siguientes:

Tratamientos.		
	ciclo maíz	ciclo frijol
1.	<u>C. calothyrsus</u> - Centapasaquina	Bat 76
2.	" - H ₃	Dor 364
3.	" - H ₃	Dor 390
4.	" - Tuxpeño	N. Huasteco
5.	<u>G. sepium</u> - Centapasaquina	Bat 76
6.	" - H ₃	Dor 364
7.	" - H ₃	Dor 390
8.	" - Tuxpeño	N. Huasteco
9.	<u>E. poeppigiana</u> - Centapasaquina	Bat 76
10.	" - H ₃	Dor 364
11.	" - H ₃	Dor 390
12.	" - Tuxpeño	N. Huasteco
13.	Monocultivo - Centapasaquina	Bat 76
14.	" - H ₃	Dor 364
15.	" - H ₃	Dor 390
16.	" - Tuxpeño	N. Huasteco

3.4. Diseño y unidad experimental.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con parcelas divididas y tres repeticiones. La parcela grande correspondió a las especies forestales y monocultivo; y la subparcela a los genotipos de maíz y frijol (Fig. 1). Cada unidad experimental tuvo 51, 27 y 15 árboles para G. sepium, C. calothyrsus y E. poeppigiana respectivamente, distribuidos en tres hileras de árboles a un distanciamiento de 6 x 0.50 m, 6 x 1 m y 6 x 2 m respectivamente, en dos callejones de 6 x 8 m cada uno. La evaluación del componente arboreo se realizó en la hilera central de cada unidad experimental, ubicada dentro de la parcela útil de los tratamientos respectivos, evaluando 15, 7 y 3 árboles de acuerdo al orden de las especies forestales antes indicado (Fig. 2).

3.5. Manejo del experimento.

Previo al inicio del ciclo de maíz se realizó un muestreo de suelo, con la finalidad de conocer las características físico-químicas del sitio en estudio; luego, se efectuó la preparación mecánica del terreno, mediante el uso de arado y rastra. Posteriormente, una semana antes de efectuar la siembra de los cultivos, se llevó a cabo la poda de rebrotes en los árboles y la biomasa se incorporó al sistema.

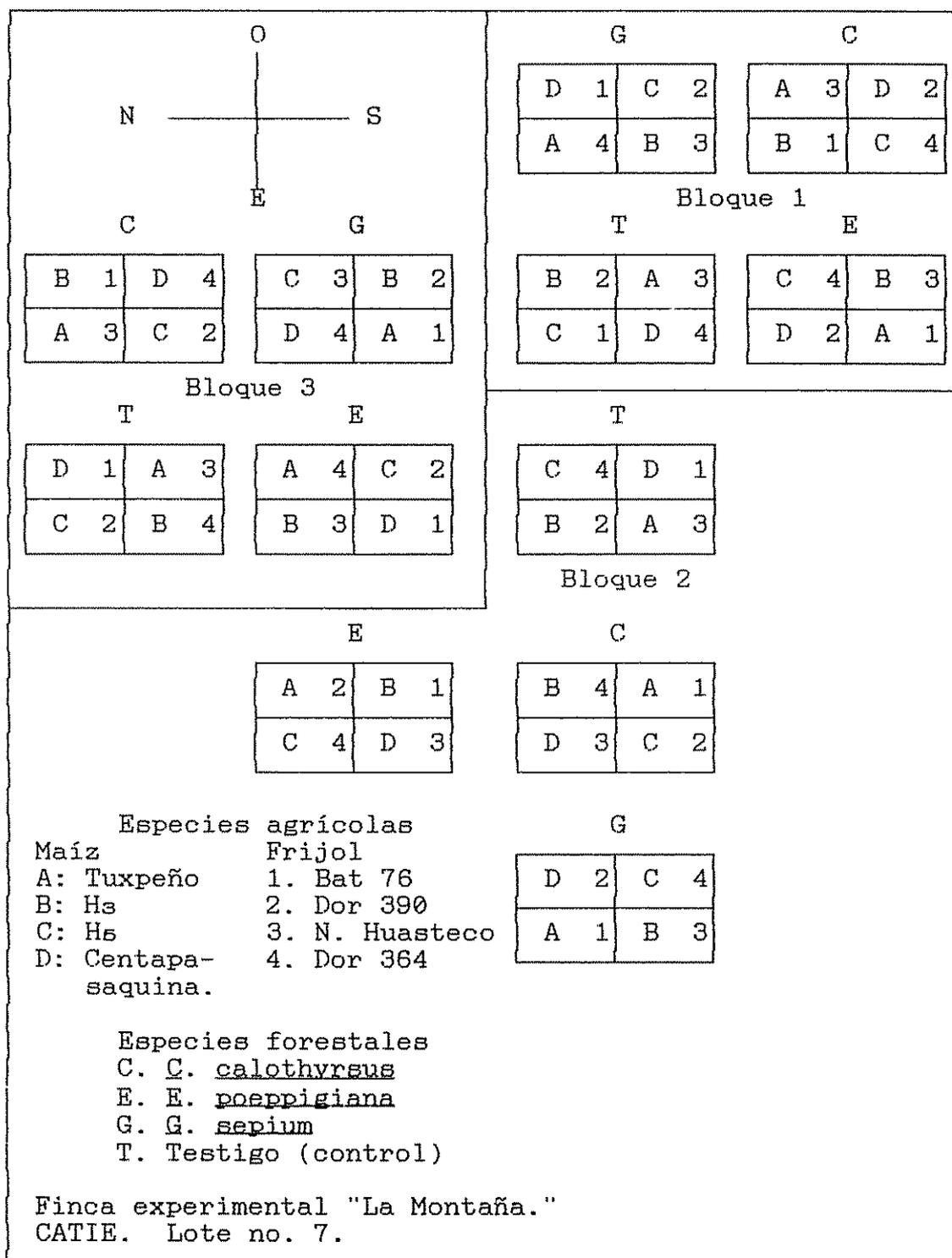


Fig. 1. Distribución de tratamientos en campo para el sistema de cultivos en callejones. Turrialba, C. R., 1993.

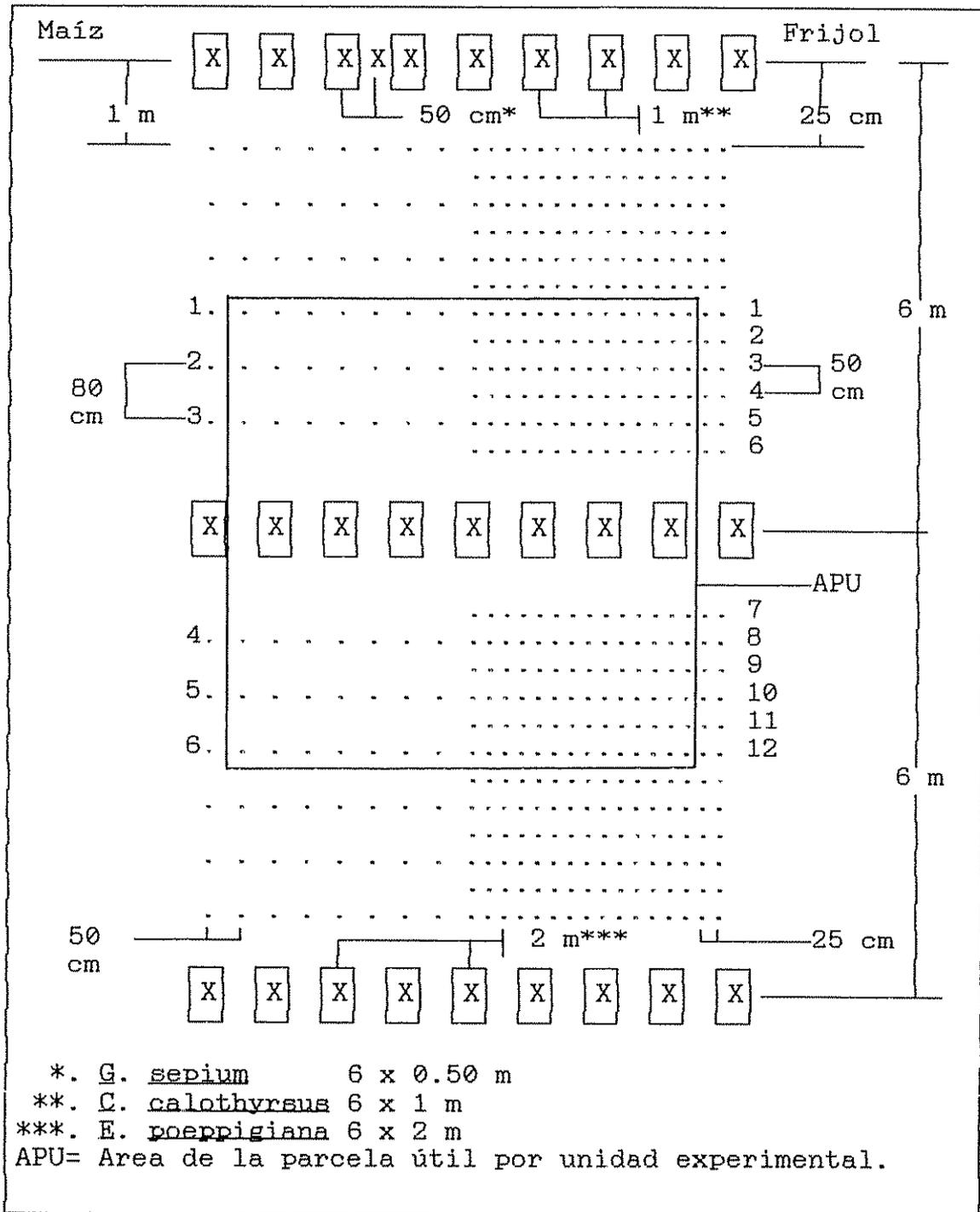


Fig. 2. Arreglo espacial de árboles y de los cultivos de maíz, frijol y parcela útil en los tratamientos evaluados. Turrialba, C. R., 1993.

El maíz se sembró en junio y el frijol en diciembre. El arreglo espacial para maíz fue de 0.8 m x 0.5 m entre surcos y plantas respectivamente, el surco de maíz más próximo a los árboles se estableció a un metro de éstos, con un total de seis surcos por callejón. Para el caso del frijol, el arreglo espacial fue de 0.50 m x 0.25 m entre surcos y plantas respectivamente: El surco más cercano a los árboles se localizó a 25 cm, con un total de 12 surcos por callejón (Fig. 2).

Las evaluaciones del maíz se realizaron, en seis surcos (tres surcos a cada lado de la hilera central de árboles) y 12 surcos para el frijol (seis surcos a cada lado de la hilera central de árboles), (Fig. 2).

Inicialmente se establecieron tres semillas para maíz y cuatro semillas para frijol. Tres semanas después de la siembra se efectuó el raleo para dejar únicamente dos y tres plantas respectivamente.

En maíz el combate de malezas se realizó a los 20 y 55 días después de la siembra. En el cultivo de frijol se aplicó Paraquat (400 g ia/ha) dos semanas antes de la siembra y un deshierbe manual a los 25 días después de establecido.

El control de plagas y enfermedades se llevó a cabo únicamente para el cultivo de frijol, principalmente, en el combate de insectos del follaje y la vaina así como para la prevención de enfermedades fungosas. Aplicaciones de la mezcla de Benomyl y Malathion (250 y 570 g ia/ha), se

hicieron a los 15 días después de la siembra del frijol. Posteriormente, (15 días después) se hizo la segunda aplicación utilizando Mancozeb y Metamidofos (800 y 600 g ia/ha), y finalmente a los 50 días de establecido el cultivo se aplicó nuevamente Benomyl y Metamidofos (250 y 600 g ia/ha).

La dobla del maíz se realizó después de alcanzar la madurez fisiológica y la cosecha final se efectuó a los 125 días. Para el frijol, la cosecha fue a los 86 días; el área (subparcela útil) de cosecha en ambos casos correspondió a 24 m² (Fig. 3 y 4) y los rendimientos de los granos se expresaron al 14% de humedad.

3.6. Análisis del crecimiento.

Para el análisis de crecimiento se realizaron muestreos en subparcelas elegidas al azar, dentro de cada una de las parcelas útiles. Las plantas muestreadas en cada surco fueron evaluadas individualmente obteniendo un promedio del total de plantas presentes en cada hoyo. Los surcos evaluados se identificaron de 1 a 6 en maíz y de 1 a 12 para el frijol (Fig. 3 y 4).

Con la finalidad de obtener distancias similares entre los surcos identificados con respecto al árbol, se hizo la siguiente agrupación para maíz: a). surcos más cercanos a los árboles 3 y 4; b). surcos a media distancia 2 y 5; c). surcos más alejados 1 y 6; y para el frijol se agruparon en

los siguientes pares: 6 y 7, 5 y 8, 4 y 9, 3 y 10, 2 y 11, 1 y 12. Esto originó tres posiciones (distancias) de los surcos para el maíz y seis para el frijol, en relación con la hilera de árboles.

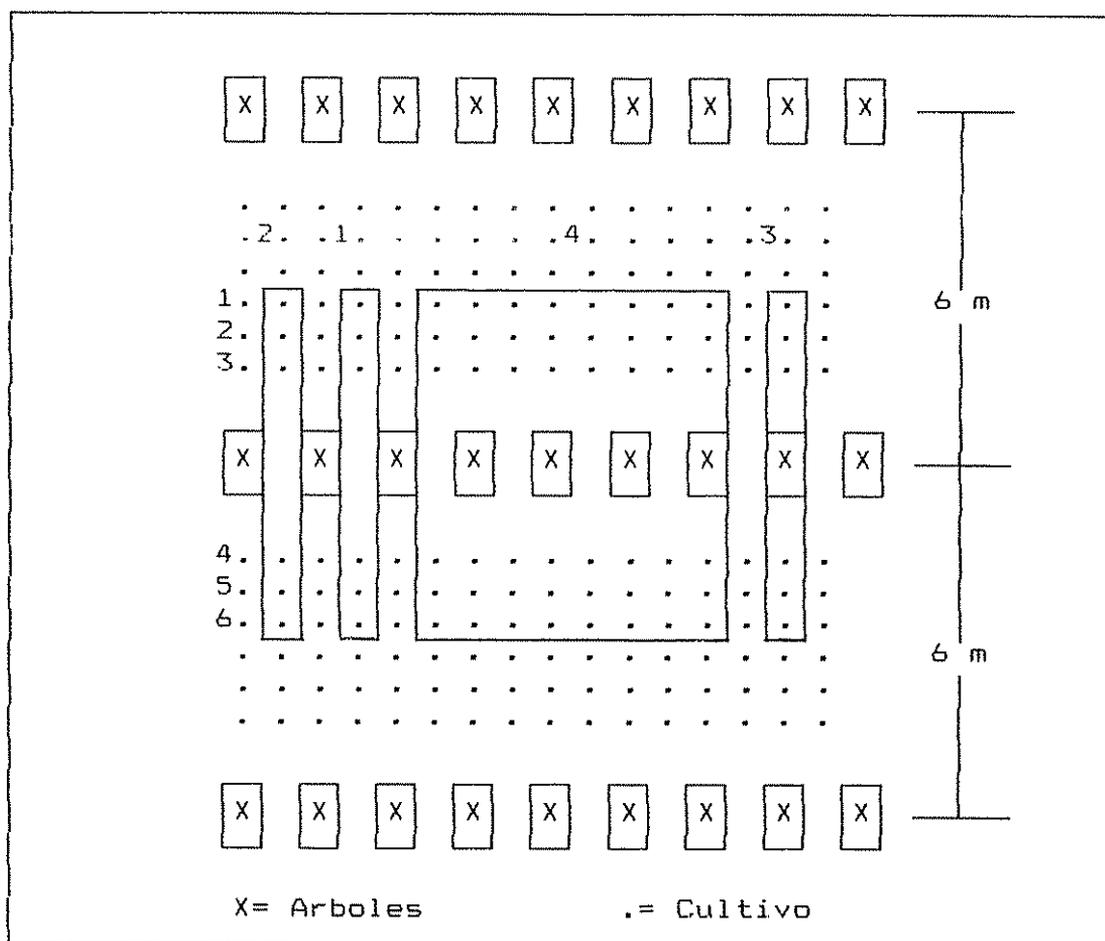


Fig. 3. Distribución de las subparcelas por tratamiento, formadas por seis surcos para los muestreos 1, 2, 3 y 4 del análisis de crecimiento en maíz. Turrialba, C. R., 1993.

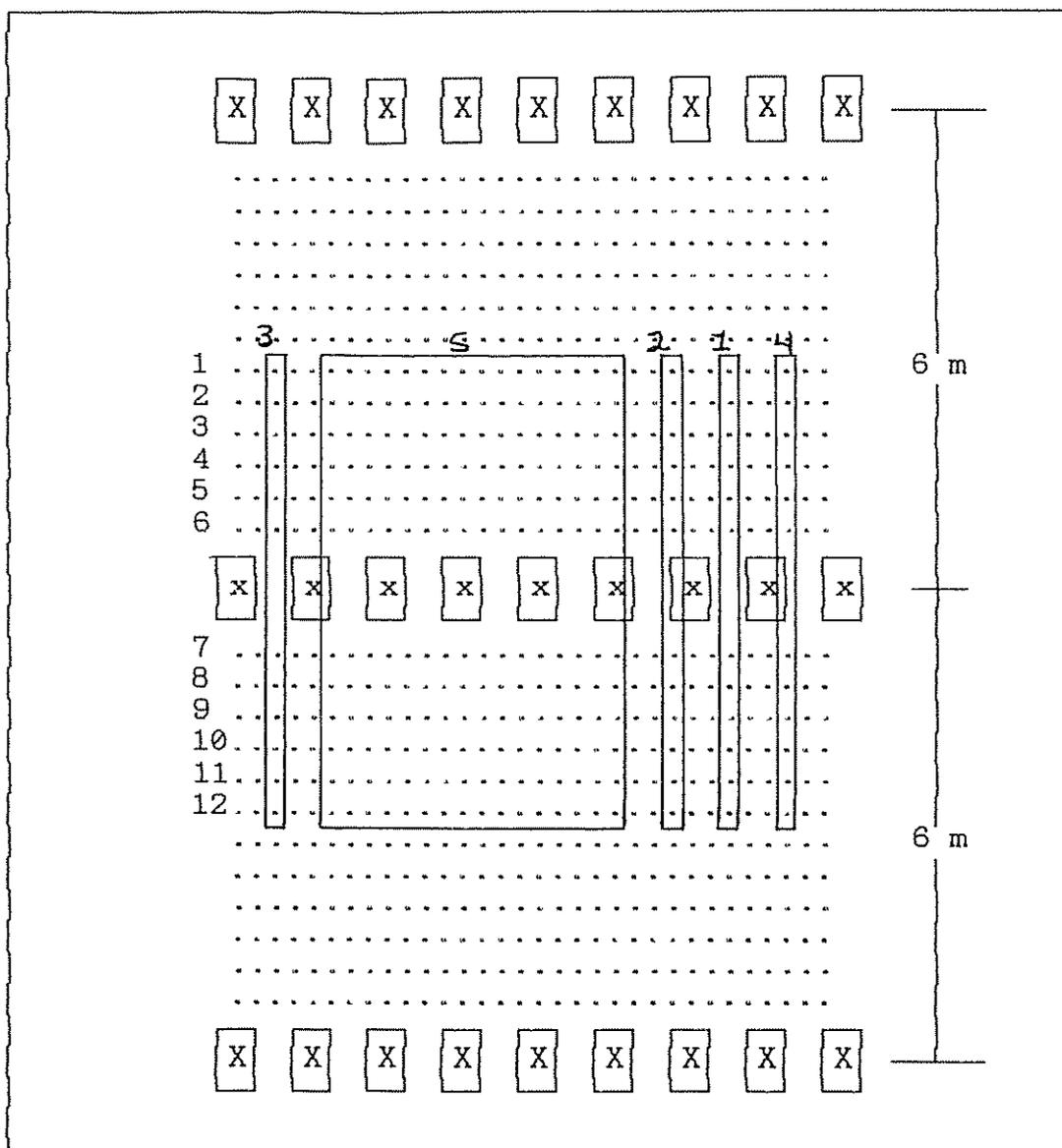


Fig. 4. Distribución de las subparcelas por tratamiento, formadas por 12 surcos para los muestreos 1, 2, 3, 4 y 5 del análisis de crecimiento en frijol. Turrialba, C. R., 1993.

Los muestreos se efectuaron en los momentos determinados por el estado vegetativo y reproductivo de las especies agrícolas, de acuerdo a lo recomendado por IBSNAT (1986 y 1988), como se observa en los Cuadros 1 y 2 para el maíz y el frijol.

Las evaluaciones para el análisis del crecimiento de los cultivos se realizaron cuando el cincuenta por ciento de las plantas alcanzaron el estado vegetativo y reproductivo, correspondiente a los muestreos antes indicados (Cuadro 1 y 2).

Cuadro 1. Descripción de los estados vegetativos y reproductivos de la planta de maíz (IBSNAT, 1988).

Estado	Descripción del estado vegetativo y reproductivo
V6	Las plantas presentan la sexta hoja visible a nivel del cuello.
R1	Las plantas tienen algunos estigmas visibles fuera de la tuzas.
R4	Las plantas presentan granos en estado de maíz tierno. El endospermo tiene consistencia pastosa. Ocurre generalmente 24 a 28 días después de emerger los pelos.
R6*	Las plantas alcanzan la madurez fisiológica. Hay una abscisión café o negro visible en la base del embrión cuando los granos se seccionan longitudinalmente, y las tuzas ya no están verdes. Generalmente ocurre 55 a 65 días después del R1.
R7	Estado de cosecha final.

*. No se consideró para la realización del presente trabajo.

Cuadro 2. Descripción de los estados vegetativos y reproductivos de la planta de frijol (IBSNAT, 1986).

Estado	Descripción del estado vegetativo y reproductivo
V4	Cuando la planta presente 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.

3.7. Variables de respuesta.

3.7.1. Variables evaluadas en los cultivos agrícolas.

Las variables de respuestas evaluadas en cada muestreo para maíz y frijol se describen en el Cuadro 3. Se determinaron además los índices morfológicos (índices de área foliar "IAF" y razón de área foliar "RAF") y fisiológicos del crecimiento (índices, de crecimiento relativo "ICR" y asimilación neta "IAN"), para interpretar el comportamiento de los cultivos a través del tiempo; también se determinó el índice de cosecha "IC" (Cuadro 4).

Cuadro 3. Variables de respuesta evaluadas en maíz y frijol durante los muestreos para el análisis de crecimiento. Turrialba, C. R., 1993.

VARIABLES	MÉTODOS DE MEDICIÓN
Altura de la planta.	Altura donde se dobla la última hoja.
Area foliar(AF).	En maíz se midió el largo (L) y ancho (A) "parte media de cada hoja. El AF se calculó con la ecuación: $AF = 0.74 \times L \times A$ (según Mckee, 1964). En frijol se tomaron muestras de hojas y submuestras con un sacabocado circular, cuya área era proporcional al peso del disco; se usó la siguiente relación: $AF = (Ad \times PSh)/PSd$.
Diámetro de tallo*	Se determinó con un calibrador. El primer muestreo se tomó a 5 cm de altura del cuello de la planta; las restantes (2, 3 y 4) en el entrenudo debajo de la primer mazorca.
Longitud de entrenudos*	Longitud del tallo dividido por el número de nudos presentes en el tallo.
Peso seco de tallo.	En las variables componentes de la biomasa de maíz y frijol, el material fue picado y se determinó el peso seco constante, aproximadamente 72 h a 70°C en hornos de aire forzado.
Peso seco de hojas.	
Peso seco de elote*	
Peso seco de flor*	
Peso seco de vainas**	
Peso seco de tuza*	
Peso seco de olote*	
Peso seco de grano.	
Peso seco de raíz*	Fue extraída del suelo con una pala. Posteriormente se lavó.
Número de vainas**	
Número de granos/vaina**	

*.En maíz. **. En frijol.
 0.74 = Es una constante Ad = Area del disco (2.5012 cm²)
 PSh = Peso seco de hojas (g) PSD = Peso seco de disco (g)

Cuadro 4. Índices morfológicos, fisiológicos y de cosecha evaluados en maíz y frijol, durante los muestreos para el análisis de crecimiento. Iurrialba, C. R., 1993.

Índices morfológicos	
Área foliar.	$IAF = \frac{\text{Área foliar/planta}}{\text{Área de suelo/planta}} \quad (\text{cm}^2/\text{cm}^2)$
Razón área foliar.	$RAF = \frac{\text{Área foliar total}}{\text{Peso seco total}} \quad (\text{cm}^2/\text{g})$
Índices fisiológicos	
Crecimiento relativo.	$ICR = \frac{\ln(P_2) - \ln(P_1)}{T_2 - T_1} \quad (\text{g/g/d})$
Asimilación neta.	$IAN = \frac{P_2 - P_1}{A_2 - A_1} \times \frac{\ln(A_2) - \ln(A_1)}{T_2 - T_1} \quad (\text{g/cm}^2/\text{d})$
Índice de cosecha	
	$IC = \frac{\text{Peso seco de grano}}{\text{Peso seco total de la biomasa}} \times 100.$

Donde:

P_1 y P_2 = Peso de biomasa total en muestreo anterior y posterior.

