

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA

SUBDIRECCION GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA

Análisis del crecimiento y fenología del maíz (Zea mays L. c.v. Tuxpeño) en un cultivo en callejones con poró (Erythrina poeppigiana) (Walpers) 0.F.Cook, plantado en cuatro arreglos espaciales.

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

MAGISTER SCIENTIAE

Por:

JORGE MANUEL JIMENEZ BURGOS

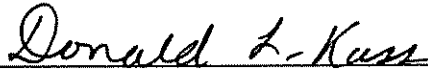
Turrialba, Costa Rica.

1990

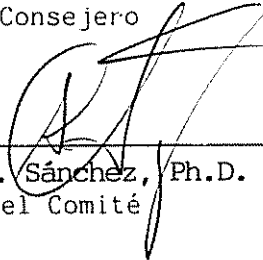
Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE, y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

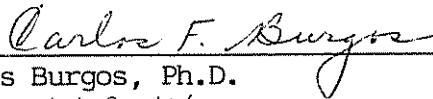
COMITE ASESOR:



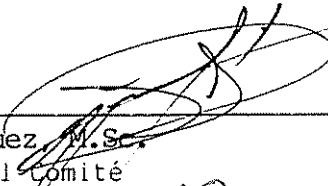
Donald Kass, Ph.D.  
Profesor Consejero



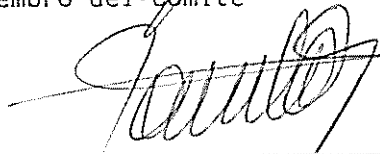
Germán A. Sánchez, Ph.D.  
Miembro del Comité



Carlos Burgos, Ph.D.  
Miembro del Comité



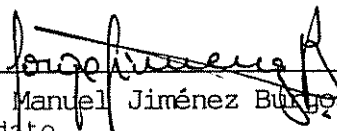
Edgar Viquez, M.Sc.  
Miembro del Comité



Ramón Lastra Rodríguez, Ph.D.  
Coordinador, Programa de Estudios de Posgrado



Dr. José Luis Parisí  
Subdirector General Adjunto de Enseñanza



Jorge Manuel Jiménez Burgos  
Candidato

## DEDICATORIA

A mi esposa Agueda María,  
por su gran amor y comprensión en todo momento.

A mis adoradas hijas,  
Andrea Lucía y María Rebeca, inspiración y motivos para mi  
superación.

A mis padres y hermanos, por el gran apoyo en mi formación  
profesional.

Al hombre que cultiva, por su esfuerzo incansable, y por la  
fe y esperanza que pone en su trabajo.

## AGRADECIMIENTOS

Al consejero principal Dr. Donald L. Kass, por su orientación en este trabajo y en mi carrera profesional.

A los miembros del comité de tesis Dr. Germán Sánchez, Dr. Carlos Burgos y MSc. Edgar Víquez por sus observaciones y correcciones.

Un reconocimiento especial al Dr. Pedro Oñoro, Biometrista del Proyecto Arboles Fijadores de Nitrógeno, por su orientación y constante apoyo en el análisis de los datos.

Al Proyecto Arboles Fijadores de Nitrógeno del CATIE, y muy especialmente a su Líder Dr. Germán Sánchez, que con su ayuda hizo posible la realización de mis estudios.

A la Autoridad Sueca para la Cooperación en la Investigación de los Países en Desarrollo (SAREC) y al Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID, Canadá) por el apoyo económico para mis estudios de Posgrado en el CATIE.

Mi agradecimiento a Mario Jiménez, Manuel Brenes, Oscar Portugués y demás compañeros del Proyecto Arboles Fijadores de Nitrógeno, quienes con su apoyo hicieron posible la realización de esta tesis.

## BIOGRAFIA

El autor nació en Puriscal, Costa Rica, el 27 de enero de 1957.

En 1975 obtuvo el título de Perito Agropecuario en el Instituto Agropecuario de Coto Brus.

En 1979, recibió el título de Ingeniero Técnico en Agronomía (grado bachiller) en el Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En setiembre de 1980, ingresa como Asistente de Investigación en el Departamento de Cultivos Anuales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. En ese mismo Departamento, entre 1982 y 1987 trabaja para el Proyecto Sistemas de Producción basados en Raíces Tropicales y Plátano.

En 1984 ingresa a la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma, en Heredia Costa Rica, donde obtiene el título de Licenciado en Ingeniería Agronómica en agosto de 1987.

Posteriormente, en octubre de 1988 ingresa al Programa de Posgrado del CATIE, recibiendo en setiembre de 1990 el grado de Magister Scientiae, en la especialidad de Agroforestería.

Desde febrero de 1989 trabaja para el Proyecto Arboles Fijadores de Nitrógeno del CATIE, apoyando las investigaciones con cultivos anuales.

## INDICE GENERAL

	Página
HOJA DE APROBACION	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
BIOGRAFIA	v
INDICE	vi
RESUMEN	ix
SUMMARY	x
LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE FIGURAS	xiv
LISTA DE ANEXOS	xvi
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Maíz	3
2.1.1 Importancia	3
2.1.2 Crecimiento del maíz	4
2.1.3 Componentes del crecimiento	8
2.1.3.1 La raíz	9
2.1.3.2 La formación del tallo y las hojas	9
2.1.4 Cambios fenológicos	10
2.1.5 El cultivar tuxpeño	11
2.2 Componente arbóreo	12
2.2.1 <u>Erythrina poeppigiana</u>	12
2.3 Cultivo en callejones	13

2.4	Importancia del componente arbóreo	15
2.5	Efecto del árbol sobre el cultivo	16
2.5.1	Metabolismo fotosintético	17
2.5.2	Producción de cultivos en sistemas agroforestales	20
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS</b>	<b>25</b>
3.1	Ubicación	25
3.2	Diseño Experimental y Tratamientos	26
3.3	Variables de respuesta	30
3.4	Análisis de crecimiento	31
3.4.1	Indices de crecimiento	31
3.4.2	Indices fisiológicos	31
3.5	Radiación solar	36
3.6	Crecimiento de los árboles	36
3.7	Análisis químico	37
3.8	Análisis estadístico	37
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>40</b>
4.1	Crecimiento del maíz	40
4.1.1	Efecto de espaciamiento entre árboles	40
4.1.1.1	Biomasa de la planta	49
4.1.1.2	Indices de crecimiento y fisiológicos	53
4.1.2	Efecto de la posición del surco de maíz	58
4.1.2.1	Biomasa de la planta	64
4.1.2.2	Indices de crecimiento y fisiológicos	65

4.1.3	Interacción Espaciamiento por Posición	67
4.1.4	Cambios fenológicos	68
4.1.5	Variaciones de NPK en el maíz	73
4.2	Producción de biomasa de maíz	75
4.2.1	Rastrojo	75
4.2.2	Rendimiento de grano	77
4.3	Crecimiento del árbol	79
4.4	Producción de biomasa del árbol	83
4.5	Intercepción solar	86
5.	CONCLUSIONES	90
6.	LITERATURA CITADA	93
7.	ANEXOS	102



## RESUMEN

JIMENEZ, 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 Mag. Sc. , Turrialba, C.R. Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. CATIE.

Palabras claves: Cultivo en callejones, análisis de crecimiento, fenología, arreglos espaciales, posición del surco de maíz, rendimiento, Erythrina poeppigiana, Zea mays.

Los cultivos anuales en callejones de árboles son sistemas agroforestales prioritarios en la acción del CATIE. Este sistema consiste en el establecimiento de franjas de cultivos entre hileras de árboles o arbustos con potencial para restaurar la fertilidad del suelo y mantener una producción estable del cultivo (Yamoah, Agboola y Wilson, 1986).

El estudio del maíz asociado en callejones de leguminosas arbóreas es reportado por varios autores (Duguma, Kang y Okali, 1988; Kang, Wilson y Spikens, 1981; y Kass, 1986). Sin embargo poco ha sido el esfuerzo dedicado a estudios detallados sobre el comportamiento del crecimiento del cultivo en este sistema.

El presente trabajo de tesis se realizó en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñaza, en Turrialba, Costa Rica. El propósito fue estudiar el crecimiento y la fenología del maíz asociado con Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F.Cook; establecido en callejones a 6x1, 6x2, 6x3 y 6x4 metros entre hileras y árboles, respectivamente.

Los resultados incluyen un análisis por efecto del espaciamiento entre árboles y la ubicación del surco de maíz dentro del callejón. El espaciamiento entre árboles afectó el diámetro del tallo y la distancia entre nudos. El diámetro del tallo disminuyó y la longitud de los entrenudos aumentó cuando se redujo el espaciamiento. La producción de biomasa por planta no presentó diferencias estadísticas.

A los sesenta y cinco días el maíz mostró mayor índice de área foliar en los espaciamientos 6x3 y 6x4. La eficiencia fotosintética fue mejor en el tratamiento 6x3.

La comparación de las plantas según la ubicación dentro del callejón de árboles señalan que las plantas cercanas a los árboles tienen los tallos más delgados y los entrenudos más largos. Estas plantas mostraron una ligera reducción de la biomasa, sin ser estadísticamente diferente.

La fenología del cultivo no sufrió modificaciones ni por el espaciamiento entre árboles ni por la posición de la planta del maíz.

El rendimiento de grano bueno fue similar en los arreglos 6x2, 6x3 y 6x4 (3.1 tm/ha). El testigo sin árboles y el arreglo 6x1 arrojaron rendimiento menores (2.5 tm/ha). El rendimiento de los surcos de maíz ubicados en el centro del callejón y los cercanos al árbol fue similar.

En general, el arreglo 6x1 se considera inadecuado para este sistema de cultivo; mientras que la ubicación de los surcos de maíz no mostró diferencias en el rendimiento del grano.

## SUMMARY

JIMENEZ, J.M. 1990. Analysis of growth and phenology of maize (Zea mays c.v. Tuxpeño) associated with Mountain immortelle (Erythrina poeppigiana) (Walpers) O.F. Cook in an alley cropping system at four tree spacings. Tesis Mag. Sc. , Turrialba, C.R. Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. CATIE.

Key words: Alley cropping, analysis of growth and phenology, spacing, location of maize row, yield, Erythrina poeppigiana, Zea mays.

Alley cropping with annual crops constitute a high priority agroforestry system for CATIE. This system consists of the establishment of strips of crops between rows of trees or bushes with potential for the restoration of soil fertility and for the maintenance of stable production of the crop (Yamaoah, Agboola, and Wilson, 1986).

Studies of maize associated with rows of woody legumes have been reported by various authors (Duguma, Kang, and Okali, 1988; Kang, Wilson, and Sipkens, 1981; and Kass, 1986). Nevertheless, little effort has been devoted to detailed studies of growth patterns of the crops in these systems.

The present thesis research was carried out at the Tropical Agriculture Research and Training Center (CATIE) in Turrialba, Costa Rica. The principal objective was to study the growth and phenology of maize associated with Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F. Cook, established in 6 m rows with 1, 2, 3 or 4 meters between trees.

Results obtained included an analysis of the effect of spacing between trees and the location of the maize row within the alley. Spacing between trees affected the diameter of the maize stem and the internode length. Stem diameter decreased and internode length increased as spacing between trees was reduced. No statistically significant differences were observed in the production of biomass per plant.

At sixty five days, the maize showed a higher leaf area index at the 6 m x 3 m and 7 m x 4 m tree spacings. Photosynthetic efficiency was greatest with the 6 m x 3 m tree spacing.

Comparison of plants according to their position within the alley showed that maize plants closer to the tree rows had thinner stems and longer internodes. These plants also showed a slight reduction in biomass but it was not statistically significant.

There was no effect of spacing between trees nor of distance from the tree row on the phenology of the maize crop.

Yield of grain of commercial quality was similar in the 6 m x 2 m, 6 m x 3 m, and 6 m x 4 m tree spacings (3.1 t/ha). The control plot without trees and the 6 m x 1 m tree spacings produced lower maize yields (2.5 t/ha). The yield of maize from rows in the middle of the alley was similar to that from rows closer to the tree rows.

In general, the 6 m x 1 m tree spacing showed itself unacceptable for this agroforestry system. However, position of maize rows with respect to the trees did not show any significant effect on maize yields.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Estado de crecimiento, días después de emergencia e identificación y descripción de las características para los diferentes estados de crecimiento del maíz (Hanway 1963) .....	7
Cuadro 2.	Variables fenológicas de los estados vegetativos de la planta de maíz. (IBSNAT, 1986) .....	33
Cuadro 3.	Variables fenológicas de los estados reproductivos de la planta de maíz (IBSNAT, 1986) .....	34
Cuadro 4.	Variables de respuesta evaluadas al maíz durante los muestreos para el análisis de crecimiento, Turrialba, 1990.....	35
Cuadro 5.	Cuadrados medios del análisis de varianza para el crecimiento del maíz a los 24 días después de la siembra. Turrialba, 1990 .....	41
Cuadro 6.	Cuadrados medios del análisis de varianza para el crecimiento del maíz a los 65 días después de la siembra. Turrialba, 1990 .....	41
Cuadro 7.	Cuadrados medios del análisis de varianza para el crecimiento del maíz a los 90 días después de la siembra. Turrialba, 1990 .....	42
Cuadro 8.	Cuadrados medios del análisis de varianza para el crecimiento del maíz a los 120 días después de la siembra. Turrialba, 1990 .....	42
Cuadro 9.	Prueba de hipótesis para efectos de espaciamiento, posición y espaciamiento por posición en cada uno de los muestreos, según la prueba de Lambda de Wilk, Turrialba, 1990.....	43
Cuadro 10.	Prueba de hipótesis para efecto del espaciamiento y espaciamiento por posición según la prueba de Lambda de Wilk; a los 24, 65, 90 y 120 días después de la siembra. Turrialba, 1990 .....	45

Cuadro 11.	Porcentaje de variación de la raíz característica de los componentes principales, para espaciamiento y posición por espaciamiento, durante el estado reproductivo R7. Turrialba, 1990 .....	45
Cuadro 12.	Porcentaje de variación de la raíz característica de los componentes principales para efecto de espaciamiento, posición y espaciamiento x posición en el crecimiento del maíz durante el estado vegetativo V6 (24 dds). Turrialba, 1990 .....	47
Cuadro 13.	Porcentaje de variación de la raíz característica de los componentes principales para efecto de espaciamiento, posición y espaciamiento x posición en el crecimiento del maíz durante el estado reproductivo R1 (65 dds). Turrialba, 1990 .....	47
Cuadro 14.	Porcentaje de variación de la raíz característica de los componentes principales para efecto de espaciamiento, posición y espaciamiento x posición en el crecimiento del maíz durante el estado reproductivo R4 (90 dds). Turrialba, 1990 .....	48
Cuadro 15.	Porcentaje de variación de la raíz característica de los componentes principales para el efecto de espaciamiento, posición y espaciamiento x posición en el crecimiento del maíz durante el estado reproductivo R4 (120 dds). Turrialba, 1990 .....	48
Cuadro 16.	Prueba de hipótesis para los componentes de la biomasa según efecto de espaciamiento posición y espaciamiento por posición utilizando la prueba de Lambda de Wilks. Turrialba, 1990 .....	50
Cuadro 17.	Cuadrados medios para los componentes de la biomasa con diferencias significativas a los 65, 90 y 120 dds. Turrialba, 1990 .....	52
Cuadro 18.	Cuadrados medios para variables de rendimiento de grano y producción de biomasa del maíz asociado con poró, utilizando cinco posiciones de los surcos de maíz. Turrialba, 1990 .....	76
Cuadro 19.	Cuadrados medios para variables de rendimiento de grano y producción de biomasa de maíz asociado con poró, utilizando dos posiciones del maíz. Turrialba, 1990 .....	76

Cuadro 20.	Cuadrados medios para variables de crecimiento del árbol a los 24, 65, 90 y 120 días después de la siembra del cultivo. Turrialba, 1990 .....	81
Cuadro 21.	Cuadrados medios para variables de crecimiento y producción de biomasa de poró a los seis meses después de la poda. Turrialba, 1990 .....	84
Cuadro 22.	Cuadrados medios para los contrastes lineal, cuadrático y cúbico del espaciamiento, para las variables número de ramas, diámetro de copa hacia el árbol, biomasa de hojas, biomasa total y diámetro del tocón. Turrialba, 1990 .....	86

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Distribución de las subparcelas para el análisis de crecimiento y evaluación de variables fenológicas V6, R1, R4 y R7. Turrialba, 1990. ....	27
Figura 2.	Detalle de las subparcelas para muestreos del análisis de crecimiento y variables fenológicas V6, R1, R4 y R7. 2a. árboles a 6 x 1 m, 2b. árboles a 6 x 2m, 2c árboles a 6 x 3m y 2d árboles a 6x4m. Turrialba, 1990. ....	29
Figura 3.	Razón del área foliar a 65 días, según espaciamiento de árboles. Turrialba, 1990 .....	54
Figura 4.	Índice del área foliar del maíz a los 65 días, según espaciamiento de árboles. Turrialba, 1990 .....	54
Figura 5.	Índice de crecimiento relativo del maíz a los 65 días, según espaciamiento de árboles. Turrialba, 1990 .....	55
Figura 6.	Índice de asimilación neta a los 65 días, según espaciamiento de árboles. Turrialba, 1990 .....	55
Figura 7.	Razón del área foliar del maíz a los 90 días, según espaciamiento de árboles. Turrialba, 1990 .....	57
Figura 8.	Índice de área foliar del maíz a los 90 días, según espaciamiento del árbol. Turrialba, 1990 .....	57
Figura 9.	Índices de crecimiento relativo y asimilación neta a los 90 días, según espaciamiento. Turrialba, 1990 .....	59
Figura 10.	Altura del poró y el maíz durante el ciclo de cultivo de maíz. Turrialba, 1990 .....	59
Figura 11.	Índices de crecimiento relativo y asimilación neta del maíz a los 65 días, según posición. Turrialba, 1990 .....	66
Figura 12.	Razón del área foliar del maíz a los 90 días, según posición del surco de maíz. Turrialba, 1990 .....	66

Figura 13.	Aparición de estados fenológicos del maíz monocultivo y asociado con poró. Turrialba, 1990 .....	70
Figura 14.	Días para alcanzar el estado fenológico del maíz, con o sin poró. Turrialba, 1990 .....	70
Figura 15.	Días para alcanzar el estado fenológico del maíz, según posición del surco en el callejón. Turrialba, 1990 .....	71
Figura 16.	Variaciones de la altura de la planta de maíz según espaciamiento de árboles. Turrialba, 1990 .....	71
Figura 17.	Variaciones de la producción de biomasa por planta, según espaciamiento del árbol. Turrialba, 1990 .....	72
Figura 18.	Altura de copa y árbol de poró durante el ciclo de cultivo de maíz. Turrialba, 1990 .....	72
Figura 19.	Diámetro de copa hacia los árboles, durante el ciclo de cultivo del maíz. Turrialba, 1990 .....	82
Figura 20.	Diámetro de copa hacia el cultivo de maíz, durante su ciclo vegetativo. Turrialba, 1990 .....	82
Figura 21.	Estimación del porcentaje de radiación interceptada por los árboles de poró. Turrialba, 1990 .....	88

## LISTA DE ANEXOS

Cuadro 1A.	Resumen acumulado de datos meteorológicos hasta 1989. Estación meteorológica del CATIE. Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales. Turrialba, 1990 .....	103
Cuadro 2A.	Datos meteorológicos mensuales para 1989. Estación meteorológica del CATIE. Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales. Turrialba, 1990 .....	104
Cuadro 3A.	Análisis químico para el suelo de cada una de las parcelas experimentales del cultivo en callejones, considerando dos profundidades. Turrialba, 1990 .....	105
Cuadro 4A.	Metodologías para determinar los contenidos de nutrimentos, pH y MO de suelos y contenidos de nutrimentos de tejido vegetal, utilizada por el Laboratorio de Suelos del CATIE. Turrialba, 1990 .....	106
Cuadro 5A.	Promedios del efecto de espaciamiento y posición en el crecimiento (altura planta, área foliar, diámetro tallo) y producción de biomasa de maíz durante el estado vegetativo V6 (24 dds). Turrialba, 1990 ....	107
Cuadro 6A.	Promedios del efecto de espaciamiento y posición en el crecimiento (altura planta, área foliar, longitud de entrenudos y diámetro tallo) y producción de biomasa de maíz durante el estado vegetativo R1 (65 dds). Turrialba, 1990 .....	108
Cuadro 7A.	Promedios del efecto de espaciamiento y posición en el crecimiento (altura planta, área foliar, diámetro tallo y longitud de entrenudos), producción de biomasa de maíz y número de granos por planta durante el estado reproductivo R4 (90 dds). Turrialba, 1990 .....	109
Cuadro 8A.	Promedios del efecto de espaciamiento y posición en el crecimiento (altura planta, área foliar, diámetro tallo, longitud de entrenudos), producción de biomasa de maíz y número de granos por planta durante el estado vegetativo R7 (120 dds). Turrialba, 1990 .....	110



