

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

Limón Limón Arturo¹
Kass Donald L.²
Oñoro Pedro R.²
Jiménez Jorge M.²

RESUMEN

El experimento se realizó en la finca experimental "La Montaña" del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba, Costa Rica de junio a diciembre de 1992, con el objetivo de evaluar la influencia de tres especies forestales sobre el comportamiento vegetativo y reproductivo de cuatro genotipos de maíz, considerando la posición del surco en los callejones. Se estableció el maíz, en callejones de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. COOK, *Calliandra calothyrsus* Meissn y *Gliricidia sepium* (Jacquin) Steud; se incluyó un tratamiento de monocultivo como testigo. Los genotipos de maíz utilizados fueron: Tuxpeño H₃, H₅ y Centapasaquina.

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 maíz, con tres repeticiones y 16 tratamientos. Se efectuaron cuatro evaluaciones en subparcelas al azar dentro de las unidades experimentales, formadas por seis surcos de maíz. En cada evaluación del maíz se hicieron mediciones en las especies forestales. La poda de los árboles se realizó a los seis meses. 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 maíz en el callejón a excepción del rendimiento

* Trabajo financiado por CONACYT, como parte del apoyo de beca para estudio de postgrado, número de registro 63458.

¹ M.C., Investigador del C. E. Humanguillo, INIFAP, SAGAR.

² M.C. Investigador del CATIE, Costa Rica.

por hectárea, 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 y producción de biomasa del maíz. Los promedios más altos en el crecimiento, producción de biomasa e índice de área foliar del maíz se obtuvieron al asociarlo con *Calliandra calothyrsus*.

Los genotipos evaluados alcanzaron el mayor crecimiento e índices de área foliar y crecimiento relativo a los 65 días de la siembra. El mayor rendimiento de grano se obtuvo en el monocultivo.

El genotipo H₃ fue el mejor, con mayor crecimiento en área foliar, altura de planta, diámetro de tallo, índice de área foliar, producción de materia seca y grano.

Al aumentar los distanciamientos de la planta de maíz con respecto al árbol, se obtuvo mayor eficiencia fotosintética y por ende mayor producción de grano. *C. calothyrsus* y *E. poeppigiana* obtuvieron el mayor crecimiento en altura, número de rebrotes y diámetros de copa hacia el maíz y hacia los árboles. Los promedios más altos en producción de biomasa seca los presentó *C. calothyrsus*.

Palabras clave: Genotipos, maíz, cultivos en callejones, análisis de crecimiento, posición de surcos, especies forestales.

SUMMARY

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 to December 1992, to evaluate the influence of three species on the vegetative and reproductive behavior of four genotypes of maize, considering row position in alley cropping. Maize, were established, in alleys of *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O. F. COOK, *Calliandra calothyrsus* Meissn y *Gliricidia sepium* (Jacquin) Steud; a monoculture treatment was included. The maize genotypes used were: Tuxpeño, H₃, H₅ and Centapasaquina.

The random block with divided plots design was used. The main plot was dedicated to tree species and monoculture; a subplot corresponded to maize genotypes, with three repetitions and 16 treatments. Four evaluations were carried out in maize, in randomly chosen subplots within the experimental units, formed by six rows. Measurements of

tree species were made in each crop evaluation. Trees were pruned at six months. Growth, yield and morphological, physiological, and harvest index variables were evaluated. Results included and analysis by tree species, the monoculture, genotypes and location of the maize row in the alley, at exception off yield per hectare. Tree growth and biomass production is also presented.

At 65 days after planting, the greatest effect of tree species growth, and biomass production in maize was observed, the highest averages in the maize growth, biomass production and foliar area index was obtained in the association with *C. calothyrsus*. The genotypes evaluated showed the highest growth, foliar area index and relative growth at 65 days after seeding. The greatest grain yield was obtained in the monoculture.

The H₃ was best genotype with a highest growth in foliar area, plant height, stem diameter, foliar area index and dry material and grain production.

When the distance between plants was increased with respect to trees, greater photosynthetic efficiency was obtained and thus greater straw and grain production *C. calothyrsus* and *E. poeppigiana*, showed the greatest growth in height, number of regrowths and canopy diameter in maize and trees. The highest averages in dry material production were shown with *C. calothyrsus*.

Key words: Genotypes, maize, alley cropping, analysis of growth, position, forest species.

INTRODUCCIÓN

La agroforestería es una práctica tradicional antigua que coincide con los orígenes de la agricultura y es una forma de manejo integrado de la tierra que promueve la utilización del componente forestal en los diferentes sistemas de producción; prevé la necesidad de mejorar la diversidad y estabilidad productiva resaltando el papel que desempeña el follaje en el componente arbóreo.

Dentro de éstos sistemas se encuentra el cultivo en callejones, donde los cultivos anuales se siembran entre hileras de árboles y arbustos, los que son podados para evitar la sombra, reducir la competencia por radiación solar, agua y nutrimentos con la finalidad de incorporar la biomasa en los callejones como abono verde para favorecer

el crecimiento de las especies agrícolas (Kang *et al.*, 1981)³. La asociación de leguminosas arbóreas con cultivos anuales representa una alternativa en la incorporación de materia orgánica, nitrógeno y otros elementos a los cultivos (Budelman, 1989)⁴.