T_1 y T_2 = tiempo (días del muestreo anterior y posterior).
 \ln = Logaritmo natural.

A_1 y A_2 = Área foliar de la planta en muestreo anterior y posterior.

3.7. 2. Variables evaluadas en los árboles.

El crecimiento de los árboles se evaluó en cada uno de los muestreos de los cultivos a excepción del cuarto muestreo de frijol en donde debido al corto intervalo de tiempo con respecto al tercer y cuarto muestreo no se evaluaron. 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, anteriormente mencionadas y el peso seco de hojas, tallos y el número de rebrotes.

Se determinó el peso fresco total de hojas y tallos por tratamiento. Posteriormente se tomó una submuestra de hojas y tallos por tratamiento equivalente a 500 gramos. Estos se secaron en un horno con corrientes de aire forzado a 70°C durante 72 horas. Finalmente se obtuvo el peso seco de las submuestras y mediante las conversiones respectivas se determinó la producción de biomasa seca de hojas y tallos por árbol.

3.8. Análisis estadístico.

Se realizó un análisis de varianza, para cada una de las variables de crecimiento y rendimiento de los cultivos agrícolas. El modelo correspondió a un diseño de bloques al azar en parcelas divididas, donde la parcela grande fueron las especies forestales y el monocultivo; las subparcelas

corresponden a los genotipos del maíz y frijol. Los promedios de los efectos principales de las variables con diferencias significativas se compararon utilizando pruebas de Tukey y contrastes.

El modelo estadístico utilizados para la interpretación del experimento es el siguiente:

Diseño de bloques al azar en parcelas divididas:

$$Y_{ijkl} = M + B_i + T_j + E_{1i} + G_k + (TG)_{jk} + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Observación de la subparcela (genotipos) en nivel j , y dentro de la parcela grande (especies) en su nivel i , en la repetición l (variable dependiente).

M = Media general.

B_i = Efecto de la repetición i .

T_j = Efecto de la especie arbóreas j .

E_{1i} = Error experimental para parcelas grandes (especies)

G_k = Efecto del genotipo k .

$(TG)_{jk}$ = Efecto de la interacción de especie j , por genotipo k .

E_{ijkl} = Error de subparcelas (genotipos) en todo el experimento

El análisis de los datos para evaluar el efecto de la posición del surco de los cultivos se agruparon según la distancia al árbol. Para el maíz se usaron tres posiciones: 1 m, 1.80 m y 2.60 m y para frijol seis posiciones: 0.25 m, 0.75 m, 1.25 m, 1.75 m, 2.25 m y 2.75 m del árbol.

El modelo utilizado para la interpretación del efecto de la posición de los surcos con respecto al árbol, fue un

diseño de bloques al azar en parcelas subdivididas; la parcela grande fueron las especies forestales, las subparcelas correspondieron a los genotipos de maíz y frijol y como tercer factor (sub-subparcelas) las posiciones de los surcos. Para la cosecha final de maíz no se evaluó el efecto de la posición de los surcos. Los promedios para el factor posición y sus interacciones de las variables con diferencias significativas se compararon utilizando polinomios ortogonales.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

Diseño de bloques al azar en parcelas subdivididas:

$$Y_{ijkl} = M + B_i + T_j + E_{1j} + G_k + (TG)_{jk} + E_{1jk} + P_l + TP_{jl} + GP_{kl} + TGP_{jkl} + E_{1jkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Observación de la sub-subparcela (posición de los surcos) en el nivel i que está dentro; de la subparcela (genotipos) en nivel k , y dentro de la parcela grande (especies) en su nivel j , en la repetición l (variable dependiente).

M = Media general.

B_i = Efecto de la repetición i .

T_j = Efecto de la especie j .

E_{1j} = Error experimental para parcelas grandes (especies)

G_k = Efecto del genotipo k .

$(TG)_{jk}$ = Efecto de la interacción de especie j por genotipo k .

E_{1jk} = Error de subparcelas (genotipos).

P_l = Efecto de la posición l .

TP_{jl} = Efecto de la interacción especie j por posición l .

GP_{k_1} = Efecto de la interacción genotipo k por posición 1 .

$IGP_{j_1 k_1}$ = Efecto de la interacción especie j por genotipo k por posición 1 .

E_{1jk_1} = Error total del experimento.

El crecimiento y producción de biomasa de los árboles se evaluaron de acuerdo al diseño de bloques al azar. Los promedios se compararon mediante pruebas de Tukey.

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{1j} = M + B_1 + T_j + E_{1j}.$$

Donde:

Y_{1j} = Es el valor correspondiente de la especie forestal j , en el bloque 1 (variable dependiente).

M = Efecto de la media general.

B_1 = Efecto del 1 -ésimo bloque.

T_j = Efecto de la j -ésima especie forestal.

E_{1j} = Error experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION.

4.1. Crecimiento del maíz.

4.1.1. Area foliar.

El efecto de las especies de árbol sobre el desarrollo del área foliar del maíz se detectó a los 26, 65 y 89 días (Cuadro 4A). Se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre el maíz asociado con C. calothyrsus y el cultivado con E. poeppigiana (Cuadro 5), como consecuencia de un mayor diámetro de copa alcanzado por la E. poeppigiana (Cuadro 9), que reduce la exposición de las plantas de maíz a la radiación solar. Una baja captación de luz en el cultivo origina un menor desarrollo del follaje (Lieszen, 1983).

También se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre genotipos a los 26 y 65 días (Cuadro 4A). A los 26 días el Tuxpeño mostró un área foliar significativamente inferior al H₂ y Centapasaquina y a los 65 días mantiene esta tendencia comparado con el H₂ (Cuadro 6). Esto indica que el comportamiento en el crecimiento del área foliar de los cultivares depende de la respuesta genética de cada genotipo, para utilizar aquellos factores que afectan la fotosíntesis: temperatura, luz, nutrientes y agua (Arze, 1977).

Cuadro 5. Medias para variables de crecimiento del maíz a los 26, 65, 89 y 120 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.

Especies	Días	Area foliar (cm ²)	Altura planta (cm)	Diám. tallo (cm)	Longitud enudos (cm)	Biomasa total seca (g)
CA	26	493.7 A	41.4 A	1.0 A	.....	3.0 A
CO		360.4 AB	39.6 A	0.8 A	.....	2.3 A
GL		343.4 AB	39.2 A	0.8 A	.....	2.2 A
PO		287.2 B	37.7 A	0.7 A	.....	2.2 A
CA	65	5295.6 A	213.0 A	1.8 A	13.8 A	93.1 A
CO		4862.1 AB	200.8 AB	1.7 AB	12.8 A	83.0 A
GL		4829.0 AB	195.6 AB	1.7 AB	12.3 AB	77.4 A
PO		3492.4 B	156.6 B	1.4 B	9.9 B	50.8 A
CA	89	3720.9 A	252.1 A	1.7 A	14.0 AB	195.5 A
CO		3566.4 A	232.5 A	1.7 A	14.6 A	195.4 A
GL		3609.1 A	221.7 A	1.8 A	13.7 AB	195.4 A
PO		2390.9 B	180.5 A	1.4 B	11.9 B	119.3 B
CA	120	.....	223.8 A	1.7 A	14.6 A	202.2 A
CO		.....	218.3 AB	1.7 A	14.7 A	205.1 A
GL		.....	217.0 AB	1.7 A	14.3 A	212.8 A
PO		.....	184.2 B	1.4 B	12.8 A	139.0 A

Los promedios sin letras en común presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Tukey.

CA= C. calothyrsus

CO= Control

GL= G. sepium

PO= E. poeppigiana

Cuadro 6. Medias para variables de crecimiento en genotipos de maíz a los 26, 65, 89 y 120 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.

Geno- tipos	Días	Area foliar (cm ²)	Altura planta (cm)	Diám. tallo (cm)	Longitud enudos (cm)	Biomasa total seca (g)
Tuxpeño		266 B	32.2 C	0.6 B	.....	1.7 C
H ₃	26	462 A	45.3 A	0.9 A	.....	3.2 A
H ₅		372 AB	39.2 B	0.8 A	.....	2.3 BC
Centa- pasaquina		385 A	41.2 AB	0.8 A	.....	2.6 AB
Tuxpeño		4080 B	163.0 B	1.6 A	9.6 C	62.5 B
H ₃	65	4830 AB	222.3 A	1.7 A	15.3 A	83.1 AB
H ₅		5219 A	212.1 A	1.8 A	13.3 B	89.7 A
Centa- pasaquina		4350 AB	168.7 B	1.6 A	10.6 C	69.1 AB
Tuxpeño		3028 A	234.9 A	1.5 B	13.0 C	165.6 B
H ₃	89	3478 A	238.0 A	1.8 A	15.7 A	205.9 A
H ₅		3412 A	226.2 A	1.7 AB	14.0 B	180.7 AB
Centa- pasaquina		3386 A	187.7 A	1.6 AB	11.5 D	153.5 B
Tuxpeño		.....	205.8 BC	1.5 B	14.2 B	184.1 A
H ₃	120	.....	234.7 A	1.7 A	15.5 A	197.5 A
H ₅		.....	212.9 B	1.7 A	14.4 B	180.2 A
Centa- pasaquina		.....	190.2 C	1.6 AB	12.4 C	197.1 A

Los promedios sin letras en comun presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Tukey.

4.1.2. Altura de la planta.

El efecto de la especie arbórea sobre la altura de la planta se observó a los 65 y 120 días (Cuadro 4A y 5A). Estas diferencias fueron significativas entre el maíz asociado con C. calothyrsus y E. poeppigiana con una superioridad del primero (Cuadro 5), esto indica que C. calothyrsus permitió un mejor crecimiento vegetativo del maíz, posiblemente debido a una menor cobertura en la copa de los árboles a los 65 días (Cuadro 9), también pudo influir la forma de su copa, el tamaño y disposición de las hojas y la orientación de las ramas. Además las plantas de maíz en asocio con C. calothyrsus obtuvieron mayor elongación de entrenudos a los 65 días, esto permitió una mayor altura en el cultivo, alcanzando una posición menos sombreada que favorece el desarrollo de la planta, además posiblemente la existencia de un follaje menos denso en C. calothyrsus permitió la elongación de los entrenudos (Cuadro 5).

Se observaron diferencias ($P < 0.05$) entre los genotipos a los 26, 65 y 120 días (Cuadro 4A y 5A), mostrando superioridad los híbridos sobre las variedades en el muestreo realizado a los 65 días; sin embargo, a los 120 días solo se observó superioridad del H₂ (Cuadro 6). Este genotipo mantuvo un mayor crecimiento de la planta durante el ciclo del cultivo, producto de una mayor área foliar obtenida en la fase vegetativa, lo cual es una capacidad

genética inherente a los híbridos (Tanaka y Yamaguchi, 1972).

4.1.3. Diámetro de tallo.

A partir de los 65 días se detectó el efecto de las especies arbóreas sobre el diámetro del tallo de maíz (Cuadro 4A y 5A). Las diferencias a los 65 días únicamente ocurrieron entre el cultivo de maíz en callejones de C. calothyrsus y en los callejones de E. poeppigiana, con los mayores promedios para el primer sistema; a los 89 y 120 días se encontró un menor diámetro en el maíz asociado con E. poeppigiana (Cuadro 5). Al existir mayor diámetro de copa y menor altura en el árbol de E. poeppigiana, comparado con la C. calothyrsus (Cuadro 9) se ejerce competencia por luz y las plantas de maíz más sombreadas reducen el diámetro de tallo y el crecimiento general de la planta, (Lafitte, 1989). Comportamientos similares reportó Jiménez, (1990) para el luxpeño asociado con E. poeppigiana al aumentar el sombreadamiento, debido a una mayor densidad de árboles en los callejones (espaciamiento de 6 x 1 m).

Las diferencias ($P < 0.05$) entre los genotipos, se presentaron a los 26, 89 y 120 días (Cuadro 4A y 5A). A los 26 días hubo diferencias ($P < 0.05$) entre el Tuxpeño y los demás genotipos, con el menor diámetro de tallo para el Tuxpeño. Esta respuesta está muy relacionada con el crecimiento foliar del genotipo, indicando que una reducción

en el área foliar afecta la acumulación de carbohidratos y reduce la velocidad de crecimiento del tallo (Duncan, 1965).

La interacción Especie*Genotipo fue significativa ($P < 0.05$) a los 65 días, observándose que los genotipos se comportaron de manera diferente en cada una de las especies de árboles con las cuales fueron asociados, siendo superior el H₃ en el asocio con C. calothyrsus y en monocultivo (Fig. 5). Al existir mayor sombreamiento en los callejones de E. poeppigiana los genotipos presentaron tallos más delgados. El H₃ parece tener un mejor potencial genético para crecer en condiciones de sombreamiento en relación a los demás genotipos y responde mejor en callejones de C. calothyrsus, posiblemente existe mayor disponibilidad de nutrimentos necesarios para su crecimiento en comparación con el monocultivo y la asociación con G. sepium.

4.1.4. Longitud de entrenudos.

El análisis de varianza detectó diferencias significativas ($P < 0.05$) para el efecto de las especies de árbol sobre la longitud de entrenudos a los 65 y 89 días (Cuadro 4A). En la primera fecha la mayor longitud fue para el maíz asociado con C. calothyrsus y en monocultivo, comparado con el maíz cultivado en callejones de E. poeppigiana (Cuadro 5). A los 89 días se obtuvieron diferencias ($P < 0.05$) encontrándose superioridad del monocultivo sobre el asociado con E. poeppigiana. Autores

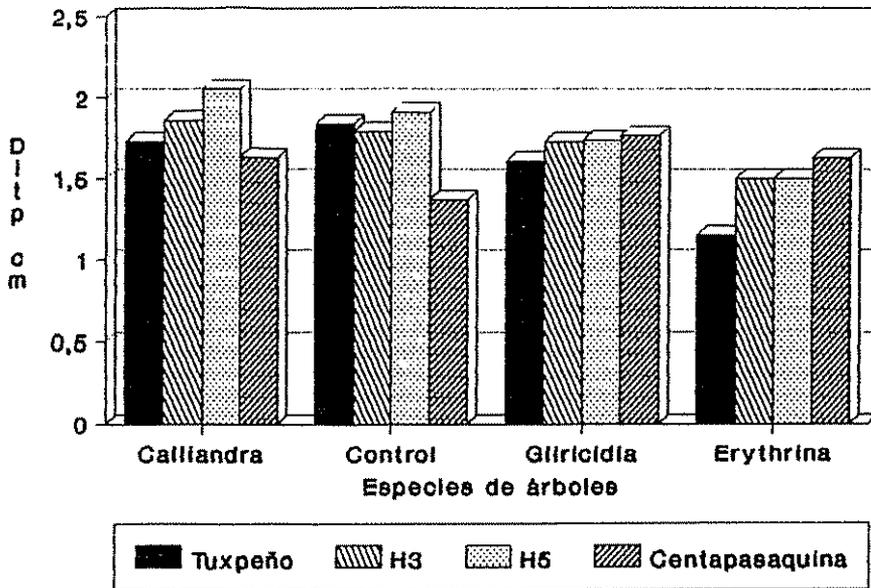


Fig. 5 Diámetro del tallo de los diferentes genotipos de maíz a los 65 días después de la siembra.

como Lafitte (1989) y Jiménez (1990) encontraron aumento en la longitud de los entrenudos cuando la planta del maíz recibe menor radiación solar; sin embargo los resultados obtenidos muestran lo contrario para *E. poeppigiana*, al presentar menor elongación del tallo de maíz. Lo anterior es consecuencia de una reducción general en el crecimiento de la planta durante la fase vegetativa debido a la competencia existente entre el cultivo y los árboles, lo que no permitió una elongación de entrenudos, esto puede corroborarse al observar el área foliar y la altura de la planta que presentaron una reducción durante el crecimiento del maíz asociado con *E. poeppigiana*.

Se encontraron diferencias estadísticas ($P < 0.01$) entre genotipos a partir de los 65 días (Cuadro 4A y 5A). La comparación de los promedios mostró una mayor longitud de entrenudos en el híbrido Ha comparado con los demás genotipos y permite mayor altura de la planta de maíz, logrando superar el sombreamiento existente en los callejones, esto implica mayor área foliar con menos sombra lo que incrementa la fotosíntesis y el desarrollo del tallo (Tanaka y Yamaguchi, 1972)

4.1.5. Componentes de la biomasa.

A los 89 y 120 días se detectaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) para el efecto de la especie de árboles sobre los componentes de la biomasa del maíz: hoja, tallo y grano (Cuadro 6A).

Existió una reducción significativa ($P < 0.05$) en la producción de biomasa de hoja, tallo y grano de maíz en asocio con E. poeppigiana a los 89 días, diferencia que se mantuvo hasta los 120 días para el peso seco de hoja en comparación con el maíz asociado con G. sepium y C. calothyrsus. Esta disminución se atribuye a la senescencia de las hojas al existir una maduración precoz de éstas, como consecuencia de un menor crecimiento del maíz asociado con E. poeppigiana; sin embargo el peso seco de tallo y grano en el maíz asociado con E. poeppigiana obtuvo una recuperación a los 120 días (Cuadro 7A).

Se detectaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre los genotipos para el peso seco de hoja y tallo a los 65 días y para todos los componentes a los 89 días. Esta diferencia significativa se mantuvo para el peso seco del tallo a los 120 días.

Al inicio de la fase reproductiva (65 días) la mayor producción de biomasa fue para en el genotipo H₅; y durante el llenado de grano fueron mayores los promedios en el H₅, que mantuvo su comportamiento en el peso seco de tallo hasta la cosecha (Cuadro 7A). El buen desarrollo alcanzado en la etapa vegetativa de los híbridos permitió un mayor rendimiento en los componentes de la biomasa, esto indica que presentaron un mayor potencial productivo en relación a las variedades en el asocio con las especies forestales y en monocultivo.

La interacción Especie*Genotipo fue altamente significativa ($P < 0.01$) a los 120 días para el peso seco de grano; los mayores rendimientos fueron para la variedad Centapasaquina en asocio con G. sepium y monocultivo (Fig. 6). G. sepium presentó menor crecimiento en el diámetro de su copa y su crecimiento ortótropo origina menos sombreamiento sobre las plantas de maíz, comparado con las otras especies (Cuadro 9). Una mayor disponibilidad de luz favorece el llenado de grano (Hanway, 1962).

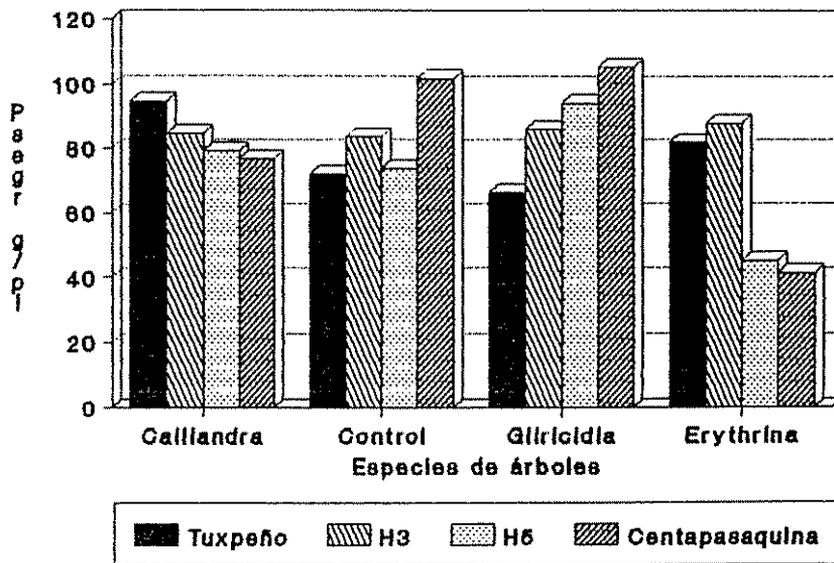


Fig. 6 Peso seco de grano en genotipos de maíz a los 120 días después de la siembra.

4.1.6. Biomasa total seca.

Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$), para el efecto de las especies arbóreas sobre la producción de biomasa del maíz a los 89 días (Cuadro 4A), con una reducción significativa en el maíz cultivado en callejones de *E. poeppigiana* en comparación con los otros sistemas evaluados (Cuadro 5). También se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los genotipos a los 26, 65 y 89 días, observándose una mayor producción del H₂ comparado con el Tuxpeño y H₅ a los 26 días. A los 65 días el H₂ mostró superioridad sobre el Tuxpeño. El H₂ fue superior con respecto a las variedades a los 89 días (Cuadro 6).

La interacción Especie*Genotipo, fue significativa ($P < 0.05$) a los 120 días. La variedad Centapasaquina en monocultivo y en callejones de G. sepium obtuvo la mayor producción de materia seca (Fig. 7). A los 120 días los árboles de E. poeppigiana presentaron 3.18 metros de diámetro de copa (el crecimiento hacia el cultivo era de 1.59 m), afectando la producción de biomasa: aunque el efecto se manifestó desde los 65 días. Al existir competencia con el cultivo en las posiciones más cercanas a los árboles, se presenta una reducción en el área foliar, altura y diámetro del tallo lo que repercute en la producción de biomasa, principalmente en el asocio con E. poeppigiana y C. calothyrsus y sin ningún efecto para la G. sepium que presentó un menor diámetro de copa en su follaje (Cuadro 9).

4.1.7. Índices morfológicos.

El mayor IAF para el cultivo de maíz en todas las fechas evaluadas se presentó con C. calothyrsus a los 65 días ($2.648 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$), superando al monocultivo, que presentó un IAF similar al maíz asociado con G. sepium (Fig. 8). El IAF fue mayor en los híbridos, mostrando superioridad el H₂ ($2.609 \text{ cm}^2/\text{cm}^2$); entre las variedades presentó mejor respuesta la Centapasaquina (Fig. 9). Este índice está dentro de los valores reportados para el cultivo del maíz (Arze, 1977 y Heer, 1986).

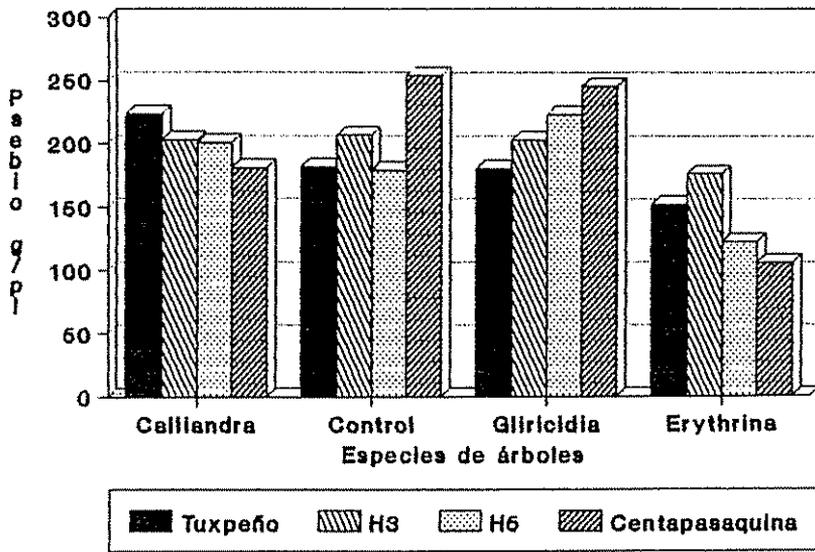


Fig. 7 Biomasa total seca en genotipos de maíz a los 120 días después de la siembra.

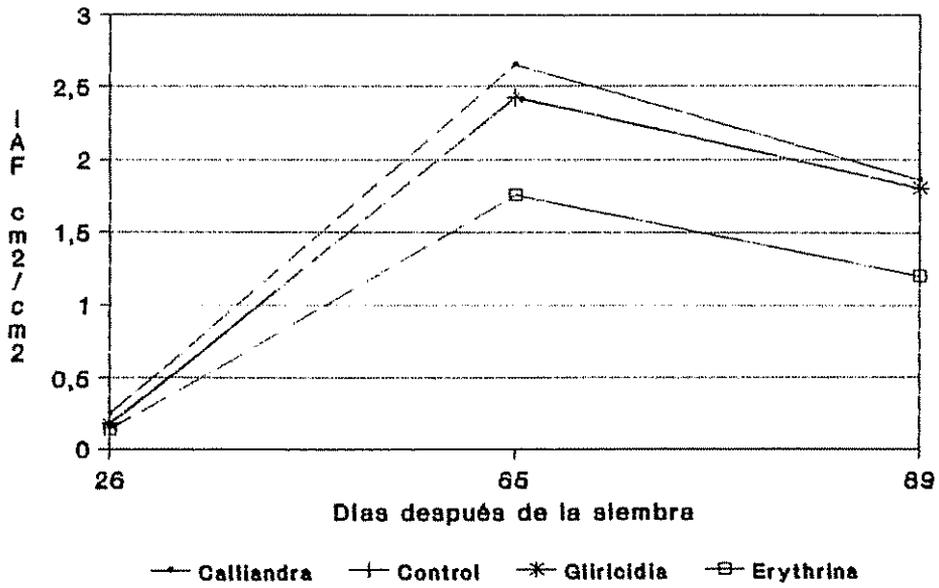


Fig. 8 Índice de área foliar del maíz según especies.