Cuadro 9A.	Porcentaje de variación de la raíz característica del componente principal, para efecto de espaciamiento, posición y espaciamiento por posición en los componentes de la biomasa del maíz a los 24, 65, 90 y 120 dds. Turrialba, 1990 .....	111
Cuadro 10A.	Promedios de los componentes de la biomasa que mostraron diferencias estadísticas a los 90 y 120 días, según efecto de espaciamiento y posición. Turrialba, 1990 .....	112
Cuadro 11A.	Promedios según efecto de posición para las variables de crecimiento del maíz a los 24, 65, 90 y 120 días después de la siembra. Turrialba, 1990 .....	113
Cuadro 12A	Índice de área foliar, razón de área foliar, índice de crecimiento relativo e índice de asimilación neta a los 24, 65, 90 y 120 días después de la siembra, según posición de las plantas de maíz en el callejón de árboles. Turrialba, 1990 .....	114
Cuadro 13A.	Días a la aparición de estados fenológicos del maíz, utilizando dos posiciones (cerca y lejos) del surco de maíz, con respecto al árbol. Turrialba, 1990 .....	115
Cuadro 14A.	Días promedio a la aparición de estados fenológicos del maíz, utilizando cinco posiciones del surco de maíz, con respecto al árbol. Turrialba, 1990 .....	116
Cuadro 15A	Análisis de varianza para componentes de la biomasa de la planta con diferencias significativas en los contenidos de NPK, a los 65 y 90 días después de la siembra. Turrialba, 1990 .....	117
Cuadro 16A.	Contenidos de NPK para hojas, vainas, raíz y tuza a los 65 y 90 días, según espaciamiento y posición. Turrialba, 1990 .....	118
Cuadro 17A.	Contenidos de NPK en la raíz y vaina a los 65 días, y en las hojas a los 90 días, según espaciamiento y posición. Turrialba, 1990 .....	119

Cuadro 18A. Promedios de la producción de biomasa y grano, según espaciamiento de árboles y posición del surco de maíz. Turrialba, 1990 .....	120
Cuadro 19A. Promedios de altura del árbol, altura de copa, diámetro de copa hacia el callejón, y diámetro de copa hacia hilera de árboles a los 24, 65, 90 y 120 días después de la siembra del cultivo; en los cuatro espaciamientos de poró. Turrialba, 1990 ....	121
Cuadro 20A. Correlaciones entre variables de crecimiento y producción de biomasa del poró al momento de su cosecha (seis meses después de la poda). Turrialba, 1990 .....	122
Cuadro 21A. Promedios de las variables evaluadas a la cosecha de los árboles. Turrialba, 1990 ....	123
Cuadro 22A. Radiación total, e interceptada a un metro de la hilera de árboles, a través del ciclo de cultivo, en tres arreglos espaciales de árboles. Turrialba, 1990 .....	124

## 1. INTRODUCCION

La necesidad de incrementar la producción de alimentos ha motivado la búsqueda y diseño de tecnologías más eficientes; sin embargo, estas no siempre se enmarcan dentro del concepto de "rendimiento sostenido", lo que ha contribuido a una rápida disminución de la capacidad productiva de los suelos, especialmente en aquellos frágiles, con poco potencial.

El diseño de técnicas que integren en una misma superficie, especies con distintas exigencias y estratificación vertical, son alternativas de producción con menor riesgo de destrucción de los recursos.

Los sistemas agroforestales han surgido como respuesta a la necesidad de producción sostenida. Dentro de estos sistemas, los cultivos en callejones han merecido mayor atención. Este sistema consiste en franjas de cultivos alimenticios entre hileras de árboles y arbustos. Se pretende que a partir de técnicas tradicionales, y la utilización de tecnología mejorada se logren sistemas más estables y diversificados (Borel, 1988).

En los cultivos en callejones, las especies de leguminosas arbóreas son preferidas. La capacidad fijadora de nitrógeno y la rapidez de aportar biomasa de fácil descomposición que puede ser utilizada como abono verde y material de cobertura son sus principales características.

El estudio del componente arbóreo es reportado por diversos investigadores (Kang, Wilson y Lawson, 1980; Wilson y Spikens, 1981; Kang, Grime y Lawson, 1985); pero pocos han sido los intentos por el análisis del comportamiento de los cultivos alimenticios asociados con árboles.

Entre los cultivos alimenticios, el maíz es uno de los más estudiados en este sistema. En Centroamérica este grano representa gran parte de los ingresos del pequeño agricultor, y es alimento básico en la dieta del campesino (Navarro, 1985). Su cultivo se realiza en varias zonas de formación vegetal, solo o asociado con otras especies agrícolas, pero la técnica de cultivarlo en callejones de árboles es aún tarea de investigación.

Ante la situación expuesta, se realizó el presente trabajo, cuyo propósito fue realizar un análisis de crecimiento y fenología del maíz "tuxpeño" en un cultivo en callejones con Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F.Cook; utilizando diferentes arreglos espaciales del árbol, y considerando la posición de la planta de maíz dentro del callejón de árboles.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Maíz

#### 2.1.1 Importancia

En América Central, el cultivo de maíz representa gran parte de los ingresos del pequeño agricultor y es alimento básico en la dieta del campesino. (Navarro 1985). Su importancia en el Continente Americano es similar, y a nivel mundial ocupa el tercer lugar después del trigo y el arroz. En América tropical, el área sembrada es de 23.8 millones de hectáreas, con un rendimiento promedio de 1.3 Ton/ha. (Sánchez, 1981). Tanaka y Yamaguchi (1972), consideran que el maíz es especialmente importante para los habitantes de países en desarrollo. A nivel mundial, el maíz y el arroz ocupan el segundo lugar como alimento básico; por ello la importancia de mejorar su sistema de producción. En 1987, la producción mundial de maíz fue de 457 millones de toneladas métricas, con un área sembrada de 127.6 millones de hectáreas. En América se cultivan 55 millones de hectáreas con una producción de 240 millones de toneladas métricas (FAO, 1987).

El maíz se cultiva solo o asociado. En regiones pobladas de Centroamérica, especialmente en el trópico seco, el maíz es un cultivo de subsistencia y es común encontrarlo en asocio con leguminosas de grano. En estas regiones se ha

estudiado el desempeño de maíz asociado con frijol (P. vulgaris), yuca (M. esculenta), cucurbitas (C. mixta y C. moschata) y plátano (Musa sp grupo AAB) (CATIE, 1985).

### 2.1.2 Crecimiento del maíz

El aumento en la producción de grano es el propósito fundamental en el mejoramiento genético del cultivo. Sin embargo, es de importancia el conocimiento y comprensión de los procesos de acumulación de materia seca en cada uno de los componentes de la planta durante su ciclo de crecimiento, esto permite, determinar prácticas de manejo más oportunas y eficientes.

En las hojas se sintetizan asimilados que deben llevarse a otras partes de la planta a través del sistema vascular que consiste en elementos del floema y el xilema; el desplazamiento de los azúcares tiene lugar principalmente en los tejidos del primero (Salisbury, 1967).

Los azúcares acumulados en el tallo, raquis y vainas disminuyen durante la fase de llenado rápido del grano. La cantidad almacenada en estos órganos, y posteriormente translocada al grano representa menos del 10 % del total de carbohidratos acumulados en los granos al momento de la cosecha; sin embargo este azúcar transitorio es importante para mantener una velocidad constante de crecimiento del grano, independientemente de las fluctuaciones diarias en la

velocidad de fotosíntesis (Duncan, Hatefield y Ragland; 1965, citado por Tanaka y Yamaguchi, 1972).

El peso de los granos de maíz se deriva en más de un 90% de los fotosintatos producidos durante la fase del llenado de éstos y que son translocados directamente a ellos, de esta manera la producción de materia seca después de la emisión de los estigmas es importante para la producción de grano. Probablemente las cinco hojas cercanas o inmediatamente superiores a los estigmas son las más importantes durante el llenado del grano. (Tanaka y Yamaguchi 1972).

Para el estudio del crecimiento de maíz, se ha dividido su ciclo en varios estados. Tanaka y Yamaguchi (1972), dividen el proceso de crecimiento del maíz en cuatro fases: Fase vegetativa inicial, con lenta acumulación de materia seca y que finaliza con la diferenciación de los órganos reproductivos o la elongación de los entrenudos o bien ambos casos; fase vegetativa activa, con incremento activo del peso de las hojas y posteriormente el culmo. Esta fase termina con la emisión de los estigmas. La tercera fase es la de llenado activo del grano. Aquí continúa el incremento de materia seca de los componentes de la planta; se puede considerar esta fase como transitoria entre la vegetativa y la de llenado de grano; y por último la fase de llenado activo de grano.

Hanway (1963), ha dividido el ciclo de crecimiento del cultivo es diez estados. Aún cuando las características de los diferentes estados de crecimiento del maíz y los días promedios después de emergencia son adaptados para híbridos (de Iowa Central), pueden constituir una base adecuada para estudios de este tipo. El detalle de estos estados se presenta en el Cuadro 1.



Cuadro 1. Estado de crecimiento, días después de emergencia e identificación y descripción de las características para los diferentes estados de crecimiento del maíz (Hanway, 1963).

Estado	Días después de emergencia	Identificación y descripción de las características
0	0	Emergencia de la planta
1	14	Cuello de la 4a. hoja visible
2	28	Cuello de la 8a. hoja visible
3	42	Cuello de la 12a. hoja visible
4	56	Cuello de la 16a. hoja visible
5	66	75 % de las plantas tienen estigmas visibles
6	78	12 días después del estado 5. Granos en estado lechoso.
7	90	24 días después del estado 5. Grano en estado pastoso.
8	102	36 días después del estado 5. se empieza a formar el diente.
9	114	48 días después del estado 5. Se completa el estado de "diente"
10	126	60 días después del estado 5. El grano alcanza la madurez fisiológica.

El International Benchmark Site Network for Agrotechnology Transfer (IBSNAT, 1986) recomienda la descripción detallada en los cuadros 2 y 3 (ver Materiales y Métodos) para determinar los diferentes estados de crecimiento y fenológicos del maíz. Esta descripción es bastante similar a la empleada por Hanway, (1963). Sin embargo, permite determinar con mayor detalle, la aparición de estados fenológicos, especialmente los estados de crecimiento vegetativo. Los días a la aparición del estado fenológico es variable; y depende de las condiciones de humedad, temperatura, radiación y fertilización. También el cultivar de maíz determina esta variación. En términos generales y bajo condiciones favorables, cada nueva hoja con el cuello visible aparece cada tres días, pudiendo variar entre dos y cinco.

Según el IBSNAT (1986) es conveniente realizar los muestreos para el análisis de crecimiento durante los estados V6, R1, R4 y R7; descritos en los cuadros 2 y 3 ya que en estos momentos es donde la planta sufre los cambios vegetativos y reproductivos más importantes.

### 2.1.3 Componentes del crecimiento.

El crecimiento de la planta de maíz inicia con la germinación de la semilla, que en todo caso no es muy diferente a la germinación de semillas de cualquier otra gramínea, a excepción de las diferencias que pudieran

derivarse por su mayor tamaño del embrión y endospermo. Según Duncan (1983), la mayor parte de las semillas de maíz tienen cinco hojas embrionarias, lo que implica que en el tallo principal de una planta desarrollada al menos existiría esa cantidad de hojas.

#### 2.1.3.1 La raíz

El sistema radical del maíz se puede dividir inicialmente en raíz primaria y raíces seminales. Rápidamente, éstas son sustituidas por raíces permanentes. Los primeros entrenudos son cortos, y de los nudos se originan anillos de raíces que forman el sistema radical subterráneo. También las raíces de anclaje emergen generalmente de los nudos más bajos, y van apareciendo conforme transcurre el ciclo vegetativo. Dentro de una misma variedad, la cantidad de nudos que dan origen a las raíces y la biomasa de estas pueden variar según fertilidad y espaciamientos (Duncan, 1983).

#### 2.1.3.2 La formación del tallo y las hojas

Según Duncan (1983), las hojas del maíz surgen de los nudos y se desarrollan sucesivamente por encima del mesocótilo; sin embargo el alargamiento de los nudos con frecuencia se retrasa hasta que se completa el desarrollo del primordio. El conjunto lámina foliar, vaina, nudo y entrenudo constituyen una unidad estructural repitente. Su cantidad, en gran medida determina la duración relativa del

desarrollo vegetativo; mientras que el tamaño de entrenudos determinaría la altura de la planta.

#### 2.1.4 Cambios fenológicos

Fenología se define como el estudio de los fenómenos periódicos en el tiempo, tales como la floración, iniciación y cese del período del crecimiento, especialmente relacionados a los cambios estacionales de ambiente (Wright, 1976). En el caso del maíz, algunos de los procesos biológicos que estarían correlacionados con estos cambios estacionales pueden ser: emergencia, desarrollo de hojas, longitud de entrenudos, floración y madurez de grano. Varios autores han descrito los estados fenológicos para el maíz. (Hanway 1963, IBSNAT 1986 ; Tanaka y Yamaguchi, 1972).

El inicio y la duración del período entre los estados fenológicos son variables; y estarían ligados, entre otros factores con temperatura, radiación, disponibilidad de agua y nutrimentos. El cultivar también influye en la duración de estos períodos. Según Heer (1986), la floración femenina y la madurez fisiológica fueron las características que mostraron diferencia entre los coeficientes genéticos de los cultivares Tuxpeño y Eladio Hernández evaluados en Turrialba, Costa Rica.

### - 2.1.5 El cultivar "Tuxpeño"

El cultivar "Tuxpeño PB C-7" es una planta de porte bajo a medio. Morales (1987) en investigación realizada en Turrialba, encontró que este cultivar alcanza su floración y maduración a los 64 y 120 días, respectivamente, tanto en monocultivo como en asocio con soya. En condiciones de monocultivo, su altura fue de 1.7 m. Para este mismo cultivar, (Heer 1986) observó el inicio de la floración femenina a los 67 días, mientras que la madurez fisiológica la alcanzó a los 110 días.

El Ibsnat (IBSNAT 1986), define como "Reproductivo 1" (R1) al estado de floración femenina que se alcanza cuando el 50 % de las plantas presentan "barbillas" visibles fuera de la tuza, mientras que la madurez fisiológica corresponde al estado R6, descrito en el Cuadro 3. Hanway (1963), considera que el estado de floración femenina ocurre cuando el 75% de las plantas tienen "barbillas" visibles, y la madurez fisiológica cuando el grano ha alcanzado su máximo peso seco. Estos estados se presentaron a los 66 y 126 días después de la emergencia, en los cultivares de maíz que él estudió.

## 2.2 El componente arbóreo

### 2.2.1 Erythrina poeppigiana

Erythrina es un género con más de 110 especies. Esta leguminosa arbórea pertenece a la subfamilia Fabaceae-Faboideae, de la tribu Phaseoleae (Lackey, 1981) E. poeppigiana tiene su ámbito natural de distribución que va desde Panamá hasta Bolivia y Perú; de ahí fue introducida a inicios del siglo XX a Centroamérica (Borchert, 1980). En Costa Rica es una de las especies más utilizadas, y se le conoce como poró grande o poró gigante. Es la especie más adaptada a zonas húmedas y posee una gran capacidad para producir biomasa foliar con alto contenido de nitrógeno y buena capacidad de rebrote (Budowski, 1983). En asocio con café, manejado con podas semestrales y utilizando un arreglo espacial de 6x6m se estima que produce alrededor de 6TM/ha de materia seca al año, debido al aporte de hojas y ramas (Russo, 1983). Kass, Russo y Quinlan (1983); Kass, Barrantes y Bermúdez (1989), han mostrado las cualidades de esta especie en cultivo en callejones; asimismo, han determinado su potencial como sustituto del fertilizante nitrogenado, elemento que aporta a través de las podas, y que se estima entre 120 y 244 Kg de N por hectárea al año. Alavez (1987), en el cultivo en callejones con poró grande, (donde se realizó el presente trabajo) estimó un aporte desde 122,6 Kg N/ha/año en el arreglo 6x4 hasta 300 kg/ha/año en el arreglo 6x1; debido a la incorporación de

biomasa de tallos y hojas por concepto de las podas. En ese momento los tocones tenían año y medio de establecidos.

### 2.3 Cultivo en callejones

Los cultivos anuales en callejones son sistemas agroforestales prioritarios para la acción del CATIE. Se pretende que a partir de técnicas tradicionales y utilizando tecnología mejorada se pueda contribuir al establecimiento de sistemas de producción más estables y más diversificados (Borel 1988). Este tipo de asociaciones tiende a simular la vegetación natural pudiéndose mejorar la eficiencia del sistema de producción. (Holdridge, 1959).

En Centroamérica, el maíz se cultiva solo o asociado con otras especies agrícolas. La técnica de asociarlo con árboles (cultivo en callejones) es relativamente nueva. Esencialmente consiste en la utilización de árboles o arbustos con potencial para restaurar la fertilidad del suelo y mantener una producción estable del cultivo (Yamoah, Agboola, Wilson y Mulongoy 1986). Los primeros resultados del cultivo en callejones con maíz fueron publicados por el IITA en 1978 (Kang, Wilson y Spikens, 1981).

Se ha demostrado que el sistema de cultivo en callejones contribuye a mantener la fertilidad de los suelos, y permite obtener rendimientos estables del cultivo asociado (Kass 1985; Kass, Barrantes y Bermúdez 1989).

Kass (1985), logró mantener un rendimiento de 2600 Kg de maíz por hectárea durante tres años consecutivos, en un cultivo en callejones con Erythrina poeppigiana. Cuatro años después este mismo autor (Kass, Barrantes y Bermúdez 1989), muestra las bondades que presentan algunos de los sistemas estudiados. Sus resultados indican que E. poeppigiana ha tenido mejor desempeño que Gliricidia sepium. Kang, Grime y Lawson (1985), y Yamoah, Agboola y Mulongoy (1986), reportan incrementos en el rendimiento del maíz cuando utilizan cultivos en callejones.

Sin embargo, Yamoah, Agboola y Wilson (1986), en un cultivo en callejones utilizando las especies arbóreas Cassia sp, Gliricidia sepium y Flemingia sp, determinaron la necesidad de fertilizar con nitrógeno para optimizar el rendimiento. Ssecabembe (1985), tampoco encontró mejoras en el rendimiento de maíz cuando lo cultivó en callejones. Kass y Araya (1987), no obtuvieron éxito en un cultivo en callejones establecido en San Carlos, Costa Rica. Ellos utilizaron Gliricidia sepium plantada a 6x1 y 9x1 m, la parcela grande se dividió utilizando tres niveles de nitrógeno, además incluyeron un tratamiento con mulch de Gliricidia. En un período de dos años cultivaron maíz, frijol (Phaseolus vulgaris) y yuca (Manihot esculenta). Los rendimientos de estos cultivos no superaron al testigo.

Dos limitaciones son evidentes en los informes que tratan sobre el desempeño del maíz en sistemas



agroforestales. Primero, se refieren a una o dos cosechas y segundo, en varios trabajos hay ausencia de control sin árboles. Esta situación se refleja en los trabajos de Duguma, Kang y Okali, (1988); Kang, Wilson y Spikens, (1981).

#### 2.4 Importancia del componente arbóreo

Cuando se establece un sistema de cultivo en callejones deben considerarse varios factores; algunos relacionados con el ambiente y otros con características del árbol como producción de biomasa, respuesta a la poda, velocidad de descomposición de la biomasa y desarrollo de la raíz (Salazar y Palm, 1985). En este sentido, Duguma, Kang y Okali (1988), estudiando el manejo de la Leucaena en un cultivo en callejones con maíz y caupí, encontraron que el rendimiento de los cultivos fue mayor cuando se aumentó la frecuencia de podas y se disminuyó la altura de tocón.

El interés de utilizar árboles leguminosos ha aumentado, ya que constituye una excelente fuente de abono verde, forraje y aún de leña. Leucaena, especie leñosa, ha sido estudiada por Macklin, Jama y Reshid (1988). Ellos trabajaron con diferentes espaciamientos del árbol, y obtuvieron mejores rendimientos con espaciamientos de 2 x 0.5 metros

También ha sido estudiado el comportamiento de Gliricidia sepium. Kang y Mulongoy (1987), la consideran una especie exitosa para cultivo en callejones,

especialmente por la capacidad de rebrote y la producción de biomasa.

Las investigaciones de cultivo en callejones con Erythrina son escasas. Este sistema de cultivo ha sido más estudiado por el IITA en Africa, donde el trabajo se ha concentrado en Gliricidia y Leucaena, especies más adaptadas a ambientes tropicales secos (Torres, 1983).

## 2.5 Efecto del árbol sobre el cultivo

La cobertura producida por árboles y arbustos disminuye la erosión, mejora las propiedades físicas de los suelos y favorece el ciclaje de nutrientes (Sánchez 1988).