El maíz (*Zea mays* L.) ha sido el cultivo anual más estudiado en los sistemas en callejones, aunque hay observaciones contradictorias a cerca de sus consecuencias en la productividad agrícola, ya que no todos los investigadores han obtenido resultados positivos, como sucede con Lal (1989)⁵; Gichuru y Kang (1989)⁶; Soto (1992)⁷. Sin embargo otros autores como Yamahoa *et al.* (1986)⁸; IITA (1987)⁹; Kass *et al.* (1987)¹⁰; Kass *et al.* (1989)¹¹; Jiménez (1990)¹², encontraron mayores rendimientos en los callejones en comparación con el control. Los reportes de Sánchez (1989)¹³ y Rao y Richard (1992)¹⁴, indican que a través del tiempo existe una evolución positiva en los callejones con respecto a los nutrimentos del suelo que favorece la estabilidad y rendimientos del cultivo de maíz, en relación al monocultivo.

La mayor parte de los trabajos sobre el tema se han enfocado hacia el estado nutrimental del suelo y producción del cultivo, sin considerar el crecimiento durante su ciclo vegetativo y la posibilidad de buscar nuevos genotipos aptos para los sistemas de cultivos en callejones. Por estas razones se realizó el presente trabajo cuyo objetivo fue determinar el efecto de la *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F.C., *Calliandra calothyrsus* Meissn y *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud en el crecimiento y producción de cuatro genotipos de maíz, considerando la posición del surco en los callejones.

³ Kang, B. T.; Wilson, G. T.; Spikens, L. 1981. Alley cropping *Zea mays* and *Leucaena leucocephala* (Lamb) in Southern Nigeria. pp. 165-179.

⁴ Budelman, A. 1989. Nutrient composition of the leaf biomass of three selected woody leguminous species. pp. 39-51.

⁵ Lal, R. 1989. Agroforestry systems and soil surface management of a tropical Alfisol 3. Changes in soil chemical properties. pp. 113-132.

⁶ Gichuru, M. P. y T. B. Kang. 1989. *Calliandra calothyrsus* (Meissn) in an alley cropping system with sequentially cropped maize and cowpea in Southwestern Nigeria. pp. 191-230.

⁷ Soto P., M. L. 1992. 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.

⁸ Yamoah, C. F.; A. A. Agboola y G. F. Wilson. 1986. Nutrient contribution and maize performance in ally cropping systems. pp. 247-254.

⁹ International Institute of Tropical Agriculture (IITA). 1987. Annual report and research highlights. pp.34-35.

¹⁰ Kass, D.; E. Bustamante; W Bermúdez. 1987. Efecto del cultivo en callejones (alley cropping) con *Gliricidia sepium* (Jacq) Steud, sobre la incidencia de pudriciones de la mazorca en maíz (*Zea mays* L.)

¹¹ Kass, D; A. Barrantes; W. Bermúdez; W. Campos; M. Jiménez y J. Sánchez. 1989. Resultados de seis años de investigación de cultivos en callejón en La Montaña. pp.5-24.

¹² Jiménez B., J. M. 1990. Análisis de crecimiento y fenología del maíz *Zea mays* c.v. Tuxpeño en un cultivo en callejones con poró *Erythrina poeppigiana* (Walpers).

¹³ Sánchez, J. F. 1989. Análisis de la estabilidad y dinámica de sistemas de producción de cultivos en callejones.

¹⁴ Roa, M. R. y C. Richard. 1992. Agroforestry field experiments. pp 4-8

ANTECEDENTES

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)¹⁵

De acuerdo con Tanaka y Yamaguchi (1972)¹⁶, 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 una 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 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 (Hawkings *et al.*, 1990)¹⁷. 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)¹⁸. Según Kass (1985)¹⁹, el cultivo de maíz en callejones de leguminosas arbóreas y aplicaciones de mulch parece ser una fuente viable de nitrógeno al maíz; principalmente cuando el nivel de este elemento en el suelo ha disminuido durante varios años de cultivo.

¹⁵ Fargas, J. 1986. Conceptos básicos sobre análisis de crecimiento de las plantas. pp. 1-7

¹⁶ Tanaka, A. y Y. Yamaguchi. 1972. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano de maíz.

¹⁷ Hawkings, R.; H. Sembiring; D. Lubis and Suwardjo. 1990. The potential of alley cropping in the uplands of East and Central Java.

¹⁸ Sánchez P., A. 1987. Soil productivity and sustainability in agroforestry systems. pp. 205-223.

¹⁹ Kass, D. 1985. Alley cropping of annual food crops with woody legumes in Costa Rica. pp. 197-208.