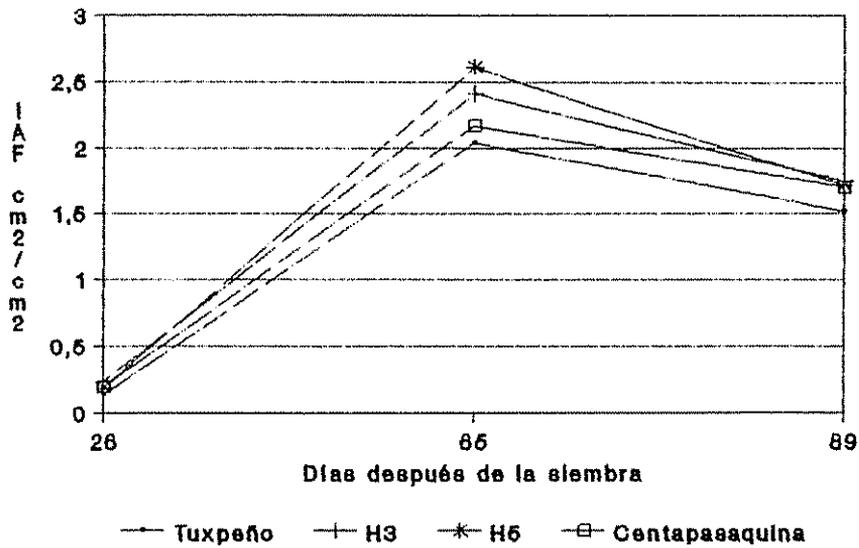


Fig. 9 Índice de área foliar en diferentes genotipos de maíz.

La razón de área foliar (RAF), fue mayor a los 26 días en el maíz cultivado en callejones de *C. calothyrsus*; pero a partir de los 65 días disminuye y sobresale el maíz asociado con *E. poeppigiana* (Cuadro BA). Esto se explica porque en el primer muestreo existió cierta similitud en la producción de biomasa en los sistemas utilizados pero con mayor área foliar para *C. calothyrsus*, por tanto necesitó mayor superficie de área foliar para producir la misma cantidad de materia seca. A los 65 días, el área foliar del maíz asociado con *E. poeppigiana*, necesaria para la producción de biomasa fue mayor.

En los genotipos, a los 26 días fue mayor el RAF para el H₃ y en las fechas posteriores las variaciones del índice fueron mínimas (Cuadro 8A).

4.1.8. Índices fisiológicos.

Durante la etapa vegetativa el ICR más alto correspondió al cultivo de maíz en callejones de C. calothyrsus, sin embargo después de los 65 días disminuyó mientras que el asociado con E. poeppigiana, aumentó (Fig 10). Esto implica que el asocio del maíz con C. calothyrsus tuvo un crecimiento más rápido hasta los 65 días, contrario al maíz asociado con E. poeppigiana, que presentó un crecimiento más lento.

A los 26 días el mayor ICR se obtuvo en el H₃ y durante el inicio de la fase reproductiva (65 días), sobresalen el H₃ y el Tuxpeño. En las siguientes evaluaciones las variaciones entre los genotipos son mínimas y no resultan importantes en el comportamiento de los cultivares (Fig. 11).

A los 26 días fue mayor el IAN del maíz en asocio con E. poeppigiana y durante la fase reproductiva (65 y 89 días), fue ligeramente más eficiente el monocultivo y el cultivo del maíz en callejones de G. sepium (Fig. 12). En el primer muestreo fue mayor la eficiencia fotosintética en el maíz asociado con E. poeppigiana posiblemente existió menor competencia entre los árboles y el cultivo, pero en

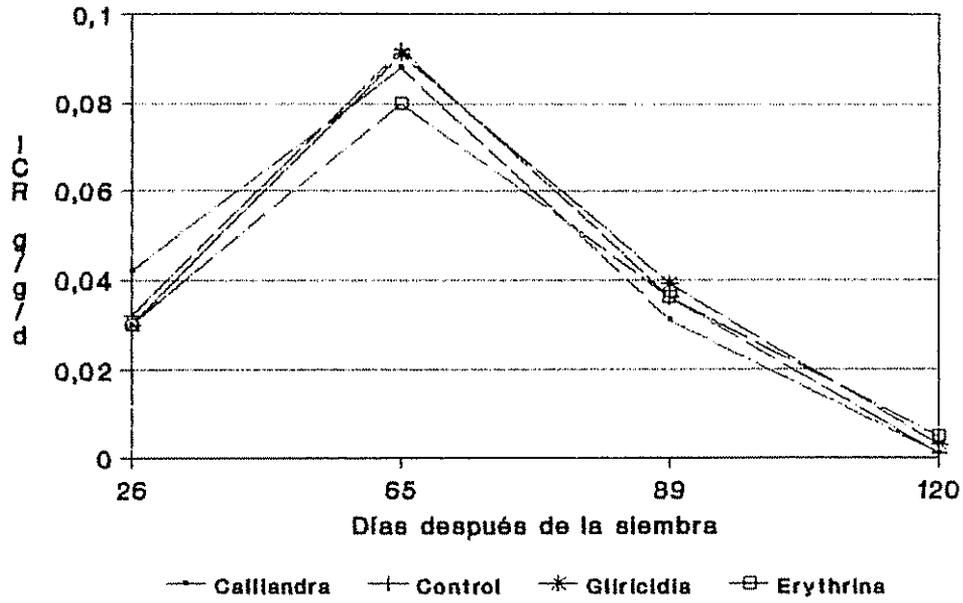


Fig. 10 Comportamiento del índice de crecimiento relativo del maíz según especies.

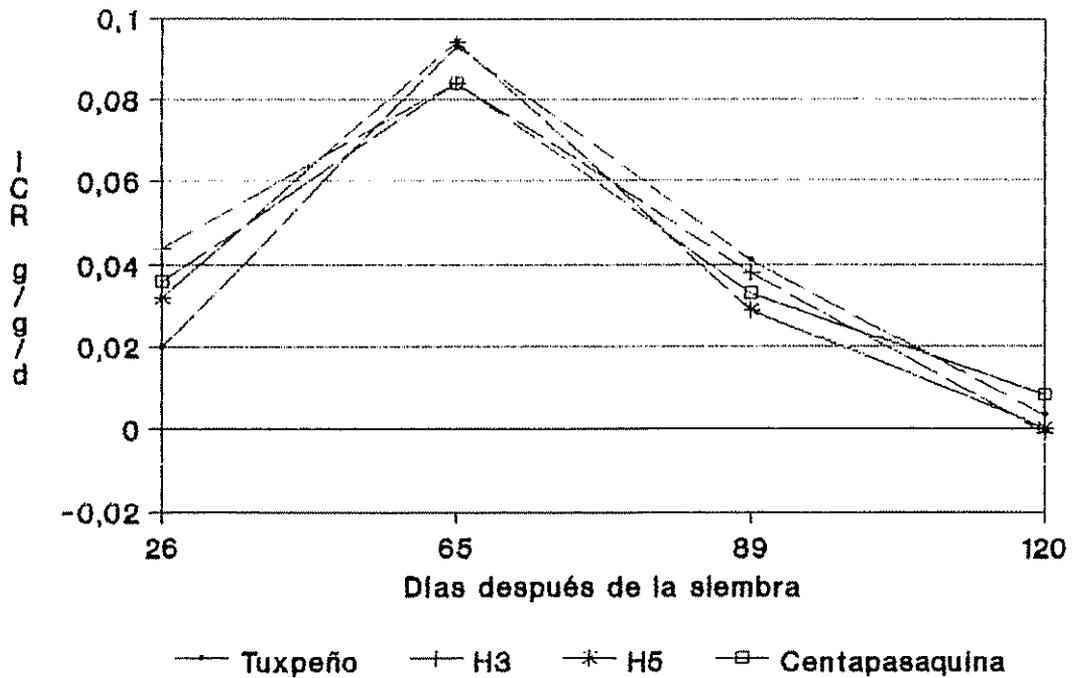


Fig. 11 Índice de crecimiento relativo en genotipos de maíz.

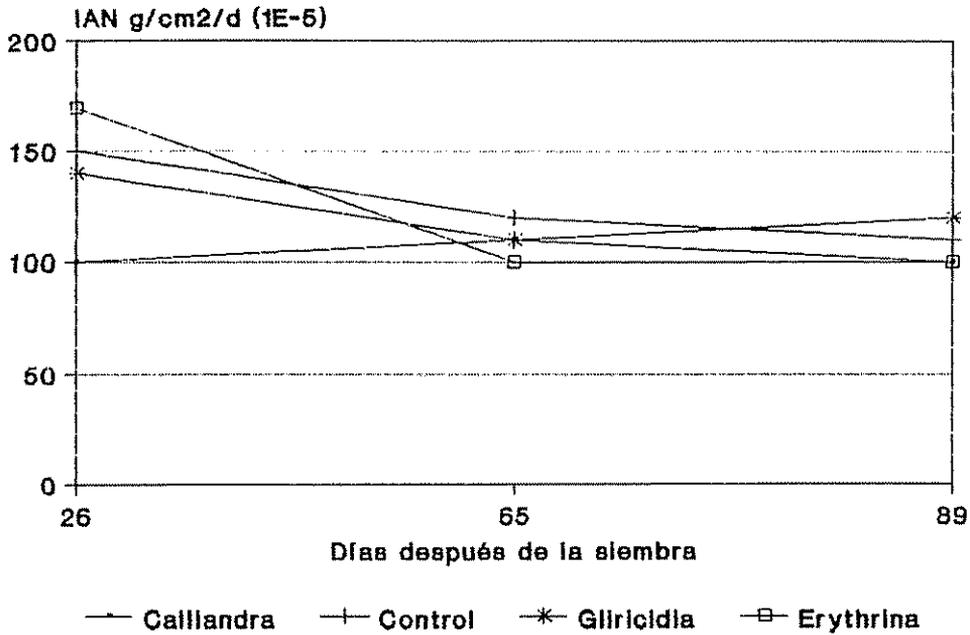


Fig. 12 Índice de asimilación neta del maíz asociado con especies arbóreas.

las evaluaciones posteriores el sombreado ejercido por el follaje de *E. poeppigiana*, originó una reducción en el crecimiento de los genotipos de maíz afectando el IAN. Los genotipos no manifestaron diferencias importantes durante el transcurso de las evaluaciones (Cuadro 8A).

4.1.9. Índice de cosecha.

La mayoría de los tratamientos obtuvo un índice alrededor del 40%, excepto en los genotipos Iuxpeño y H₂ en asocio con la *E. poeppigiana* (Fig. 13). Esto se atribuye a que la mayor área foliar obtenida en el maíz en los sistemas con menor sombreado (Control, *G. sepium* y *C.*

4.2. Efecto de la posición de los surcos de maíz.

El cultivo de maíz mostró diferencias significativas ($P < 0.01$ y 0.05) debido al efecto de la posición de los surcos con respecto a la hilera de árboles, a los 65 y 120 días, para la altura de planta, el diámetro de tallo, longitud de entrenudos y biomasa total seca (Cuadro 9A).

El análisis de tendencia para estas variables indica una respuesta lineal para el factor posición y para el efecto de la posición dentro de las especies (Cuadro 10A). Los promedios observados muestran un aumento al alejarse los surcos de maíz del árbol (Cuadro 11A y 12A), lo que implica competencia de este hacia el cultivo. A los 65 días la posición de los surcos en el asocio de maíz con *G. sepium* no mostró ningún efecto, debido a que en esta evaluación el crecimiento en el diámetro de copa del árbol era insuficiente para ejercer una competencia significativa (Cuadro 9).

La interacción Genotipo*Posición fue significativa ($P < 0.05$) a los 65 días para el área foliar y altura de la planta (Cuadro 9A). Se observó una tendencia lineal para el efecto de posición dentro de genotipos en las variables mencionadas (Cuadro 10A). Los promedios se incrementaron conforme existió mayor distanciamiento de los surcos con respecto a la hilera de árboles (Cuadro 13A). El crecimiento y producción de biomasa total del H₃ no fue afectado por la posición de los surcos a los 65 días ni a los 120 días para la Centapasaquina. Los genotipos H₃ y

Centapasaquina, no mostraron diferencias en el crecimiento de las plantas más cercanas a los árboles con respecto a los surcos de maíz más alejados de las especies arbóreas, debido posiblemente a su potencial genético. Estos mismos genotipos obtuvieron los mayores promedios en el rendimiento de grano y número de mazorcas buenas por hectárea (Cuadro 8).

4.2.1. Componentes de la biomasa.

El efecto de la posición mostró diferencias significativas ($P < 0.01$) en los componentes de la biomasa (hoja, tallo y grano) a los 65 y 120 días (Cuadro 9A). En la primera fecha únicamente el peso seco de hoja y tallo presentó diferencias estadísticas. La producción de biomasa mostró respuesta lineal en los dos periodos evaluados (Cuadro 10A); la tendencia fue a aumentar el peso de estos componentes a medida que los surcos de maíz se alejan del árbol (Cuadro 14A y 15A), a excepción del asocio de maíz en callejones de G. sepium a los 65 días. Para el efecto de la posición de los surcos dentro de los genotipos existe una respuesta lineal del peso de hoja a los 65 días, pero sin ningún efecto en el genotipos H_3 . En esta misma fecha únicamente el luxpeño presentó efecto de la posición de los surcos para el peso seco de tallo con una respuesta lineal (Cuadro 10A). A los 120 días el efecto de la posición de los surcos se observó en el luxpeño para el peso seco de

hoja. En peso seco de tallo se observó una tendencia lineal en los genotipos Tuxpeño, H₂ y H₃; y únicamente en el H₃ para el peso seco de grano (Cuadro 10A).

4.2.2. Índices de crecimiento.

La evaluación realizada a los 65 días, indicó mayor índice de área foliar (IAF), razón área foliar (RAF) y crecimiento relativo (ICR) para las plantas de maíz localizadas en el centro del callejón, y sin variación en el índice de asimilación neta (Cuadro 16A). Resultados similares reportó Jiménez (1990), en el IAF del Tuxpeño asociado con E. poeppigiana para el espaciamiento de 6 x 2 m, pero sin diferencias para los demás índices.

En general, el efecto ejercido por el árbol reduce el desarrollo foliar, la altura de la planta, el grosor del tallo, los índices de crecimiento y la producción de biomasa de las plantas más cercanas a los árboles. Los resultados de Jiménez (1990), para el asocio del Tuxpeño en callejones de E. poeppigiana, muestran reducciones en el crecimiento y producción de biomasa de las plantas del maíz cercanas al árbol especialmente en los espaciamientos de 6 x 1 m y 6 x 2 m. Los reportes de Yamoah *et al.*, (1986) utilizando Cassia sp, Elemingia sp y G. sepium a 0.5 x 4 m, indican que la planta del maíz tiene mayor crecimiento y producción de biomasa en los surcos que están en el centro del callejón. Resultados similares fueron reportados por Kass *et al.*,

(1987) en maíz cultivado en callejones de G. sepium, establecidos a 6 x 0.50 m.

4.3. Rendimiento de grano.

El análisis de varianza para las variables de rendimiento se presenta en el Cuadro 17A. Se observan diferencias significativas ($P < 0.01$ A 0.05) según las especies de árbol para el número de mazorcas buenas y rendimiento. Los contrastes realizados detectaron diferencias significativas ($P < 0.01$) en las variables antes mencionadas al comparar el monocultivo con respecto al cultivo en callejones y en la comparación del maíz cultivado con E. poeppigiana sobre las demás especies arbóreas (Cuadro 7).

La mayor cantidad de mazorcas buenas y rendimiento (Cuadro 8) se obtuvo en el monocultivo. Para las especies forestales los menores promedios los presentó el maíz asociado con la E. poeppigiana. Los porcentajes de reducción en el rendimiento de grano por hectárea, al comparar los genotipos de cada sistema productivo con su correspondiente genotipo evaluado en monocultivo (Cuadro 18A), indican que los genotipos asociados con E. poeppigiana fueron los más afectados, con una disminución superior al 50% con respecto al control. Los reportes existentes en la literatura son muy diferentes, algunos autores como (Kang et al., 1989; Lal, 1989; Soto, 1992) coinciden con los

Cuadro 7. Cuadrados medios de los contrastes de las especies y genotipos de maíz para los componentes del rendimiento. Turrialba, C. R., 1993.

Contrastes	Gl	Mazorcas malas.	Mazorcas buenas.	Rendimiento (kg/ha)
Control VS callejones	1	51.36 NS	9966.7 ***	21682216 ***
PO VS CA GL	1	0.22 NS	2688.9 ***	11653183 ***
CA VS GL	1	28.17 NS	216.0 NS	230888 NS
Var VS Híbridos	1	33.33 NS	341.3 **	1721798 **
Entre Híbridos	1	117.04 **	737.0 ***	2939300 ***
Entre Variedades	1	70.04 **	1053.4 ***	605473 NS

** . Significativo al 5% *** . Significativo al 1%
 CA= C. calothyrsus GL= G. sepium
 PO= E. poeppigiana

Cuadro 8. Medias por especie y genotipo de maíz para los componentes del rendimiento en cultivos en callejones. Turrialba, C. R., 1993.

Especies	Mazorcas malas.	Mazorcas buenas.	Rendimiento (kg/ha)
<u>C. calothyrsus</u>	14.8 A	59.8 B	2802 B
Control	13.4 A	89.9 A	4050 A
<u>G. sepium</u>	16.8 A	65.8 B	2999 B
<u>E. poeppigiana</u>	15.9 A	44.1 C	1694 C

Genotipos	Mazorcas malas.	Mazorcas buenas.	Rendimiento (kg/ha)
Tuxpeño	12.7 B	55.7 C	2538 B
H ₃	13.8 B	73.2 A	3426 A
H ₅	18.3 A	62.1 BC	2726 B
Centapasaquina	16.1 AB	68.9 AB	2856 B

Los promedios sin letras en común presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Tukey.

resultados obtenidos, al reportar mayor rendimiento de grano en el monocultivo. Sin embargo otros (Yamoah *et al.*, 1986; Kass y Araya, 1987; Jiménez, 1990), obtuvieron mejores rendimientos en los callejones que el monocultivo.

Además, en el presente trabajo influyó el arreglo espacial del cultivo, dado que en los callejones se tiene menor densidad de plantas por unidad de superficie (20%). Probablemente los bajos rendimientos en los callejones se deban a que el sistema se encuentra en su segundo año de evaluación. Lo cual no permite destacar el potencial existente en el sistema y los beneficios obtenidos por el aporte de biomasa y la incorporación de nutrientes. Al respecto, Sánchez (1989) y Rao y Richard (1992), apoyan lo anterior ya que sus resultados indican que a través de los años hay una recuperación productiva de los callejones que superan al control.

Se detectaron diferencias significativas ($P < 0.01$ y 0.05) entre los genotipos de maíz para los componentes del rendimiento (Cuadro 17A). Los contrastes entre los genotipos (Cuadro 7), indican diferencias estadísticas ($P < 0.01$ y 0.05) entre estos. Los híbridos fueron superiores a las variedades y dentro de híbridos sobresale el H₃, que produjo la mayor cantidad de mazorcas buenas y rendimiento de grano (Cuadro 8). Además el H₃ obtuvo una menor reducción en el porcentaje del rendimiento de grano comparado con los otros genotipos cuando se cultivó en callejones. Entre variedades únicamente existió

diferencias estadísticas para el número de mazorcas malas y buenas, con superioridad de la Centapasaquina, que también obtuvo la mayor cantidad de mazorcas malas. La interacción Especie*Genotipo no fue significativa.

Se observó que los cultivares asociados con *E. poeppigiana*, obtuvieron una menor producción de biomasa total por planta; sin embargo los genotipos Tuxpeño y Ha lograron un mayor porcentaje en peso seco de grano en relación con la biomasa total comparados con los demás tratamientos. Esto permitió un mayor índice de cosecha (Fig. 13); el efecto del sombreamiento en los genotipos asociados con *E. poeppigiana* también produjo un menor rendimiento de grano (Fig. 14).

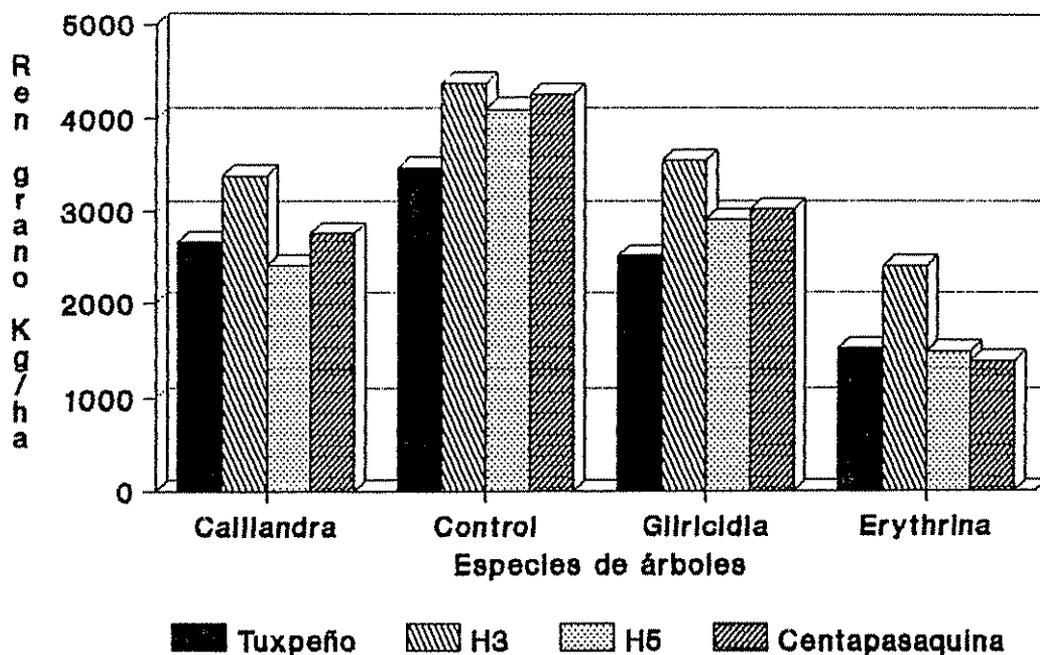


Fig. 14 Promedios del rendimiento de grano en genotipos de maíz cultivado en callejones.

4.4. Crecimiento de los árboles.

Se detectaron diferencias significativas ($P < 0.01$) entre especies forestales en toda las variables y durante todas las mediciones (Cuadro 19A). La altura del árbol fue significativamente inferior ($P < 0.05$) en G. sepium a los 26 y 65 días con respecto a las demás especies arbóreas; a los 89 días mostró superioridad C. calothyrsus sobre G. sepium y a los 120 días fue superior la altura de C. calothyrsus (Cuadro 9).

El diámetro de copa hacia el árbol a los 26 y 89 días fue inferior ($P < 0.05$) en G. sepium, comparado con C. calothyrsus y E. poeppigiana; a los 65 días las variables antes indicadas fueron superiores en E. poeppigiana, sin embargo, a los 120 días, para el diámetro de copa hacia maíz sobresalen C. calothyrsus y E. poeppigiana, y en el diámetro de copa hacia el árbol fue significativamente superior E. poeppigiana sobre las otras especies arbóreas.

El desarrollo del maíz asociado con C. calothyrsus se vió favorecido debido posiblemente a una mayor disponibilidad de nutrimentos por parte de la biomasa incorporada al sistema en comparación con G. sepium que presenta menor rendimiento de materia seca. En relación al sombreamiento, C. calothyrsus presenta menor diámetro de copa, además existe la posibilidad de que el tamaño de la hoja y su disposición en las ramas permita una mayor penetración de luz sobre las plantas de maíz comparado con E. poeppigiana.

Cuadro 9. Medias de las variables del crecimiento en tres especies forestales a los 26, 65, 89 y 120 días después de la siembra del maíz. Turrialba, C. R., 1993.

Especies forestales	Días	Altura árbol (cm)	Diámetro copa hacia maíz (cm)	Diámetro copa hacia árbol (cm)
<u>C. calothyrsus</u>		143.2 A	60.2 A	63.1 A
<u>G. sepium</u>	26	77.8 B	26.3 B	26.2 B
<u>E. poeppigiana</u>		149.1 A	74.8 A	73.2 A
<u>C. calothyrsus</u>		202.1 A	167.6 B	155.5 B
<u>G. sepium</u>	65	126.1 B	79.3 C	61.8 C
<u>E. poeppigiana</u>		182.8 A	193.7 A	195.6 A
<u>C. calothyrsus</u>		261.0 A	233.0 A	205.3 A
<u>G. sepium</u>	89	172.1 B	120.2 B	84.2 B
<u>E. poeppigiana</u>		217.8 AB	245.9 A	243.8 A
<u>C. calothyrsus</u>		311.8 A	318.2 A	240.4 B
<u>G. sepium</u>	120	208.6 C	157.0 B	105.3 C
<u>E. poeppigiana</u>		257.9 B	302.4 A	280.0 A

Los promedios sin letras en común presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Tukey.