Kass y Díaz-Romeu (1986) consideran que un cultivo en callejones de Gliricidia sepium o el uso de mulch de Erythrina poeppigiana, pueden mantener estable el rendimiento de cultivos alimenticios. El rendimiento de maíz en seis años de investigación en un cultivo en callejones, es reportado por Kass, Barrantes y Bermúdez (1989). Este es quizá el trabajo con más ciclos de cultivo en un mismo sitio. Los resultados muestran la capacidad de los callejones de Erythrina poeppigiana y Gliricidia sepium para mantener e inclusive mejorar el rendimiento de maíz durante este período.

El desarrollo de genotipos de maíz se ha realizado sin considerar su uso en sistemas agroforestales. Se ha

considerado como buen germoplasma, aquel que cultivado en las mejores condiciones rinda el máximo; es decir, se pretende que el material demuestre todo su potencial genético en una buena producción de grano. Sin embargo, esta concepción ha implicado un uso creciente de fertilizantes y pesticidas (Escobar, Muñoz y De La Cruz 1960). Además de la máxima disponibilidad de radiación solar.

### 2.5.1 Metabolismo fotosintético

El metabolismo fotosintético, la arquitectura de la planta y el desarrollo óptimo del área foliar, con una completa disponibilidad de radiación solar determinan la eficiencia del sistema asimilatorio de una planta. El aprovechamiento de la radiación solar debe ocurrir al momento de ser interceptada, de lo contrario se pierde (Connor 1983). Una vez que la radiación atraviesa un dosel cambia su intensidad, y su distribución espectral tiende a infrarrojo, disminuyendo la parte activa para la fotosíntesis (Roos, 1981).

En principio, la eficiencia fotosintética puede definirse como la tasa de energía almacenada por la asimilación del dióxido de carbono y la energía radiante absorbida por el sistema fotosintético (Monteith, 1977). Dentro del espectro visible, la tasa de fotosíntesis depende más de la densidad del flujo de quantas que de la densidad

del flujo energético. Sin embargo, el número promedio de cuantas por unidad de energía solar es más o menos constante (McCree, 1972).

Algunas características distintivas entre las plantas  $C_3$  y las plantas  $C_4$  son: la tasa de fotosíntesis de las gramíneas  $C_4$  es 2-3 veces mayor que las gramíneas de zonas templadas y las leguminosas tropicales, una relación similar se guarda para la eficiencia en el uso del agua, la tasa de crecimiento óptima, y la saturación de luz. (Mott y Popenoe, 1977).

Muchas gramíneas tropicales tienen una única forma de fijación de  $CO_2$ , la cual a altas intensidades lumínicas tienen una mayor tasa de fotosíntesis que especies de clima templado (Monteith, 1977).

La alta tasa de fijación de  $CO_2$  de las plantas  $C_4$ , se debe en parte a una bioquímica más complicada del proceso fotosintético, y también parcialmente debido a la ausencia de fotorespiración. Esta diferencia en la tasa de fijación de  $CO_2$  entre las plantas  $C_3$  y las plantas  $C_4$  es más notoria con altas intensidades de luz (Monteith, 1977).

La mínima intensidad luminosa en la que una planta puede sobrevivir, pero no crecer apreciablemente, es denominada punto de compensación fisiológica. Este punto de compensación varía según especie, para el caso del maíz, una sola hoja de esta planta requiere para el punto de

compensación casi 100 "footcandles", a una temperatura de 30 °C. (Bogorad, 1967).

Las plantas C<sub>4</sub> son menos numerosas que las plantas C<sub>3</sub>, y su presencia es aún menor en zonas templadas. (Tieszen 1983). La mayoría de las plantas C<sub>4</sub> no se saturan con niveles naturales de luz (Ludlow y Wilson, 1971), no así las plantas C<sub>3</sub> que pueden saturarse fácilmente (Black, 1971).

Las plantas C<sub>4</sub> poseen mayor eficiencia fotosintética, especialmente en condiciones óptimas de crecimiento y a plena exposición de radiación (Tieszen 1983). Esto corresponde con la afirmación de Ludlow y Wilson (1971) que las plantas C<sub>4</sub> disminuyen sus capacidades cuando crecen bajo condiciones de poca luz.

Tieszen (1983), en un trabajo realizado en el este de Africa encontró que las gramíneas que crecen en canopias abiertas generalmente son C<sub>4</sub>, mientras que las que crecen en sistemas forestales cerrados son C<sub>3</sub>.

La tasa de máxima producción neta en los trópicos corresponde a plantas C<sub>4</sub>, que en general producen más materia orgánica que las plantas C<sub>3</sub> (Kira y Kumura, 1983). Hesketh y Musgrave, (1962) consideran que las hojas de maíz no son saturadas por la luz solar plena, mientras que las hojas de otros cultivos C<sub>3</sub> (remolacha, soya) pueden saturarse con un 50% de luz solar. No obstante, el maíz

tiene la capacidad de comportarse como C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub>, dependiendo de la edad y la posición de la hoja (Larcher, 1983).

En general la producción de un cultivo no está determinada solamente por la eficiencia del proceso de fotosíntesis; también la determina el consumo de los asimilados durante el proceso. En este sentido las plantas C<sub>3</sub> son menos eficientes, pues tienen mayor gasto en fotorespiración, mientras que las plantas C<sub>4</sub> no aparentan tener fotorespiración (Larcher, 1983).

#### 2.5.2 Producción de cultivos en sistemas agroforestales

En sistemas agroforestales, el manejo de las podas modifica el régimen de radiación solar (Jackson, 1983); sin embargo esto estaría sujeto a que la especie arbórea resista las podas necesarias para un manejo adecuado del sistema.

Algunos genotipos de cultivos alimenticios y especies forrajeras han demostrado potencial para desarrollarse en condiciones con intercepción de la luz solar.

En la India, la yuca (Manihot esculenta) es asociada con coco (Cocos nucifera) en un 80% de los casos. Estudios realizados con genotipos de yuca encontraron variación en la elongación de los entrenudos, retraso en el inicio de la tuberización, disminución en el contenido de almidón y aumento del rendimiento de raíces. El cultivo de yuca bajo sombra, que mostró hojas más delgadas y de color verde

oscuro, tuvieron una disminución en la concentración total de clorofila (Ramanujan y Jos, 1984). Budelman (1985), asoció el ñame (Dioscorea alata) con Flemingia sp, Gliricidia sepium y Leucaena leucocephala. El autor estudió la intercepción solar debida a la copa de los árboles. El porcentaje de luz activa bajo la copa de la Leucaena descendió hasta un tres por ciento, mientras que con Gliricidia los valores más bajos estuvieron entre 6 y 7 por ciento. El considera, que lo más importante fue la existencia de espacios claros que permitió la copa de Gliricidia, quizá esto fue lo que más influyó para que este tratamiento obtuviera los mejores resultados.

Morales y Doll (1975), no observaron variaciones en el crecimiento del frijol cuando se redujo de 30 a 73% la radiación. Resultados similares encontró Zelaya, (1986) al evaluar la tolerancia a la sombra por el frijol (Phaseolus vulgaris) y la vigna (Vigna unguiculata). Skock y Santos (1974), determinaron que el frijol de Costa (Vigna sinensis) en condiciones de luminosidad disminuída en un 60 a 75% produjo un aumento del índice de área foliar. Mientras que Magalohes y Montojos (1971), trabajando con frijol común (Phaseolus vulgaris), determinaron que al aumentar el sombreamiento, también se aumentó el índice de área foliar

Las gramíneas forrajeras Panicum maximun, Digitaria decumbens y Brachiaria miliiformis sometidas a un 30% de sombreamiento y con la aplicación de 365 Kg. de N/ha. han

mostrado buenos resultados (Eriksen y Witney 1981); sin embargo la biomasa de raíz disminuyó cuando se sometieron a 27 y 45% de intercepción solar. Además el índice de área foliar mostró tendencia a incrementar, cuando se disminuyeron las intensidades de luz. La sombra redujo la producción de biomasa y aumentó la altura de plantas (Eriksen y Witney 1981).

Reynolds (1978), evaluando 16 variedades de pastos bajo plantaciones de coco, que interceptaban aproximadamente un 50% de luz, encontró que aquellas crecían satisfactoriamente aunque las gramíneas Brachiaria mítica y Digitaria decumbens mostraron baja tolerancia a la sombra.

El maíz (Zea mays) y la yautía (Xanthosoma sagittifolium) disminuyeron la producción cuando se interceptó la luz en un 50% con Inga sp. (Vicente-Chandler et al, 1966). Verinumbe y Okali (1985), estudiaron el asocio de maíz con teca (Tectona grandis). La conclusión más importante que ellos obtuvieron es que la competencia por luz fue un factor más importante que la competencia radicular. Estos investigadores establecieron el árbol a 1.8 por 1.8 metros.

Nair (1983), menciona que en Filipinas, el maíz bajo sombra de coco produjo solo el 37% con relación a la productividad en campo abierto. Yamoah, Agboola y Wilson (1986) en un cultivo en callejones con Cassia sp, Flemingia



sp - y Gliricidia sepium encontraron una reducción insignificante de peso de rastrojos, peso de mazorcas y altura de maíz para las plantas de los surcos que están cerca de los árboles con respecto a los que están en el centro del callejón. Los árboles fueron plantados a 0.5 m x 4 m. Estos mismos autores encontraron que cuando se aplicó nitrógeno y se realizaron podas, el maíz cercano a los surcos de árboles mostró mejores condiciones que las que estaban en el centro del callejón. Kass, Bustamante y Bermúdez (1987), encontraron que los surcos de maíz ubicados a menos de dos metros del árbol tuvieron menor rendimiento de grano, pero no de la producción de biomasa. Igualmente, el porcentaje de daño en las mazorcas aumentó de 15 a 30% en las plantas cercanas al árbol.

En Turrialba, los cultivares de maíz "Tico V5", y "Tuxpeño PB C-12" presentaron incrementos en el índice de área foliar cuando se cultivó en asocio con yuca. Mientras que el "Tuxpeño PB C-17" disminuyó significativamente el índice de área foliar cuando se cultivó en asocio. La altura de la planta mostró un comportamiento similar. El asocio con yuca redujo el rendimiento de grano de maíz hasta un 18%; donde el mejor rendimiento fue obtenido por el Tuxpeño PB C-12 (CATIE 1986).

Alavez (1987), trabajando en este mismo experimento, cuando los tocones de Erythrina poeppigiana tenían año y medio, encontró rendimientos de tres toneladas métricas de

maíz por ciclo con los arreglos 6x3 y 6x4 (metros entre hileras y metros entre árboles respectivamente) y un efecto negativo en los rendimientos del grano para los arreglos 6x1 y 6x2 (2 TM/ciclo). En este caso, el testigo sin árboles obtuvo un rendimiento de 3.5 TM/ciclo.

Sánchez (1989), estudió la estabilidad de los rendimientos de maíz en el mismo ensayo utilizado para el presente trabajo. Analizando la información de los rendimientos de maíz de siete ciclos, encontró que todos los tratamientos experimentaron un proceso de degradación; pero, según el índice de degradación que el utilizó, se observa que en realidad se está produciendo un aumento de los rendimientos en los tratamientos con árboles; con excepción del espaciamiento 6x4. El autor considera que la disminución observada es atribuible a "años malos" ocurridos en las últimas cosechas; por lo tanto deben considerarse eventos pasajeros y que es de esperarse que en conjunto, el clima se comporte alrededor de la media. De esta manera, los rendimientos en las parcelas con índice positivo presentarán con el tiempo aumentos del rendimiento.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Ubicación.

El experimento se estableció en junio de 1989 en la finca experimental del CATIE, en el sector conocido como "Llano de San Lucas". En este sitio, se ha evaluado la producción de maíz durante siete ciclos, en un sistema de producción maíz/maíz, dentro de un cultivo en callejones con árboles de poró a seis metros entre hileras.

El experimento se ubica a 602 metros sobre el nivel del mar. Este sitio es clasificado como Bosque muy húmedo premontano (Holdridge, 1978). Lluvea en promedio 250 días año. Con algunas excepciones, (febrero, marzo o abril) la precipitación es inferior a los 100 mm mensuales. El promedio mensual en los últimos 40 años es de 219 mm. La temperatura promedio es de 21.5 grados centígrados; con una radiación solar de 12.57/Kcal/cm<sup>2</sup>, promedio mensual. La humedad relativa media anual es de 88% y la evaporación total media mensual es de 95 mm. Estos datos fueron obtenidos de la estación meteorológica del CATIE (Cuadro 1A). Las condiciones climáticas del período experimental se presentan en el Cuadro 2A.

El suelo es descrito por Aguirre (1971), como un Inceptisol, fase Instituto normal. Su origen es volcánico, de topografía plana; presenta algunos problemas de exceso de

humedad que se han reducido debido a la construcción de drenajes.

Este suelo es clasificado como Typic humitropept. Tiene baja saturación de bases, determinado en acetato de amonio a pH 7 (Díaz-Romeu y Hunter, 1978) y un alto contenido de materia orgánica (Cuadro 3A). El pH es de 5.5 y una capacidad de intercambio catiónico entre 40 y 50  $\text{cmol}(+) \text{Kg}^{-1}$  de suelo. Posee textura franco arcillosa, y la densidad aparente es de 1.01 g/ml. El análisis químico de suelo del lote experimental se incluye en el cuadro 3A.

### 3.2 Diseño Experimental y Tratamientos

El experimento utiliza un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se evalúan cinco tratamientos:

Espaciamiento de árboles a 6m x 1m.

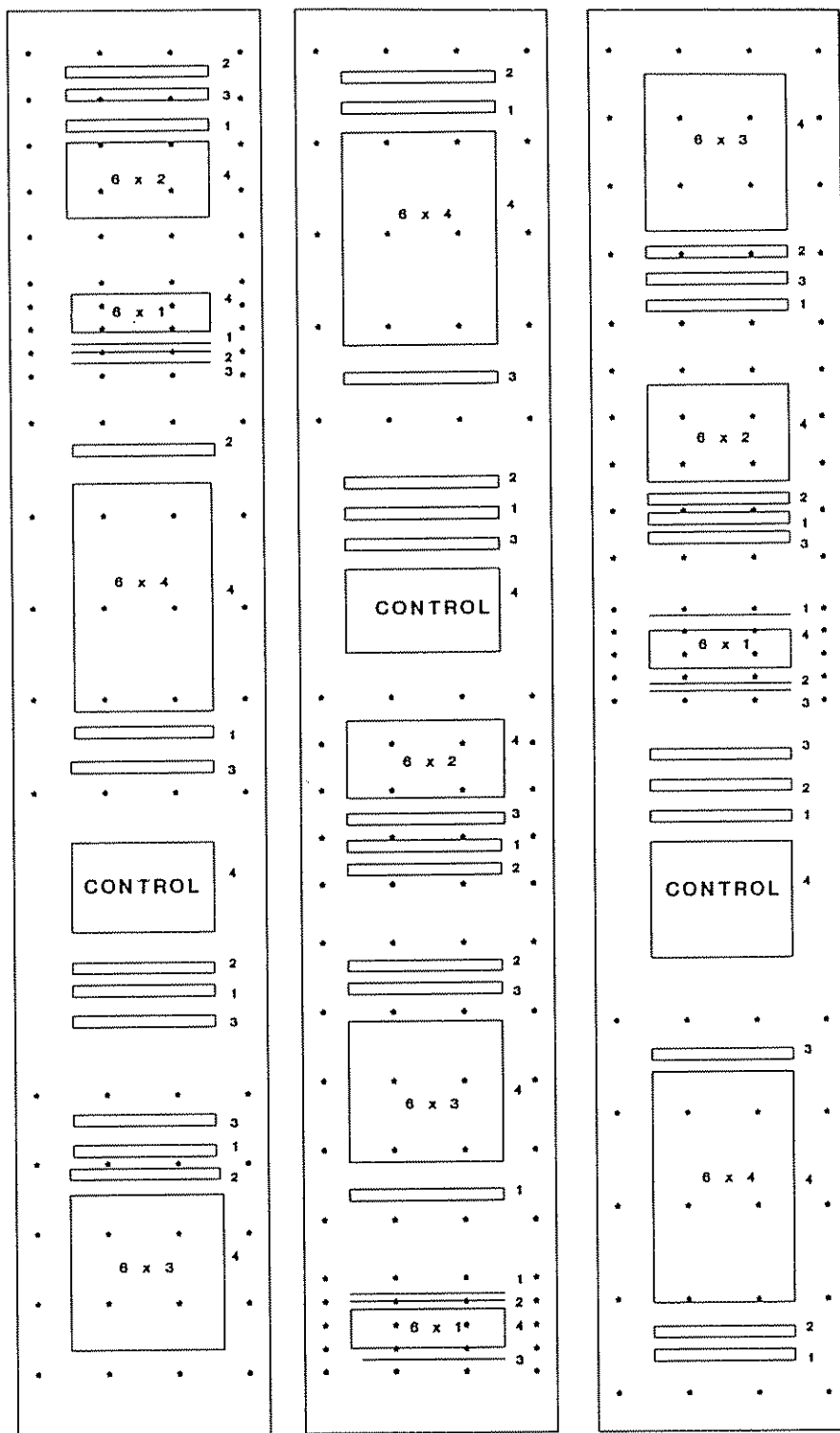
- Espaciamiento de árboles a 6m x 2m.

Espaciamiento de árboles a 6m x 3m.

Espaciamiento de árboles a 6m x 4m.

Control sin árboles

Cada unidad experimental tuvo 20 árboles de Erythrina poeppigiana, podados cada seis meses previo a la siembra de maíz. La evaluación del componente arbóreo se realizó en las dos hileras centrales. Los árboles extremos de cada parcela también son considerados bordes (Figura 1).



Rep.

I

II

III

Figura 1. Distribución de las subparcelas para los muestreos del análisis de crecimiento y evaluación de variables fenológicas V6, R1, R4 y R7; muestreos 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

El maíz se sembró entre los callejones de árboles a 0.5m entre plantas y 0.5m entre surcos. La hilera de maíz más próxima a los árboles se estableció a 0.75 m de éstos. (Figura 2).

Las observaciones y evaluaciones de cultivo se realizaron en los diez surcos de maíz establecidos entre las dos hileras centrales de árboles. Inicialmente se establecieron dos o tres plantas por hoyo; dos semanas después de la siembra se raleó dejando una planta.

El combate de malezas se realizó con roundup (2 litros p.c. por ha), dos semanas antes de la siembra; y una deshierba manual 30 días después de la siembra.

Las plagas se combatieron con una aplicación de furadán a la siembra y otra de volatón (10% G.) cuando aparecieron daños de cogollero (Spodoptera frugiperda).

Se realizó una fertilización general con superfofato triple (50 kg/ha) 30 días después de la siembra. Además se aplicó 50 kg/ha de 10-30-10 al control sin árboles. Estas dosis de fertilizante también ha sido aplicada en los ciclos anteriores.

A la cosecha, el número de plantas por surco fue variable, según el arreglo espacial de los árboles (Figura 2).