Kass *et al.* (*op. cit.*), 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 en un cultivo de temporal y con una precipitación normal en relación a los años anteriores. Sin embargo los resultados de Jiménez (*op. cit.*), indican que la posición del surco de maíz no tuvo mayor efecto en el crecimiento y rendimiento del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En Junio de 1992, se estableció el experimento en la finca experimental La Montaña, del CATIE en Turrialba, Costa Rica; ubicada a 9° 53' latitud norte y 83° 43' longitud oeste a una altitud de 602 msnm. La temperatura es de 21.5° C y una precipitación media anual de 2,623 mm; con un clima tropical húmedo (García, 1973)²⁰. El suelo pertenece a un Cambisol húmico. La textura es franco arcilloso con pH de 5.5.

El experimento tuvo como tratamientos tres especies forestales y un testigo sin árboles; así como cuatro genotipos de maíz, los cuales fueron: Tuxpeño, H₃, H₅ y Centapasaquina. Se empleó un diseño de bloques al azar en parcelas divididas y tres repeticiones. La parcela grande correspondió a las especies forestales y monocultivos; las subparcelas estuvieron formadas por los genotipos de maíz.

Los árboles tenían 1.5 años de edad, fueron podados cada seis meses una semana antes de la siembra del cultivo, la altura de poda en *Gliricidia*, fue a 0.75 m, en *Calliandra* y *Erythrina* a 1.2 m. La unidad experimental constó de 51, 27 y 15 árboles de *Gliricidia*, *Calliandra* y *Erythrina* respectivamente, distribuidas en tres hileras de árboles a un distanciamiento de 6 m x 0.50 m, 6 m x 1 m y 6 m x 2 m respectivamente, el uso de estos distanciamientos obedece a recomendaciones obtenidas en ensayos anteriores, donde resultaron tener mejor respuesta en el sistema de producción, originando dos callejones de 6 x 8 m cada uno. Además, para el análisis del efecto del árbol sobre el desarrollo del maíz no se consideró el efecto confundido de árbol por distanciamiento entre árboles. La evaluación del componente arbóreo se realizó en la hilera central de cada unidad experimental, localizada dentro de la parcela útil, se evalúan 13, 7 y 3 árboles de acuerdo al orden de las especies forestales antes mencionado.

²⁰ García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.

El maíz fue sembrado el 25 de junio a 0.80 m x 0.50 m entre surcos y plantas dentro de los callejones previa preparación mecánica del terreno, mediante el uso de arado y rastra. El surco de maíz más cercano a los árboles se estableció a 1.0 m; inicialmente se sembraron 3 semillas por golpe, tres semanas después se raleó, dejando 2 plantas por hoyo. El combate de maleza se realizó a los 20 y 55 días después de la siembra, no se realizó ninguna fertilización, únicamente se aprovechó el aporte del abono orgánico incorporado a través del follaje de las especies forestales. La dobla del maíz se efectuó después de alcanzar la madurez fisiológica y la cosecha final se realizó a los 125 días.

En cada parcela útil se eligieron subparcelas, para los muestreos del análisis de crecimiento; las evaluaciones sobre el crecimiento se realizaron en seis surcos de maíz, formados por tres surcos a ambos lados de la hilera central de árboles. Estas evaluaciones se efectuaron individualmente para cada una de las plantas, los surcos fueron identificados de una a seis en cada parcela útil. Se llevaron a cabo cuatro muestreos en el maíz, de acuerdo con (IBSNAT, 1988)²¹; cuando la mitad de las plantas presentaron la sexta hoja visible a nivel del cuello (V6), en el momento que la mitad de las plantas tuvieron algunos estigmas visibles fuera del jilote (R1), al existir la mitad de las plantas con granos en estado de maíz tierno "el endospermo tiene consistencia pastosa, ocurre a los 24 a 28 días después de emerger los pelos" (R4) y en el estado de cosecha final (R7). En cada muestreo se evaluó el área foliar, altura de la planta, diámetro del tallo, longitud de los entrenudos y el peso seco de cada uno de los componentes de la planta. También se determinaron los índices de área foliar (IAF), razón área foliar (RAF), crecimiento relativo (ICR) y asimilación neta (IAN). En los árboles se midieron la altura y diámetro de copa, durante los muestreos del cultivo.

La cosecha del maíz se efectuó en una subparcela con un área de 24 m² y los rendimientos de los granos se expresaron al 14% de humedad. Al momento de la poda de los árboles se evaluaron las variables anteriormente mencionadas y el número de rebrotes y la producción de biomasa.

Para determinar el efecto de los árboles con respecto a la posición del surco de maíz en los callejones, se agruparon éstos en: tres posiciones, considerando la identificación antes mencionada (1.0 m, 1.8 m y 2.6 m del árbol), que corresponden a los surcos 3 y 4, 2 y 5, 1 y 6 respectivamente.