A pesar de que existe poca información acerca del comportamiento de C. calothyrsus en cultivos en callejones con maíz, su respuesta indica que puede ser promisorio. Su alta capacidad para crecer en asocio con los cultivos agrícolas ha sido mencionada por (IITA, 1987; Gichuru y Kang, 1989; Hawkins et al., 1990).

Los promedios del diámetro de copa hacia el árbol fueron mayores en E. poeppigiana. Este comportamiento resultó lógico dado que el espaciamiento entre árboles fue de 2 m. Esto implica que la competencia se reduce en comparación con G. sepium y C. calothyrsus las cuales se establecieron a 0.50 y 1 m de distancia entre árboles respectivamente. Los resultados de Jiménez (1990), muestran mayor diámetro de copa hacia el árbol, conforme los distanciamientos entre estos aumentan.

4.5. Producción de biomasa de los árboles.

El Cuadro 20A presenta el análisis de varianza de las variables evaluadas durante la cosecha de los árboles. Se detectaron diferencias significativas ($P < 0.01$) entre especies para todas las variables de estudio. La comparación de los promedios (cuadro 10) indican que la altura, diámetro de copa y número de rebrotes fue mayor para C. calothyrsus y E. poeppigiana; Los valores obtenidos para la E. poeppigiana fueron inferiores a los reportados por Jiménez (1990) para el espaciamiento de 6 x 2 m.

La producción de biomasa fresca por árbol muestra que en el componente hoja y en la biomasa total sobresalió la E. poeppigiana ($P < 0.05$); sin embargo, para el tallo resultó ser igual a C. calothyrsus pero en ambos casos superiores a G. sepium. E. poeppigiana obtuvo mayor producción de

Cuadro 10. Medias del crecimiento y producción de biomasa por árbol en tres especies forestales asociadas con maíz a los seis meses después de la poda. Turrialba, C. R., 1993.

Especies forestales	Altura árbol (cm)	Diámetro copa hacia maíz (cm)	Diámetro copa hacia árbol (cm)	Número rebrotes
<u>C. calothyrsus</u>	352.2 A	388.9 A	285.5 A	13 A
<u>G. sepium</u>	230.4 B	168.7 B	112.1 B	6 B
<u>E. poeppigiana</u>	319.6 A	390.5 A	321.6 A	13 A

Especies forestales	Peso fresco (kg)			Peso seco (kg)		
	Hoja	Tallo	Total	Hoja	Tallo	Total
<u>C. calothyrsus</u>	3.1 B	5.7 A	8.8 B	1.3 A	2.3 A	3.6 A
<u>G. sepium</u>	0.8 B	1.4 B	2.2 C	0.2 B	0.4 B	0.6 B
<u>E. poeppigiana</u>	8.2 A	8.3 A	16.5 A	1.7 A	1.8 A	3.5 A

Los promedios sin letras en común presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Tukey.

biomasa fresca total. Además presenta mayor tamaño de hojas y tallos más suculentos.

El peso seco por árbol fué estadísticamente superior en C. calothyrsus y E. poeppigiana; no obstante, los promedios muestran que para el tallo sobresalió la primera especie, manteniendo la tendencia en el peso seco total, como consecuencia del porcentaje de materia seca obtenido en C. calothyrsus (Cuadro 10). El rendimiento de biomasa seca total de E. poeppigiana obtenido en el presente trabajo resultó inferior a la producción reportada por Jiménez

(1990), para E. poeppigiana a un distanciamiento de 6 x 2 m.

Al analizar los rendimientos de biomasa por hectárea (Cuadro 11), se mantienen las diferencias estadísticas ($P < 0.05$) de las especies. con menor rendimiento en G. sepium para el peso fresco de hoja, tallo y total. El peso seco por componente y total fue mayor para C. calothyrsus ($P < 0.05$), al presentar un mayor porcentaje de materia seca con respecto a las demás especies. La producción de biomasa total seca de C. calothyrsus obtenida en el presente trabajo, resultó superior a los resultados reportados por Gichuru y Kang (1989), en un sistema de producción maiz-caupí asociado con C. calothyrsus, en su segundo año de evaluación, con cuatro podas anuales y un distanciamiento de 4 x 1 m.

Cuadro 11. Medias de la producción de biomasa por hectárea en tres especies forestales asociadas con maíz a los seis meses después de la poda. Turrialba, C. R., 1993.

EF	Peso fresco (kg)			Peso seco (kg)			Mat. seca (%)
	Hoja	Tallo	Total	Hoja	Tallo	Total	
CA	6865 AB	9462 A	14640 A	2082 A	3775 A	5857 A	40 A
GL	2674 B	4622 B	7296 B	715 C	1363 B	2078 B	21 C
PO	5178 A	6935 AB	13800 A	1373 B	1507 B	2880 B	28 B

Los promedios sin letras en común presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Tukey.

EF= Especies forestales

CA= C. calothyrsus

GL= G. sepium

PO= E. poeppigiana

4.6. Crecimiento del frijol.

4.6.1. Area foliar.

A los 58 días después de la siembra se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$) para el efecto de las especies sobre el crecimiento del área foliar (Cuadro 22A). El frijol asociado con *E. poeppigiana* superó al monocultivo (Cuadro 12); el área foliar aumentó al existir un mayor diámetro de copa en los árboles (Cuadro 17). La planta de frijol soporta condiciones de baja incidencia de radiación solar debido a su metabolismo fotosintético (Larcher, 1977); esto le permite tolerar el sombreamiento de los árboles. La tolerancia del frijol a la reducción de luz ha sido reportada por (Magalohes y Montojos, 1971; Skock, 1974; Morales y Doll, 1975).

Las diferencias estadísticas ($P < 0.01$) entre los genotipos se detectó desde los 27 días, hasta la madurez fisiológica (Cuadro 22A). A los 27 y 44 días fueron superiores ($P < 0.05$) el Negro Huasteco y Dor 364. A partir de los 58 días el Dor 390 presentó un área foliar significativamente inferior ($P < 0.05$) a los otros genotipos y mantiene esta diferencia significativa a los 76 días con respecto al Bat 76 y Negro Huasteco (Cuadro 13). Los mayores promedios del área foliar se obtuvieron a los 58 días. El Dor 390 mostró hojas más pequeñas y en menor cantidad, comparado con los otros genotipos, lo que originó una menor área foliar.

4.6.2. Altura de la planta.

Unicamente a los 58 días se detectaron diferencias ($P < 0.01$) entre las especies (Cuadro 22A); con una superioridad ($P < 0.05$) en el frijol cultivado en callejones de *E. poeppigiana* y *G. sepium* sobre el monocultivo (Cuadro 12). No existió efectos negativos en el crecimiento de la planta de frijol asociado con estas especies arbóreas, debido a que además de que el frijol tolera el sombreamiento, la biomasa incorporada a los callejones mejora el contenido de materia

Cuadro 12. Medias por especie para variables de crecimiento y componentes de la biomasa del frijol a los 44 y 58 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.

Especies	Días	Area foliar (cm ²)	Altura planta (cm)	biomasa total seca*	Peso seco (g)*		
					Hoja	Tallo	Vaina
CA	44	444.7 A	30.7 A	3.4 AB	1.6 AB	1.8 AB	.....
CO		346.7 A	28.1 A	2.5 B	1.2 B	1.3 B	.....
GL		405.9 A	30.2 A	3.2 AB	1.5 AB	1.7 AB	.....
PO		534.6 A	32.2 A	4.0 A	1.9 A	2.2 A	.....
CA	58	839.8 AB	44.1 AB	7.4 B	3.0 A	3.6 B	0.4 A
CO		657.5 B	40.2 B	6.5 B	3.0 A	3.1 B	0.5 B
GL		771.5 AB	44.6 A	7.5 B	3.1 A	3.6 B	0.8 A
PO		973.5 A	47.8 A	9.4 A	3.6 A	4.8 A	1.0 A

Promedios con alguna letra en común no son diferentes entre si al 0.05, según la prueba de Tukey.

CA= *C. calothyrsus*
GL= *G. sepium*

CO= Control
PO= *E. poeppigiana*

Cuadro 13. Medias para variables de crecimiento en genotipos de frijol a los 27, 44, 58, 76 y 86 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.

Genotipos	Días	Area foliar (cm ²)	Altura planta (cm)	Biomasa total seca (g)	Número de	
					Vainas/planta	Grano/Vaina
Bat 76		113.5 B	20.1 AB	0.73 B	.....	.....
Dor 364	27	125.2 AB	18.3 B	0.85 AB	.....	.....
Dor 390		103.9 B	19.6 AB	0.76 B	.....	.....
Negro huasteco		137.4 A	20.9 A	0.93 A	.....	.....
Bat 76		418.5 BC	31.1 A	3.0 B	.....	.....
Dor 364	44	511.9 A	29.9 A	3.7 A	.....	.....
Dor 390		352.9 C	29.0 A	3.1 AB	.....	.....
Negro Huasteco		448.5 AB	31.2 A	3.3 AB	.....	.....
Bat 76		866.8 A	47.2 A	7.6 AB	.....	.....
Dor 364	58	833.1 A	40.8 C	7.6 AB	.....	.....
Dor 390		642.9 B	42.3 BC	7.1 B	.....	.....
Negro Huasteco		899.4 A	46.5 AB	8.4 A	.....	.....
Bat 76		393.2 A	46.1 A	14.6 A	6.5 A	5.7 B
Dor 364	76	334.8 AB	41.1 B	14.5 A	6.7 A	5.5 B
Dor 390		227.6 B	41.7 B	12.8 A	6.6 A	5.6 B
Negro Huasteco		382.6 A	45.0 A	15.6 A	5.9 A	6.1 A
Bat 76		.....	48.4 B	12.5 AB	8.5 A	6.0 B
Dor 364	86	.....	45.1 C	13.3 A	8.2 AB	5.7 C
Dor 390		.....	44.7 C	11.2 B	7.9 AB	5.9 BC
Negro Huasteco		.....	51.3 A	13.6 A	7.3 B	6.3 A

Promedios con alguna letra en común no son diferentes entre sí al 0.05, según la prueba de Tukey.

orgánica y existe mayor disponibilidad de nutrimentos (Budelman, 1989), lo que origina una menor competencia entre las plantas de frijol comparado con el monocultivo.

El análisis de varianza indicó diferencias estadísticas ($P < 0.01$ y 0.05) entre genotipos (Cuadro 21A, 22A y 23A). Los promedios mostraron superioridad ($P < 0.05$) del Negro Huasteco sobre el Dor 364 a los 27 días. A los 58 días fue superior el Bat 76 sobre el Dor 364 y Dor 390, pero similar al Negro Huasteco. El Bat 76 y Negro Huasteco obtuvieron la mayor altura de planta a los 76 días; este último fue significativamente mejor a los 120 días en relación a los demás genotipos (Cuadro 13).

El crecimiento de los cultivares es una característica inherente a cada genotipo (Arze, 1977). En el transcurso de las evaluaciones existen variaciones, como consecuencia de la respuesta al aprovechamiento de los factores (temperatura, luz, nutrientes, agua) que afectan la fotosíntesis y respiración de los genotipos, lo cual repercute en la eficiencia de su sistema fotosintético (Shibles et al., 1975). El frijol presenta un ciclo vegetativo corto (86 días), pero su eficiente actividad fotosintética ocurre en los primeros 50 días considerados como el período crítico para el cultivo (Tapia y Camacho, 1988); y en este momento la competencia con el árbol es poca lo que hace promisorio al cultivo de frijol para este sistema de producción.

4.6.3. Numero de vainas por planta y granos por vaina.

No se encontraron diferencias para el número de vainas en frijol cultivado con las diferentes especies de árboles (Cuadro 22A y 23A). Se observaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) para el número de vainas por planta a los 86 días (Cuadro 23A), entre el genotipo Bat 76 y el Negro Huasteco (Cuadro 13).

El efecto de las especies arbóreas en la cantidad de granos por vaina no presentó variaciones (Cuadro 22A y 23A). Entre genotipos existieron diferencias estadísticas ($P < 0.01$) a los 76 y 86 días, mostrando superioridad el Negro Huasteco sobre los otros genotipos (Cuadro 13).

La formación de vainas no resultó afectada por la competencia entre los árboles y el cultivo, al parecer los fotosintatos producidos en la fase final del crecimiento vegetativo y durante la fase reproductiva, fueron suficientes para lograr una buena producción y llenado de vainas. Además debe considerarse que el frijol se adapta bien al asocio con diversas especies agrícolas, esto se debe principalmente a su bajo punto de saturación luminosa (densidad del flujo luminoso por encima del cual no ocurre aumento en la tasa fotosintética), que es aproximadamente de $\frac{1}{3}$ de la luz solar máxima "30 a 40 Klux" (Vieira, 1985).

El número de vainas y granos dependen de las características genéticas de la planta (Kohashi, 1990). Los resultados indican que el Negro Huasteco obtuvo al final del ciclo menor número de vainas por planta, pero con mayor

número de granos, esto favoreció su rendimiento; aunque no se evaluó el tamaño del grano se observó que este genotipo tiene una mayor longitud y diámetro en la semilla, permitiendo una mejor producción de grano (Cuadro 16).

4.6.4. Componentes de la biomasa.

El análisis de varianza para el efecto de las especies de árboles, presentó diferencias ($P < 0.01$ y 0.05) sobre el peso seco de tallo y hoja a los 44 días y para el peso seco de tallo y vaina a los 58 días (Cuadro 22A). La mayor producción de biomasa de hoja y tallo se encontró a los 44 días después de la siembra en el frijol asociado con *E. poeppigiana* y mostró superioridad sobre el monocultivo. El peso seco del tallo fue mayor a los 58 días en el frijol asociado con *E. poeppigiana* que en los otros sistemas de producción; con el sistema de cultivos en callejones se obtuvo mayor peso seco de vainas que en el monocultivo a los 58 días (Cuadro 12).

Se observaron diferencias ($P < 0.01$ y 0.05) entre los genotipos a los 27 días para el peso seco de hoja y tallo; a los 58 días para el peso seco de vaina y a la madurez de cosecha en todos los componentes de la biomasa, excepto el peso seco de hoja (Cuadro 21A, 22A y 23A).

La mayor producción de biomasa seca de hoja se encontró a los 27 y 44 días después de la siembra en el Negro Huasteco y Dor 364. A los 76 días fue significativamente

inferior el peso seco de hoja en el Dor 390 comparado con los otros genotipos. A los 27 y 44 días el Bat 76 mostró una reducción significativa ($P < 0.05$) en el peso seco del tallo en relación a los demás cultivares y al final de las evaluaciones fue superior el Negro Huasteco sobre el Dor 364 y Dor 390. En el peso seco de vaina mostró superioridad el Negro Huasteco a los 58 días sobre los otros cultivares, y a los 86 días el Dor 390 mostró un peso significativamente inferior a los otros genotipos (Cuadro 14).

Hubo interacción Especie*Genotipo ($P < 0.05$) para la producción de biomasa seca de hoja a los 58 días, con un mayor rendimiento en el asocio del Dor 390, Dor 364 y Negro Huasteco con E. poeppigiana y el Negro Huasteco en callejones de G. sepium (Fig. 15).

4.6.5. Biomasa total seca.

Las especies de árboles afectaron significativamente ($P < 0.01$ y 0.05) la producción de biomasa total del frijol a los 44 y 58 días (Cuadro 22A). El frijol en callejones de E. poeppigiana fue superior al monocultivo a los 44 días; y a todos los sistemas a los 58 días (Cuadro 12). Esto es consecuencia de una mayor área foliar y altura de planta del frijol al inicio de la etapa reproductiva (58 días) en los callejones con E. poeppigiana.

Cuadro 14. Medias para los componentes de la biomasa en genotipos de frijol a los 27, 44, 58, 76 y 86 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.

Genotipos	Días	Peso seco (g)			
		Hoja	Tallo	Vaina	Grano
Bat 76	27	0.39 B	0.34 B	.....	.....
Dor 364		0.47 AB	0.38 AB	.....	.....
Dor 390		0.39 B	0.37 AB	.....	.....
Negro Huasteco		0.49 A	0.44 A	.....	.....
Bat 76	44	1.43 B	1.55 B	.....	.....
Dor 364		1.78 A	1.91 A	.....	.....
Dor 390		1.41 B	1.70 AB	.....	.....
Negro Huasteco		1.53 AB	1.78 AB	.....	.....
Bat 76	58	3.23 A	3.82 A	0.61 B	.....
Dor 364		3.24 A	3.66 A	0.73 B	.....
Dor 390		2.96 A	3.48 A	0.67 B	.....
Negro Huasteco		3.22 A	4.05 A	1.16 A	.....
Bat 76	76	2.55 A	4.76 A	2.44 A	4.83 A
Dor 364		2.17 A	3.97 A	2.32 A	6.25 A
Dor 390		1.47 B	3.70 A	1.90 A	5.68 A
Negro Huasteco		2.32 A	4.60 A	2.45 A	6.28 A
Bat 76	86	0.52 A	3.14 AB	2.28 A	6.58 A
Dor 364		0.52 A	2.81 BC	2.19 A	7.73 A
Dor 390		0.39 A	2.56 C	1.73 B	6.54 A
Negro Huasteco		0.68 A	3.40 A	2.26 A	7.24 A

Promedios con alguna letra en común no son diferentes entre sí al 0.05, según la prueba de Tukey.

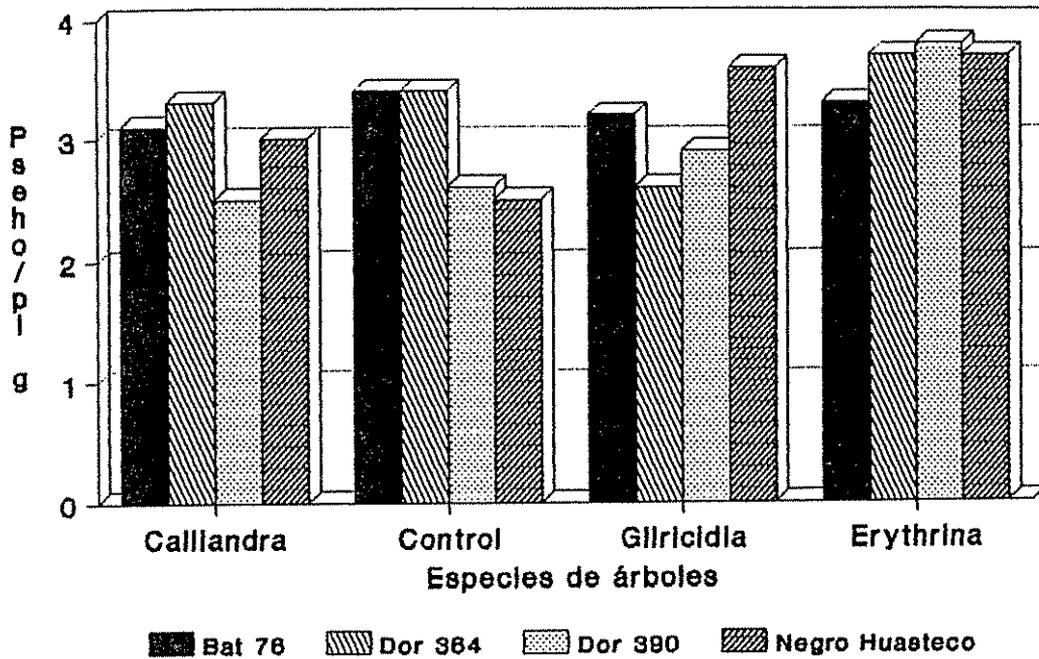


Fig. 15 Peso seco de hoja en genotipos de frijol a los 58 días después de la siembra.

Se encontraron diferencias ($P < 0.01$ y 0.05) entre los genotipos (Cuadro 21A, 22A y 23A), mostrando superioridad a los 27 días después de la siembra el Negro Huasteco sobre el Bat 76 y Dor 390, pero similar al Dor 364. A los 44 días el Bat 76 obtuvo una producción de biomasa total seca significativamente inferior al Dor 364 e igual a los otros genotipos; el Dor 390, presentó una reducción significativa ($P < 0.05$), sobre el Negro Huasteco a los 58 días y los 86 días sobre el Dor 364 y Negro Huasteco (Cuadro 13).

A los 58 días la interacción Especie*Genotipo fue significativa ($P < 0.05$). El Negro Huasteco y Dor 390 en callejones de *E. poeppigiana*, así como el Negro Huasteco y Dor 364 asociados con *G. sepium* fueron superiores (Fig. 16).

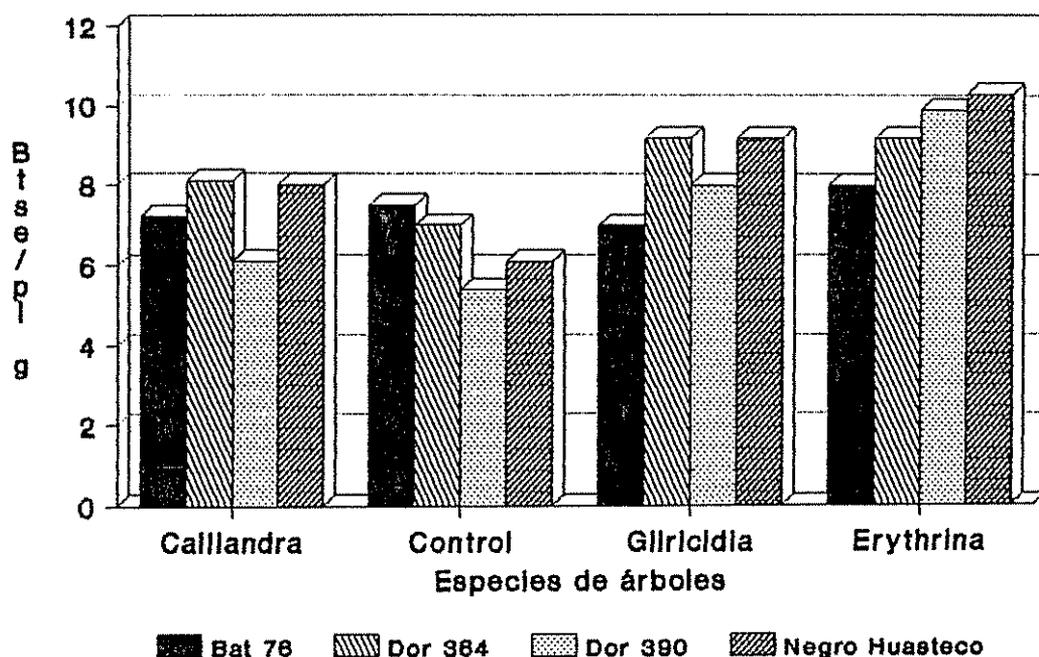


Fig. 16 Biomasa total seca de los genotipos de frijol a los 58 días después de la siembra.

4.6.6. Índices morfológicos.

El mayor índice de área foliar (IAF), se encontró en el asocio con *E. poeppigiana* y el menor con el monocultivo (Fig. 17). Al existir sombreado, la planta tiende a incrementar su área foliar para poder captar con mayor eficiencia la luz disponible, generando un mayor IAF (Vieira, 1985). El genotipo con el menor IAF fue el Dor 390 en todas las evaluaciones realizadas. A los 44 días mostró superioridad el Dor 364 y a los 58 días sobresale el Negro Huasteco (Fig. 18).

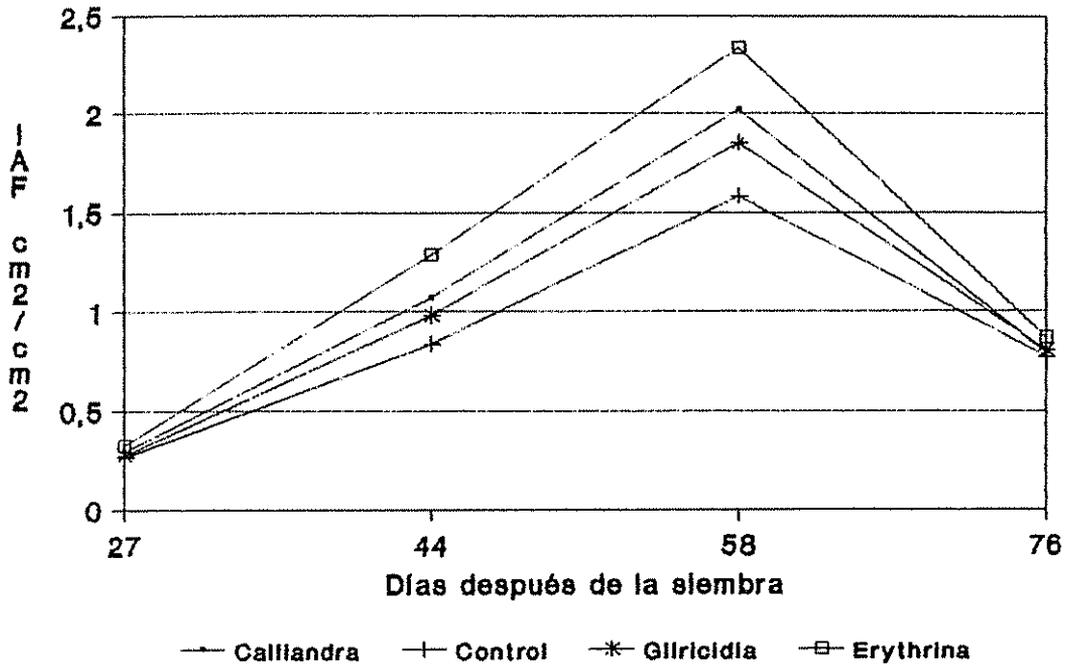


Fig. 17 Índice de área foliar del frijol según especies.