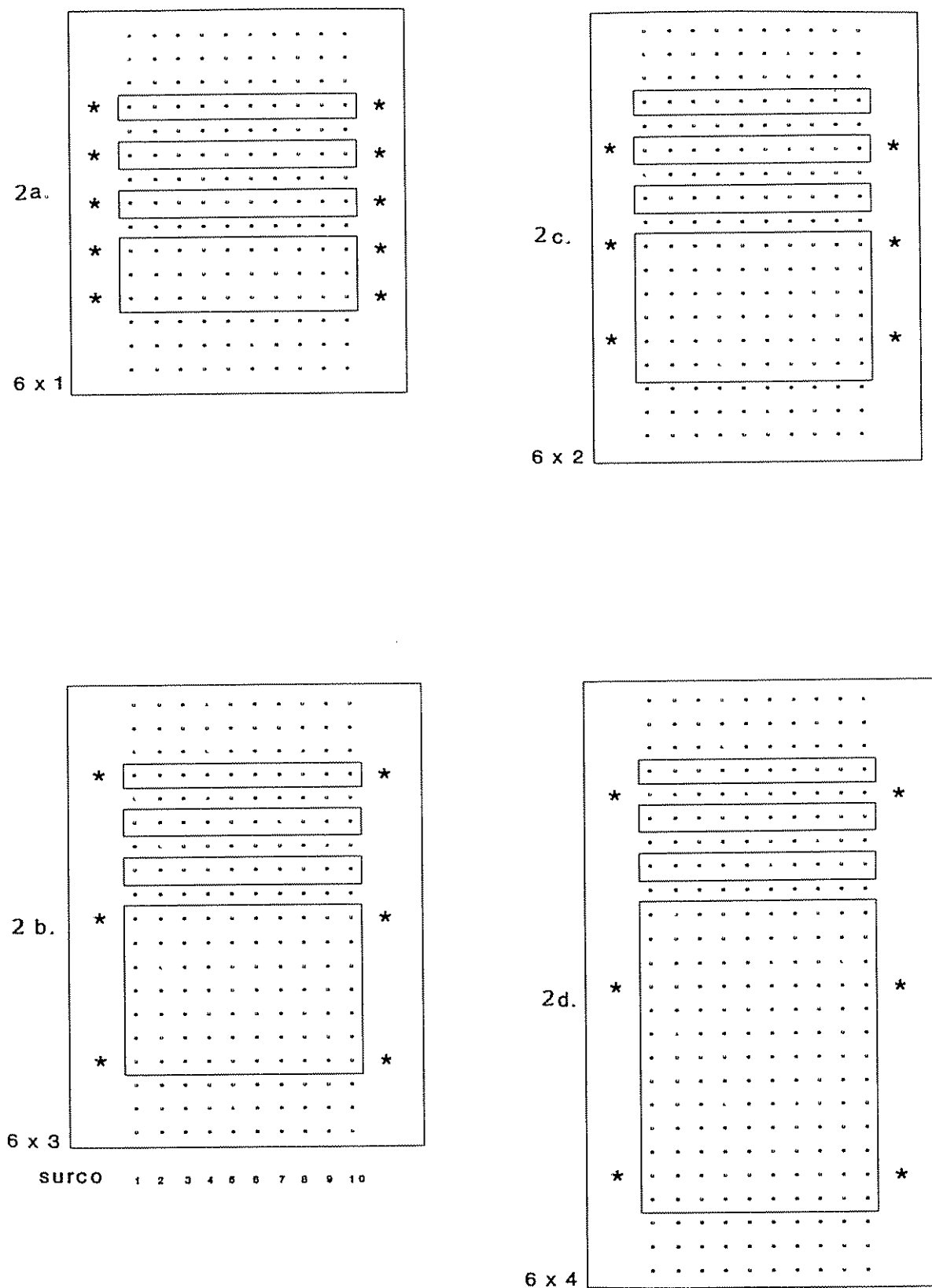


Figura 2. Detalle de las subparcelas para muestreos del análisis de crecimiento y variables fenológicas V6, R1, R4 y R7. 2a. árboles a 6x1 m, 2b. árboles a 6x2 m, 2c. árboles a 6x3 m y 2d. árboles a 6x4 m.

### 3.3 Variables de Respuesta

Para el análisis de crecimiento y evaluación de variables fenológicas se realizaron muestreos en subparcelas elegidas al azar dentro de cada una de las unidades experimentales (Figura 1).

En los muestreos las plantas fueron evaluadas individualmente, identificadas de uno a diez dentro del callejón de árboles. De esta manera, si se considera la distancia de la planta de maíz hacia los árboles, tienen distancias similares las plantas de los surcos 1 y 10, 2 y 9, 3 y 8, 4 y 7; 5 y 6 (Figura 2).

Los muestreos se realizaron en los momentos determinados por el estado vegetativo y reproductivo de las plantas de maíz. El primer muestreo se realizó cuando el cultivo tuvo seis hojas con el cuello visible (estado vegetativo V6), (Cuadro 2). El segundo, tercero y cuarto muestreo se llevaron a cabo cuando el maíz alcanzó los estados reproductivos R1, R4 y R7, respectivamente (Cuadro 3). Estos estados vegetativos y reproductivos corresponden a las variables fenológicas consideradas dentro del conjunto mínimo de datos sugeridos por el IBSNAT, (1986).

Las plantas utilizadas para el seguimiento diario y la determinación de los estados vegetativos y reproductivos del maíz fueron elegidas al azar, utilizando hileras de plantas (identificadas de uno a diez) que no correspondían



a las ya destinadas para los muestreos del análisis de crecimiento.

### 3.4 Análisis de crecimiento

Los muestreos para el análisis de crecimiento del maíz se realizaron cuando el 50% de las plantas de maíz alcanzaron el estado vegetativo V6 y los estados reproductivos R1, R4 y R7, correspondiendo a los muestreos primero, segundo, tercero y cuarto, respectivamente. En el Cuadro 4 se describen las variables de respuesta evaluadas en cada uno de los muestreos.

#### 3.4.1 Índices de crecimiento

Se determinó el índice de área foliar (IAF) y la razón de área foliar (RAF).

$$\text{IAF} = \frac{\text{Área foliar de la planta (dm}^2\text{)}}{\text{Superficie de suelo ocupado (dm}^2\text{)}}$$

$$\text{RAF} = \frac{\text{Área foliar de la planta (cm}^2\text{)}}{\text{Peso seco de la biomasa de la planta (g)}}$$

#### 3.4.2 Índices fisiológicos

$$\text{ICR} = \frac{\ln ( P_2 ) - \ln ( P_1 )}{t_2 - t_1} \text{ (g/g/tiempo)}$$

$$IAN = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} \times \frac{\ln (AF_2) - \ln (AF_1)}{AF_2 - AF_1}$$

donde:

IAN= Índice de asimilación neta

ICR= Índice de crecimiento relativo

P<sub>1</sub> y P<sub>2</sub> = Peso biomasa total de la planta en muestreos anterior y posterior

T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> = Tiempo (Días del muestreo anterior y posterior)

ln = Logaritmo natural

AF = Area foliar

Cuadro 2. Descripción de los estados vegetativos de la planta de maíz (IBSNAT 1986).

Estado	Descripción del Estado Vegetativo
Ve	50% de las plantas presentan alguna parte visible en la superficie del suelo.
V1	50% de las plantas presentan la 1er. hoja visible a nivel del cuello.
V2	50% de las plantas presentan la 2da. hoja visible a nivel del cuello.
V3	50% de las plantas presentan la 3ra. hoja visible a nivel del cuello.
V4	50% de las plantas presentan la 4ta. hoja visible a nivel del cuello.
V5	50% de las plantas presentan la 5ta. hoja visible a nivel del cuello.
V6	50% de las plantas presentan la 6ta. hoja visible a nivel del cuello.
V7	50% de las plantas presentan la 7a. hoja visible a nivel del cuello.
V(n )	50% de las plantas presentan la hoja (n) visible a nivel del cuello.
V(T )	50% de las plantas con la última rama de la espiga visible, pero los estigmas del elote aún no son visibles.

Cuadro 3. Descripción de los estados reproductivos de la planta de maíz (IBSNAT, 1986).

Estado	Descripción del Estado Reproductivo
R1	50% de las plantas con algunos estigmas visibles fuera de la "tuza".
R2	50% de las plantas con grano en "ampolla". El endospermo es abundante, fluído y claro. A veces ocurre 10-14 días después de R1.
R3	50% de las plantas con grano en estado lechoso. Los granos son amarillentos por fuera y lechosos en su interior. A veces ocurre 18-22 días después de R1.
R4	50% de las plantas con grano en estado de "maíz tierno". El endospermo tiene consistencia pastosa. Ocurre generalmente 24 a 28 días después de emerger los pelos.
R5	50% de las plantas con granos duros. La cobertura de la mazorca tiene coloración rojo oscuro. Una hendidura se comienza a formar en la parte superior del grano.
R6	50 % de 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 55-65 días después de R1.
R7	Estado de cosecha final.

Cuadro 4. Variables de respuesta evaluadas al maíz durante los muestreos para el análisis de crecimiento. Turrialba, 1990.

Variable	Método de medición
Altura de planta	Altura donde dobla la última hoja.
Area foliar	Para cada una de las hojas de la planta se midió el largo y el ancho (parte intermedia) de la hoja. El área foliar se calculó mediante la ecuación : $Y = 0.74 * L * A$ (MCkee, 1964).  Donde Y= Area foliar, A= Ancho de la hoja, L= Longitud de la hoja de maíz, y 0.74 es una constante.
Long. entre nudos	Longitud del tallo dividido por el número de nudos presentes en el tallo.
Biomasa de tallo	Picado y pesado seco
Biomasa de hojas	Idem.
Biomasa de flor	Idem.
Biomasa de vainas	Idem.
Biomasa de tuza	Idem.
Biomasa de olote	Idem.
Biomasa de grano	Se contó el número de granos y se determinó el peso seco. Cuando el grano estaba en estado lechoso se desprendió con ayuda de una herramienta.
Biomasa de raíz	Fue extraída totalmente del suelo con ayuda de una pala. Posteriormente se lavó y determinó el peso seco.
Diámetro de tallo	Se determinó con un calibrador. La medición se hizo en la parte más gruesa, cerca de la mazorca.

### 3.5 Radiación solar

En el experimento se colocaron radiómetros con el propósito de estimar la radiación solar interceptada por los árboles. Se utilizaron cuatro integradores de radiación de alcohol "Gunn Bellani", colocados en cada uno de los tratamientos con árboles. La radiación total se obtuvo del radiómetro instalado en la Estación metereológica del CATIE, ubicada a 500 m del sitio experimental.

Los radiómetros se colocaron simultáneamente en los cuatro tratamientos con árboles de una repetición. Siempre se colocaron en el centro de la parcela, donde se ubica el "árbol central". En cada uno de los tratamientos se eligieron tres posiciones que correspondían a los surcos 2, 5-6 y 9, es decir, a 1.25m, 3.0 m y 1.25 m de los árboles, respectivamente. De esta manera la evaluación de la radiación necesitó tres días por repetición (uno por cada posición).

### 3.6 Crecimiento de los árboles

El crecimiento de los árboles se evaluó en cada uno de los muestreos del cultivo. Las variables evaluadas fueron:

Altura total del árbol (ALAR)

Altura de la copa (ALCOP)

Diámetro de copa orientado hacia el maíz (DCOPA)

Diámetro de copa orientado hacia los árboles (DCOPB)

Además, un mes después de la cosecha del maíz (seis meses después de la última poda de poró) se podaron los árboles evaluando las siguientes variables.

Biomasa de hojas

Biomasa de ramas

Número de ramas

Longitud de rama vertical más larga

Longitud de rama horizontal más larga

Altura del tocón

Diámetro a la altura del pecho.

Todas estas variables fueron medidas en los seis árboles de las dos hileras centrales.

### 3.7 Análisis químicos

Se realizó análisis de tejido vegetal para cada uno de los componentes de la planta (raíz, tallo, hoja, inflorescencia, tuza y grano) para los estados R1 y R4. La metodología para determinaciones del contenido de nutrimentos, pH y materia orgánica del suelo y para el contenido de nutrimentos de tejidos vegetales se presentan en el cuadro 4A.

### 3.8 Análisis estadístico

El análisis de los datos para evaluar el efecto de la posición del surco de maíz para variables de crecimiento y

rendimiento, se realizó agrupando posiciones según la distancia al árbol. Un análisis consideró la agrupación en cinco posiciones (0.75, 1.25, 1.75, 2.25 y 2.75 metros del árbol) y otro sólo consideró dos grupos; las "cercanas" al árbol (0.75 a 1.25) y las del centro del callejón (2.25 a 2.75 metros del árbol).

Para las variables de crecimiento y rendimiento del maíz se hizo un análisis de varianza correspondiente a un diseño de parcelas en franjas para espaciamientos y posiciones. El modelo estadístico para este análisis fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \ell_i + \tau_j + (\ell\tau)_{ij} + \pi_k + (\ell\pi)_{ik} + (\tau\pi)_{jk} + (\ell\tau\pi)_{ijk}$$

donde:

$Y_{ijk}$  = es el valor correspondiente a la posición  $k$  del tratamiento  $j$  en el bloque  $i$  ;

$\mu$  = promedio general

$\ell_i$  = efecto del bloque  $i$

$\tau_j$  = efecto del espaciamiento  $j$

$(\ell\tau)_{ij}$  = error (a)

$\pi_k$  = efecto de la posición  $k$

$(\ell\pi)_{ik}$  = efecto del bloque  $i$  en la posición  $k$  (error b)



$(\tau\pi)_{jk}$  = efecto del espaciamiento  $j$  en la posición  $k$

$(\ell\tau\pi)_{ijk}$  = error  $c$

Las variables de crecimiento también fueron sometidas a un análisis de varianza multivariado, a fin de determinar si existen diferencias debidas a los efectos combinados de estas variables. También se realizó un análisis multivariado para los componentes de la biomasa de la planta.

La producción de biomasa de los árboles se analizó de acuerdo a un diseño de bloques completos al azar. Como las mediciones se hicieron por árbol, la prueba de hipótesis utilizó el error entre parcelas (experimental) y el error dentro de parcelas (de muestreo). Los promedios de las variables con diferencia significativa se compararon utilizando polinomios ortogonales. El modelo estadístico para comparar el espaciamiento entre árboles fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \ell_i + \tau_j + e_{ij} + e_{ijk}$$

donde:

$Y_{ijk}$  = es el valor correspondiente al árbol  $k$  del tratamiento  $j$  en el bloque  $i$ ;

$\mu$  = media general

$i$  = efecto de bloque  $i$

$\tau_j$  = efecto de tratamiento  $j$

$e_{ij}$  = error experimental

$e_{ijk}$  = error de muestreo

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Crecimiento del maíz

#### 4.1.1 Efecto del espaciamento entre árboles

El análisis de varianza realizado para la altura de la planta, área foliar, diámetro de tallo, longitud de entrenudos y biomasa de la planta no detectó diferencias significativas entre tratamientos para los muestreos realizados a los 24, 65, 90 y 120 días después de la siembra, correspondientes al estado vegetativo V6 y los estados reproductivos R1, R4 y R7, respectivamente (Cuadros 5, 6, 7, y 8).

El análisis multivariado realizado para estas mismas variables, agrupando los surcos de maíz en cinco distancias diferentes con respecto a la hilera de árboles, tampoco detectó efecto del espaciamento sobre el crecimiento del cultivo, según la prueba Lambda de Wilk, (Cuadro 9). Pero, cuando este análisis se realizó considerando sólo dos posiciones (cuatro surcos más cercanos al árbol y los cuatro surcos centrales del callejón) se encontró un efecto significativo ( $p < 0.06$ ) del espaciamento, durante el estado reproductivo R7 (Cuadro 10), para el diámetro del tallo y la longitud de entrenudos. El vector característico (sólo se incluye el primer componente) estimado para estas

Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de varianza para el crecimiento del maíz a los 24 días después de la siembra. Turrialba, 1990.

Fuente de Variación	G.L.	Area foliar	Altura planta	Diámetro tallo	Biomasa
Repet.	2	655156 ***	1670 ***	0.59 **	4.95 **
Espaciam. (1)	4	96523 n.s.	4047 n.s.	0.07 n.s.	2.01 n.s.
Rep.X Esp.	8	61023 *	86.68 **	0.08 n.s.	1.97 *
Posición (2)	1	6790 n.s.	224 *	0.15 *	0.37 n.s.
Esp.X Pos.	4	66747 *	77.6 **	0.04 n.s.	1.5 n.s.
Rep.X Pos.	2	69876 *	20.2 n.s.	0.016 n.s.	1.76 n.s.

Cuadro 6. Cuadrados medios del análisis de varianza para el crecimiento del maíz a los 65 días después de la siembra. Turrialba, 1990.

Fuente de Variación	G.L.	Area foliar	Long. entre nudos	Altura planta	Diámetro tallo	Biomasa
Repet.	2	27931845***	6.28 n.s.	2738 n.s.	1.12***	7121**
Espaciam. (1)	4	8183399 n.s.	54.35 n.s.	7061 n.s.	0.65 n.s.	7839 n.s.
Rep.X Esp.	8	8104767**	41.33***	60.18**	0.42**	7514***
Posición (2)	1	4281193 n.s.	4.28 n.s.	10.8 n.s.	0.26**	4383 n.s.
Esp.X Pos.	4	966180 n.s.	18**	2313 n.s.	0.01 n.s.	657 n.s.
Rep.X Pos.	2	731451 n.s.	4.63 n.s.	176 n.s.	0.004 n.s.	1351 n.s.

\*\*\* Significativo al 1%

\*\* Significativo al 5%

\* Significativo al 10%

(1) Utiliza el C.M. de Rep. X Esp. para la prueba de hipótesis.

(2) Utiliza el C.M. de Rep. X Pos. para la prueba de hipótesis.

Cuadro 7. Cuadrados medios del análisis de varianza para el crecimiento del maíz a los 90 días después de la siembra. Turrialba, 1990.

Fuente de Variación	GL	Area foliar	Long. entre nudos	Número granos	Altura planta	Diámetro tallo	Biomasa
Repet.	2	33361474***	37.75***	289114**	11085***	0.66**	65696***
Espaciam. (1)	4	7676136 n.s	1932 n.s	73162 n.s	4478 n.s	0.08 n.s.	11044 n.s
Rep.X Esp.	8	3546493 n.s	12.58*	68828 n.s	3582*	0.33 n.s.	8102 n.s
Posición (2)	1	1108618 n.s	3.41 n.s	10453 n.s	33 n.s	0.13 n.s.	732 n.s
Esp. X Pos.	4	1612385 n.s	3.28 n.s	5720 n.s	542 n.s.	0.13 n.s.	6208 n.s
Rep. X Pos.	2	925785 n.s	5.79 n.s	25704 n.s	1297 n.s	0.21 n.s	7201 n.s

\*\*\* Significativo al 1 %.

\*\* Significativo al 5 %.

\* Significativo al 10 %.

(1) Utiliza el C.M. de Rep. x Esp. para la prueba de hipótesis.

(2) Utiliza el C.M. de Rep. x Esp. para la prueba de hipótesis.

Cuadro 8. Cuadrados medios del análisis de varianza para el crecimiento del maíz a los 120 días después de la siembra. Turrialba, 1990.

Fuente de Variación	G.L	Area foliar	Long. entre nudos	Número grano	Altura planta	Diámetro tallo	Biomasa
Repet.	2	1182489**	16.34***	18457 n.s	3425**	0.33 n.s	10701 n.s.
Espaciam. (1)	4	266651 n.s	9.13 n.s	47954*	747 n.s	0.13 n.s	1502 n.s.
Rep.X Esp.	8	934110**	3.37 n.s	16874 n.s	1332 n.s	0.07 n.s	3361 n.s.
Posición (2)	1	8590 n.s	2.7 n.s	9434 n.s	323 n.s	0.08**	9175 n.s.
Esp.X Pos.	4	538399 n.s	5.23*	37437 n.s	201 n.s	0.14 n.s	2680 n.s.
Rep.X Pos.	2	154961 n.s	0.98 n.s	33123 n.s	634 n.s	0.004 n.s	1651 n.s.

\*\*\* Significativo al 1%

\*\* significativo al 5%

\* Significativo al 10%

(1) Utiliza el C.M. de Rep. X Esp. para la prueba de hipótesis.

(2) Utiliza el C.M. de Rep. X Pos. para la prueba de de hipótesis.

Cuadro 9. Prueba de hipótesis para variables de crecimiento, según efecto de espaciamento, posición y espaciamento por posición en cada uno de los muestreos, utilizando la prueba Lambda de Wilk. Turrialba, 1990.

MUESTREO dds	ESPACIAMIENTO			POSICION*			ESPAC. x POSIC.		
	Valor	F	Pr>F	Valor	F	Pr>F	Valor	F	Pr>F
24	0.066	1.42	0.24	0.029	2.15	0.068	0.169	1.04	0.42
65	0.035	1.23	0.35	0.12	0.62	0.83	0.07	1.23	0.14
90	0.018	1.04	0.49	0.012	1.2	0.38	0.076	0.95	0.58
120	0.008	1.45	0.25	0.008	1.4	0.28	0.068	1.01	0.47

dds = días después de la siembra.

\* Agrupa los surcos de maíz en cinco posiciones.

variables fue de -7.18 para el diámetro del tallo y 1.41 para la longitud de entrenudos (Cuadro 11). El diámetro promedio del tallo aumentó al aumentar el espaciamiento; el mayor diámetro se obtuvo en el arreglo 6X4 con 1.8 cm (Cuadro 8A). Los tallos delgados son una consecuencia de la escasés de radiación solar (Lafitte, 1989), que obviamente debe aumentar en sistemas con mayor densidad de árboles. En estas condiciones es posible que la planta tome mayor altura para alcanzar una posición menos sombreada (Cannell 1983), por lo tanto hay elongación de los entrenudos.

A los 24 días después de la siembra se observó una ligera tendencia a disminuir la producción de biomasa por planta, el área foliar y el diámetro del tallo entre los espaciamientos 6x1 y 6x3. Sin embargo, en el espaciamiento 6x4 el maíz mostró un mayor crecimiento (Cuadro 5A). Al momento de esta evaluación se esperaba que el árbol no afecte el crecimiento del maíz, pues como se aprecia en las figuras 18, 19 y 20, el crecimiento del árbol entonces era insuficiente para ejercer una competencia significativa.