Para las variables de crecimiento se efectuó un análisis de varianza que correspondió a un diseño de bloques al azar en parcelas subdivididas, y se incluyó como tercer factor (sub-parcelas) las posiciones de los surcos en relación con el árbol, para el caso de los componentes del rendimiento, se hizo un análisis de varianza, de acuerdo con el

²¹ International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer. 1988. Experimental design and data collection procedures for IBSNAT.

planteamiento original del ensayo (diseño de bloques al azar en parcelas divididas). El crecimiento y producción de la biomasa de los árboles se analizó mediante un diseño de bloques al azar, los promedios se compararon con la prueba de Tukey y Polinomios ortogonales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos de las especies arbóreas.

El efecto de las especies forestales sobre el desarrollo del cultivo de maíz se detectó desde los 26 días hasta la madurez de cosecha en algunas de las variables de crecimiento, biomasa total seca y componentes de la biomasa (hoja, tallo y grano).

Se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre el maíz asociado con *Calliandra calothyrsus* y el cultivado con *Erythrina poeppigiana* (Cuadros Nos. 1 y 2), como consecuencia de un mayor diámetro de copa alcanzado por la *E. poeppigiana*, que reduce la exposición de las plantas de maíz a la radiación solar. Además, las plantas de maíz en asociación 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 área foliar y por ende la producción de biomasa. Una baja captación de luz en el cultivo origina un menor desarrollo del follaje, diámetro de tallo, crecimiento general y producción de la planta (Tieszen, 1983²²; Lafitte, 1989²³). Comportamientos similares en crecimiento de área foliar, altura de planta, diámetro de tallo y producción de biomasa reportó Jiménez (*op. cit.*) para el Tuxpeño asociado con *E. poeppigiana* al aumentar la sombra, debido a una mayor densidad de árboles en los callejones (espaciamientos de 6 x 1 m). Lo cual resulta perjudicial para el cultivo de maíz.

El mayor índice de área foliar (IAF) para el cultivo de maíz en todas las fechas evaluadas (26, 65 y 89 días) se presentó con *Calliandra calothyrsus* y a los 65 días alcanzó su mayor valor con 2.648 cm² /cm²; con respecto a los demás índices morfológicos y fisiológicos del maíz, las variaciones del cultivo en el asocio con las especies forestales fueron mínimas.

²² Tieszen, L. L. 1983. Photosynthetic systems: implications for Agroforestry. pp. 323-346.

²³ Lafitte, H. R. 1989. Identificación de los problemas de la producción de maíz.

ESPECIES	DÍAS	ÁREA FOLIAR (cm ²)	ALTURA PLANTA (cm)	DIÁMETRO TALLO (cm)	LONGITUD ENTRENUDOS (cm)	BIOMASA TOTAL SECA (g)
CA		493.7 A	41.4 A	1.0 A	.....	3.0 A
CO	26	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		5295.6 A	213.0 A	1.8 A	13.8 A	93.1 A
CO	65	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		3720.9 A	252.1 A	1.7 A	14.0 AB	195.5 A
CO	89	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		.....	223.8 A	.....1.7 A	14.6 B	202.2 A
CO	120	.....	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 1. Medias para variables de crecimiento del maíz a los 26, 65, 89 y 120 días después de la siembra. Turrialba, Costa Rica. 1993.

En la cosecha del maíz, existieron diferencias significativas ($P < 0.01$ a 0.05) según la especie de árbol para el número de mazorcas buenas y rendimiento (Cuadro N° 3). Los contrastes realizados detectaron diferencias estadísticas ($P < 0.01$) en las variables antes mencionadas al comparar el monocultivo con respecto al cultivo en callejones y en la comparación del maíz cultivado con *Erythrina poeppigiana* sobre las demás especies arbóreas. La mayor cantidad de mazorcas buenas y rendimiento (Cuadro N° 4) se obtuvo en el monocultivo.

DÍAS	ESPECIES	PESO SECO (g/planta)		
		HOJA	TALLO	GRANO
65	<i>C. calotryrsus</i>	27.8 A	41.2 A	.....
	CONTROL	25.5 A	38.1 A	.....
	<i>G. sepium</i>	24.8 A	33.0 A	.....
	<i>E. poeppigiana</i>	18.0 A	21.6 A	.....
89	<i>C. calotryrsus</i>	26.1 A	53.7 A	39.6 A
	CONTROL	26.6 A	54.9 A	39.0 A
	<i>G. sepium</i>	26.6 A	54.5 A	36.9 AB
	<i>E. poeppigiana</i>	16.9 B	34.4 B	24.1 B
120	<i>C. calotryrsus</i>	18.4 A	43.8 A	83.8 A
	CONTROL	17.0 AB	43.6 A	82.6 A
	<i>G. sepium</i>	19.3 A	42.0 A	87.6 A
	<i>E. poeppigiana</i>	13.1 B	27.4 A	60.7 A

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

Cuadro N° 2. Medias para los componentes de la biomasa maíz por especies a los 65, 89 y 120 días después de la siembra. Turrialba, Costa Rica. 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 ***
ERROR (B)	24	15.22	74.40	228904
CV %		25.7	13.3	16.6

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

Cuadro N° 3. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables del rendimiento de grano del maíz en callejones. Turrialba, Costa Rica. 1993.