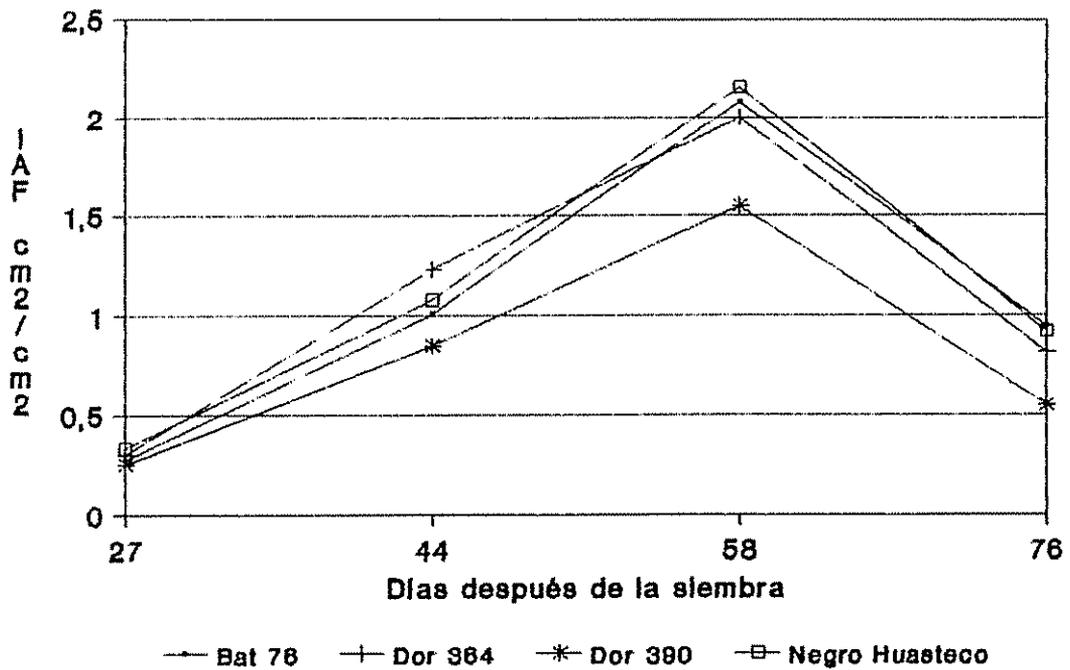


Fig. 18 Índice de área foliar en diferentes genotipos de frijol.

La razón de área foliar (RAF) fue ligeramente superior en el frijol asociado con C. calothyrsus a los 27 y 58 días y sin variaciones de importancia en el RAF en las demás fechas (Fig. 19). El Dor 390 obtuvo la menor RAF durante el ciclo del cultivo (Fig. 20), debido a una menor área foliar. Las variaciones en los índices de crecimiento dependen de los genotipos evaluados y del sistema de producción (Badilla et al., 1981).

4.6.7. Índices fisiológicos.

A los 44 días fué ligeramente mayor el índice de crecimiento relativo (ICR) en el frijol cultivado en callejones de C. calothyrsus y E. poeppigiana. El menor índice lo obtuvo el monocultivo. A los 58 días EL ICR fue ligeramente superior en monocultivo comparado con el cultivo en callejones. Posiblemente las deficiencias de nutrimentos existentes en el monocultivo retrasaron el crecimiento del área foliar lo que origino una menor producción de biomasa a los 44 días, con una recuperación que se manifestó a los 58 días. En las fechas posteriores las diferencias fueron mínimas y sin importancia para la producción del cultivo (Fig. 21).

A los 44 días el ICR resultó ligeramente superior para el Dor 364 y menor para el Negro Huasteco; en las evaluaciones posteriores la diferencia entre los genotipos fue mínima (Fig. 22).

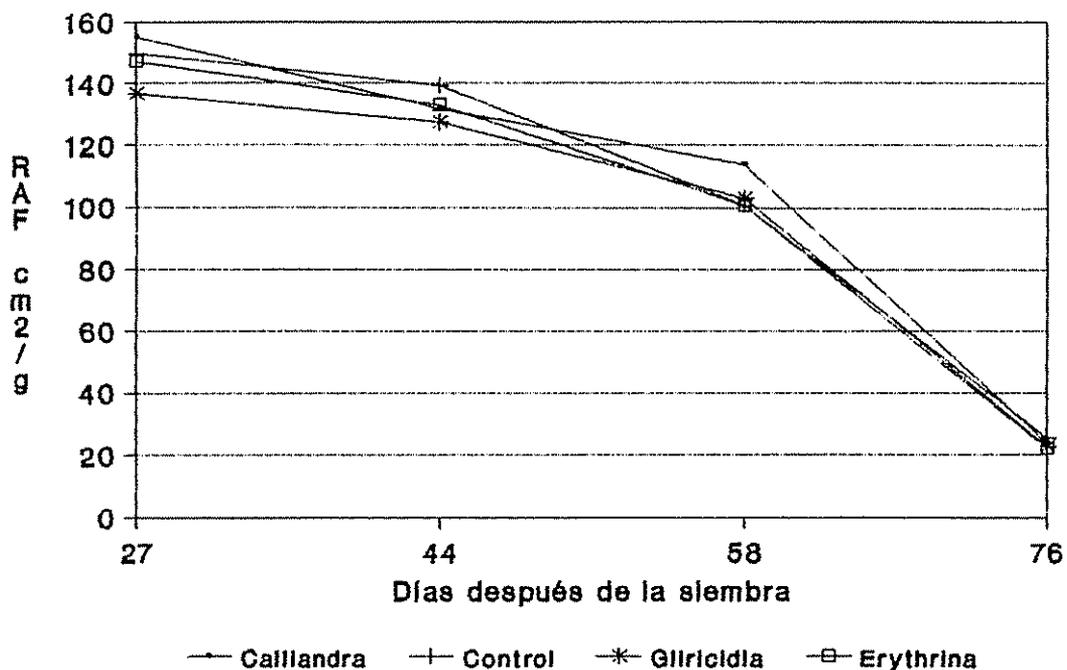


Fig. 19 Razón de área foliar del frijol según especies.

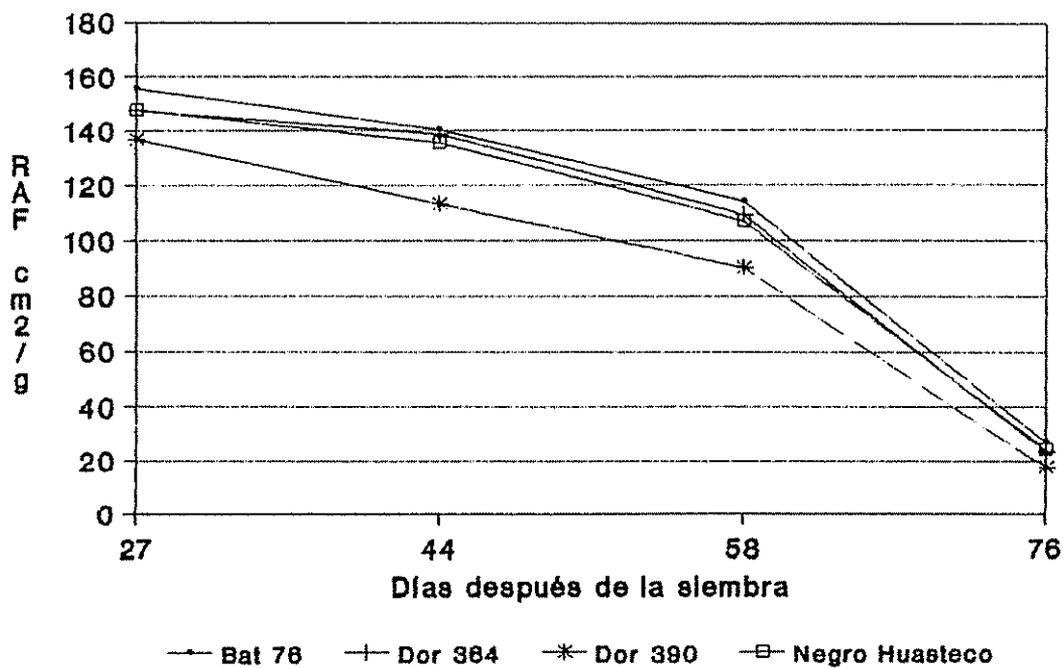


Fig. 20 Razón de área foliar en genotipos de frijol.

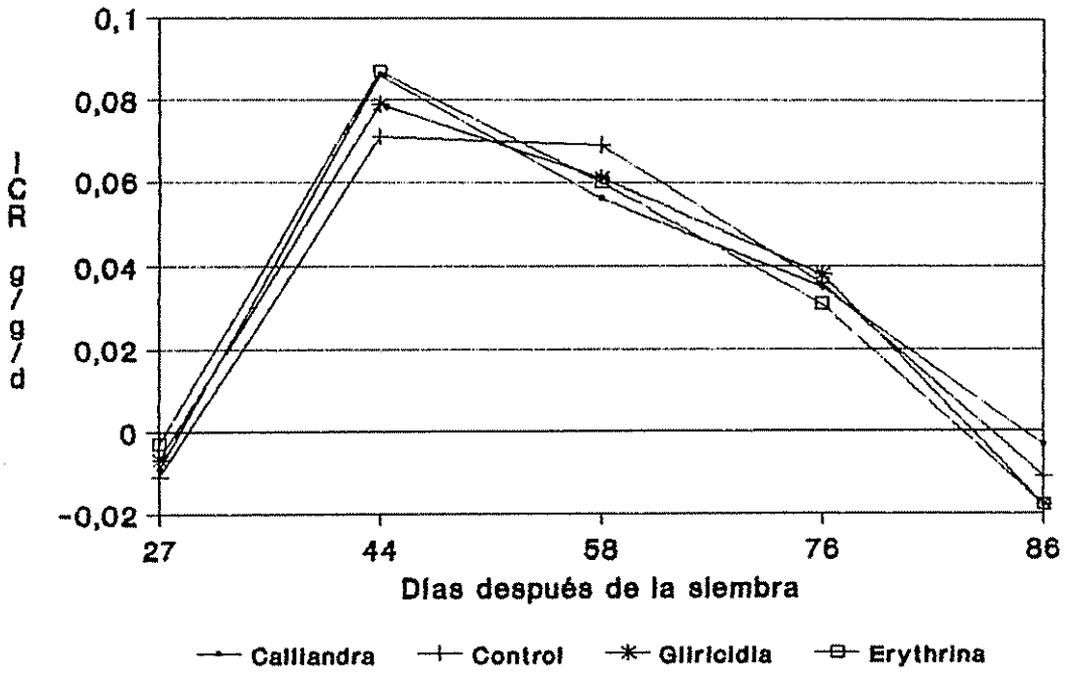


Fig. 21 Índice de crecimiento relativo del frijol según especies.

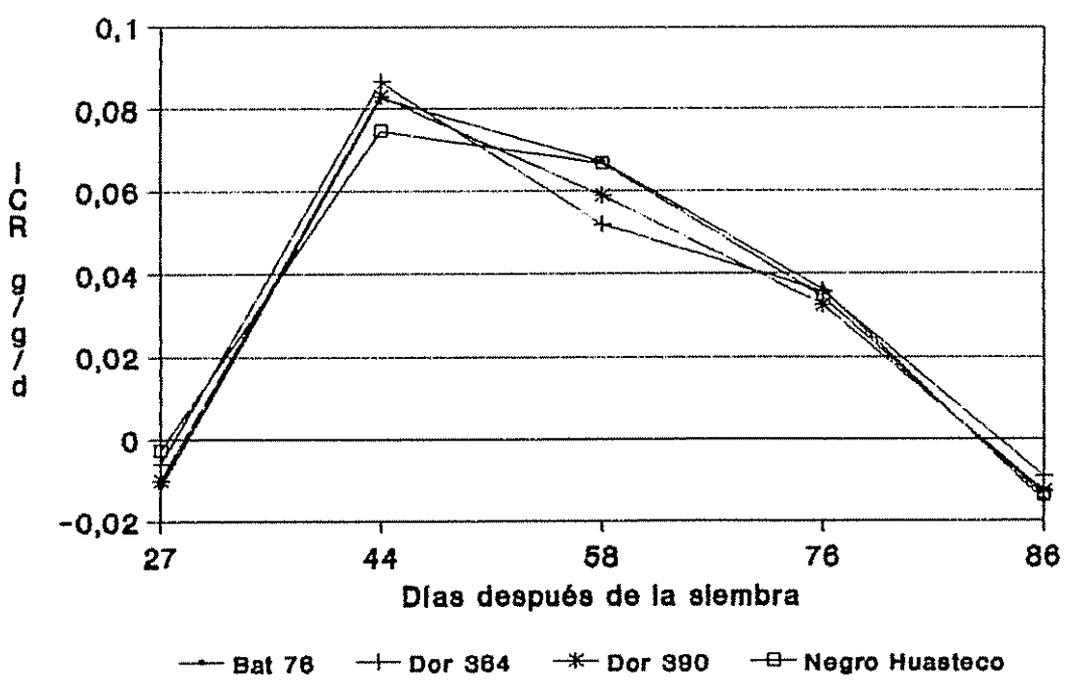


Fig. 22 Índice de crecimiento relativo en genotipos de frijol.

El índice de asimilación neta (IAN) disminuyó en función del tiempo y se incrementó ligeramente a los 76 días, como consecuencia de la relación existente entre la superficie de la hoja y la intensidad de la utilización del flujo asimilado procedente de estas durante el llenado de grano (Arze, 1977), lo que origina una mayor ganancia de materia seca al existir una reducción del área foliar en la fase final de la etapa reproductiva. No existió diferencias en el IAN del frijol asociado con las especies arbóreas y en monocultivo, así como en la evaluación por genotipos (Cuadro 24A).

4.7. Efecto de la posición del surco de frijol.

La posición de los surcos con respecto a la hilera de árboles, mostró diferencias estadísticas ($P < 0.01$) a los 58 y 86 días, en el área foliar, la altura de la planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina y biomasa total seca (hoja, tallo y grano), (Cuadro 25A). El comportamiento de las variables durante el crecimiento obedece a una respuesta lineal a los 58 días; pero a los 86 días fue significativa la respuesta lineal, cuadrático y cúbico (Cuadro 26A).

A los 58 días los promedios se incrementaron conforme las plantas de frijol se alejan de los árboles (Cuadro 27A) y a los 86 días se observan algunas diferencias en el comportamiento de los genotipos (Cuadro 28A). A pesar de

que la planta de frijol tiene la capacidad de minimizar el estrés de luz, aumentando su tasa fotosintética por unidad de área foliar (Vieira, 1985), la cercanía de los surcos del frijol con respecto al árbol afecta el desempeño del cultivo. Conforme la disponibilidad de luz es mayor y la competencia por nutrimentos con el sistema radicular de los árboles se reduce, existe un mayor crecimiento del área foliar y altura de la planta. Una mejor captación de luz evita el aborto de flores al disponer de mayor cantidad de carbohidratos que aseguren el metabolismo de la planta durante la floración e inicio de la formación de vainas, obteniéndose mejores rendimientos de rastrojo y grano, ya que el 40% de la materia seca de una planta, corresponden al peso seco de la vaina y el grano (Kohashi, 1990).

El mayor efecto ocurre al inicio de la fase reproductiva (58 días), debido a que las especies arbóreas presentan suficiente follaje para reducir la penetración de luz (Cuadro 17), al menos en las posiciones más cercanas a los árboles (75 cm). A partir de esta distancia las variaciones en los promedios del crecimiento y componentes de la biomasa del frijol son mínimas (Cuadro 27A y 28A), además la competencia por nutrimentos entre el cultivo y los árboles influye de alguna manera en el efecto de la posición de los surcos.

4.7.1. Índices de crecimiento del cultivo.

Las mayores diferencias de los índices morfológicos y fisiológicos, según la posición de los surcos ocurren al inicio de la etapa reproductiva, como consecuencia de un mayor sombreamiento por el follaje de los árboles. Los menores valores del índice de área foliar (IAF), crecimiento relativo (ICR) y asimilación neta (IAN) se obtuvieron en los surcos localizados a los 25 y 75 cm del árbol. A partir de este distanciamiento las diferencias entre las posiciones fueron mínimas, pero en general hay un mayor crecimiento y eficiencia fotosintética en los surcos más distantes al árbol (Cuadro 29A). La razón de área foliar (RAF) fue superior en las plantas establecidas a 25 cm de los árboles, debido a que existió mayor área foliar pero con menor producción de materia seca en comparación con las demás posiciones como consecuencia del sombreamiento ejercido por los árboles (Cuadro 27A).

4.8. Producción de biomasa del frijol.

4.8.1. Rastrojo.

Aunque no existió diferencias significativas debidas a especies arbóreas, los contrastes realizados detectaron diferencias estadísticas ($P < 0.01$) para la producción de rastrojo al comparar el control con el cultivo de frijol en callejones y fueron estadísticamente iguales los

rendimientos del frijol cultivado en los callejones (Cuadro 15). Los promedios indican que la menor cantidad de rastrojos se presentó en el control. Resultados similares reportan Araya (1987), Escobar (1990) y Soto (1992). En el cultivo en callejones sobresalió el frijol asociado con E. poeppigiana (Cuadro 16).

El análisis de varianza para el rastrojo mostró diferencias significativas ($P < 0.01$ y 0.05) entre genotipos (Cuadro 30A). El Negro Huasteco superó al Bat 76 y Dor 390 (Cuadro 16). Este genotipo obtuvo un mayor IAF e IAN durante el ciclo vegetativo y reproductivo.

La interacción Especie*Genotipo fue significativa ($P < 0.05$). Sobresalen los tratamientos formados por la asociación Negro Huasteco con las especies forestales y el Dor 390 en callejones de E. poeppigiana (Fig. 23) y (Cuadro 32A).

Se detectaron diferencias estadísticas ($P < 0.01$) para el efecto de la posición de los surcos sobre la producción de rastrojo (Cuadro 31A). Los contrastes muestran efecto ($P < 0.01$) lineal, cuadrático y cúbico (Cuadro 33A). La producción de biomasa aumenta conforme se incrementa el distanciamiento de los surcos con respecto al árbol (Fig. 24) y (Cuadro 34A); sin embargo a partir de los 75 cm de distancia con respecto al árbol las diferencias en la producción entre las posiciones son mínimas, observándose el mayor efecto en los surcos más cercanos a los árboles.

Cuadro 15. Cuadrados medios de los contrastes para los componentes de rendimiento del frijol cultivado en callejones. Turrialba, C. R., 1993.

Contrastes	Gl	Rendimiento (kg/ha)	
		Rastrojo	Grano
Control VS Callejones	1	395919.7 ***	777832.7 ***
PO VS CA GL	1	286130.3 ***	59010.9 NS
CA VS GL	1	2255.3 NS	18983.0 NS

** Significativo al 5%

*** Significativo al 1%

CA= C. calothyrsus

GL= G. sepium

PO= E. poeppigiana

Cuadro 16. Medias de las especies y genotipos de frijol para los componentes del rendimiento en cultivos en callejones. Turrialba, C. R., 1993.

Especies	Rendimiento (kg/ha)	
	Rastrojo	Grano
<u>C. calothyrsus</u>	1076.4 A	1473.3 A
Control	939.4 A	1179.8 A
<u>G. sepium</u>	1095.8 A	1417.1 A
<u>E. poeppigiana</u>	1275.3 A	1531.1 A
Genotipos		
Bat 76	1065.5 BC	1233.8 B
Dor 364	1137.7 AB	1546.0 A
Dor 390	967.2 C	1327.1 AB
Negro huasteco	1216.6 A	1494.3 A

Promedios con alguna letra en común no son diferentes entre sí al 0.05, según la prueba de Tukey.

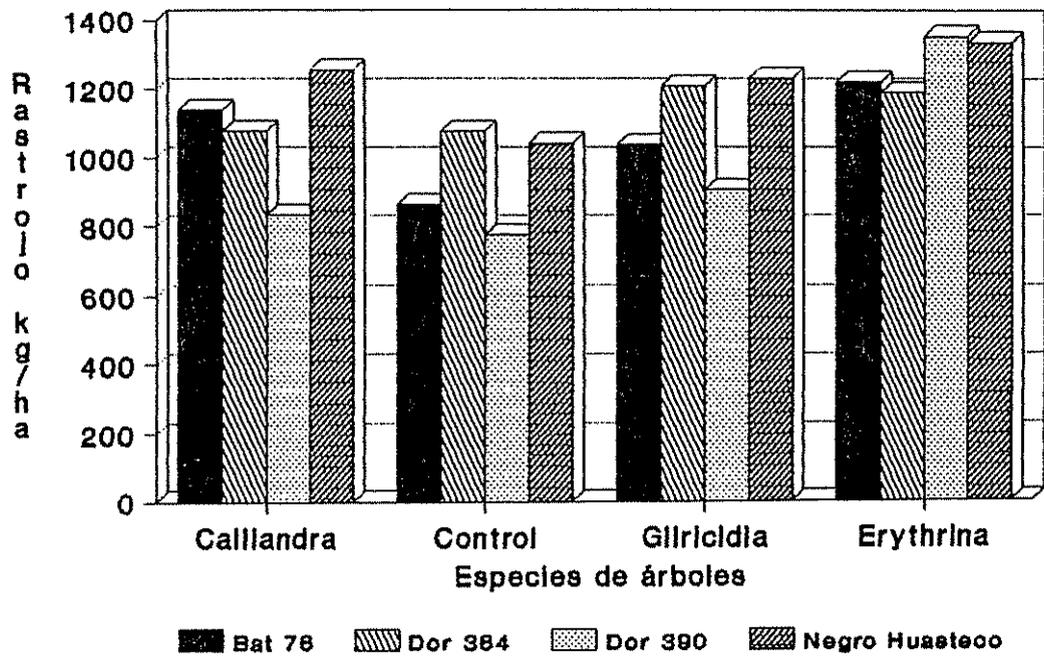


Fig. 23 Rendimiento de rastrojo en genotipos de frijol cultivados en callejones.

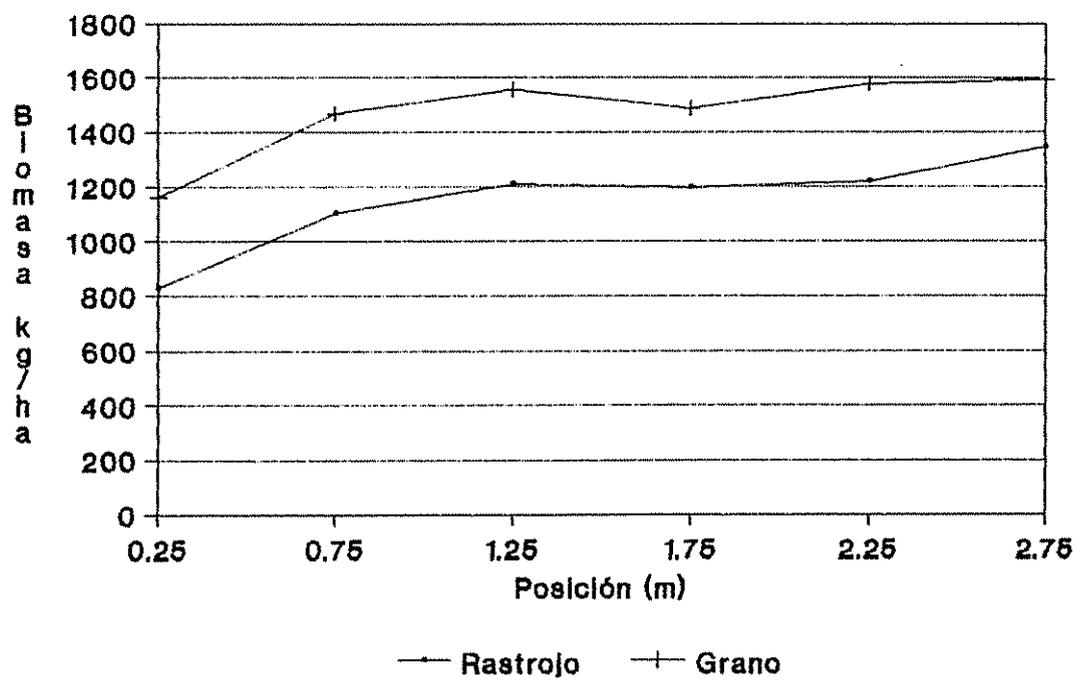


Fig. 24 Rendimiento total de biomasa del frijol según la posición de los surcos con respecto al árbol.