La medición realizada a los 65 días después de la siembra (Cuadro 6A), mostró tendencias a mejorar el crecimiento del cultivo conforme aumentó el espaciamiento entre los árboles; sin embargo, este comportamiento no fue evidente a los 90 y 120 días (Cuadros 7A y 8A). Se espera que el crecimiento vegetativo óptimo en este estado (65

Cuadro 10. Prueba de hipótesis para efecto del espaciamiento y espaciamiento por posición según la prueba de Lambda de Wilk; a los 24, 65, 90 y 120 días después de la siembra. Turrialba, 1990.

Edad de muestreo (dds)	Espaciamiento			Espaciam. x Posición *		
	Valor	F	Pr>F	Valor	F	Pr>F
24	0.056	1.55	0.19	0.1	1.09	0.42
65	0.015	1.79	0.13	0.0004	6.52	0.0004
90	0.01	1.31	0.32	0.02	0.86	0.63
120	0.002	2.36	0.06	0.013	1.18	0.39

\* Agrupa los surcos de maíz en dos posiciones.

Cuadro 11. Porcentaje de variación de la raíz característica de los componentes principales, para espaciamiento y posición por espaciamiento, durante el estado reproductivo R7. Turrialba, 1990.

FV.	% Var.	Vector característico para variables de crecimiento					
	Comp.princ.	AFOLE	LNUDO	NGRA	ALTPL	DIATA	BIOMASA
Esp.	88.3	0.002	1.41	-0.004	-0.11	-7.18	0.06
Esp. x Pos.*	70.22	-0.0009	-0.04	0.001	-0.03	1.21	0.007

\* Se consideran dos posiciones.

días), esté relacionado con una mayor acumulación de azúcares , y aunque éstos azúcares no son importantes en el llenado del grano si favorecen su velocidad de crecimiento (Duncan, Hatefield y Ragland, 1965). El crecimiento del testigo sin árboles fue mejor que el arreglo 6x1, pero menor que los arreglos 6x3 y 6x4.

Aún cuando sólo se detectaron diferencias significativas debidas al espaciamiento entre árboles cuando se realizó un análisis multivariado con dos posiciones, la variable diámetro del tallo siempre fue la de mayor aporte a la variación (Cuadros 12, 13, 14 y 15). La mayor presencia de árboles ejercen mayor competencia por luz, y las plantas de maíz más sombreadas reducen el diámetro del tallo y aumentan la distancia entre nudos (Lafitte, 1989). Ramanajun y Jos, (1984) mencionan un comportamiento similar para la yuca. Ellos encontraron elongación de los entrenudos cuando se asoció la yuca con coco, aunque fue variable según el genotipo del cultivo.

Los resultados observados a los 24 días no merecen mayor atención, pues el árbol probablemente no afectaba el crecimiento del cultivo. A los 65 días los espaciamientos menores mostraban tendencias a reducir la producción de biomasa y el área foliar, pero esto no fue evidente en las siguientes evaluaciones. Aparentemente, con excepción del diámetro del tallo, las plantas de maíz sembradas en



Cuadro 12. Porcentaje de variación de la raíz característica de los componentes principales para efecto de espaciamiento, posición y espaciamiento x posición en el crecimiento del maíz durante el estado vegetativo V6 (24dds). Turrialba, 1990.

Fuente Variación	% variac. del comp. principal	VECTOR CARACTERISTICO PARA VARIABLES DE CRECIMIENTO			
		BIOMASA	DIATA	ALTPL	AFOLE
ESPAC.	87.76	-0.53	2.95	0.13	-0.004
POSIC.*	64.38	-0.66	-1.43	0.14	0.0007
ESPAC X POSIC.	47.95	-0.14	-0.73	0.036	0.001

Cuadro 13. Porcentaje de variación de la raíz característica de los componentes principales para efecto de espaciamiento, posición y espaciamiento x posición en el crecimiento del maíz durante el estado reproductivo R1 (65 dds). Turrialba, 1990.

Fuente Variación	% variac. del comp. principal	VECTOR CARACTERISTICO PARA VARIABLES DE CRECIMIENTO				
		BIOMASA	DIATA	ALTPL	LNUDO	AFOLE
ESPAC.	68.63	-0.03	2.064	0.03	-0.02	-0.0003
POSIC.*	48.81	0.02	0.787	-0.045	0.06	-0.0001
ESPAC X POSIC.	52.67	-0.00045	-1.3	0.011	0.03	0.0005

\* Agrupa los surcos de maíz en cinco posiciones.

Cuadro 14. Porcentaje de variación de la raíz característica de los componentes principales para efecto de espaciamiento, posición y espaciamiento x posición en el crecimiento del maíz durante el estado reproductivo R4 (90 dds). Turrialba, 1990.

Fuente Variación	% variac. del comp. principal	VECTOR CARACTERISTICO PARA VARIABLES DE CRECIMIENTO					
		BIOMASA	DIATA	ALTPL	LNUDO	AFOLE	NGRA
ESPAC.	64.62	0.00009	1.34	-0.002	-0.16	-0.0005	0.003
POSIC.*	74.57	0.0016	-0.39	0.049	-0.66	-0.001	0.0001
ESPAC X POSIC.	43.55	-0.0009	-0.92	0.005	0.013	0.0002	0.0018

Cuadro 15. Porcentaje de variación de la raíz característica de los componentes principales para el efecto de espaciamiento, posición y espaciamiento x posición en el crecimiento del maíz durante el estado reproductivo R7 (120 dds). Turrialba, 1990.

Fuente Variación	% variac. del comp. principal	VECTOR CARACTERISTICO PARA VARIABLES DE CRECIMIENTO					
		BIOMASA	DIATA	ALTPL	LNUDO	AFOLE	NGRA
ESPAC.	93.52	0.046	-8.54	-0.081	0.45	0.00009	0.01
POSIC.*	58.55	-0.007	1.0	0.048	0.76	0.0003	-0.008
ESPAC X POSIC.	28.32	-0.0014	-0.14	0.009	0.045	-0.0002	-0.0001

\* Agrupa los surcos de maíz en cinco posiciones.

callejones con espaciamientos reducidos entre árboles sufrieron un proceso de recuperación.

#### 4.1.1.1 Biomasa de la planta

El análisis multivariado para los componentes de la biomasa del maíz (peso seco de raíz, tallos, hojas, vainas, inflorescencia, granos y olotes) determinó un efecto del espaciamiento entre árboles a los 90 y 120 días, según la prueba Lambda de Wilks, con probabilidades de 0.04 y 0.08 respectivamente (Cuadro 16). A los 90 días las variables que más influyeron en esta diferencia fueron el peso seco de la inflorescencia, el peso seco de la raíz y el peso seco de la hoja; los vectores estimados fueron -6.75, -5.64 y -3.19 respectivamente (Cuadro 9A). El peso seco de la inflorescencia fue mayor en las plantas con árboles, especialmente en el arreglo 6x2. Lo mismo ocurrió con el peso de hojas; en ambos casos el arreglo 6x3 obtuvo el menor promedio. A los 120 días, nuevamente las variables peso seco de la hoja, peso seco de la inflorescencia y peso seco de la raíz fueron las que aportaron mayor variación, los vectores característicos estimados fueron -1.5, 1.16 y 1.05 respectivamente (Cuadro 9A). En este momento, se observó un incremento en la biomasa de las hojas al aumentar el espaciamiento de los árboles. El testigo sin árboles obtuvo un promedio similar al arreglo 6x4. El peso de la inflorescencia también mejoró con el incremento del

Cuadro 16. Prueba de hipótesis para los componentes de la biomasa según efecto de espaciamiento posición y espaciamiento por posición utilizando la prueba Lambda de Wilk. Turrialba, 1990.

MUESTR. dds	ESPACIAMIENTO			POSICION*			ESPAC.x POSIC.		
	Valor	F	Pr>F	Valor	F	Pr>F	Valor	F	Pr>F
24 (V6)	0.128	0.95	0.54	0.1	1.1	0.42	0.19	0.94	0.6
65 (R1)	0.003	1.2	0.4	0.003	1.15	0.43	0.03	1.07	0.3
90 (R4)	$4.4 \times 10^{-6}$	4.52	0.04	0.0003	1.3	0.41	0.038	0.86	0.8
120	$1.2 \times 10^{-5}$	3.4	0.08	$1.2 \times 10^{-6}$	6.5	0.019	0.02	1.02	0.4

dds = Días después de la siembra.

\* Agrupa los surcos de maíz en cinco posiciones.

espaciamiento entre árboles; en este caso, el peso del testigo fue mayor. El comportamiento del tratamiento 6x3 a los 90 días parece poco uniforme, así lo demuestran los promedios obtenidos a los 120 días, donde fueron similares los arreglos 6x3 y 6x4, y el testigo sin árboles (Cuadro 10A). La disminución del peso de las hojas a los 120 días fue muy poca en tratamientos con árboles y ninguna en el testigo. Hanway (1963) no observó disminución en el peso de los órganos vegetativos durante el llenado del grano. Lo que sugiere que este tipo de translocación no contribuye significativamente al aumento del peso del grano.

En el Cuadro 17 se presentan los cuadrados medios de los componentes de la biomasa que mostraron diferencias significativas cuando se consideraron dos posiciones de los surcos de maíz. El espaciamiento solo presentó diferencia para el peso seco de la inflorescencia a los 65 días. Las medias muestran la tendencia de aumentar conforme aumenta el espaciamiento. El testigo obtuvo un valor intermedio. En resumen, al estudiar la variación de los componentes de la planta se encontró que la inflorescencia, la raíz y las hojas son los órganos que más aportan a esta variación. El peso seco de la inflorescencia a los 90 días se ve mejorado con la presencia de árboles, pero a la cosecha se determinó lo contrario. Aparentemente cuando aumenta la densidad de árboles hay menos crecimiento de este órgano. El peso seco de las hojas a los 90 días parecía mejorar en los

Cuadro 17. Cuadrados medios para los componentes de la biomasa con diferencias significativas a los 65, 90 y 120 dds. Turrialba, 1990.

Fuente Var.	gl.	PSINF 65 dds	PSRAI 90 dds	PSINF 120 dds	PSHO 120 dds	PSTU 120 dds
REPET.	2	6.36 ns.	58.15***	1.77***	63.0 *	134.5ns
ESPAC.	4	7.53 *	9.0 ns.	0.47 ns.	34.7 ns.	21.2ns
REP×ESP.	8	2.53 ns.	6.53 *	0.21 *	17.2 ns.	35.4ns
POSIC.	1	2.8 ns.	19.0 ns	0.8 *	58.5 *	97.2 *
REP×POS.	2	6.56 ns.	14.0 **	0.07 ns	6.14 ns.	7.0ns
ESP×POS.	4	0.83 ns.	6.32 *	0.7***	14.57 ns	25.6ns

\*\*\* Significativo al 1 %.

\*\* Significativo al 5 %.

\* Significativo al 10%.

ns. No significativo.

PSINF= Peso seco de la inflorescencia.

PSRAI= Peso seco de la raíz.

PSHO = Peso seco de la hoja.

dds. = Días después de la siembra.

tratamientos con árboles, pero a los 120 días el testigo fue similar a 6x3 y 6x4. En todo caso, como se mencionó anteriormente, la suma de todos los componentes de la planta (biomasa total), no mostró diferencias estadísticas debida a espaciamiento entre árboles.

#### 4.1.1.2 Índices de crecimiento

La razón de área foliar (RAF) a los 65 días indica una mayor proporción en el espaciamiento 6x1; disminuyendo cuando se aumenta la distancia entre árboles (Figura 3). Sin embargo, el índice de área foliar (IAF) muestra un comportamiento inverso, esto es, aumento del área foliar al aumentar el espaciamiento de árboles (Figura 4). Esta relación es razonable si se considera que la reducción de la biomasa de la planta en los espaciamientos menores, (especialmente el tallo, por reducción de su diámetro y la disminución del peso de las vainas), es relativamente mayor que la reducción que sufre el índice de área foliar.

El índice de crecimiento relativo (ICR) a los 65 días fue ligeramente superior en el espaciamiento 6x3; mientras que en el arreglo 6x1 fue menor (Figura 5). Normalmente, el arreglo 6x3 ha obtenido mejores rendimientos, lo cuál puede estar relacionado con un mejor índice de crecimiento en este importante período. La tasa de asimilación neta también fue mayor en el arreglo 6x3 (Figura 6); esta

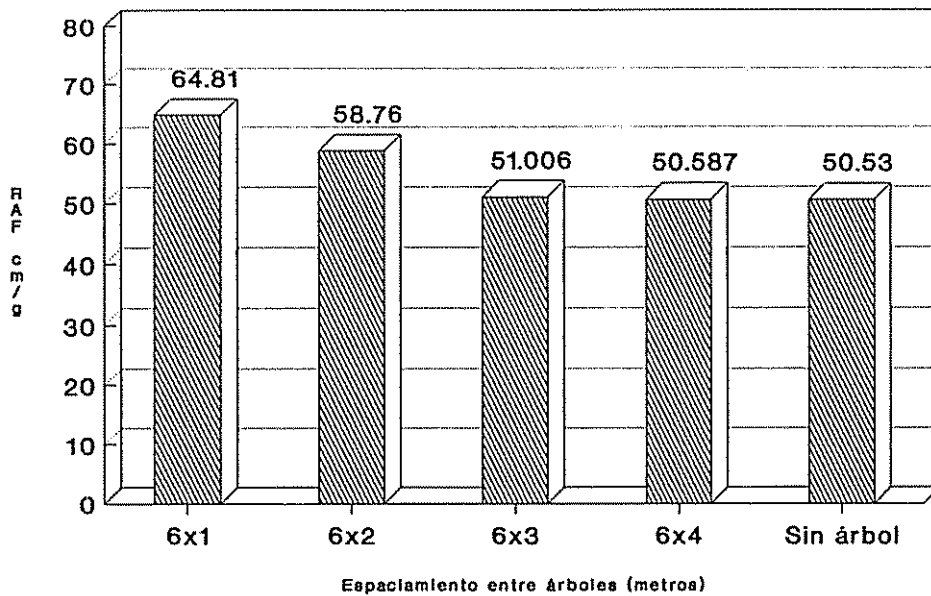


Fig.3: Razón del área foliar a 65 días, según espaciamento de árboles. Turrialba, 1990.

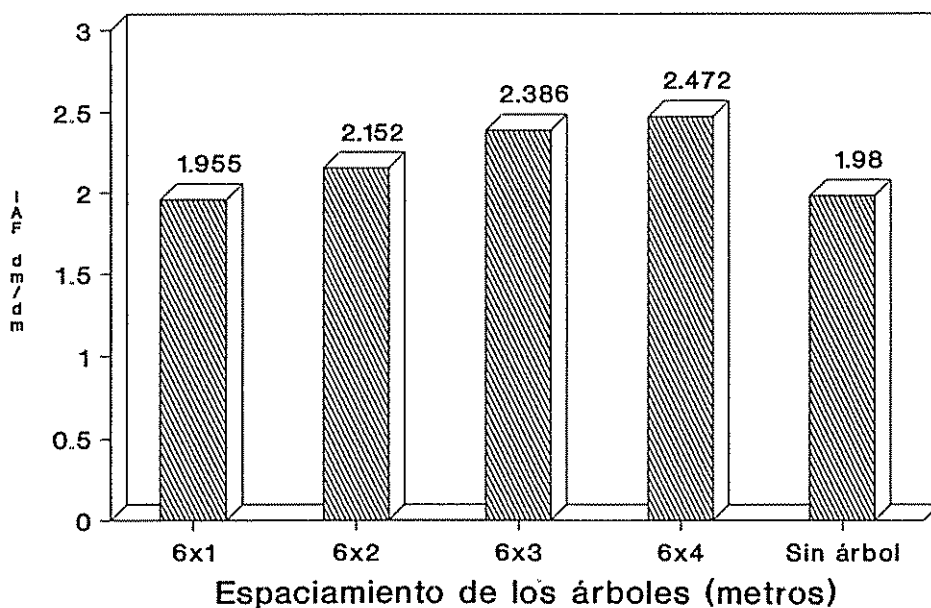


Fig.4: Índice del área foliar del maíz a los 65 días, según espaciamento de árboles. Turrialba, 1990.



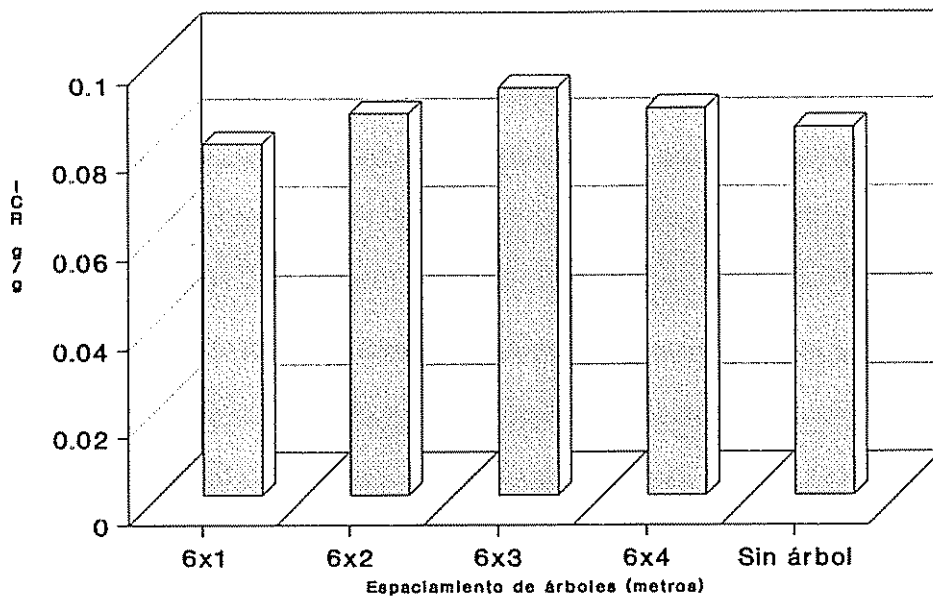


Fig.5: Índice de crecimiento relativo del maíz a los 65 días, según espaciamento de árboles. Turrialba, 1990.

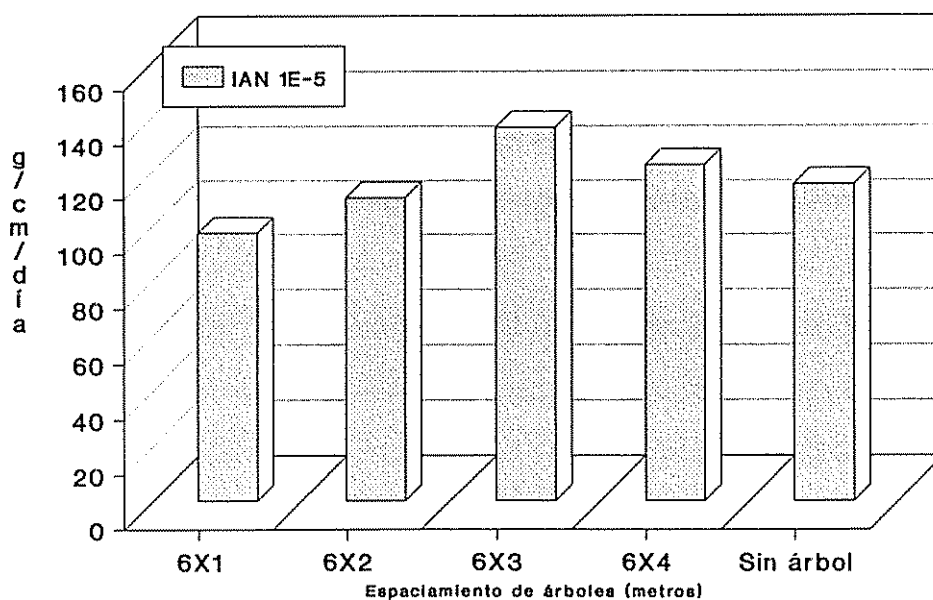


Fig.6: Índice de asimilación neta a los 65 días, según espaciamento de árboles. Turrialba, 1990.

eficiencia se fundamenta por un lado en la menor competencia por luz que ejercen los árboles con respecto a arreglos espaciales de 6x1 y 6x2, por otro quizá a la apreciación que menciona Sánchez (1989), en el sentido de que con este arreglo se logre un punto de equilibrio entre la competencia por la luz y el aporte de biomasa de los árboles.