ESPECIES	MAZORCAS MALAS	MAZORCAS BUENAS	RENDIMIENTO (Kg/Ha)
<i>C. calothyrsus</i>	14.8 A	59.8 B	2802 B
Control	13.4 A	89.9 A	4050 A
<i>G. sepium</i>	16.8 A	65.8 B	2999 B
<i>E. poeppigiana</i>	15.9 A	44.4 C	1694 C
Genotipos			
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.

Cuadro N° 4. Medias por especies y genotipo de maíz para los componentes del rendimiento en cultivos en callejones. Turrialba, Costa Rica. 1993.

Para las especies forestales los menores promedios de rendimiento del cultivo agrícola los presentó el maíz asociado con *Erithrina 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 N° 5), 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.*, 1989²⁴; Lal, *op. cit.*; Soto, *op. cit.*) coinciden con los resultados obtenidos. Sin embargo otros difieren de estos resultados (Yamoah *et al.*, *op. cit.*; Jiménez, *op. cit.*).

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 (*op. cit.*) y Rao y Richard (*op. cit.*), 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.

²⁴ Kang, B. T.; L. Reynolds y A. N. Atta-Krah. 1989. Alley farming advances in agronomy. pp. 315-359.

ESPECIES ARBOREAS	TUXPEÑO	GENOTIPOS		
		H ₃	H ₅	CENTAPASAQUINA
REDUCCION (%)				
<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 N° 5. Porcentajes de la reducción del rendimiento de grano en genotipos de maíz cultivados en callejones comparados con el monocultivo. Turrialba, Costa Rica. 1993.

Crecimiento de los genotipos de maíz.

Se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre los genotipos de maíz a los 26, 65, 89 y 120 días para el crecimiento y producción de biomasa, a excepción de algunas variables tales como diámetro de tallo a los 65 días, área foliar y altura de planta a los 89 días; biomasa total seca y para los componentes hoja y grano a los 120 días. En general los promedios indican que los híbridos mostraron superioridad sobre las variedades alcanzando un mayor crecimiento y producción de biomasa (Cuadros Nos. 6 y 7). Esto indica que el comportamiento en el crecimiento y producción de biomasa de los cultivares depende de la respuesta genética de cada genotipo para utilizar aquellos factores que afectan la fotosíntesis: temperatura, luz, nutrimentos y agua (Arze, 1977)²⁵. La reducción en el área foliar del genotipo afecta la acumulación de carbohidratos y reduce la velocidad de crecimiento y por ende la producción de biomasa de maíz (Duncan *et al.*, 1965)²⁶.

La interacción especie por genotipo fue significativa ($P < 0.05$) a los 65 días para el diámetro del tallo de la planta, 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 H₅ en el asocio con *Calliandra calothyrsus* y en monocultivo (Cuadro N° 8). Este genotipo parece tener un mejor potencial genético para crecer en condiciones de sombra en relación a los demás cultivares y responde mejor en callejones de *C. calothyrsus* especie que presenta diferente tamaño y disposición de las hojas y orientación de ramas comparadas con las *Erythrina*

²⁵ Arzen 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.

²⁶ Duncan, W. G.; A. L. Hatefield y J. L. Reagland. 1965. The growth and yield of corn, 2. Daily growth of corn, 2. Daily growth of corn Kernels, pp. 221-223.

poeppigiana donde la penetración de luz es menor y esto reduce el diámetro de tallo en los genotipos de maíz; por otro lado posiblemente existe mayor disponibilidad de nutrimentos necesarios para su crecimiento en comparación con el monocultivo y la asociación con *Gliricidia sepium*.

GENOTIPOS	DÍAS	ÁREA FOLIAR (cm ²)	ALTURA PLANTA (cm)	DIÁM. TALLO (cm)	LONGITUD ENUDOS (cm)	BIOMASA TOTAL SECA (g)
TUXPEÑO	26	266 B	32.2 C	0.6 B	.....	1.7 C
H ₃		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	65	4080 B	163.0 B	1.6 A	9.6 C	62.5 B
H ₃		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	89	3028 A	234.9 A	1.5 B	13.0 C	165.6 B
H ₃		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-PASQUINA		3386 A	187.7 A	1.6 AB	11.5 D	153.5 B
TUXPEÑO	120	.....	205.8 BC	1.5 B	14.2 B	184.1 A
H ₃		.....	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 común presentan diferencias significativas ($P < 0.05$), según la prueba de Tukey.

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

DÍAS	GENOTIPO	PESO SECO (g/planta)		
		HOJA	TALLO	GRANO
65	TUXPEÑO	20.3 B	26.9 C	.....
	H ₃	25.1 AB	37.9 AB	.....
	H ₅	28.2 A	40.3 A	.....
	CENTAPASAQUINA	22.5 AB	29.0 B	.....
89	TUXPEÑO	21.5 B	47.6 AB	31.7 B
	H ₃	27.2 A	57.7 A	42.9 A
	H ₅	24.0 AB	53.3 A	35.9 AB
	CENTAPASAQUINA	23.4 AB	38.9 B	29.2 B
120	TUXPEÑO	18.1 A	37.3 AB	76.5 A
	H ₃	16.5 A	45.8 A	85.0 A
	H ₅	14.4 A	38.7 AB	72.2 A
	CENTAPASAQUINA	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.