4.8.2. Rendimiento de grano.

No se detectaron diferencias significativas por efecto de las especies arbóreas para la producción de grano de frijol (Cuadro 30A). Los contrastes indicaron diferencias estadísticas ($P < 0.01$) para la comparación entre el control y el frijol asociado con las especies forestales y al comparar el frijol cultivado en callejones de E. poeppigiana con la asociación de las otras especies arbóreas (Cuadro 15). Los rendimientos fueron superiores en callejones y sobresalió el cultivo asociado con E. poeppigiana (Cuadro 16). Esto puede deberse a una mayor disponibilidad de nutrimentos, debido a que el mulch de esta especie tiene rápida descomposición (Budelman, 1989; Sánchez, 1989). Varios investigadores han encontrado que los rendimientos para el frijol en callejones es mayor que en monocultivo (IITA, 1987; Araya, 1987; Sánchez, 1989; Escobar, 1990; Soto, 1992).

También se observaron diferencias significativas ($P < 0.01$ y 0.05), entre los genotipos (Cuadro 30A). Los mayores rendimientos de grano fueron para el Dor 364 y Negro Huasteco comparado con el Bat 76 (Cuadro 16). La interacción Especie*Genotipo para el rendimiento de grano no fue significativa, (Fig. 25) y (Cuadro 32A).

El efecto de la posición mostró diferencias estadísticas ($P < 0.01$), (Cuadro 31A). La tendencia en el rendimiento de grano tiene un comportamiento similar al rastrojo (Cuadro 33A); el efecto de la sombra y la

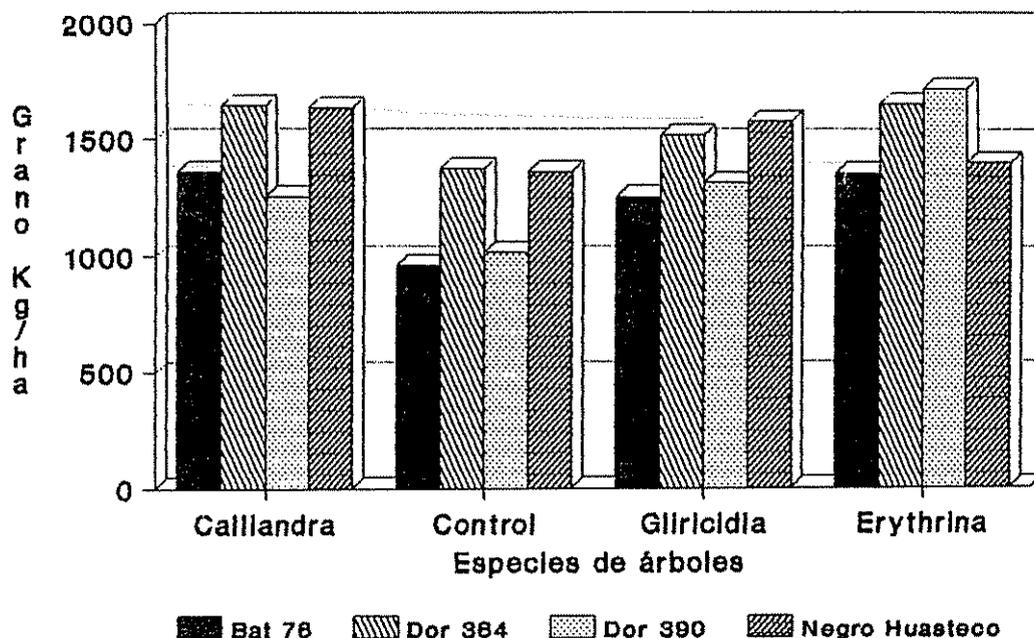


Fig. 25 Rendimiento de grano en genotipos de frijol cultivados en callejones.

competencia por nutrimentos se presenta en el surco más cercano a los árboles (Fig. 24) y (Cuadro 34A).

Existe poca información sobre el efecto de las posiciones de los surcos, cuando se cultiva el frijol en callejones, pero los resultados indican que las plantas de ésta leguminosa pueden soportar el sombreamiento de los árboles, manteniendo una producción de grano aceptable. El frijol tolera el sombreamiento, debido a sus características fisiológicas (Vieira, 1985) y puede lograrse un buen crecimiento y producción de biomasa (Magalohes y Montojos, 1971; Skock y Santos, 1974; Morales y Doll, 1975).

El hecho de que la producción no resulte afectada al utilizar este arreglo espacial del cultivo (que mantiene la misma población que el monocultivo), permite a los callejones ser más eficientes por unidad de superficie, obteniéndose un mayor aprovechamiento del suelo, aspecto que influyen en la productividad de los sistemas de policultivos (Vandermeer, 1989; Rao y Richard, 1992).

4.8.3. Índice de cosecha.

Los mayores índices de cosecha del frijol corresponden a los genotipos Dor 364 y Dor 390 en asocio con la especie C. calothyrsus; estos mismos genotipos, tanto en E. poeppigiana, Control y G. sepium resultaron con un índice ligeramente inferior (Fig. 26) y (Cuadro 32A). En general todos los tratamientos presentaron un índice superior al 50%. Los reportes de Soto, (1992) indican índices inferiores para el frijol asociado con E. poeppigiana y G. sepium.

4.9. Crecimiento de los árboles.

El análisis de varianza indicó diferencias significativas ($P < 0.01$) entre las especies forestales para las variables altura del árbol, diámetro de copa hacia el frijol y hacia el árbol, en todas las mediciones (Cuadro 35A). A los 27 días G. sepium fue significativamente

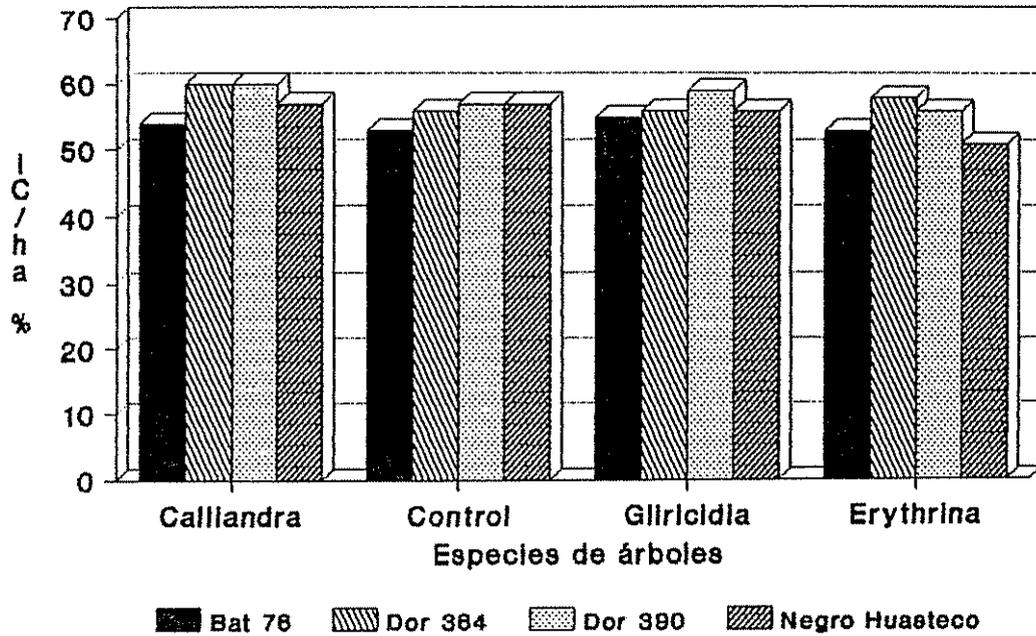


Fig. 26 Índice de cosecha en genotipos de frijol cultivados en callejones.

inferior a las demás especies en la altura del árbol y diámetro de copa hacia el frijol. En el diámetro de copa hacia el árbol fue inferior a *E. poeppigiana*. A partir de los 44 días mostró superioridad *E. poeppigiana*, a excepción de la altura del árbol a los 44 y 86 días, donde fue estadísticamente ($P < 0.05$) igual a *C. calothyrsus*. En la última fecha, el diámetro de copa hacia el frijol fue superior en *E. poeppigiana* y *C. calothyrsus* (Cuadro 17). Las mayores diferencias en el crecimiento de las especies arbóreas se observa a los 58 días, fecha en la cual el desarrollo de los rebrotes tanto en altura como en diámetro de copa fueron superiores en *E. poeppigiana*.

Durante los muestreos realizados, los mayores promedios en diámetro de copa hacia el frijol y hacia el árbol, los obtuvo E. poeppigiana, debido a una menor competencia entre los árboles ya que el espaciamiento existente entre estos fue de 2 m, en comparación con G. sepium y C. calothyrsus que tuvieron un distanciamiento entre árboles de 0.50 y 1 m respectivamente.

Cuadro 17. Medias del crecimiento en tres especies forestales a los 27, 44, 58 y 86 días después de la siembra del frijol. Turrialba, C. R., 1993.

Especies forestales	Días	Altura árbol (cm)	Diámetro copa hacia frijol (cm)	Diámetro copa hacia árbol (cm)
<u>C. calothyrsus</u>		145.0 A	60.0 A	60.1 AB
<u>G. sepium</u>	27	79.9 B	34.0 B	33.7 B
<u>E. poeppigiana</u>		155.7 A	75.9 A	78.8 A
<u>C. calothyrsus</u>		159.0 A	101.5 B	103.3 B
<u>G. sepium</u>	44	92.2 B	58.0 C	57.2 C
<u>E. poeppigiana</u>		170.9 A	132.1 A	135.1 A
<u>C. calothyrsus</u>		176.9 B	130.6 B	127.8 B
<u>G. sepium</u>	58	108.7 C	70.2 C	64.4 C
<u>E. poeppigiana</u>		198.8 A	178.3 A	174.7 A
<u>C. calothyrsus</u>		237.0 A	209.0 A	186.2 B
<u>G. sepium</u>	86	138.7 B	105.2 B	81.3 C
<u>E. poeppigiana</u>		226.2 A	232.3 A	224.5 A

Promedios con alguna letra en común no son diferentes entre sí al 0.05, según la prueba de Tukey.

4.10. Producción de biomasa de los árboles.

El análisis de varianza detectó diferencias significativas ($P < 0.01$), entre especies para las variables de crecimiento y producción de biomasa (Cuadro 36A). La comparación de los promedios indicó ($P < 0.05$) que C. calothyrsus presentó mayor altura y número de rebrotes. En los diámetros de copa no se diferencia de E. poeppigiana pero sí de G. sepium; los promedios son ligeramente mayores en E. poeppigiana (Cuadro 18).

La producción de biomasa fresca de hoja y total por árbol fué significativamente superior en E. poeppigiana y estadísticamente igual a C. calothyrsus en el peso fresco de tallo. La biomasa seca total fue estadísticamente igual en E. poeppigiana y C. calothyrsus; pero los promedios del peso seco de tallo y total son superiores en la segunda especie, debido a una mayor lignificación del tallo (Cuadro 18).

Las diferencias estadísticas ($P < 0.01$) entre las especies se mantienen para la producción de biomasa fresca por hectárea, mostrando superioridad en el peso total E. poeppigiana y C. calothyrsus, y en el peso de tallo fue significativamente superior C. calothyrsus.

Para el rendimiento de la biomasa seca por componente y total mostró superioridad ($P < 0.05$) C. calothyrsus, como consecuencia de un mayor porcentaje de materia seca en relación a las otras especies lo cual repercute en la velocidad de descomposición de la biomasa y por ende en la

disponibilidad de los nutrimentos en los sistemas de producción (Cuadro 19).

Estas especies presentan una buena generación de rebrotes y mantienen su producción de biomasa por varios años (Glover (1989) y NAS (1983), su potencial productivo en los sistemas agroforestales y particularmente en cultivos en callejones es reportado por (IITA, 1987; Kass *et al.*, 1989; Sánchez, 1989).

Cuadro 18. Medias del crecimiento y producción de biomasa por árbol en tres especies forestales asociadas con frijol, a los seis meses después de la poda. Turrialba, C. R., 1993.

Especies forestales	Altura árbol (cm)	Diámetro copa hacia frijol (cm)	Diámetro copa hacia árbol (cm)	Número rebrotes
<i>C. calothyrsus</i>	377.0 A	412.5 A	300.0 A	15.6 A
<i>G. sepium</i>	252.6 C	191.2 B	109.0 B	6.8 C
<i>E. poeppigiana</i>	321.8 B	415.1 A	329.4 A	11.6 B

Especies forestales	Peso fresco (kg)			Peso seco (kg)		
	Hoja	Tallo	Total	Hoja	Tallo	Total
<i>C. calothyrsus</i>	4.2 B	6.4 A	10.6 B	1.6 A	2.3 A	3.9 A
<i>G. sepium</i>	1.2 B	1.6 B	2.8 B	0.3 B	0.4 B	0.7 B
<i>E. poeppigiana</i>	11.0 A	9.0 A	20.0 A	1.8 A	1.8 A	3.6 A

Promedios con alguna letra en común no son diferentes entre sí al 0.05, según la prueba de Tukey.

Cuadro 19. Medias de la producción de biomasa por hectárea en tres especies forestales a los seis meses después de la poda. Turrialba, C. R., 1993.

EF	Peso fresco (kg)			Peso seco (kg)			Mat. seca (%)
	Hoja	Tallo	Total	Hoja	Tallo	Total	
CA	6954 AB	10626 A	17580 A	2620 A	3860 A	6480 A	37 A
GL	3979 B	5223 B	9202 B	1000 B	1352 B	2352 B	26 B
PO	9170 A	7469 B	16639 A	1500 B	1487 B	2987 B	18 C

Promedios con alguna letra en común no son diferentes entre sí al 0.05, según la prueba de Tukey.

EF= Especies forestales

CA= C. calothyrsus

GL= G. sepium

PO= E. poeppigiana

V. CONCLUSIONES

1. Al inicio de la etapa reproductiva (65 días) se observó el mayor efecto de las especies arbóreas en el crecimiento y producción de biomasa del maíz.
2. Los promedios más altos en el crecimiento, producción de biomasa e índice de área foliar del maíz se obtuvieron en el asocio con C. calothyrsus.
3. Los genotipos de maíz alcanzaron el mayor crecimiento e índices de área foliar y crecimiento relativo a los 65 días después de la siembra.
4. El mayor rendimiento de grano de maíz se obtuvo en el monocultivo.
5. El H₃ fue el mejor genotipo con un mayor crecimiento en área foliar, altura de planta, diámetro del tallo, índice de área foliar, producción de materia seca y grano.
6. El mayor efecto de las especies arbóreas, sobre el crecimiento y producción de biomasa del frijol ocurrió a los 58 días, momento en que el cultivo iniciaba su fase reproductiva.
7. El cultivo de frijol respondió favorablemente al asocio con las especies forestales. Los mejores promedios en área foliar, altura de planta, producción de materia seca e índice de área foliar se obtuvieron en callejones de E. poeppigiana.

8. La mayor producción de rastrojo y grano del frijol se obtuvo con el cultivo en callejones.

9. Los genotipos Negro Huasteco y Dor 364 obtuvieron los mayores promedios en índice de área foliar, altura de planta, producción de rastrojo y grano.

10. Los genotipos de frijol, Dor 364 y Dor 390 en asociación con C. calothyrsus presentaron los mayores índices de cosecha.

11. Al aumentar los distanciamientos de la planta de maíz y frijol con respecto al árbol, se obtuvo mayor eficiencia fotosintética y por ende mayor rendimiento de rastrojo y grano.

12. C. calothyrsus y E. poeppigiana obtuvieron el mayor crecimiento en altura y diámetros de copa hacia los cultivos y hacia los árboles.

13. Los promedios más altos en el número de rebrotes, producción de biomasa seca por árbol y por hectárea los presentó C. calothyrsus.

VI. RECOMENDACIONES.

1. Utilizar los genotipos sobresalientes (H₂ para maíz y Dor 364 y Negro Huasteco para el frijol) en futuras evaluaciones e incluir otras variedades recomendadas para la región.
2. Evaluar otros arreglos espaciales en maíz con la finalidad de incrementar la densidad de plantas por hectárea, e incluir distanciamientos más cercanos de los surcos con respecto al árbol, para conocer la respuesta de los genotipos sobresalientes y los cultivares por evaluar.
3. Realizar análisis químicos del suelo, cultivos y árboles para conocer la dinámica existente en la eficiencia de uso y balance de nutrimentos en los callejones, principalmente en C. calothyrsus, ya que no existe información al respecto.
4. Medir la intensidad de luz en los callejones de acuerdo a la posición de los surcos, para relacionar el crecimiento del cultivo y la intercepción de la radiación solar, con la finalidad de conocer los periodos críticos de la planta.
5. Evaluar en la cosecha final el efecto de la posición de los surcos de maíz sobre la producción de rastrojo y grano con la finalidad de obtener información de la competencia entre los árboles y el cultivo.

VII. LITERATURA CITADA

- ARAYA S., J. F. 1987. Efectos del madero negro (Gliricidia sepium (Jacq.) steud como abono verde en un sistema de maíz Zea mays L) - frijol (Phaseolus vulgaris L.) en relevo en Acosta-Puriscal, San José, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 108 p.
- ARZE B., J. A. 1975. Condiciones de radiación solar y otros factores microclimáticos dentro de un cultivo de maíz (Zea mays L.), a diferentes densidades y orientaciones de surco. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 111 p.
- . 1977. Factores que afectan a la producción agrícola. Turrialba, C. R., CATIE. 26 p. (presentado en: curso sobre cultivos andinos, La Paz, Bolivia, 1977.
- ; HEER, C.; PALMIERI, V. 1985. Programas para analizar tendencias y comportamiento de procesos agronómicos. Turrialba, C. R., CATIE, Departamento de Producción Vegetal. 50 p.
- BADILLA, S. I.; FAIGUENBAUM, M. H.; ARZE, P. F.; CONCHA, V. J. 1981. Análisis del índice de área foliar (IAF), tasa de asimilación neta (TAN) y duración del área foliar (DAF), en relación a rendimiento en dos variedades de frejol (Phaseolus vulgaris L.). In: Resúmenes Analíticos sobre Frijol (Phaseolus vulgaris L.). 1985. (Col.) 10 (3):25.
- BARON R., J. E. 1986. Métodos de establecimiento de Gliricidia sepium (Jacq.) Walp. y su efecto sobre la producción de maíz (Zea mays L.) y frijol (Phaseolus vulgaris L.) sembrados en callejones entre árboles (alley cropping). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 126 p.
- BELIARD, C. A. 1984. Establecimiento, manejo y utilización del sistema agroforestal cercas vivas de Gliricidia sepium (Jacq.) Steud, en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 91 p.
- BORCHET, R. 1980. Phenology and ecophysiology of tropical trees. Erythrina poeppigiana O. F. Cook. Ecology (EE.UU.) 61 (5):1056-1074.
- BOREL, R. 1988. Agroforestería en el CATIE; actualidad y futuro. Agroforestería (C. R.) no. 1:3.
- BUDELMAN, A. 1989. Nutrient composition of the leaf biomass of three selected woody leguminous species. Agroforestry Systems (Holanda) 8:39-51.

- BUDOWSKI, G. 1983. An attempt to quantify some current agroforestry practices in Costa Rica. In Plant research in agroforestry. Ed. P. A. Huxley. Nairobi, Kenia, ICRAF. p. 43-62.
- CANNELL, M. G. R. 1983. Plant management in agroforestry manipulation of trees, population densities and mixtures of trees and herbaceous crops. In Plant research and agroforestry. Ed. P. A. Huxley. Nairobi, Kenia, ICRAF p. 455 - 487.
- CATIE. 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.
- CHAVARRIA S., M. R. 1991. Evaluación del crecimiento y producción del ñame alado (Dioscorea alata cv " 6322 ") utilizando soportes vivos de poró (Erythrina berteroana Urban) y madero negro (Gliricidia sepium) Jacq. Walp. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 109 p.
- DUNCAN, W. G.; HATEFIELD, A. L.; RAGLAND, J. L. 1965. The growth and yield of corn, 2. Daily growth of corn kernels. Agronomy Journal. (EE.UU.) 57:221-223.
- ESCOBAR M., M. L. 1990. Dinámica del nitrógeno en un cultivo en callejones de poró Erythrina poeppigiana (Walpers) O. F. COOK y madero negro Gliricidia sepium (Jacq.) Steud con frijol común Phaseolus vulgaris L. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 98 p.
- ESPINOZA, J. P. 1984. Caracterización nutritiva de la fracción nitrogenada del forraje de madero negro Gliricidia sepium y poró Erythrina poeppigiana. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 90 p.
- EVANS, L. T. 1975. The physiological basis of crop yield. In Crop physiology. Ed. L. T. Evans. New York Cambridge University Press. p. 327-355.
- FARGAS, J. 1986. Conceptos básicos sobre análisis de crecimiento de las plantas. In Conceptos metodológicos sobre investigación y desarrollo de tecnología para sistemas de producción de cultivos. CATIE (C.R.). Serie de Materiales de Enseñanza. no. 26. V. 2. p. 1-7.
- FERNANDEZ DE C., F.; GEPTS, P.; LOPEZ, M. 1986. Estados de desarrollo de la planta de frijol común (Phaseolus vulgaris L. Cali, Colombia, CIAT. 34 p.

- GARCIA A., J. E. 1983. Importancia socio-económica del frijol común. In Manual de producción de frijol común. Eds. B. H. Tapia; A. J. E. García. Managua, Nicaragua, MIDINRA/Dirección de semillas. p. 16-26.
- GARCIA, L. J. L.; FIERROS, G. A. M. 1983. Los árboles utilizados como sombra de cacao Theobroma cacao L. en Comalcalco, Tab. Revista Chapingo (Mex.) 8(42):112-118.
- GICHURU, M. P.; KANG, T. B. 1989. Calliandra calothyrsus (Meissn) in an alley cropping system with sequentially cropped maize and cowpea in Southwestern Nigeria. Agroforestry Systems (Holanda) 9:191-203.
- GLOVER, N. L. 1989. Gliricidia production and use. Waimanalo, Hawaii. Nitrogen Fixing Tree Association. 44 p.
- HANWAY, J. J. 1962. Corn growth and composition in relation to soil fertility, 2. Uptake of N, P and K and their distribution in different plant parts during the growing season. Agronomy Journal (EE.UU.) 54:217-222.
- HAWKINS, R.; SEMBIRING, H.; LUBIS D.; SUWARDJO 1990. The potential of alley cropping in the uplands of East and Central Java. Salatiga, Java, UACP-FSR/Agency for Agricultural Research and Development Departament of Agriculture. 71 p.
- HEER A., C. E. 1986. Validación de un modelo de crecimiento de maíz (Zea mays L.) en monocultivo y asociado con yuca (Manihot esculenta C.) en el trópico. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 203 p.
- HOLDRIDGE, L. R.; POVEDA, L. J. 1975. Árboles de Costa Rica. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical. 546 p.
- . 1987. Ecología basada en zonas de vida. San José, C. R., IICA. 216 p.
- HUNT, R. 1982. Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis. Baltimore, University Park press. 243 p.
- INTERNATIONAL BENCHMARK SITES NETWORK FOR AGROTECHNOLOGY TRANSFER. 1986. Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT). Crop model: Input and output files, versión 1.0. IBSNAT. Technical Report no. 5. 53 p.
- . 1988. Experimental design and data collection procedures for IBSNAT. IBSNAT. Technical Report no 1. 71 p.

- INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE (IITA).
1980. Annual report for 1979. Ibadan, Nigeria. p. 29-32.
- . 1983. Annual report for 1982. Ibadan, Nigeria. p. 125-133, 153-159.
- . 1987. Annual report and research highlights, 1986. Ibadan, Nigeria. p. 34-35.
- JACKSON, J. E.; PALMER, J. W. 1989. Light availability at the tree/crop interfase. In Meteorology and agroforestry. Eds. W.S. Reifsnyder; T.O. Darhofer. Nairobi, Kenia, ICRAF. p. 391-400.
- JIMENEZ B., J. M. 1990. Análisis del crecimiento y fenología del maiz (Zea mays. c.v. Tuxpeño) en un cultivo en callejones con poró (Erythrina poeppigiana) (Walpers) O.F. Cook, plantado en cuatro arreglos espaciales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 124 p.
- KANG, B. T.; WILSON, G. T.; SPIKENS, L. 1981. Alley cropping Zea mays and Leucaena leucocephala (lamb) in Southern Nigeria. Plant and Soil (Holanda) 63:165-179.
- ; REYNOLDS, L.; ATTA-KRAH, A. N. 1989. Alley farming Advances in Agronomy (EE.UU.) 43: 315-359.
- KASS, D. 1985. Alley cropping of annual food crops with woody legumes in Costa Rica. In Advances in agroforestry research. Eds. V. W. Bench; H. W. Fassbender, H. Heuveldop. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 117. p. 197-208.
- ; BUSTAMANTE, E.; BERMUDEZ, W. 1987. Efecto de cultivo en callejones (alley cropping) con Gliricidia sepium (Jacq.) Steud. sobre la incidencia de pudriciones de la mazorca en maiz (Zea mays L.). Turrialba, C. R., CATIE. 11 p. presentado en la XXXIII Reunión del Proyecto Cooperativo del Centro de Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, Guatemala, 1987.
- ; BARRANTES, A.; BERMUDEZ, W.; CAMPOS, W.; JIMENEZ, M.; SANCHEZ, J. 1989. Resultados de seis años de investigación de cultivos en callejones en "La Montaña", Turrialba, Costa Rica. Chasqui (C.R.). no. 19:5-24.
- KIRA, T.; KUMURA, A. 1983. Dry matter production and efficiency in various types of plant canopies. In Plant research and agroforestry. Ed. P. A. Huxley. Nairobi, Kenia, ICRAF. p. 347-364.

- KOHASHI, S. J. 1979. Fisiología. In Contribución al conocimiento del frijol (Phaseolus vulgaris L.) en México. Ed. E. M. Engleman. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados. p. 23-58.
- _____. 1990. Aspectos de la morfología y fisiología del frijol (Phaseolus vulgaris L.) y su relación con el rendimiento. Montecillos, México, Colegio de Postgraduados. 44 p.
- LAFITTE, H. R. 1989. Identificación de los problemas de la producción de maíz. Guía de campo. México, CIMMYT. 91 p.
- LAL, R. 1989. Agroforestry systems and soil surface management of a tropical Alfisol 3. Changes in soil chemical properties. Agroforestry Systems (Holanda) 8:113-132.
- LARCHER, W. 1977. Ecofisiología vegetal. Barcelona, España. Omega. 305 p.
- MAGOLOHES, A. C.; MONTOJOS, J. C. 1971. Effect of solar radiation on the growth parameters and yield of two varieties of common beans (Phaseolus vulgaris). Turrialba (C. R.) 21 (2): 165-168.
- MCKEE, G. W. 1964. A coefficient for computing leaf in hybrid corn. Agronomy Journal (EE.UU.) 56(2): 240-241.
- MORA, H. E. 1983. Introducción a la variabilidad fenotípica de madero negro (Gliricidia sepium Jacq. Steud.). Turrialba, C. R., CATIE. 51 p.
- MORALES, L.; DOLL, J. 1975. Competencia de malezas en la asociación maíz-frijol: Experimento 1. Efecto de la reducción de la luz en cuatro variedades de frijol. Revista ICA (Col.) 10(3): 283-294.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1983. Calliandra: A versatile small tree for the humid tropics. Washington, D. C., National Academy Press. 52 p.
- _____. 1984. Especies para leña: Arbustos y árboles para producción de energía. Trad. V. A. de Arguello. Turrialba, C. R., CATIE. 344 p.
- NAVARRO, L. A. 1987. Characteristics of farm producing basic grains in four areas of Central America. In Advances in agroforestry research. Turrialba, C. R., CATIE. p. 309-320.

- NYGREN, P.; JIMENEZ M., J. 1992. Radiation regime and nitrogen supply in modelled alley cropping systems of Erythrina poeppigiana with sequential maize - bean cultivation. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 31 p.
- PENNIGTON, T. D.; SARUKAN, J. 1968. Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México. México. INIF/FAO/SAG. 413 p.
- RADFORD, P. J. 1967. Growth analysis formulae- their use and abuse. Crop Science (EE.UU.) 7(3):171-175.
- RAO, M. R.; RICHARD, C. 1992. Agroforestry field experiments: Evaluating the results of agroforestry research. Agroforestry Today (Kenia) 4: 4-8.
- RODRIGUEZ F., R. A. 1985. Producción de biomasa de poró gigante (Erythrina poeppigiana Walpers O.F.) Y King grass (Pennisetum purpureum x P. typholoides) intercalados, en función de la densidad de siembra y la frecuencia de poda del poró. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 96 p.
- ROJAS, G. M. 1979. Fisiología vegetal aplicada. 2 ed. México, Mcgraw-Hill. 262 p.
- RUSSO A., 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". Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 108 p.
- SALAZAR, A.; ANN, P. CH. 1987. Screening of leguminous trees for alley cropping on acid soils on the humid tropics. In Gliricidia sepium (Jacq.) Walp: Management and improvement. Nitrogen Fixing Tree Association. Special publication no. 78-01. p. 61-67.
- SANCHEZ, J. F. 1989. Análisis de la estabilidad y dinámica de sistemas de producción de cultivos en callejones. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 174 p.
- SANCHEZ, P. A. 1987. Soil productivity and sustainability in agroforestry systems. In Agroforestry a decade of development. Eds. M. A. Stepler; P. K. R. Nair. Nairobi, Kenia, ICRAF. p 205-223.
- SHIBLES, M. R.; ANDERSON, C. I.; GIBSON, H. A. 1975. Soybean. In Crop physiology. Ed. L. T. Evans. New York, Cambridge University Press. p. 151-189.
- SHOCK, P. E.; SANTOS, C. L. 1974. Influencia de la sombra sobre el crecimiento y la productividad de las hojas de Vigna sinensis. Turrialba (C. R.) 24(1):84-89.

- SOTO P., M. L. 1972. Dinámica de la eficiencia de uso y balance de nutrimentos en sistemas agroforestales y en cultivos con enmiendas orgánicas en La Montaña, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 125 p.
- TANAKA, A.; YAMAGUCHI, Y. 1972. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano de maíz. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados. 124 p.
- TAPIA, B. H.; CAMACHO, H. A. 1988. Manejo integrado de la producción de frijol basado en labranza cero. Managua, Nicaragua, GTZ, Centro Nacional de Protección Vegetal/MIDINRA. 181 p.
- TIESZEN, L. L. 1983. Photosynthetic systems: Implications for Agroforestry. In Plant research and agroforestry. Ed. P. A. Huxley. Nairobi, Kenia, ICRAF. p. 323-346.
- VANDERMEER, L. V. 1989. The ecology of intercropping. Cambridge, Cambridge University Press. 231 p.
- VIEIRA, C. 1985. O feijao em cultivos consorciados. Viscosa, Brasil. Universidade Federal de Vicosa. 134 p.
- WILSON, G. F.; REED, M. 1981. Maize in association with Gliricidia sepium, Leucaena leucocephala, Tephrosia candida and Cajanus cajan. In International Institute of Tropical Agriculture. Annual report for 1980. Ibadan, Nigeria. p. 27-30.
- YAMOAH, C. F.; AGBOOLA, A. A.; WILSON, G. F. 1986. Nutrient contribution and maize performance in alley cropping systems. Agroforestry Systems (Holanda) 4:247-254.

VII. ANEXOS

Cuadro 1A. Resumen acumulado de datos meteorológicos hasta 1992.
Estación: CATIE. Turrialba, C. R., 1993.

Meses	Temp. media* (°c)	precipitación** (mm) ₁	brillo solar* (h) ₁	Radiación solar* (mj/m ²) ₁	Humedad relativa* (%) ₂	Evap. * (mm) ₁	Velocidad viento*** (Km/h) ₂
Enero	20.35	167	145	499	87.33	87	2.61
Febrero	20.50	130	142	497	86.38	92	2.93
Marzo	21.28	84	163	601	85.18	120	3.18
Abril	21.70	132	154	562	85.67	114	2.93
Mayo	22.45	231	147	574	87.30	110	2.73
Junio	22.33	276	125	504	88.95	92	2.46
Julio	21.88	275	116	484	89.16	86	2.36
Agosto	21.89	256	128	522	89.02	90	2.36
Setiem.	22.07	259	136	538	88.40	98	2.46
Octubre	21.91	253	147	543	88.71	97	2.40
Noviem.	21.48	267	130	461	89.53	82	2.32
Diciem.	20.63	293	127	454	88.47	78	2.30
Total	258.47	2623	1660	6239	1054.10	1146	31.04
Prom.	21.54	218.6	138.3	519.9	87.84	95.5	2.59

*. 25 Años (1968-1992) Evap= Evaporación Lat. 9° 53'N.
 **. 44 Años (1949-1992) 1. Total mensual long. 83° 38'O.
 ***. 08 Años (1985-1992) 2. Promedio mensual Elev. 602 msnm

Cuadro 2A. Resumen de datos meteorológicos mensuales para junio de 1992 a mayo de 1993. Estación: CATIE. Turrialba C. R., 1993.

Meses	Temp. media (°c)	precipitación (mm) ₁	Radiación solar (mj/m ²) ₁	Humedad relativa (%) ₂	Velocidad viento (Km/h) ₂
Junio	22.96	235	545	84.67	2.27
Julio	21.89	241	468	86.70	1.78
Agosto	21.46	300	430	88.18	1.68
Setiembre	21.98	326	527	85.66	1.98
Octubre	21.53	197	443	87.36	1.74
Noviembre	21.97	108	479	84.75	1.93
Diciembre	20.90	279	404	85.70	1.58
Enero	20.74	219	430	85.48	1.51
Febrero	20.95	75	520	79.65	2.03
Marzo	21.55	238	577	83.79	2.10
Abril	23.08	51	591	84.29	1.16
Mayo	23.35	269	579	88.09	1.07
Total	262.36	2538	5993	1024.32	20.83
Promedio	21.88	211.5	499.4	85.36	1.73
1. Total mensual.			2. Promedio mensual.		

Cuadro 3A. Análisis químico del suelo en las parcelas de las especies utilizadas en el ensayo de cultivos en callejones, lote No. 7 "La Montaña". Turrialba, C. R., 1992.

Blo- que	Esp	Prof cm	pH	H ₂ O	N	P	K	Ca	Mg	Ac.E.	Cu	Zn	Mn
				%	mg/l	mg/l	meq/100 ml suelo	meq/100 ml suelo	meq/100 ml suelo	meq/100 ml suelo	meq/100 ml suelo	mg/l	mg/l
I	PO	1	5.2	4.93	0.22	13.6	0.52	6.91	1.96	0.20	28.5	3.8	41.7
I	PO	2	5.1	3.81	0.16	12.5	0.51	5.41	1.44	0.20	26.5	2.3	32.2
I	CA	1	5.0	4.86	0.24	7.9	0.24	5.43	1.69	0.25	27.6	3.9	46.2
I	CA	2	5.0	3.31	0.16	5.5	0.09	4.96	1.40	0.20	28.6	2.2	35.1
I	GL	1	5.5	5.28	0.22	6.5	0.42	6.63	2.13	0.15	28.8	3.5	13.4
I	GL	2	5.6	3.03	0.13	5.5	0.46	6.91	1.35	0.10	25.8	2.0	28.0
I	CO	1	5.3	5.14	0.25	6.5	0.37	5.54	1.79	0.20	27.4	4.0	32.1
I	CO	2	5.3	2.89	0.11	4.6	0.09	5.20	1.31	0.20	26.1	1.2	19.4
II	PO	1	5.2	5.42	0.26	7.4	0.14	6.00	1.40	0.20	26.4	4.1	45.5
II	PO	2	5.4	3.45	0.17	5.5	0.10	6.46	0.98	0.15	24.3	2.1	20.7
II	CA	1	5.2	5.14	0.24	10.9	0.17	6.68	1.88	0.25	29.5	4.9	41.2
II	CA	2	5.2	3.81	0.15	8.9	0.06	6.70	1.48	0.15	31.1	2.9	20.9
II	GL	1	5.4	5.42	0.26	10.4	0.12	5.53	2.83	0.20	26.6	5.2	34.2
II	GL	2	5.3	3.73	0.13	7.9	0.7	5.54	1.67	0.25	28.5	2.5	19.5
II	CO	1	5.3	5.56	0.22	8.9	0.30	7.13	2.21	0.10	28.0	3.7	32.4
II	CO	2	5.4	3.17	0.13	7.4	0.19	5.73	1.50	0.20	28.3	2.3	24.3
III	PO	1	5.3	5.28	0.24	6.0	0.27	6.00	1.92	0.20	26.0	3.7	38.8
III	PO	2	5.3	3.10	0.13	6.0	0.12	4.78	1.04	0.20	23.4	1.9	21.3
III	CA	1	5.3	4.44	0.21	6.9	0.31	6.69	1.96	0.15	26.4	3.5	35.7
III	CA	2	5.3	3.59	0.16	6.5	0.31	5.80	1.40	0.15	24.5	2.6	33.2
III	GL	1	5.2	5.78	0.27	6.5	0.28	6.05	1.90	0.20	24.7	4.0	40.8
III	GL	2	5.0	4.02	0.19	5.1	0.13	4.63	1.27	0.40	20.6	1.8	20.0
III	CO	1	5.3	5.07	0.21	8.4	0.42	6.33	2.02	0.15	26.4	4.0	37.0
III	CO	2	5.2	3.95	0.18	5.1	0.33	4.88	1.17	0.15	25.2	2.4	33.7

Esp= Especie Prof= profundidad (1. 0-20 cm y 2. 20-30 cm)

PO= *E. poeppigiana* CA= *C. calothyrsus* GL= *G. sepium* CO= Control

Cuadro 4A. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables de crecimiento del maíz a los 26, 65 y 89 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.

(26 días)

Fuente de variación	GL	Area foliar	Altura planta	Diámetro tallo	Longitud entrenudos	Biomasa totseca
Bloque(1)	2	6269 NS	290 ***	0.07 NS	.....	1.42 NS
Especie(1)	3	91758 **	29 NS	0.20 NS	.....	1.68 NS
Error (A)	6	14801	11	0.05	.....	0.35
Genotipo(2)	3	77745 ***	365 ***	0.19 ***	.....	4.60 ***
Esp*Gen(2)	9	7521 NS	16 NS	0.01 NS	.....	0.30 NS
Error (B)	24	10629	25	0.02	.....	0.40
CV %		28	13	17		27

(65 días)

Fuente de variación	GL	Area foliar	Altura planta	Diámetro tallo	Longitud entrenudos	Biomasa totseca
Bloque(1)	2	2224051 NS	1205 NS	0.04 NS	2.2 NS	537 NS
Especie(1)	3	7320569 **	7115 **	0.31 **	33.1 **	3915 NS
Error (A)	6	1132148	1259	0.06	4.2	1076
Genotipo(2)	3	3067883 **	10846 ***	0.13 NS	80.3 ***	1875 **
Esp*Gen(2)	9	840733 NS	504 NS	0.10 **	3.9 NS	727 NS
Error (B)	24	754270	633	0.04	2.9	399
CV %		19	13	12	14	26

(89 días)

Fuente de variación	GL	Area foliar	Altura planta	Diámetro tallo	Longitud entrenudos	Biomasa totseca
Bloque(1)	2	5127617 **	2650 NS	0.03 NS	1.6 NS	3097 NS
Especie(1)	3	4672828 **	10919 NS	0.40 **	16.2 **	17405 **
Error (A)	6	712424	4272	0.04	2.8	2449
Genotipo(2)	3	533478 NS	6393 NS	0.11 **	36.8 ***	6135 ***
Esp*Gen(2)	9	454940 NS	3363 NS	0.03 NS	0.7 NS	623 NS
Error (B)	24	436765	2664	0.03	0.7	1196
CV %		20	23	11	6	20

**.. Significativo al 5%

***.. Significativo al 1%

(1 y 2). Utiliza el C.M. del Error A y B respectivamente para la prueba de hipótesis.

Cuadro 5A. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables de crecimiento del maíz a los 120 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.

Fuente de variación	GL	Altura planta	Díámetro tallo	Longitud entrenudos	Biomasa total seca
Bloque(1)	2	109 NS	0.03 NS	0.8 NS	2001 NS
Especie(1)	3	3910 **	0.23 ***	9.3 NS	13867 NS
Error (A)	6	728	0.02	2.1	3324
Genotipo(2)	3	4112 **	0.11 ***	20.0 ***	805 NS
Esp*Gen(2)	9	357 NS	0.04 NS	1.3 NS	2987 **
Error (B)	24	220	0.02	0.6	1136
CV %		7	9	6	18

Cuadro 6A. Cuadrados medios del análisis de varianza para los componentes de la biomasa del maíz a los 120 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.

Fuente de variación	GL	Peso seco								
		(65 Días)			(89 Días)			(120 Días)		
		Hoja	Tallo	Grano	Hoja	Tallo	Grano	Hoja	Tallo	Grano
Bloque(1)	2	44 NS	126 NS	50 NS	253 NS	64 NS	18 NS	26 NS	1233 NS	
Especie(1)	3	212 NS	889 NS	273 **	1202 **	630 **	89 **	724 **	1376 NS	
Error (A)	6	51	195	33	175	99	14	128	945	
Genotipo(2)	3	138 ***	521 ***	68 **	790 ***	434 ***	39 NS	251 **	330 NS	
Esp*Gen(2)	9	34 NS	146 NS	12 NS	47 NS	173 NS	27 NS	132 NS	1016 ***	
Error (B)	24	29	72	18	109	77	20	79	238	
CV %		22	25	18	21	25	26	23	19	

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

(1 y 2). Utiliza el C.M. del Error A y B respectivamente para la prueba de hipótesis.

Cuadro 7A. Medias para los componentes de la biomasa por especies y genotipos de maíz a los 65, 89 y 120 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.

Días	Especies	Peso seco (g)			Genotipos	Peso seco (g)		
		Hoja	Tallo	Grano		Hoja	Tallo	Grano
65	CA	27.8 A	41.2 A	.....	A	20.3 B	26.9 C	.....
	CO	25.5 A	38.1 A	.....	B	25.1 AB	37.9 AB	.....
	GL	24.8 A	33.0 A	.....	C	28.2 A	40.3 A	.....
	PO	18.0 A	21.6 A	.....	D	22.5 AB	29.0 BC	.....
89	CA	26.1 A	53.7 A	39.6 A	A	21.5 B	47.6 AB	31.7 B
	CO	26.6 A	54.9 A	39.0 A	B	27.2 A	57.7 A	42.9 A
	GL	26.6 A	54.5 A	36.9 AB	C	24.0 AB	53.3 A	35.9 AB
	PO	16.9 B	34.4 B	24.1 B	D	23.5 AB	38.9 B	29.2 B
120	CA	18.4 A	43.8 A	83.8 A	A	18.1 A	37.3 AB	76.5 A
	CO	17.0 AB	43.6 A	82.6 A	B	16.5 A	45.8 A	85.0 A
	GL	19.3 A	42.0 A	87.6 A	C	14.4 A	38.7 AB	72.2 A
	PO	13.1 B	27.4 A	60.7 A	D	18.9 A	35.3 B	83.1 A

Promedios con alguna letra en común no son diferentes entre sí al 0.05, según la prueba de Tukey.

CA= *C. calothyrsus*

CO= Control

GL= *G. sepium*

PO= *E. poeppigiana*

Cuadro 8A. Razón de área foliar (RAF) e índice de asimilación neta (IAN) del maíz según especies y genotipos. Turrialba, C. R., 1993.

Días	Especies	RAF cm ² /g	IAN g/cm ² /d	Genotipos	RAF cm ² /g	IAN g/cm ² /d
26	<i>C. calothyrsus</i>	165.66	0.0014	A	158.40	0.0014
	Control	156.02	0.0014	B	145.65	0.0016
	<i>G. sepium</i>	155.37	0.0014	C	192.93	0.0014
	<i>E. poeppigiana</i>	130.56	0.0016	D	149.95	0.0015
65	<i>C. calothyrsus</i>	56.88	0.0011	A	65.28	0.0011
	Control	58.18	0.0012	B	58.12	0.0011
	<i>G. sepium</i>	62.82	0.0011	C	58.12	0.0012
	<i>E. poeppigiana</i>	68.75	0.0010	D	62.95	0.0010
89	<i>C. calothyrsus</i>	19.03	0.0010	A	18.29	0.0012
	Control	18.32	0.0011	B	16.89	0.0012
	<i>G. sepium</i>	18.47	0.0012	C	18.89	0.0009
	<i>E. poeppigiana</i>	20.05	0.0010	D	22.07	0.0009

A= Tuxpeño

B= H₃

C= H₆

D= Centapasaquina

Cuadro 9A. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables de crecimiento y componentes de la biomasa del maíz según la posición de los surcos a los 65 y 120 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.

Variables de crecimiento (65 días)

Fuente de variación	GL	Area foliar	Altura planta	Diámetro tallo	Longitud entrenudos	Biomasa totseca
Bloque	2	3686816 **	1378 NS	0.13 NS	5.3 NS	295 NS
Posición	2	11685516 ***	8688 **	0.45 ***	42.8 ***	2185 **
Esp*Pos	4	1374818 NS	415 NS	0.08 NS	2.2 NS	383 NS
Gen*Pos	6	2554402 **	1545 **	0.18 NS	2.7 NS	978 NS
Esp*Gen*Pos	12	933859 NS	706 NS	0.06 NS	4.5 NS	729 NS
Error (C)	48	907281	590	0.06	3.0	503
CV%		21	13	14	14	30

Variables de crecimiento (120 días)

Fuente de variación	GL	Area foliar	Altura planta	Diámetro tallo	Longitud entrenudos	Biomasa totalseca
Bloque	2	.....	1728 **	0.22 **	8.10 **	6564 NS
Posición	2	.....	6083 ***	0.94 ***	6.57 **	74097 ***
Esp*Pos	4	.....	152 NS	0.03 NS	0.25 NS	1786 NS
Gen*Pos	6	.....	934 NS	0.07 NS	3.04 NS	4342 NS
Esp*Gen*Pos	12	.....	469 NS	0.07 NS	1.14 NS	5227 NS
Error (C)	46	.....	453	0.06	1.58	4796
CV%			10	16	9	37

Componentes de la biomasa

Fuente de variación	GL	Peso seco				
		(65 Días)		(120 Días)		
		Hoja	Tallo	Hoja ²	Tallo ¹	Grano ³
Bloque	2	45 NS	138 NS	53 NS	589 **	1235 NS
Posición	2	328 ***	464 **	352 ***	3235 ***	8212 ***
Esp*Pos	4	44 NS	53 NS	9 NS	89 NS	996 NS
Gen*Pos	6	64 NS	206 NS	51 NS	219 NS	579 NS
Esp*Gen*Pos	12	43 NS	124 NS	30 NS	95 NS	1549 NS
Error (C)	48	38	110	33	174	998
CV%		26	33	34	35	40

** Significativo al 5% *** Significativo al 1%
 (1, 2 y 3). Utiliza 46, 45 y 41 GL para el error C.

Cuadro 10A. Cuadrados medios de los contrastes para las funciones polinómicas del efecto de posición en el crecimiento y componentes de la biomasa de genotipos de maíz a los 65 y 120 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.

(65 Días)

Con- tras- tes	GL	Área foliar	Altura planta	Diámetro tallo	Longitud entrenudos	Biomasa total seca	Peso seco	
							Hoja	Tallo
linPos	1	23275334 ***	17306 ***	0.90 ***	85.4 ***	4368 ***	656 ***	985 ***
cuaPos	1	96699 NS	70 NS	0.01 NS	0.4 NS	7048 NS	0.2 NS	23 NS
lin CA	1	8330204 ***	5430 ***	0.15 NS	23.0 ***	2802 ***	285 ***	378 ***
lin PO	1	19104107 ***	11116 ***	1.02 ***	55.8 ***	2806 ***	505 ***	654 ***
lin A	1	19979269 ***	16065 ***	1.04 ***	54.4 ***	7048 ***	605 ***	1334 ***
lin C	1	4804990 **	4163 **	0.20 NS	26.7 ***	1263 NS	188 **	276 NS
lin D	1	10070264 ***	4103 **	0.20 NS	8.4 NS	465 NS	156 **	151 NS

(120 Días)

Con- tras- tes	GL	Altura planta	Diámetro tallo	Longitud entrenudos	Biomasa total seca	Peso seco		
						Hoja	Tallo	Grano
linPos	1	12137 ***	1.90 ***	13.20 ***	146772 ***	698 ***	6452 ***	13790 ***
cuaPos	1	12 NS	0.01 NS	0.02 NS	965 NS	2 NS	33 NS	1783 NS
lin CA	1	3972 ***	0.80 ***	4.00 NS	49092 ***	309 ***	2651 ***	4010 NS
lin GL	1	5174 ***	0.63 ***	3.00 NS	38305 ***	212 **	1836 ***	5690 **
lin PO	1	3082 **	0.47 **	6.60 NS	61306 ***	189 **	2022 ***	4346 **
lin A	1	7100 ***	0.84 ***	9.00 **	69309 ***	516 ***	2910 ***	3359 NS
lin B	1	2430 **	0.45 **	6.50 NS	30871 **	74 NS	1532 ***	720 NS
lin C	1	4755 ***	0.50 ***	9.42 **	39578 ***	110 NS	1997 ***	7645 **

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

CA= *C. calothyrsus* CO= Control GL= *G. sepium* PO= *E. poeppigiana*
 A= Tuxpeño B= H₃ C= H₃ D= Centapasaquina

Cuadro 11A. Promedios para variables de crecimiento según la posición de los surcos del maíz a los 65 y 120 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.