En la evaluación de los 90 días; el IAF sigue siendo menor para el arreglo 6x1, pero en este caso también la RAF fue menor para este espaciamiento, esto se atribuye a una reducción más acelerada del IAF o a un incremento más rápido de la biomasa de la planta (Figuras 7 y 8). Sin embargo, parece tomar más fuerza la segunda apreciación, pues tanto el ICR como el IAN fueron superiores durante este período para el arreglo 6x1 (Figura 9). En esta medición, el cultivo presenta alguna senescencia, por lo tanto las plantas que han experimentado crecimiento más rápido, podrían presentar un índice de eficiencia más bajo, tal como lo muestra el arreglo 6x3. De la misma manera los resultados hacen preveer un retraso en el crecimiento y desarrollo de los componentes de la planta en el arreglo 6x1, donde aparentemente la acumulación de materia seca pudo ocurrir más lento. Sin embargo, la apreciación anterior podría estar afectada por la senescencia del cultivo, que influiría en la estimación precisa del área foliar, por lo tanto en la estimación del índice de asimilación neta. Anteriormente, se hizo mención a una posible recuperación

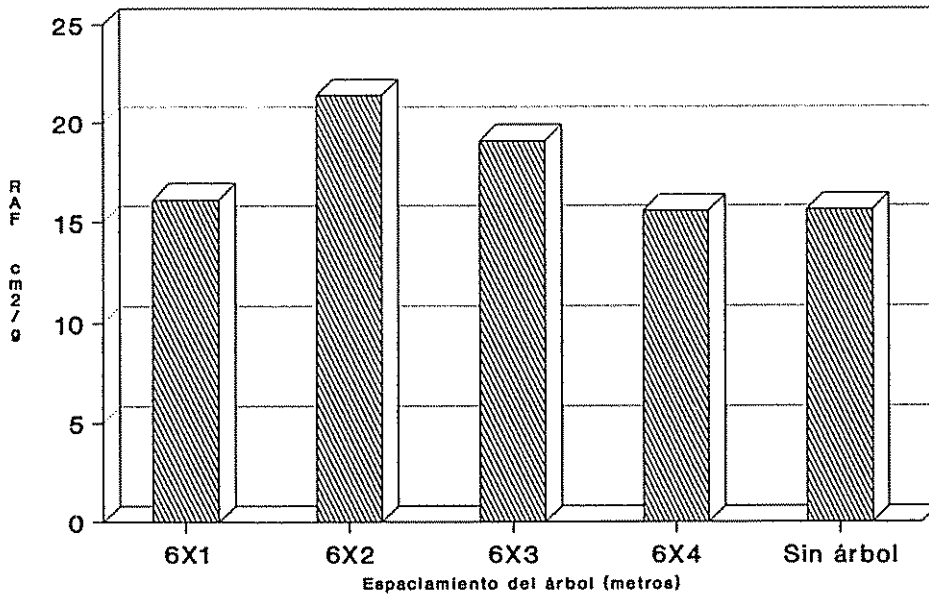


Fig.7: Razón del área foliar del maíz a los 90 días, según espaciamento de árboles. Turrialba, 1990.

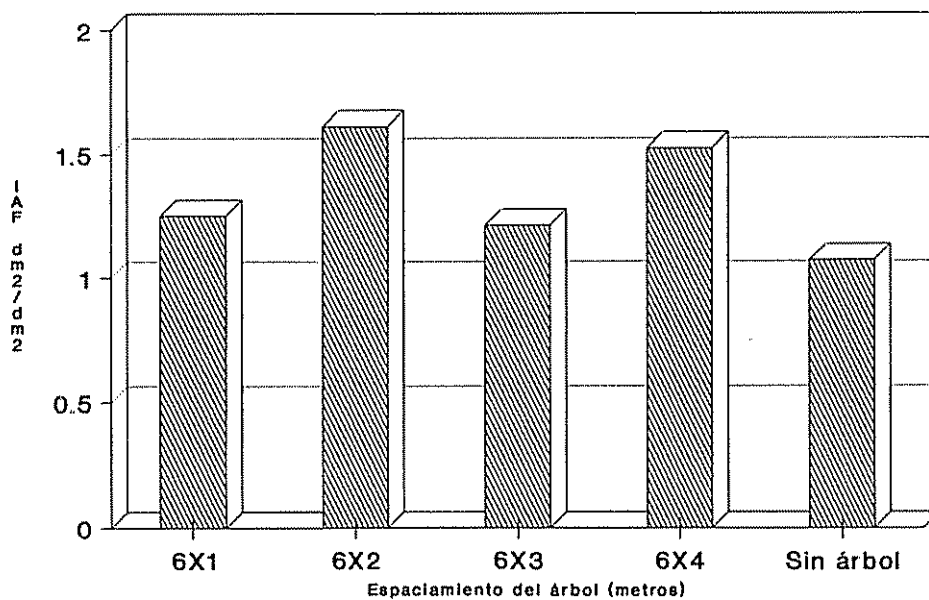


Fig.8: Índice de área foliar del maíz a los 90 días, según espaciamento del árbol. Turrialba, 1990.

del peso seco en las plantas de maíz del arreglo 6x1. El cálculo de índices fisiológicos fortalece esa apreciación. A los 65 días, estas plantas han tenido mayor deterioro en la acumulación de materia seca que en el desarrollo del área foliar, mientras que a los 90 días han mejorado su eficiencia, los índices ICR e IAN son mayores (Figura 9).

#### 4.1.2 Efecto de la posición del maíz

El efecto del árbol en relación a la posición de los surcos de maíz dentro del callejón, no presentó diferencias significativas en ninguno de los estados fenológicos en que se muestreó el cultivo, según el análisis de variación que consideró cinco posiciones. Sin embargo, al realizar el análisis de varianza agrupando los surcos de maíz en dos posiciones se determinaron diferencias estadísticas al 10% durante el estado vegetativo V6 para la altura de planta, y el diámetro del tallo (Cuadro 5). Los promedios indican que las plantas del centro del callejón (más alejadas de los árboles) tenían menor altura pero con ligero incremento del área foliar y el diámetro del tallo (Cuadro 11A). A esta edad el maíz no estaría severamente afectado por la presencia de los árboles, pues como se muestra en las Figuras 10, 18, 19 y 20, la altura del árbol era menor de dos metros, con una copa de un metro y un diámetro de 1.6m. De esta manera, el crecimiento de la copa hacia el cultivo era aproximadamente 0.8m; ésto significa que apenas se acercaban

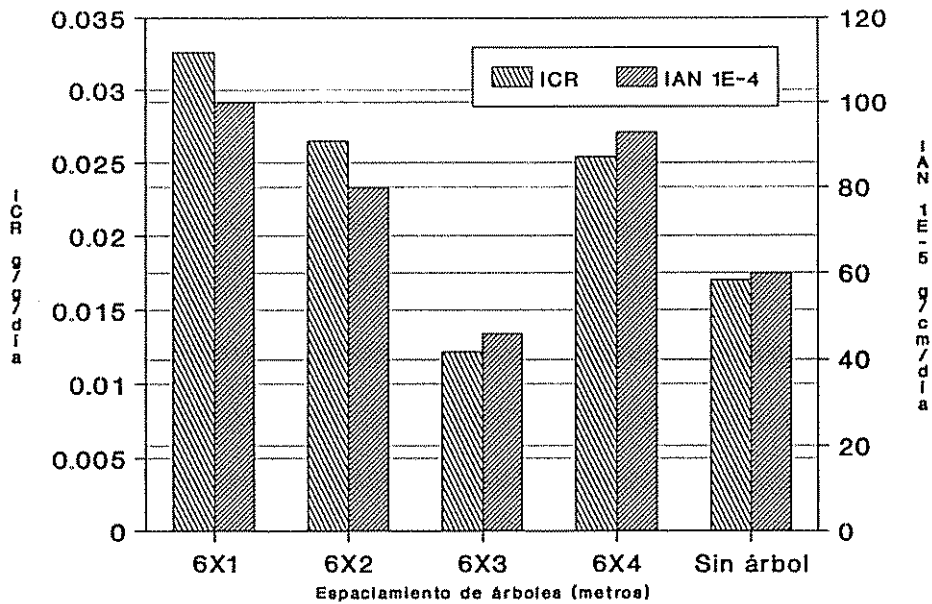


Fig.9: Índices de crecimiento relativo y asimilación neta a los 90 días, según espaciamento. Turrialba, 1990.

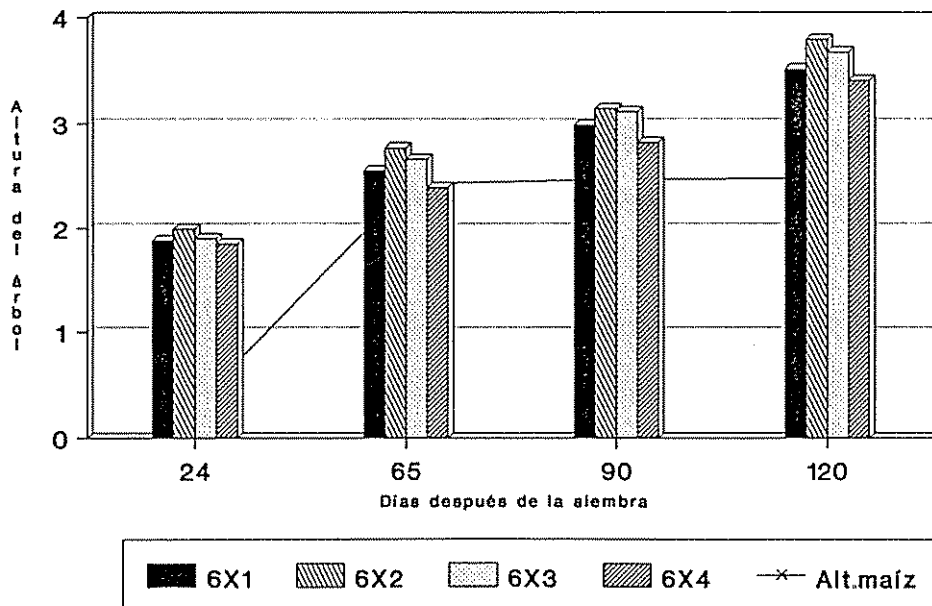


Fig.10: Altura del poró y el maíz durante el ciclo de cultivo de maíz. Turrialba, 1990.

las ramas al primer surco del maíz. Sin embargo, sí existe el sombreamiento con la inclinación solar, y estos momentos serían los de mayor competencia.

Durante el estado reproductivo R1, (65 días después de la siembra) la única variable que mostró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) según el análisis de variación fue el diámetro del tallo (Cuadro 6), manteniéndose siempre las plantas del centro del callejón con el tallo más grueso y mayor área foliar (Cuadro 11A). Según Tanaka y Yamaguchi (1972), la elongación de los entrenudos se inicia después de los cuarenta días, ello justifica que ya se aprecie mayor elongación en las plantas cercanas a los árboles. Estos autores consideran que al aparecer los estigmas esta elongación ha terminado, por lo tanto, es de esperarse que este comportamiento sea estable durante los siguientes muestreos. La altura fue similar en plantas cercanas y alejadas del árbol, lo que prevee un pequeño aumento en el número de nudos y por ende en el número de hojas en las plantas del centro del callejón.

Aunque a los 90 días (estado reproductivo R4) no se manifestaron diferencias estadísticas en el diámetro del tallo, estas sí fueron detectadas por el análisis de varianza ( $p < 0.05$ ) a los 120 días (Cuadros 7 y 8). En ambas evaluaciones siempre se encontró que las plantas del centro del callejón poseen el tallo más grueso (Cuadro 11A).

El análisis multivariado para el estado V6, utilizando cinco posiciones de plantas de maíz dentro del callejón, determinó diferencias significativas ( $Pr < 0.068$ ) según la prueba de Lambda (Cuadro 9). El porcentaje de la variación atribuible al componente principal fue de 64.38 %; el diámetro de tallo y en menor grado la biomasa de la planta fueron las variables de mayor contribución a esta variación. Los vectores estimados para estas variables son de -1.43 y -0.66, respectivamente (Cuadro 12).

Las medias de los tratamientos por posición para el estado vegetativo V6 se presentan en los Cuadros 5A y 11A, utilizando cinco y dos posiciones, respectivamente. En este momento (24 días después de la siembra), la planta poseía seis hojas con el cuello visible, y aún no se observaban los nudos. El grosor de tallo era menor en los surcos más cercanos a los árboles. La producción de materia seca por planta no mostró mayores variaciones y se empezaba a observar una tendencia de mayor altura de la planta de maíz en las hileras cercanas a los árboles (Cuadro 5A).

Es evidente, que el tallo es la estructura de la planta que sufre mayores modificaciones por el sombreado del árbol, independientemente del arreglo espacial; así lo muestran los promedios por posición a los 65, 90 y 120 días (Cuadros 6A, 7A y 8A); donde el diámetro del tallo disminuye en las plantas de maíz cercanas al árbol, mientras

que la longitud de entrenudos aumenta. Aún cuando no se detectaron diferencias significativas según la prueba Lambda de Wilk, fueron también las variables de diámetro del tallo y longitud de entrenudos las de mayor variación; los vectores característicos estimados para este efecto también coinciden con esta afirmación (Cuadros 13, 14, y 15). Esta reducción del diámetro del tallo es importante, pues es aquí y en las vainas donde se acumulan algunos azúcares durante la fase inicial de llenado de grano (después de los 65 días), especialmente en el entrenudo donde se encuentra la mazorca (Asauma, Naka y Tamaki, 1967). Sin embargo, más del 90 por ciento del peso de los granos se deriva de los fotosintatos producidos durante la fase de llenado (Tanaka y Yamaguchi, 1972).

Aparentemente, en las plantas del centro del callejón se logra un mejor índice del área foliar (Cuadro 11A); que por razones de senescencia de la planta, no puede ser medida con precisión durante el tercer y cuarto muestreo pero que sí se aprecian a los 65 días. La altura de la planta parece afectarse poco; ésto es de esperarse, pues el maíz emitió la inflorescencia antes de ser superado por la altura del árbol (Figura 10); por lo tanto, el incremento en la producción de biomasa se atribuye principalmente al aumento en el diámetro del tallo y el área foliar (Cuadro 11A). Estas reducciones insignificantes de la biomasa de las plantas de maíz cercanas al árbol también han sido



reportados por Yamoah, Agboola y Wilson (1986), usando Cassia sp, Flemingia sp y Gliricidia sepium a 0.5 x 4 m. Los autores mencionan disminución de la altura de la planta de maíz. Resultados similares reportan Kass, Bustamante y Bermúdez (1987), cuando cultivaron maíz en callejones de Gliricidia sepium establecidos a 6 x 1 m. La reducción insignificante podría fundamentarse en el hecho de que el cultivo no sufre mayor efecto en el crecimiento inicial, debido probablemente a que el árbol no logra ejercer competencia por radiación. Durante este período de crecimiento es posible que las hojas inferiores sean las más sombreadas, cosa que también ocurre en condiciones de monocultivo, por lo que, normalmente, la contribución de éstas hojas en la fotosíntesis ha sido poca (Hoyt y Bradfield, 1962); de ahí que su eficiencia depende de las hojas superiores, donde además la velocidad de fotosíntesis es mayor.

El deterioro que sufren las plantas cercanas al árbol podría aún disminuirse. Podar los árboles al momento de la siembra, separar más el surco de maíz de la hilera de los árboles, compensando esta reducción de la población con una disminución de la distancia entre plantas y utilizar cultivares de maíz erectófilos son algunas consideraciones de manejo sugeridas para minimizar el efecto negativo. Varios investigadores (Kang, Grime y Lawson, 1985, Yamoah, Agboola y Mulongoy, 1986 y Ssekabembe, 1985), consideran

indispensable reducir la competencia por luz, por lo tanto, un manejo adecuado del sistema podría mejorar el éxito de éste.

#### 4.1.2.1 Biomasa de la planta

El análisis multivariado para los componentes de la biomasa de plantas agrupadas en 5 posiciones (Cuadro 16), solo mostró diferencia a los 120 días ( $Pr < 0.019$ ). Los componentes de la planta que más aportan a esta variación son peso seco de vainas, peso seco de raíz y peso seco de olote; los vectores estimados para estas variables fueron -21.77, 18.4 y 9.83 (Cuadro 9A); su comportamiento fue aumentar el peso de estos componentes conforme la planta de maíz se aleja del árbol, aunque en todos los casos las plantas de la posición 5 disminuyeron el peso de estos componentes (Cuadro 16).

El análisis de varianza para comparar los surcos de dos posiciones (Cuadro 17), mostró diferencias estadísticas ( $pr < 0.1$ ) a los 120 días para los componentes inflorescencia y tuza. Las plantas del centro del callejón obtuvieron mayor producción de biomasa, sin ser esta estadísticamente diferente (Cuadro 11A).

#### 4.1.2.2 Índices de crecimiento

Los índices de crecimiento y eficiencia fotosintética no presentan variaciones por efecto de posición en sus estados vegetativos iniciales. La medición realizada 65 días después de la siembra (R1) experimenta un ligero incremento del índice de área foliar (IAF) en las plantas del centro del callejón. En este momento, ni el índice de crecimiento relativo (ICR) ni el índice de asimilación neta (IAN) presentan variaciones importantes (Figura 11 y Cuadro 12A). Estos resultados muestran poca diferencia en el rendimiento del cultivo causado por el deterioro del crecimiento de la planta; cualquier diferencia al respecto debe ser atribuida a la eficiencia fotosintética que tenga la planta después de este estado reproductivo.

A los noventa días, el índice de área foliar (IAF) tiende a aumentar en las plantas cercanas al árbol; aunque la diferencia es muy pequeña, podría esperarse que las plantas de maíz ubicadas bajo la canopia del poró senescen más tarde; una RAF mayor en las plantas cercanas al árbol complementa esta apreciación (Figura 12). Posteriormente, a los 120 días, se estableció diferencia en el índice de asimilación neta (Cuadro 12A). Este comportamiento del IAN es razonable debido a que las plantas del centro del callejón deben ser más eficientes en la elaboración de fotosintatos, consecuencia de una menor competencia por luz

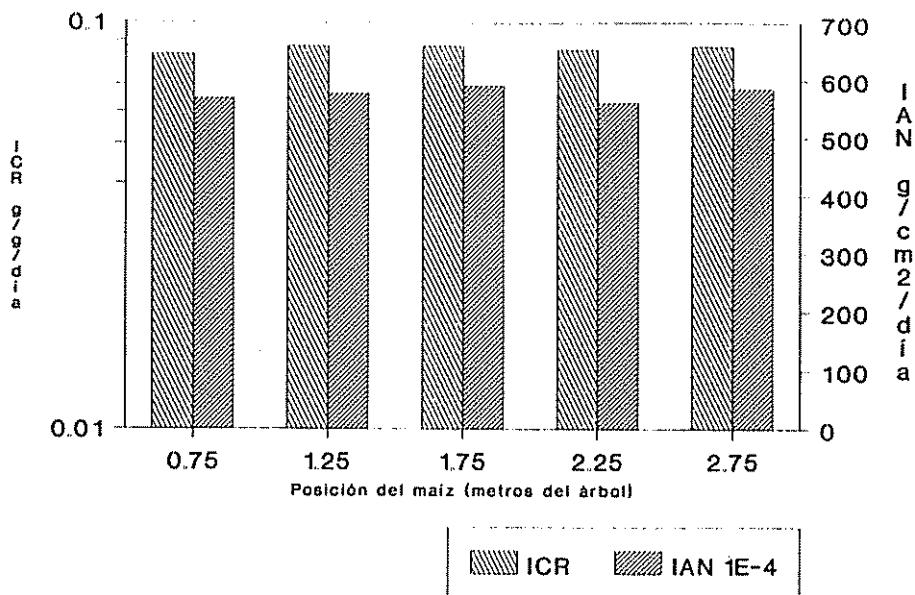


Fig.11: Índices de crecimiento relativo y asimilación neta del maíz a los 65 dds según posición. Turrialba, 1990.

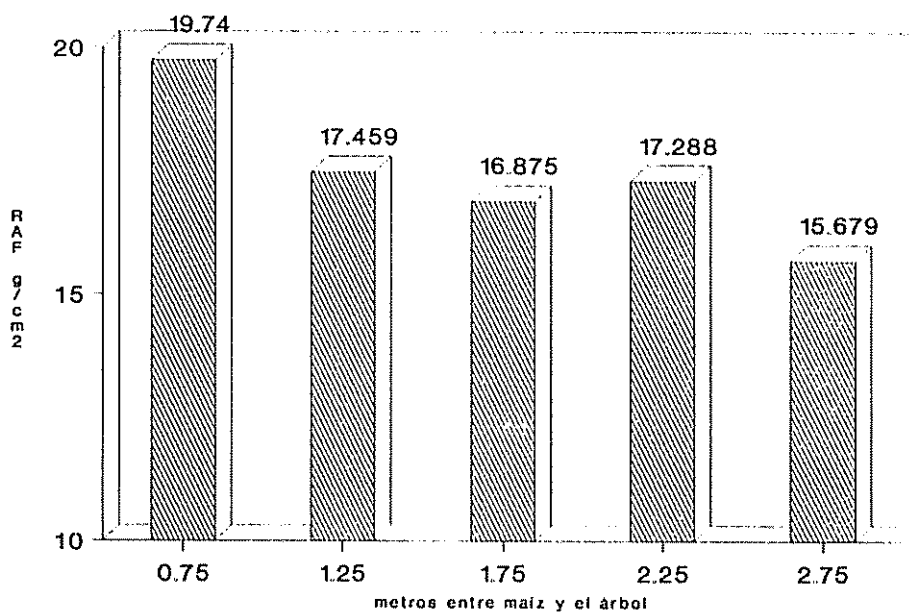


Fig.12: Razón del área foliar del maíz a los 90 días, según posición del surco de maíz. Turrialba, 1990.

con el árbol; lo cual debe reflejarse en una mayor producción de grano. En general, el IAF es mayor en las plantas del centro del callejón; sin embargo, la eficiencia de este sistema asimilatorio se aprecia a los 120 días, con un IAN superior en estas plantas.