Cuadro N° 7. Medias para los componentes de la biomasa de los genotipos de maíz a los 65, 89 y 120 días después de la siembra. Turrialba, Costa Rica. 1993.

ESPECIES ARBOREAS	TUXPEÑO	H ₃	H ₅	CENTAPASAQUINA
<i>C. calothyrsus</i>	1.73	1.86	2.05	1.63
CONTROL	1.84	1.79	1.91	1.37
<i>G. sepium</i>	1.61	1.73	1.74	1.77
<i>E. poeppigiana</i>	1.15	1.50	1.50	1.63

Cuadro N° 8. Diámetro del tallo (cm) en genotipos de maíz según las especies de árboles a los 65 días después de la siembra. Turrialba, Costa Rica. 1993.

También fue altamente significativa ($P < 0.01$) la interacción especie por genotipo a los 120 días para el peso seco de grano, los mejores rendimientos fueron para la variedad Centapasaquina en asocio con *Gliricidia sepium* y en monocultivo (Cuadro N° 9). *G. sepium* presentó menor crecimiento en el diámetro de su copa y su crecimiento Ortótopo origina menos sombreado sobre las plantas de maíz comparado con las

otras especies, lo cual favoreció el potencial productivo de este genotipo. Además una mayor disponibilidad de luz favorece el llenado de grano (Hanway, 1962)²⁷.

ESPECIES ARBOREAS	TUXPEÑO	H ₃	H ₅	CENTAPASAQUINA
<i>C. calothyrsus</i>	94.8	84.7	79.3	76.7
CONTROL	72.1	83.7	73.8	101.9
<i>G. sepium</i>	66.2	86.2	94.5	105.5
<i>E. poeppigiana</i>	82.1	88.1	44.9	41.1

Cuadro N° 9. Peso seco del grano (g/planta) en genotipos de maíz según las especies de árboles a los 65 días después de la siembra. Turrialba, Costa Rica. 1993.

Los índices morfológicos evaluados en los genotipos de maíz, fueron superiores en el H₅, obteniéndose el mayor promedio por razón de área foliar a los 26 días (192.93 cm²/g) y a los 65 días para el índice de área foliar (2.609 cm²/cm²). Los índices fisiológicos de las evaluaciones realizadas indicaron que las variaciones entre los genotipos son mínimas y no resultan importantes en el comportamiento de los cultivares.

En la cosecha del maíz, se detectaron diferencias significativas ($P < 0.01$ y 0.05) entre los genotipos para los componentes del rendimiento. Los contrastes entre los genotipos, 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 N° 4). 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 existieron diferencias estadísticamente significativas 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 por genotipo no fue significativa.

²⁷ 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. pp. 217-222.

Efecto de la posición de los surcos de maíz

El cultivo de maíz mostró diferencias significativas ($P < 0.01$ y 0.5) 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. 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. Los promedios observados (Cuadro N° 10) muestran un aumento al alejarse los surcos de maíz del árbol, 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.

POSICIÓN (m)	ÁREA FOLIAR (cm ²)	ALTURA PLANTA (cm)		DIÁMETRO TALLO (cm)		LONGITUD ENUDOS (cm)		BIOMASA TOTAL SECA (g)	
		65	120	65	120	65	120	65	120
		días después de la siembra							
		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 N° 10. Promedios para variables de crecimiento según la posición de los surcos del maíz a los 65 y 120 días después de la siembra, Turrialba, Costa Rica. 1993.

La interacción genotipo por posición fue significativa ($P < 0.05$) a los 65 días para el área foliar y altura de la planta. Se observó una tendencia lineal para el efecto de posición dentro de genotipos en las variables mencionadas. Los promedios se incrementaron conforme existió mayor distanciamiento de los surcos con respecto a la hilera de árboles (Cuadro N° 11). El crecimiento en área foliar y altura de planta de H_3 no fue afectado por la posición de los surcos a los 65 días ni a los 120 días en la altura de planta para la Centapasaquina. Los genotipos H_3 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 N° 4).

GENOTIPOS	POSICIÓN (m)	ÁREA FOLIAR (cm ²)	ALTURA PLANTA (cm)	
			65	120
días después de la siembra				
TUXPEÑO	1.0	2897	130	183
TUXPEÑO	1.8	3556	150	214
TUXPEÑO	2.6	5004	190	223
H ₃	1.0	4578	211	217
H ₃	1.8	5139	230	242
H ₃	2.6	4489	215	240
H ₅	1.0	4684	190	201
H ₅	1.8	4914	206	208
H ₅	2.6	5718	221	233
CENTAPASAQUINA	1.0	3851	158	182
CENTAPASAQUINA	1.8	4422	173	172
CENTAPASAQUINA	2.6	5347	188	190

Cuadro N° 11. Promedios para variables de crecimiento en genotipos de maíz según la posición de los surcos a los 65 y 120 días después de la siembra. Turrialba, Costa Rica. 1993.