Posición (m)	Área foliar (cm ²)	Altura planta (cm)	Diámetro tallo (cm)		Longitud entrenudos (cm)		Biomasa total seca (g)		
			65	120	65	120	65	120	
Días después de la siembra									
	65	65	120	65	120	65	120	65	120
1.0	4003	172	196	1.5	1.5	10.9	13.5	66	141
1.8	4508	190	209	1.7	1.6	12.1	14.0	74	180
2.6	5140	203	221	1.8	1.8	13.0	14.3	82	232

Cuadro 12A. Promedios de las variables de crecimiento por especies según la posición de los surcos de maíz. Turrialba C. R., 1993.

Especies	Posición (m)	Área foliar (cm ²)	Altura planta (cm)	Diámetro tallo (cm)		Longitud entrenudos (cm)		biomasa total seca (g)		
				65	120	65	120	65	120	
Días después de la siembra										
	65	65	120	65	120	65	120	65	120	
CA	1.0	4712	198	210	1.7	1.5	12.9	14.2	81	156
CA	1.8	5286	213	225	1.8	1.7	13.6	14.4	96	205
CA	2.6	5890	228	236	1.9	1.9	14.8	15.0	102	246
GL	1.0	4639	184	202	1.7	1.6	11.4	14.0	76	172
GL	1.8	4859	198	218	1.7	1.7	12.4	14.4	77	214
GL	2.6	5088	204	230	1.7	1.8	13.0	14.5	79	249
PO	1.0	2656	135	175	1.2	1.3	8.2	12.3	41	98
PO	1.8	3380	157	181	1.4	1.4	10.1	12.9	49	117
PO	2.6	4440	178	198	1.6	1.6	11.2	13.3	63	194

CA= C. calothyrsus

GL= G. sepium

PO= E. poeppigiana

Cuadro 13A. Promedios de las variables de crecimiento en genotipos de maíz según la posición de los surcos. Turrialba C. R., 1993.

Geno- tipos	Posi- ción (m)	Area foliar (cm ²)	Altura		Diámetro		Longitud		biomasa		
			planta		tallo		entrenudos		total		
			(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	seca (g)	(g)	
Días después de la siembra											
		65		120		65		120		65 120	
A	1.0	2897	130	183	1.3	1.3	7.2	13.4	33	132	
A	1.8	3556	150	214	1.4	1.5	9.4	14.2	29	168	
A	2.6	5004	190	223	1.8	1.7	10.7	14.8	34	257	
B	1.0	4578	211	217	1.6	1.5	14.4	14.4	17	141	
B	1.8	5139	230	242	1.8	1.8	15.1	15.7	23	218	
B	2.6	4489	215	240	1.6	1.8	15.8	15.6	36	224	
C	1.0	4684	190	201	1.6	1.5	11.6	13.8	55	133	
C	1.8	4914	206	208	1.8	1.6	12.4	14.2	41	176	
C	2.6	5718	221	233	1.9	1.8	14.0	15.1	30	228	
D	1.0	3851	158	182	1.6	1.5	10.2	12.3	48	157	
D	1.8	4422	173	172	1.6	1.5	11.3	11.7	22	159	
D	2.6	5347	188	190	1.8	1.7	11.5	11.7	22	218	

A= Tuxpeño

B= Ha

C= Hs

D= Centapasaquina

Cuadro 14A. Promedios para los componentes de la biomasa según la posición de los surcos del maíz a los 65 y 120 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.

Posi- ción (m)	Peso seco (g)					
	Hoja		Tallo		Grano	
	Días después de la siembra					
		65	120	65	120	120
1.0	20.5	14.0	28.1	27.8	63.6	
1.8	23.6	16.6	32.6	38.5	71.7	
2.6	26.5	20.0	35.2	46.7	97.1	

Cuadro 15A. Promedios de los componentes de la biomasa por especies y genotipos de maíz según la posición de los surcos. Turrialba C. R., 1993.

Po- si- ción (m)	Es- pe- cies	Peso seco (g)					Geno- tipos	Días después de la siembra				
		Hoja		Tallo		Grano		Hoja		Tallo		Grano
		65	120	65	120	120		65	120	65	120	120
1.0	CA	24	15	37	31	70	A	14	14	15	25	69
1.8	CA	28	18	43	48	82	A	17	16	21	38	63
2.6	CA	31	22	45	52	99	A	25	25	32	51	101
1.0	GL	24	16	31	33	71	B	24	13	36	32	73
1.8	GL	24	20	34	42	90	B	26	19	43	52	87
2.6	GL	26	22	34	50	101	B	24	17	34	50	94
1.0	PO	13	11	17	19	47	C	24	12	33	28	50
1.8	PO	19	12	21	25	42	C	28	16	37	36	70
2.6	PO	22	16	27	38	91	C	30	17	41	49	93
1.0							D	21	16	28	26	65
1.8							D	23	16	30	28	66
2.6							D	27	21	34	37	101

CA= *C. calothyrsus* GL= *G. sepium* PO= *E. poeppigiana*

A= Tuxpeño B= Hs C= Hs D= Centapasaquina

Cuadro 16A. Índices de área foliar (IAF), razón de área foliar (RAF), crecimiento relativo (ICR) y asimilación neta (IAN), según la posición de los surcos de maíz a los 65 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.

Posi- ción (m)	IAF cm ² /cm ²	RAF cm ² /g	ICR g/g/d	IAN g/cm ² /d
1.0	2.00	60.74	0.0849	0.0011
1.8	2.25	60.92	0.0869	0.0011
2.6	2.57	63.07	0.0883	0.0011

Cuadro 17A. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables del rendimiento de grano del maíz en callejones. Turrialba, C. R., 1993

Fuente de variación	GL	Mazorcas malas.	Mazorcas buenas.	Rendimiento (kg/ha)
Bloque	2	215.27 NS	145.65 NS	955353 NS
Especie	3	26.58 NS	4290.53 ***	11188762 ***
Error (A)	6	53.35	69.84	549821
Genotipo	3	73.47 **	710.58 ***	1755523 ***
Esp*Gen	9	11.53 NS	122.95 NS	158718 NS
Error (B)	24	15.22	74.40	228904
CV %		25.7	13.3	16.6
. Significativo al 5%			*. Significativo al 1%	

Cuadro 18A. Porcentajes de la reducción del rendimiento de grano en genotipos de maíz cultivados en callejones comparados con el monocultivo*. Turrialba, C. R., 1993.

Especies arbóreas	Genotipos			
	Tuxpeño	H3	H5	Centapasaquina
Reducción (%)				
<i>C. calothyrsus</i>	23	22	41	35
<i>G. sepium</i>	28	19	29	29
<i>E. poeppigiana</i>	56	45	64	68

*. El rendimiento de cada genotipo en el monocultivo se consideró como un 100%.

Cuadro 19A. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables del crecimiento en el árbol a los 26, 65, 89 y 120 días después de la siembra del maíz. Turrialba, C. R., 1993.

Días	Fuente de variación	GL	Altura árbol		Diámetro copa hacia maíz		Diámetro copa hacia árbol	
26	Bloque	2	5.4	NS	30.2	NS	37.0	NS
	Especie	2	4705.6	***	1853.6	***	1839.7	***
	Blo*Esp	4	72.8	NS	26.7	NS	74.9	NS
	CV %		6.9		9.6		16.0	
65	Bloque	2	63.4	NS	160.1	NS	152.2	NS
	Especie	2	4686.3	***	10790.2	***	14150.0	***
	Blo*Esp	4	110.0	NS	40.4	NS	75.6	NS
	CV %		6.1		4.3		6.3	
89	Bloque	2	267.4	NS	222.0	NS	363.1	NS
	Especie	2	5921.0	***	14352.2	***	20791.4	***
	Blo*Esp	4	299.9	NS	58.2	NS	259.5	NS
	CV %		8.0		3.8		9.1	
120	Bloque	2	259.4	NS	116.1	NS	143.7	NS
	Especie	2	7982.8	***	23674.5	***	25160.3	***
	Blo*Esp	4	256.8	NS	95.6	NS	153.7	NS
	CV %		6.2		3.8		5.9	

** Significativo al 5%

*** Significativo al 1%

Cuadro 22A. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables de crecimiento y componentes de la biomasa del frijol a los 44, 58 y 76 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.

(44 Días)

Fuente de variación	GL	Area foliar	Altura planta	Biomasa total seca	Peso seco	
					Hoja	Tallo
Bloque(1)	2	81911 NS	5.2 NS	2.04 NS	0.62 NS	0.46 NS
Especie(1)	3	74632 NS	34.9 NS	4.79 **	0.84 **	1.63 **
Error (A)	6	19351	16.8	0.91	0.20	0.26
Genotipo(2)	3	52386 ***	12.8 NS	1.15 **	0.35 ***	0.27 **
Esp*Gen(2)	9	7152 NS	10.2 NS	0.39 NS	0.07 NS	0.14 NS
Error (B)	24	6106	8.2	0.29	0.06	0.10
CV %		18	9	16	15	18

(58 Días)

Fuente de variación	GL	Area foliar	Altura planta	Biomasa total seca	Peso seco		
					Hoja	Tallo	Vaina
Bloque(1)	2	61475 NS	19 NS	12.2 ***	2.4 **	1.9 NS	0.41 **
Especie(1)	3	209452 **	117 ***	17.3 ***	1.1 NS	6.1 ***	0.62 ***
Error (A)	6	26095	9	1.1	0.3	0.5	0.04
Genotipo(2)	3	157682 ***	115 ***	3.5 NS	0.2 NS	0.7 NS	0.75 ***
Esp*Gen(2)	9	30791 NS	16 NS	3.3 **	0.5 **	0.8 NS	0.07 NS
Error (B)	24	20389	14	1.3	0.2	0.4	0.05
CV %		18	8	15	14	16	27

(Variables de crecimiento a los 76 días)

Fuente de variación	GL	Area foliar	Altura planta	Número vaina/p	Número grano/v	Biomasa totseca
Bloque(1)	2	45549 NS	5.4 NS	2.1 NS	0.03 NS	2.7 NS
Especie(1)	3	3982 NS	19.4 NS	8.1 NS	0.09 NS	31.0 NS
Error (A)	6	77639	43.2	3.5	0.04	33.2
Genotipo(2)	3	68802 **	68.8 ***	1.6 NS	0.67 ***	16.8 NS
Esp*Gen(2)	9	8937 NS	6.7 NS	1.4 NS	0.02 NS	4.5 NS
Error (B)	24	13340	5.5	2.2	0.04	7.6
CV %		35	5	22	3	19

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

(1 y 2). Utiliza el C.M. del Error A y B respectivamente para la prueba de hipótesis.

Cuadro 23A. Cuadrados medios del análisis de varian-
za para variables de crecimiento y compo-
nentes de la biomasa del frijol a los 76
y 86 días después de la siembra. Tu-
rrialba, C. R., 1993.

(Componentes de la biomasa a los 76 días)

Fuente de variación	GL	Peso seco			
		Hoja	Tallo	Vaina	Grano
Bloque(1)	2	1.5 NS	0.3 NS	0.08 NS	0.08 NS
Especie(1)	3	0.2 NS	2.7 NS	0.79 NS	12.17 NS
Error (A)	6	2.1	4.9	0.51	3.88
Genotipo(2)	3	2.6 ***	3.1 **	0.79 NS	5.57 NS
Esp*Gen(2)	9	0.1 NS	0.5 NS	0.15 NS	1.11 NS
Error (B)	24	0.3	0.9	0.28	2.02
CV %		27	22	23	25

(Variables de crecimiento a los 86 días)

Fuente de variación	GL	Altura planta	Número vaina/p	Número grano/v	Biomasa total seca
Bloque(1)	2	3.7 NS	1.4 NS	0.001 NS	6.9 NS
Especie(1)	3	34.6 NS	4.9 NS	0.120 NS	15.3 NS
Error (A)	6	13.4	2.8	0.030	9.5
Genotipo(2)	3	114.5 ***	3.1 **	0.700 ***	13.2 ***
Esp*Gen(2)	9	4.5 NS	2.0 NS	0.020 NS	4.0 NS
Error (B)	24	4.4	0.9	0.024	1.9
CV %		4	12	3	11

(Componentes de la biomasa a los 86 días)

Fuente de variación	GL	Peso seco			
		Hoja	Tallo	Vaina	Grano
Bloque(1)	2	0.04 NS	0.17 NS	0.22 NS	2.89 NS
Especie(1)	3	0.17 NS	0.72 NS	0.29 NS	7.55 NS
Error (A)	6	0.12 NS	1.61	0.18	2.41
Genotipo(2)	3	0.17 NS	1.62 ***	0.79 ***	3.89 **
Esp*Gen(2)	9	0.05 NS	0.22 NS	0.12 NS	1.78 NS
Error (B)	24	0.11	0.24	0.08	1.18
CV %		62	16	13	15

** Significativo al 5% *** Significativo al 1%
(1 y 2). Utiliza el C M. del Error A y B respecti-
vamente para la prueba de hipótesis

Cuadro 24A. Índice de asimilación neta (IAN g/cm²/d) por especies y genotipos de frijol, durante el ciclo del cultivo. Turrialba, C. R., 1993.

Días	Especies				Genotipos			
	CA	CO	GL	PO	Bat 76	Dor364	Dor390	Negro huas
27	0.0011	0.0012	0.0013	0.0012	0.0011	0.0012	0.0013	0.0012
44	0.0006	0.0005	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0007	0.0005
58	0.0004	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0006	0.0006
76	0.0007	0.0007	0.0008	0.0006	0.0007	0.0007	0.0008	0.0007

CA= *C. calothyrsus* CO= Control GL= *G. sepium* PO= *E. poeppigiana*

Cuadro 25A. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables de crecimiento y componentes de la biomasa del frijol según la posición de los surcos a los 58 y 86 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.

(58 Días)

Fuente de variación	GL	Area foliar	Altura planta	Biomasa total seca	Peso seco								
					Hoja	Tallo	Vaina						
Bloque	2	444799	NS	93	NS	66	NS	12	NS	12	NS	1.5	NS
Posición	5	466273	***	393	***	61	***	7	***	19	***	0.9	**
Esp*Pos	10	62077	NS	14	NS	6	NS	1	NS	1	NS	0.4	NS
Gen*Pos	15	53068	NS	26	NS	6	NS	1	NS	2	NS	0.2	NS
Esp*Gen*Pos	30	78864	NS	20	NS	8	NS	1	NS	2	NS	0.3	NS
Error (C)	120	82063		22		7		1		2		0.3	
CV %		33		10		32		29		33		61	

(86 Días)

Fuente de variación	GL	Altura planta	Número vaina/planta	Número grano/v planta	Biomasa total seca	Peso seco											
						Hoja	Tallo	Vaina	Grano								
Bloque	2	56	NS	25	NS	0.03	NS	78	NS	0.02	NS	5.3	NS	2.7	NS	29	NS
Posición	5	216	***	17	***	0.36	***	136	***	0.07	NS	11.4	***	5.7	***	35	***
Esp*Pos	10	5	NS	3	NS	0.11	NS	3	NS	0.01	NS	0.1	NS	0.1	NS	2	NS
Gen*Pos	15	3	NS	2	NS	0.09	NS	2	NS	0.04	NS	0.2	NS	0.1	NS	1	NS
Esp*Gen*Pos	30	5	NS	1	NS	0.06	NS	2	NS	0.04	NS	0.1	NS	0.1	NS	1	NS
Error (C)	120	4		3		0.07		2		0.03		0.2		0.1		1	NS
CV %		4		19		4		11		33		13		12		13	

** Significativo al 5%

*** Significativo al 1%

Quadro 26A. Cuadrados medios de los contrastes para las funciones polinómicas del efecto de posición en el crecimiento y componentes de la biomasa del frijol a los 58 y 86 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.

(58 Días)

Con- tras- tes	GL	Area foliar	Altura planta	Biomasa total seca	Peso seco		
					Hoja	Tallo	Vaina
LinPos 1	2108000	***	1715 ***	243 ***	30.7 ***	78.0 ***	2.1 **
CuaPos 1	88028	NS	195 ***	44 **	3.3 NS	14.0 ***	0.8 NS
CúbPos 1	24950	NS	8 NS	2 NS	0.2 NS	0.1 NS	0.6 NS

(86 Días)

Con- tras- tes	GL	Altura planta	Número vaina/ planta	Número grano/ vaina	Biomasa total seca	Peso seco		
						Tallo	Vaina	Grano
LinPos 1	930	***	72 ***	1.0 ***	526 ***	48 ***	21.8 ***	130 ***
CuaPos 1	129	***	8 NS	0.5 **	119 ***	7 ***	5.0 ***	33 ***
CúbPos 1	18	**	4 NS	0.1 NS	34 ***	2 ***	1.4 ***	9 ***

** Significativo al 5%

*** Significativo al 1%

Quadro 27A. Promedios para variables de crecimiento, según la posición de los surcos del frijol a los 58 y 86 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.

Posi- ción (m)	Area foliar (cm ²)	Altura planta (cm)	Días después de la siembra				Biomasa total seca (g)
			58		86		
			58	86	58	86	
0.25	711	40.4	43.9	7.0	5.0	5.96	9.5
0.75	731	42.5	46.8	7.9	6.0	6.97	12.5
1.25	882	46.4	48.8	8.5	6.0	8.80	13.7
1.75	921	46.9	49.3	8.4	6.0	8.67	14.0
2.25	949	48.7	49.8	8.7	6.1	8.90	14.3
2.75	977	48.2	50.4	8.9	6.0	9.20	14.7

Cuadro 28A. Promedios para los componentes de la biomasa según la posición de los surcos del frijol a los 58 y 86 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.

Posi- ción (m)	Peso seco (g)							
	Hoja		Tallo		Vaina		Grano	
	Días después de la siembra							
	58	86	58	86	58	86		
0.25	2.5	2.8	2.0	0.66	1.4	5.5		
0.75	2.8	3.4	2.7	0.77	2.1	7.1		
1.25	3.4	4.3	3.1	1.08	2.3	7.7		
1.75	3.4	4.3	3.4	0.95	2.3	7.8		
2.25	3.5	4.5	3.3	0.88	2.5	8.0		
2.75	3.7	4.6	3.6	1.02	2.5	8.1		

Cuadro 29A. Índices de área foliar (IAF), razón de área foliar (RAF), crecimiento relativo (ICR) y asimilación neta (IAN), según la posición de los surcos de frijol a los 58 días después de la siembra. Turrialba, C. R., 1993.

Posi- ción (m)	IAF cm ² /cm ²	RAF cm ² /g	ICR g/g/d	IAN g/cm ² /d
0.25	1.706	119.30	0.0626	0.00049
0.75	1.754	104.88	0.0547	0.00047
1.25	2.117	100.23	0.0664	0.00059
1.75	2.210	106.23	0.0634	0.00055
2.25	2.278	106.63	0.0647	0.00056
2.75	2.345	106.20	0.0653	0.00057

Cuadro 30A. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables de rendimiento del frijol en cultivos en callejones. Turrialba, C. R., 1993

Fuente de variación	GL	Rendimiento (Kg/ha)	
		Rastrojo	Grano
Bloque (1)	2	114799 NS	249858 NS
Especie (1)	3	228102 NS	285276 NS
Error (A)	6	58979	123667
Genotipo (2)	3	135211 ***	252593 ***
Esp*Gen (2)	9	37625 **	57480 NS
Error (B)	24	15422	53490
CV %		11	17

Cuadro 31A. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables de rendimiento del frijol según la posición de los surcos. Turrialba, C. R., 1993

Fuente de variación	GL	Rendimiento (Kg/ha)	
		Rastrojo	Grano
Bloque	2	580944 NS	1832318 NS
Posición	5	1108709 ***	947055 ***
Esp*Pos	10	16692 NS	48724 NS
Gen*Pos	15	43942 NS	25646 NS
Esp*Gen*Pos	30	30718 NS	33313 NS
Error (C)	120	42162	49657
CV %		18	15

** . Significativo al 5% *** . Significativo al 1%
 (1 y 2). Utiliza el C.M. del Error A y B respectivamente
 para la prueba de hipótesis

Cuadro 32A. Promedios por tratamiento de los componentes del rendimiento e índice de cosecha del frijol en callejones. Turrialba, C. R., 1993.

Tratamientos		Grano	Rastrojo	Biomasa total	Índice cosecha
Especie	Genotipo	(Kg/ha)		(Kg/ha)	(%)
<i>C. calothyrsus</i>	Bat 76	1358.6	1139.6	2498.2	54
<i>C. calothyrsus</i>	Dor 364	1643.2	1076.4	2719.6	60
<i>C. calothyrsus</i>	Dor 390	1257.3	833.6	2090.9	60
<i>C. calothyrsus</i>	Negro Huas.	1634.2	1256.1	2890.3	57
Control	Bat 76	961.9	863.8	1825.7	53
Control	Dor 364	1374.3	1076.7	2451.0	56
Control	Dor 390	1020.1	774.8	1794.9	57
Control	Negro Huas.	1363.0	1042.3	2405.3	57
<i>G. sepium</i>	Bat 76	1257.6	1038.0	2295.6	55
<i>G. sepium</i>	Dor 364	1516.2	1207.7	2723.9	56
<i>G. sepium</i>	Dor 390	1316.6	905.8	2222.4	59
<i>G. sepium</i>	Negro Huas.	1577.9	1231.8	2809.7	56
<i>E. poeppigiana</i>	Bat 76	1357.2	1220.6	2577.8	53
<i>E. poeppigiana</i>	Dor 364	1650.5	1190.1	2840.6	58
<i>E. poeppigiana</i>	Dor 390	1714.6	1354.3	3068.9	56
<i>E. poeppigiana</i>	Negro Huas.	1402.0	1336.1	2738.1	51

Cuadro 33A. Cuadrados medios de los contrastes para las funciones polinómicas del efecto de posición en el rendimiento del frijol en callejones. Turrialba, C. R., 1993.

Contrastes	GL	Rendimiento (Kg/ha)	
		Rastrojo	Grano
lineal	1	4383216 ***	3057686 ***
cuadrático	1	492138 ***	903448 ***
cúbico	1	662458 ***	565075 ***

** Significativo al 5%

*** Significativo al 1%

Cuadro 34A. Promedio del rendimiento de rastrojo y grano del frijol, según la posición de los surcos con respecto al árbol. Turrialba, C. R., 1993.

Posición (m)	Rendimiento (Kg/ha)	
	Rastrojo	Grano
0.25	827.7	1158.8
0.75	1101.9	1469.1
1.25	1207.9	1555.0
1.75	1195.0	1487.3
2.25	1218.2	1578.6
2.75	1344.3	1594.2

Cuadro 35A. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables del crecimiento en el árbol, durante el ciclo del frijol. Turrialba, C. R., 1993.

Días	Fuente de variación	GL	Altura árbol		Diámetro copa hacia frijol		Diámetro copa hacia árbol	
27	Bloque	2	7.2	NS	22.1	NS	74.3	NS
	Especie	2	5052.7	***	1343.2	***	1537.2	**
	Blo*Esp	4	15.3		49.4		193.4	
	CV %		3		12		24	
44	Bloque	2	14.1	NS	2.2	NS	53.3	NS
	Especie	2	5389.7	***	4155.1	***	4591.7	***
	Blo*Esp	4	29.8		55.7		73.6	
	CV %		4		8		9	
58	Bloque	2	49.6	NS	8.9	NS	32.0	NS
	Especie	2	6621.2	***	8808.5	***	9204.3	***
	Blo*Esp	4	32.9		36.9		30.5	
	CV %		4		5		5	
86	Bloque	2	203.3	NS	135.7	NS	110.4	NS
	Especie	2	8708.9	***	13739.8	***	16494.7	***
	Blo*Esp	4	48.4		125.6		44.6	
	CV %		4		6		4	

Cuadro 36A. Cuadrados medios para el crecimiento y producción de biomasa en tres especies forestales a los seis meses después de la poda. Turrialba, C. R., 1993.

Fuente variación	GL	Altura árbol	Diámetro copa hacia frijol	Diámetro copa hacia árbol	Número rebrotes
Bloque	2	1336 NS	1510 NS	376 NS	0.8 NS
Especie	2	11643 ***	49567 ***	42965 ***	59.3 ***
Blo*Esp	4	224	756	205	0.3
CV %		5	8	6	4

Fuente variación	GL	Peso fresco			Peso seco		
		Hoja	Tallo	Total	Hoja	Tallo	Total
Bloque	2	3.7 NS	4.6 NS	16 NS	0.08 NS	0.19 NS	0.5 NS
Especie	2	76.0 ***	42.3 ***	223 ***	2.00 ***	2.90 ***	9.3 ***
Blo*Esp	4	2.6	1.7	9	0.03	0.07	0.2
CV %		30	23	26	14	18	16
. Significativo al 5%				*. Significativo al 1%			