#### 4.1.3 Interacción Espaciamiento X Posición

Un análisis de variación para las variables de crecimiento del maíz, utilizando dos posiciones, establecen interacción significativa para el área foliar ( $p < 0.1$ ) y la altura de la planta ( $p < 0.05$ ) durante el estado V6. Cuando se aumenta el espaciamiento entre árboles a 6x4 metros, la altura de las plantas cercanas tiende a disminuir, mientras que la de las plantas del centro del callejón tiende a aumentar. El área foliar para los espaciamientos 6x1 a 6x3 disminuye al alejarse la planta del árbol, pero en el espaciamiento 6x4 las plantas del centro del callejón aumenta el área foliar, por lo tanto es de esperarse que este aumento esté asociado a la altura de la planta. Esta situación confusa no parece depender del tratamiento y más bien se deba a una irregularidad del crecimiento del cultivo en sus estados iniciales, cuando el árbol especialmente en el arreglo 6x4 no debe ejercer mayor competencia. El análisis para los componentes de la biomasa no mostró interacción alguna durante el estado vegetativo V6 (Cuadro 5A).

Según el análisis de variación (Cuadro 6), durante el estado R1 (65 días), se determinó interacción del espaciamiento por posición para la longitud de entrenudos ( $pr < 0.05$ ). Esta fue mayor en las plantas cercanas a los árboles en los espaciamientos 6x1 a 6x3, pero en el espaciamiento 6x4 aumentó en las plantas centrales del callejón (Cuadro 6A). A los noventa días (R4) no se detectaron diferencias significativas, mientras que a los 120 días (R7) sí mostró interacción significativa ( $pr < 0.1$ ). Las plantas del centro del callejón no fueron diferentes entre tratamientos, pero las cercanas al árbol mostraron tendencia a aumentar la longitud de entrenudos al aumentar el espaciamiento (Cuadros 7A y 8A).

El análisis de varianza para los componentes de la biomasa (utilizando dos posiciones), determinó interacción ( $pr < 0.1$ ) para la biomasa de raíz a los 90 días y para la biomasa de la inflorescencia a los 120 días. La biomasa de inflorescencia fue mayor en las plantas cercanas a los árboles; comportamiento similar se aprecia para la biomasa de raíz. La interacción se debe a que, inexplicablemente, el arreglo 6x3 presenta valores inferiores en ambos casos.

#### 4.1.4 Cambios fenológicos

El promedio de días necesarios para alcanzar cada uno de los estados vegetativos y reproductivos según espaciamiento de árboles y posición de la planta de maíz se

presenta en los Cuadros 13A y 14A. En la Figura 13 se muestra la variación entre tratamientos. La aparición de los estados fenológicos fue similar. Sólo se observó un ligero retraso durante el estado R1 para el arreglo 6x1; sin embargo, en estados posteriores no se apreciaron. Tampoco se observó variación entre el maíz monocultivo y el maíz asociado (Figura 14). La posición de las plantas de maíz en relación a la hilera de árboles no afectó la aparición de los estados fenológicos (Figura 15). Los días necesarios para la aparición de estados vegetativos y reproductivos del maíz al variar el espaciamiento de árboles y la distancia del maíz en relación a éste, indica que no hay modificaciones fenológica, y que el efecto en el crecimiento sólo se debe a la reducción del peso seco en algunos de sus órganos (tallos y hojas), que no siempre causaron una disminución significativa de éstos ni del rendimiento del cultivo.

Durante el ciclo del cultivo, las plantas de maíz en el arreglo 6x4 alcanzaron mejores promedios en altura y producción de biomasa por planta (Figuras 16 y 17). Los árboles de este tratamiento tenían menor altura, y copa con diámetro y altura menor (Figuras 18 y 19). Esto indica, que estos árboles con menos desarrollo permitieron mejor crecimiento del maíz, pero estas diferencias no fueron suficientes para lograr ventajas en el rendimiento. Los resultados señalan además que las desventajas de menor

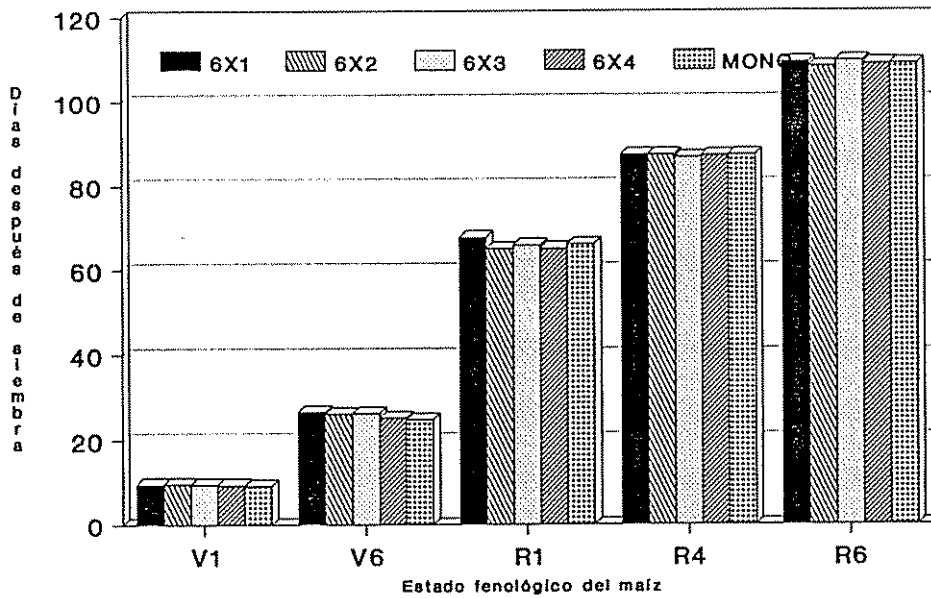


Fig. 13: Aparición de estados fenológicos del maíz monocultivo y asociado con poró Turrialba, 1990.

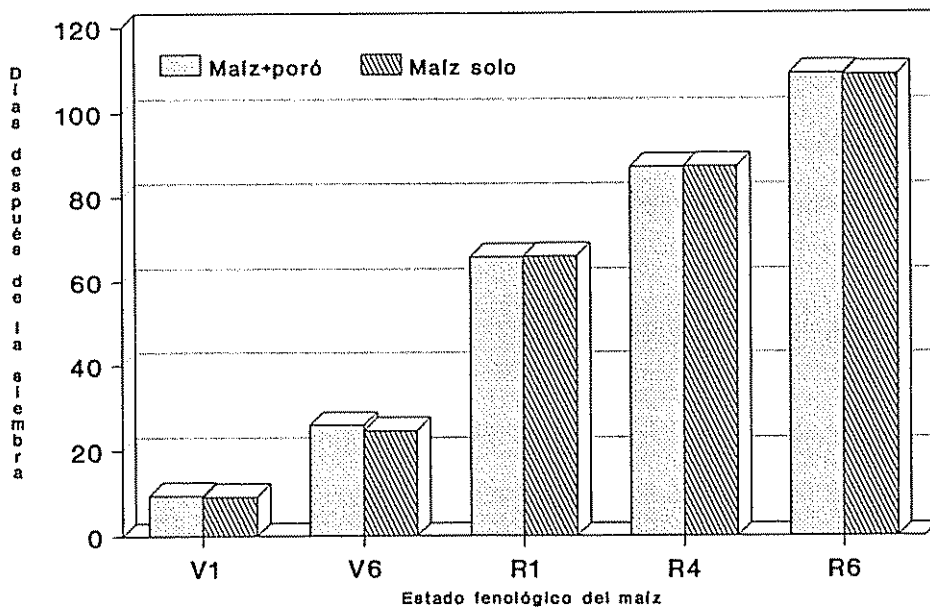


Fig. 14: Días para alcanzar el estado fenológico del maíz, con o sin poró. Turrialba, 1990.



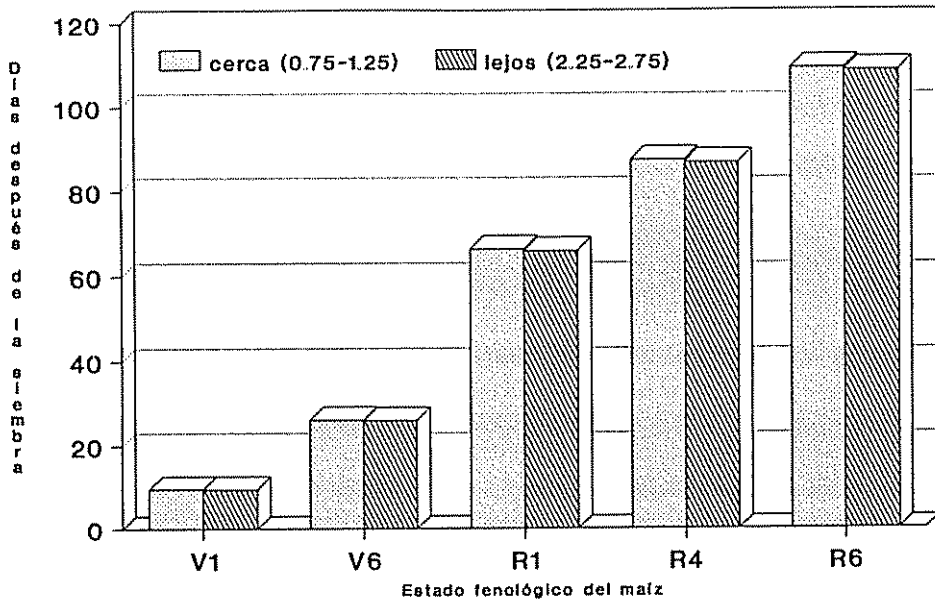


Fig. 15: Días para alcanzar el estado fenológico del maíz, según posición del surco en el callejón. Turrialba, 1990.

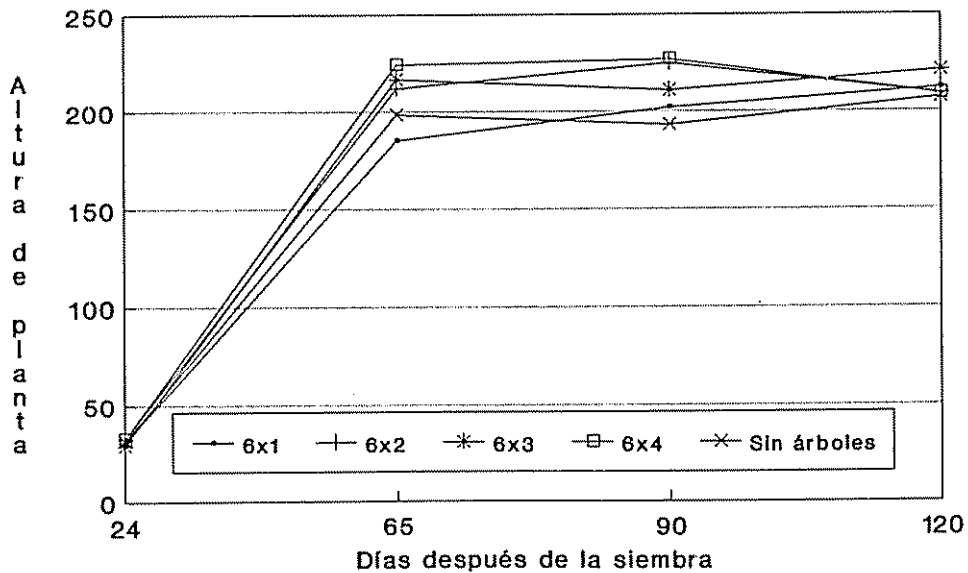


Fig.16: Variaciones de la altura de la planta de maíz según espaciamiento de árboles. Turrialba, 1990.

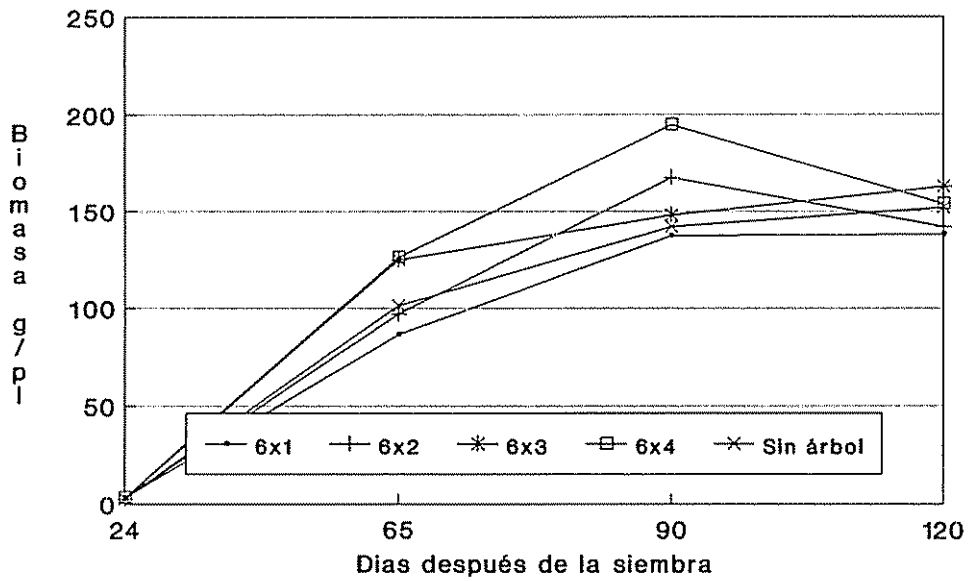


Fig.17:Variaciones de la producción de biomasa por planta, según espaciamento del árbol. Turrialba, 1990.

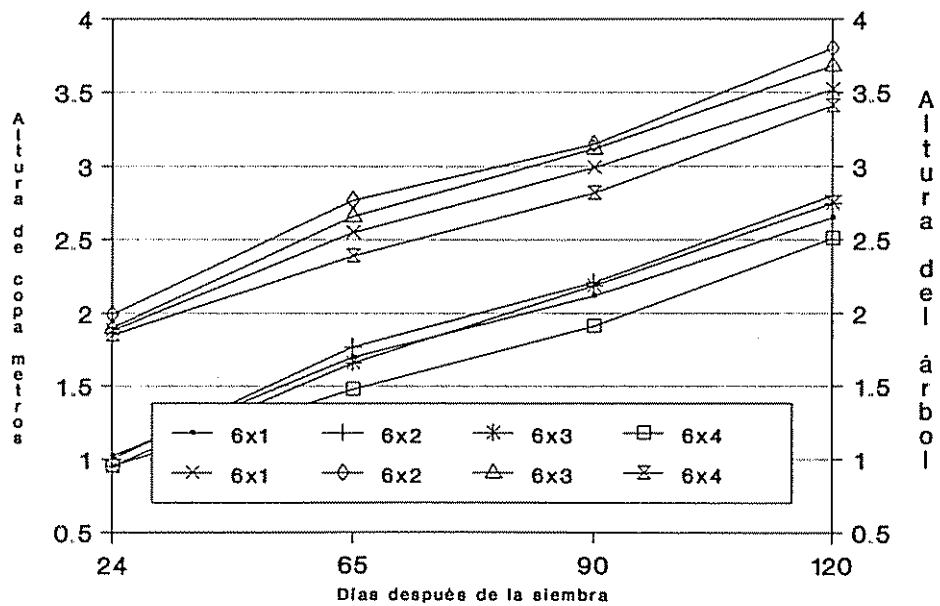


Fig.18: Altura de copa y árbol de poró durante el ciclo de cultivo del maíz Turrialba, 1990.

crecimiento del maíz y mayor crecimiento del árbol en espaciamientos de 6x2 y 6x3 no se manifestaron en la producción de biomasa y rendimiento de grano, ello implica que en estos arreglos existen condiciones establecidas a través de varios ciclos de poda que permiten un mejor desempeño del cultivo. El arreglo 6x1 y el testigo sin árboles mostraron menor crecimiento de la planta y producción de biomasa y grano.

#### 4.1.5 Variaciones de NPK en la planta

El análisis de varianza para los componentes de la biomasa de la planta con diferencias significativas en los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio se presentan en el cuadro 15A. Se detectaron interacciones significativas los 65 días en los contenidos de nitrógeno ( $pr < 0.5$ ) y potasio ( $pr < 0.05$ ) en la raíz y para el contenido de potasio en la vaina ( $pr < 0.05$ ). Los promedios del contenido de estos nutrimentos en la raíz se presentan en el Cuadro 16A. Los promedios de las interacciones indican que el contenido de nitrógeno es mayor en las plantas cercanas al árbol, especialmente en el arreglo 6x1 (Cuadro 17A). En el caso del potasio también el contenido fue mayor en estas plantas, excepto en las del arreglo 6x4. El contenido de potasio en la vaina fue mayor en las plantas cercanas al árbol para los arreglos 6x1 y 6x2, y menor para estas plantas en los arreglos 6x3 y 6x4 (Cuadro 17A).

A los 90 días, se determinaron diferencias significativas debidas al espaciamiento para el contenido de nitrógeno y potasio en la hoja, el contenido de fósforo en el tallo y el potasio en la tuza. El nitrógeno y el potasio disminuyeron en las hojas del testigo sin árboles, este último elemento también descendió en el arreglo 6x1, mientras que el fósforo fue mayor en el tallo del testigo. Este aumento del contenido de fósforo en el tallo de plantas del testigo puede estar relacionada con la mayor cantidad de fósforo aplicada a este tratamiento. El contenido de potasio en la tuza fue mayor en el testigo y menor en el arreglo 6x2. El efecto de la posición fue significativo para el contenido de nitrógeno en las hojas y el tallo. Las plantas cercanas a los árboles mejoraron el contenido de nitrógeno en el tallo y en la hoja y el contenido de fósforo en la hoja.

Además de considerar las diferencias del contenido de nutrimentos en las edades de muestreo, es importante destacar la variación de éstos en los componentes de la biomasa de la planta entre los 65 y 90 días. En las hojas solo el contenido de potasio experimentó una ligera disminución, pero en el tallo, el nitrógeno y el fósforo disminuyeron y el potasio aumentó considerablemente. En la vaina y la tuza hubo una ligera disminución de los tres elementos, especialmente en este último componente (Cuadro 16A).

Entre mayor sea el contenido de NPK en las hojas mayor es la velocidad de fotosíntesis por unidad de área foliar (Tanaka y Yamaguchi 1972). Estos autores mencionan que el aumento en la velocidad de fotosíntesis cesaba cuando el NPK alcanzaba porcentajes de 4, 0.4 y 1.5 respectivamente. Con excepción del contenido de potasio, estos son superiores a los detectados en este trabajo, lo que hace suponer que la velocidad de fotosíntesis pudo ser afectada.

Aunque se han detectado diferencias estadísticas, es posible que las diferencias reales en el contenido de nutrimentos (Cuadros 16A y 17A) no sean tan importantes como para establecer variaciones en el crecimiento y rendimiento del cultivo

## 4.2 Producción de biomasa a la cosecha

### 4.2.1 Rastrojo

La producción de rastrojo de maíz no mostró diferencias significativas ni para el espaciamiento ni para la posición del surco (Cuadros 18 y 19). Sin embargo, hay un incremento en la producción de biomasa de rastrojo entre los espaciamientos 6x1 y 6x3. El espaciamiento 6x4 tuvo una producción similar al 6x3, mientras que el testigo sin árboles obtuvo promedios similares al 6x2. Igualmente, la posición de las plantas dentro del callejón de árboles no afectó la producción de biomasa. Kass, Bustamante y Bermúdez (1986), tampoco encontraron diferencia en la

Cuadro 18. Cuadrados medios para variables de rendimiento de grano y producción de biomasa del maíz asociado con poró, utilizando 5 posiciones de los surcos de maíz. Turrialba, 1990.