Para los 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. Resultados similares reportó Jiménez (*op. cit.*), en el IAF del Tuxpeño asociado con *Erythrina poeppigiana* para el espaciamiento de 6 x 2 m, pero sin diferencias para los demás índices.

En general, el efecto ejercido por el árbol se refleja en: reducción del 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 (*op. cit.*), para el asocio del Tuxpeño en callejones de *Erythrina 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.*, (*op. cit.*) utilizando *Cassia* sp, *Flemingia* sp y *Gliricidia 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.*, (*op. cit.*) en maíz cultivado en callejones de *G. sepium* establecidos a 6 x 0.50 m.

ESPECIES FORESTALES	DÍAS	ALTURA DEL ÁRBOL (cm)	DIÁMETRO DE COPA HACIA	
			MAÍZ (cm)	ÁRBOL (cm)
<i>C. calothyrsus</i>	26	143.2 A	60.2 A	63.1 A
<i>G. sepium</i>		77.8 B	26.3 B	26.2 B
<i>E. poeppigiana</i>		149.1 A	74.8 A	73.2 A
<i>C. calothyrsus</i>	65	202.1 A	167.6 B	155.5 B
<i>G. sepium</i>		126.1 B	79.3 C	61.8 C
<i>E. poeppigiana</i>		182.8 A	193.7 A	195.6 A
<i>C. calothyrsus</i>	89	261.0 A	233.0 A	205.3 A
<i>G. sepium</i>		172.1 B	120.2 B	84.2 B
<i>E. poeppigiana</i>		217.8 AB	245.9 A	243.8 A
<i>C. calothyrsus</i>	120	311.8 A	318.2 A	240.4 B
<i>G. sepium</i>		208.6 C	157.0 B	105.3 C
<i>E. poeppigiana</i>		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.

Cuadro N° 12. 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, Costa Rica. 1993.

Crecimiento y producción de biomasa de los árboles

La altura del árbol fue significativamente inferior ($P < 0,05$) en *Gliricidia sepium* a los 26 y 65 días con respecto a las demás especies arbóreas; a los 89 días mostró superioridad *Calliandra calothyrsus* sobre *G. sepium* y a los 120 días fueron superior la altura de *C. calothyrsus* (Cuadro N° 12). El diámetro de copa hacia el árbol y hacia el maíz a los 26 y 89 días fue inferior ($P < 0,05$) en *G. sepium* y comparado con *C. calothyrsus* y *Erythrina 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.

Los promedios del diámetro de copa por 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 (*op. cit.*), muestran mayor diámetro de copa hacia el árbol, conforme los distanciamientos entre estos aumentan.

El desarrollo del maíz asociado con *C. calothyrsus* se vio favorecido debido posiblemente a una mayor disponibilidad de nutrientes por parte de la biomasa incorporada al sistema en comparación con *G. sepium* que presenta menor rendimiento de materia seca. En relación al sombreado, *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*.

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

Se detectaron diferencias significativas ($P < 0,01$) entre especies para el crecimiento y producción de biomasa a los seis meses. La comparación de los promedios (Cuadro N° 13) 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 (*op. cit.*) para el espaciamiento de 6 x 2 m.

El rendimiento de biomasa seca por hectárea por componente y total (Cuadro N° 13) 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 (*op. cit.*), en un sistema de producción maíz-caupí asociado con *C. calothyrsus*, en su segundo año de evaluación, con cuatro podas anuales y un distanciamiento de 4 x 1 m.

ESPECIES FORESTALES	ALTURA DEL ÁRBOL (cm)	DIÁMETRO DE COPA HACIA		NÚMERO DE BROTES
		MAÍZ (cm)	ÁRBOL (cm)	
<i>C. calothyrsus</i>	352.2 A	389.9 A	285.5 A	13 A
<i>G. sepium</i>	230.4 B	168.7 B	112.1 B	6 B
<i>E. poeppigiana</i>	319.6 A	390.5 A	321.6 A	13 A

ESPECIES FORESTALES	PESO SECO (Kg/Ha)			MATERIA SECA (%)
	HOJA	TALLO	TOTAL	
<i>C. calothyrsus</i>	2082 A	3775 A	5857 A	40 A
<i>G. sepium</i>	715 C	1363 B	2078 B	28 B
<i>E. poeppigiana</i>	1373 B	1507 B	2880 B	21 C

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

Cuadro N° 13. Crecimiento y producción de biomasa en tres especies forestales asociadas con maíz a los seis meses después de la poda. Turrialba, Costa Rica. 1993.

CONCLUSIONES

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. Los promedios más altos en el crecimiento, producción de biomasa e índices de área foliar del maíz se obtuvieron en el asocio con *Calliandra calothyrsus*. El mayor rendimiento de grano se obtuvo en el monocultivo.

- Los genotipos de maíz alcanzaron el mayor crecimiento e índice de área foliar y crecimiento relativo a los 65 días después de la siembra. El H₃ fue el mejor genotipo con mayor crecimiento en área foliar, altura de planta, diámetro del tallo, índice de área foliar, producción de materia seca y grano.
- La mayor eficiencia fotosintética y por ende mayor rendimiento de grano se obtuvo en las plantas de maíz localizadas en el centro de los callejones.
- *Calliandra calothyrsus* y *Erythrina poeppigiana* obtuvieron el mayor crecimiento en altura y diámetro de copa hacia el maíz y hacia los árboles. Los promedios más altos en el número de rebrotes y producción de biomasa seca por hectárea los presentó *C. calothyrsus*.

BIBLIOGRAFÍA

- 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 Ms. Sc., CATIE. Turrialba, Costa Rica. 111 p.
- Budelman, A. 1989. Nutrient composition of the leaf biomass of three selected woody leguminous species. *Agroforestry Systems* (Holanda) 8:39-51.
- Duncan, W.G.; A. L. Hatefield and J. L. Reagland. 1965. The growth and yield of corn, 2. Daily growth of corn, 2. Daily growth of corn Kernels. *Agronomy Journal*. (EE.UU.) 57:221-223.
- Fargas, J. 1986. Conceptos básicos sobre análisis de crecimiento de las plantas. *In: Conceptos metodológicos sobre investigación y desarrollo de tecnología para sistema de producción de cultivos*. CATIE. Serie de materiales de Enseñanza No. 26, Vol. 2. Turrialba, Costa Rica. pp. 1-7.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de geografía. UNAM. México. 71 p.
- Gichuru, M. P. and T. B. Kang. 1989. *Calliandra calothyrsus* (Meissn) in an alley cropping system with sequentially cropped maize and cowpea in Southwestern Nigeria. *Agroforestry Systems* (Holanda) 9:191-203.

- 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.). 53:217-222.
- Hawkings, R.; H. Sembiring; D. Lubis and 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. Indonesia. 71 p.
- International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer. 1988. Experimental design and data collection procedures for IBSNAT. IBSNAT. Technical Report N° 1. 71 p.
- International Institute of Tropical Agriculture (IITA). 1987. Annual report and research highlights, 1986. Ibadan, Nigeria. pp. 34-35.
- Jiménez B., J. M. 1990. Análisis del crecimiento y fenología del maíz *Zea mays* c.v. Tuxpeño en un cultivo en callejones con poró *Erythrina poeppigiana* (Walpers). O.F. Cook, plantado en cuatro arreglos espaciales. Tesis Ms. Sc., CATIE. Turrialba, Costa Rica. 124 p
- Kang, B. T.; G. T. Wilson and L. Spikens. 1981. Alley cropping *Zea mays* and *Leucaena leucocephala* (lamb) in Southern Nigeria. *Plant and soil* (Holanda) 63:165-179.
- _____ ; L. Reynolds; A. N. Atta-Krah. 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. Turrialba, Costa Rica. pp. 197-208.
- Kass, D.; E. Bustamante y W. Bermúdez. 1987. Efecto del cultivo en callejones (alley cropping) con *Gliricidia sepium* (Jacq) Steud. sobre la incidencia de pudriciones de la mazorca en maíz (*Zea mays* L.). CATIE. Turrialba, Costa Rica. 11 p.
- _____ ; A. Barrantes; W. Bermúdez; W. Campos; M. Jiménez y J. Sánchez. 1989. Resultados de seis años de investigación de cultivos en callejones en La Montaña, Turrialba, Costa Rica. *Chasqui* (C.R.) No. 19:5 -24.

- Lafitte, H. R. 1989. Identificación de los problemas de la producción de maíz. Guía de campo. CIMMYT, México. 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.
- Rao, M. R. and C. Richard. 1992. Agroforestry field experiments: Evaluating the results of agroforestry research. *Agroforestry Today* (Kenia) 4: 4-8.
- Sánchez, J. F. 1989. Análisis de la estabilidad y dinámica de sistemas de producción de cultivos en callejones. Tesis Ms. Sc., CATIE. Turrialba, Costa Rica. 174 p.
- Sánchez, P. A. 1987. Soil productivity and sustainability in agroforestry systems. *In: Agroforestry a decade of development.* Eds. M. A. Stepler, P. K. R. Nair. ICRAF. Nairobi, Kenia. pp. 205-223.
- Soto P., M. L. 1992. 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 Ms. Sc., CATIE. Turrialba, Costa Rica. 125 p.
- Tanaka, A. y Y. Yamaguchi. 1972. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano de maíz. Chapingo, México. Colegio de Postgraduados. 124 p.
- Tieszen, L. L. 1983. Photosynthetic systems: Implications for Agroforestry. *In: Plant research and agroforestry.* Ed. P.A. Huxley. ICRAF. Nairobi, Kenia. pp. 323-346.
- Yamoah, C. F.; A. A. Agboola and G. F. Wilson. 1986. Nutrient contribution and maize performance in alley cropping systems. *Agroforestry systems* (Holanda) 4: 247-254.