F.V.	gl.	Biomasa de planta	Mazorcas Buenas	Mazorcas Malas	Grano Bueno	Grano Malo	Rendimiento Total
REP.	2	140967585***	42.3 n.s.	22.15 n.s.	5547361 ***	61675 n.s.	5818933 ***
ESP.	4	9733602 n.s.	165.4 n.s.	81.5 n.s.	2495409 n.s.	66778 n.s.	1053960 n.s.
REP.x ESP.	8	21319220***	61 n.s.	53.9 n.s.	1352410 *	40729 n.s.	1032399 **
POS.	4	2052065 n.s.	27 n.s.	35.2*	348517 n.s.	52570 n.s.	242552 n.s.
REP.x POS.	8	5159314 n.s.	32.5 n.s.	10.73 n.s.	292146 n.s.	47492 n.s.	435327 n.s.
ESP.x POS.	16	2475520 n.s.	31.57 n.s.	63.75**	763167 n.s.	132345 **	438434 n.s.
C.V.		19.14	22.46	54.6	27.6 n.s.	64.15	23.18

Cuadro 19. Cuadrados medios para variables de rendimiento de grano y producción de biomasa de maíz asociado con poró, utilizando dos posiciones del maíz. Turrialba, 1990

F.V.	gl.	Biomasa de planta	Mazorcas Buenas	Mazorcas Malas	Grano Bueno	Grano Malo	Rendimiento Total
REP.	2	60969083 ***	35.23 n.s.	8.73 n.s.	2166933 *	66589 n.s.	2491690 ***
ESP.	4	4718259 n.s.	71.25 n.s.	35.8 n.s.	1227623 *	37941 n.s.	722955 n.s.
REP.*ESP.	8	8325087 n.s.	29.3 n.s.	31.5 n.s.	456858 n.s.	23250 n.s.	446886 **
POS.	1	207379 n.s.	12.27 n.s.	34.5 **	305422 n.s.	21872 n.s.	15992 n.s.
REP.*POS.	2	3151353 n.s.	3.7 n.s.	1.83 n.s.	181337 n.s.	14850 n.s.	152197 n.s.
ESP.*POS.	4	345347 n.s.	7.86 n.s.	74.8 n.s.	125242 n.s.	147984 *	116489 n.s.
C.V.		19.43	27.6	51.46	29.6	62.56	15.22

\*\*\* Significativo al 1 %.

\*\* Significativo al 5 %.

\* Significativo al 10 %.

n.s. No significativo.

producción de biomasa de maíz entre los surcos cercanos a árboles de Gliricidia sepium y los del centro del callejón

El número de mazorcas sólo fue diferente para el caso de las mazorcas malas. La posición del surco de maíz afectó esta variable, aunque depende del espaciamiento. Los espaciamientos 6x1 y 6x2 tienen más mazorcas malas, pero inesperadamente, hay mayoría en los surcos del centro del callejón. No obstante, hay alta variación en la medición de esta variable, por lo tanto es de esperarse poca precisión en el estimado de esta interacción (Cuadros 18 y 19). Las mazorcas buenas sí muestran una tendencia de aumento con el espaciamiento, y ligera disminución en los surcos cercanos al árbol (Cuadro 18A).

#### 4.2.2 Producción de grano

El análisis de variación para la producción de grano bueno presentó diferencias ( $p < 0.1$ ) según el espaciamiento de árboles (Cuadro 19). La producción de grano bueno fue inferior en el arreglo 6x1 y en el testigo sin árboles. La mayor presencia de árboles produce mayor biomasa de poró por área, pero el rendimiento del cultivo puede ser afectado. Ssekabembe (1985) menciona que cuando aumenta la densidad de árboles reduciendo la separación entre callejones se obtiene disminución en el rendimiento del cultivo. Los rendimientos de los arreglos 6x2, 6x3 y 6x4 fueron similares (Cuadro 18A). Normalmente, los arreglos

6x3 y 6x4 han obtenido los mejores rendimientos, sin embargo Sánchez (1989), considera que 6x2 es un arreglo óptimo para las condiciones de Turrialba. El estimó que con este arreglo los rendimientos de maíz y el árbol a través del tiempo son estables, con niveles medios y evolución favorable. Este mismo autor considera que en la época en que fue establecido este experimento, el arreglo 6x3 además de ser menos sombreado que 6x1 y 6x2, utiliza mejor el mulch que en mayor cantidad ha producido el árbol durante el ciclo anterior; y quizá con este arreglo se logre el punto de equilibrio entre el beneficio de obtener mayor radiación que 6x1 y 6x2 y el menor aporte de mulch. Esta apreciación y el hecho de que el autor considere el arreglo 6x2 como óptimo desde el punto de vista de rendimiento estable plantean a los arreglos 6x2 y 6x3 con mejores condiciones.

Los rendimientos fueron similares para las diferentes posiciones de los surcos. El análisis de varianza agrupando los surcos de maíz en cinco y dos posiciones (cuadros 18 y 19 respectivamente), así lo evidencian. Este comportamiento no coincide con los resultados obtenidos por Kass, Bustamante y Bermúdez (1986), quienes encontraron deterioro de la producción de grano en los surcos cercanos a los árboles de Gliricidia sepium. Resultados similares reportan Corlett y Ong (1987) cuando asociaron millo con Leucaena, y encontraron reducciones significativas en el rendimiento de los surcos inmediatamente adyacentes a la hilera de árboles.



También se detectó interacción entre espaciamiento de árboles y posición del surco de maíz para la producción de grano malo. Esta variable, al igual que el número de mazorcas malas, tuvo coeficientes de variación muy altos, por lo tanto sus resultados son poco precisos.

Los resultados que reporta la literatura sobre el efecto de los cultivos en callejones en el rendimiento del maíz son variados. Algunos de estos resultados adolecen de la comparación con un testigo sin árboles. Para Kass (1986), que ha estudiado el asocio de maíz con Erythrina poeppigiana y Gliricidia sepium, sus resultados han sido satisfactorios, especialmente con E. poeppigiana. Incrementos del rendimiento del maíz cuando se cultiva en callejones también son mencionados por Kang, Grime y Lawson, (1985) y Yamoah, Agboola y Mulngoy, (1986). Mientras que Ssekabembe, (1985) no ha encontrado mejoras en el rendimiento del maíz. Una deficiencia que tienen algunos trabajos con este sistema de cultivo es que sus resultados incluyen uno o dos ciclos, por lo tanto, no se han logrado capitalizar todas las ventajas que ofrece el sistema, como lo es el aporte de materia orgánica.

#### 4.3 Crecimiento de los árboles

La altura del árbol sólo presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la medición realizada a los 65 días después de la siembra del maíz (Cuadro 20). En ese

momento, los árboles del arreglo 6x2 alcanzaron la mayor altura, mientras que en 6x4 y 6x1 fueron los más bajos (Cuadro 19A y Figura 18). La altura mínima de la copa (las ramas más bajas) varió entre 0.85 m y 1.0 m, sin encontrarse diferencias estadísticas entre tratamientos (Cuadro 20). El diámetro de copa que se extiende hacia el cultivo no mostró diferencias entre tratamientos en ninguna de las mediciones realizadas; no así el diámetro de copa hacia el árbol que si fue diferente (cuadro 20). Los árboles del espaciamiento 6x1 fueron más afectados, atribuible obviamente a la competencia existente entre árboles separados a un metro.

La Figura 18 muestra el crecimiento de la altura de la copa en los cuatro arreglos espaciales. Los árboles del espaciamiento 6x2 tuvieron mayor altura de copa, mientras que los 6x4 fueron más bajos.

El crecimiento del diámetro de copa señala que los árboles del arreglo 6x3 alcanzan un mejor desarrollo, especialmente en el diámetro de copa hacia los árboles. Esta variable presenta correlación lineal positiva ( $r = 0.73$  y  $r = 0.7$ ) con la producción de biomasa de ramas y hojas, respectivamente, (Cuadro 20A). En el arreglo 6x1, por la competencia que existe, los árboles son más afectados en el crecimiento de la copa (Figura 19). El crecimiento de la copa hacia el cultivo de maíz es muy similar en los cuatro espaciamientos (Figura 20), por lo

Cuadro 20. Cuadrados medios para variables de crecimiento árbol a los 24, 65, 90 y 120 días después de la siembra del cultivo. Turrialba, 1990.

DDS	F.V	g.l.	ALTA	ALTB	DIA1	DIA2
24	Rep.	2	0.0954 ns.	----	0.4108 ns.	0.1349 ns.
	Trat.	3	0.066 ns.	----	0.0943 ns.	0.5626 ***
	Rep.x Trat.	6	0.032 ns.	----	0.105 ns.	0.0320 ns.
	c.v.		2.2		3.0	7.8
65	Rep.	2	0.1021 ns.	0.1838 ns.	1.1597 *	0.3719 ns.
	Trat.	3	0.4865 **	0.1146 ns.	0.3746 ns.	2.0243 ***
	Rep.x Trat.	6	0.0940 ns.	0.0393 ns.	0.1535 ns.	0.1373 ns.
	c.v.		4.5	6.0	3.9	9.5
90	Rep.	2	0.0161 ns.	0.1535 ns.	0.2279 ns.	0.4349 ns.
	Trat.	3	0.3984 ns.	0.0196 ns.	0.5514 ns.	3.8577 ***
	Rep.x Trat.	6	0.2063 ns.	0.0742 ns.	0.6898 ns.	0.4223 ns.
	c.v.		3.5	2.5	4.2	12.06
120	Rep.	2	0.1048 ns.	0.1369 ns.	0.9718 ns.	0.3116 ns.
	Trat.	3	0.4986 ns.	0.0567 ns.	0.6961 ns.	5.5133 **
	Rep.x Trat.	6	0.4224 ns.	0.0612 ns.	0.6961 ns.	0.8076 ns.
	c.v.		3.26	4.3	3.9	12.3

ns. No significativo.

\*\*\*= Significativo al 1 %.

\*\* = Significativo al 5 %.

\* = Significativo al 10 %.

ALTA= Altura del árbol

ALTB= Altura inicio de copa

DIA1= Diámetro de copa hacia el maíz

DIA2= Diámetro de copa hacia el árbol

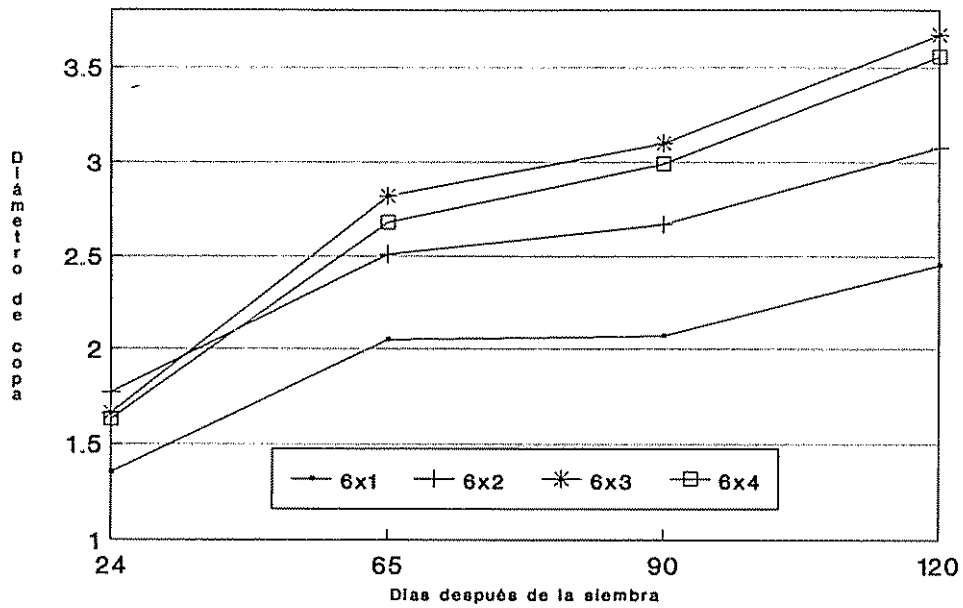


Fig.19: Diámetro de copa hacia los árboles, durante el ciclo de cultivo del maíz. Turrialba, 1990.

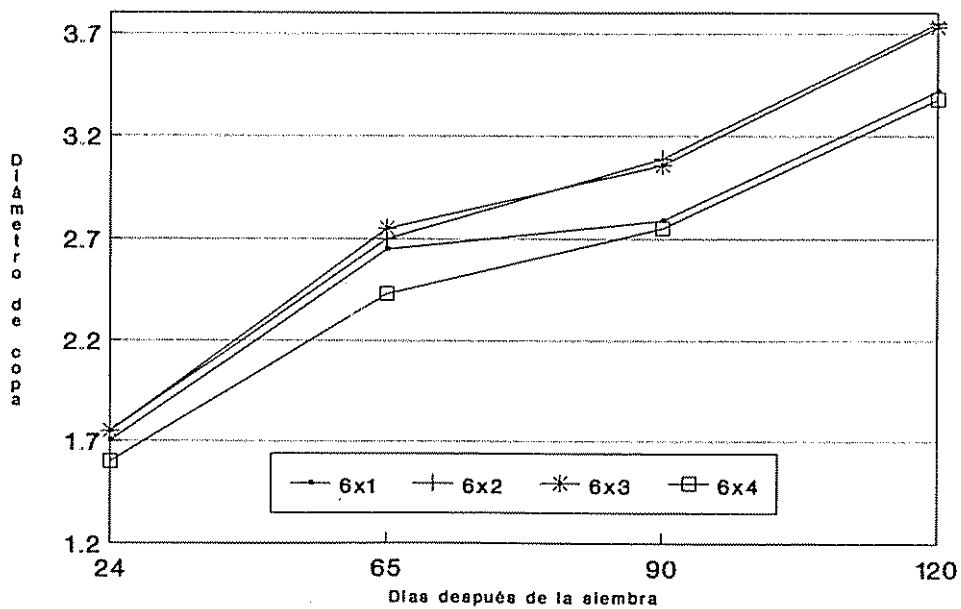


Fig.20: Diámetro de copa hacia el cultivo de maíz, durante su ciclo vegetativo. Turrialba, 1990.

tanto, el grado de competencia está definida por el número de árboles y no por el crecimiento de la copa hacia el cultivo.

#### 4.4 Producción de biomasa del árbol

El análisis de varianza para las variables medidas durante la cosecha del árbol se presenta en el Cuadro 21. La altura del tocón osciló entre 1.14 metros (6x1) y 1.32 metros (6x2), sin ser estadísticamente diferentes. El diámetro promedio del tocón mostró diferencias ( $p < 0.1$ ). En análisis de tendencias para los contraste sugiere un modelo lineal o cuadrático para esta variable; el diámetro del tocón aumenta conforme aumenta el espaciamiento del árbol hasta 6x3. Los árboles del arreglo 6x4 tienen un diámetro menor (Cuadro 21A).

El crecimiento de los árboles no presentó diferencias en la longitud de las ramas vertical y horizontal más larga, tampoco en el diámetro de la copa que extiende hacia el cultivo de maíz, ni en la altura del árbol cuando fueron podados 6 meses después de la última poda (Cuadro 21). El diámetro de la copa medido en el sentido de la hilera de árboles sí fue estadísticamente diferente ( $p < 0.01$ ). Se experimentó una respuesta lineal (Cuadro 22) con aumento del diámetro al separarse los árboles (Cuadro 21A).

El número de ramas por árbol mostró diferencias estadísticas al 1% (Cuadro 21). El análisis de tendencias

Cuadro 21. Cuadrados medios para variables de crecimiento y producción de biomasa de poró a los seis meses después de la poda. Turrialba, 1990.

F.V.	g.l.	NRAM	DCOPA	DCOPB	VERTL	HORL
Rep.	2	18.3876 ns.	0.704 ns.	0.328 ns.	0.2516 ns.	0.1150 ns.
Trat.	3	65,714 ***	1.025 ns.	8.833 ***	0.2586 ns.	0.3534 ns.
Rep. x Trat.	6	4.245 ns.	1.125 ns.	1.017 ns.	0.3122 ns.	0.2927 ns.
c.v.		9.77	4.0	13.64	2.84	3.95

ALAR	PSHOJA	PSTALL	BIOTOT	ALTOC	DIATOC
0.1375 ns.	4.1467 **	1.7183 ns.	11.1992 ns.	0.015 ns.	24.8637 ns.
0.6877 ns.	5.4162 **	9.0402 ns.	27.4734 *	0.105 ns.	37.0171 *
0.9929 **	0.9481 ns.	3.9768 ns.	8.1310 ns.	0.064 ns.	9.8830 ns.
3.3	16.59	17.65	16.9	4.34	6.46

ns.= No significativo.

\*\*\*= Significativo al 1 %.

\*\* = Significativo al 5 %.

\* = Significativo al 10 %.

NRAM= Número de ramas por árbol.

DCOPA= Diámetro de copa hacia el maíz.

DCOPB= Diámetro de copa hacia el árbol.

VERTL= Rama vertical más larga.

HORL= Rama horizontal más larga.

ALAR= Altura del árbol.

PSHOJA= Peso seco de hojas.

PSTALL= Peso seco de tallos.

BIOTOT= Peso seco de biomasa total.

ALTOC= Altura del tocón.

DIATOC= Diámetro del tocón.

indica que el número de ramas tiene respuesta lineal y cuadrática (Cuadro 22). Los promedios observados muestran una reducción del número de ramas en árboles del espaciamiento 6x4 (Cuadro 21A). Esta diferencia en el número de ramas se manifiesta en la producción de biomasa por árbol, especialmente en la biomasa de hojas. El coeficiente de correlación entre ambas variables fue de  $r = 0.7$  (Cuadro 20A).

El peso seco de hojas tuvo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para el espaciamiento de árboles, la tendencia indica respuesta lineal al aumentar el espaciamiento, sin embargo, los promedios observados son similares para 6x2, 6x3 y 6x4 (Cuadro 21A). Los árboles a 6x4 tienen una mejor relación biomasa de hojas/biomasa de ramas, implicando esto un mejor desarrollo de área foliar y biomasa comestible.

La biomasa total responde también a un incremento lineal cuando se aumenta el espaciamiento (Cuadros 22 y 21A). Esta producción de biomasa se encuentra relacionada ( $r = > 0.7$ ) con el diámetro de copa (Cuadro 20A), especialmente en la que extiende entre árboles. Esto es razonable, debido a que esta parte de árbol está ubicada en áreas de mayor competencia, por lo tanto, al aumentar la separación se aumentaría la eficiencia del sistema asimilatorio de árbol, incrementándose la producción de biomasa de ramas y hojas. En este caso, aunque el contraste indica tendencia lineal, los promedios de los arreglos 6x2,

Cuadro 22. Cuadrados medios para los contrastes lineal, cuadrático y cúbico del espaciamiento, para las variables número de ramas (NRAM), Diámetro de copa hacia el árbol (DCOPB), Biomasa de hojas (BIHOJA), Biomasa total (BIOTOT) y Diámetro del tocón (DTC). Turrialba, 1990.

Contrast.	gl.	NRAM	DCOPB	BIHOJA	BIOTOT	DTC
Lineal	1	69.34 **	26.19 ***	13.05 **	52.1 **	37.02 *
Cuadrático	1	102.72 **	1.18 ns.	2.69 ns.	27.25 ns.	86.34 **
Cúbico	1	15.21 ns.	0.6 ns.	0.11 ns.	0.003 ns.	21.67ns.

\*\*\* Significativo al 1 %.

\*\* Significativo al 5 %.

\* Significativo al 10 %.

6x3 y 6x4 son similares. Por lo tanto, realmente sólo el arreglo 6x1 ve afectado el crecimiento de los árboles. La biomasa de las ramas no mostró diferencias, las tendencias de sus medias coinciden con las del número de ramas.

#### 4.5. Intercepción solar

La radiación total y la radiación interceptada por las copas de los árboles (a un metro de la hilera) se presenta en el Cuadro 22A. Los tratamientos tuvieron una medición cada 10 días. Las mediciones del arreglo 6x3 fueron suspendidas a los 60 días por falta de equipo (radiómetros).



El comportamiento de la radiación interceptada a través del ciclo del cultivo para los arreglos 6x1, 6x2 y 6x4 se presentan en la Figura 21. El mayor sombreado se obtuvo con los arreglos 6x1 y 6x2, con porcentajes de intercepción muy similares.

Hasta los 60 días (5 días antes de que el maíz alcanzara el estado R1) el porcentaje de intercepción no superaba el 15%. A esta edad el maíz ha concluido su etapa de crecimiento, esto explica porqué éste no se afectó significativamente. Al final del ciclo del cultivo la intercepción fue de 42% en 6x1 y 6x2, y 29% en el arreglo 6x4 (Figura 21).

La competencia por radiación comenzó a incrementarse después de los 60 días en las etapas de llenado del grano. Esto fue evidente en el arreglo 6x1, pero en el arreglo 6x2 y 6x4 el maíz alcanzó rendimientos similares. Ante esta situación, debemos considerar que los radiómetros fueron colocados en el centro de la parcela a un metro del árbol. En todos los espaciamientos, el centro de la parcela coincide con el árbol "central", de manera que esta medición indica la radiación interceptada por el árbol según su espaciamiento; por lo tanto, aunque 6x1 y 6x2 muestren porcentajes de intercepción similares, este último tiene la ventaja de tener más plantas de maíz ubicadas entre los árboles espaciados cada dos metros, lo que justifica que su rendimiento sea mayor.

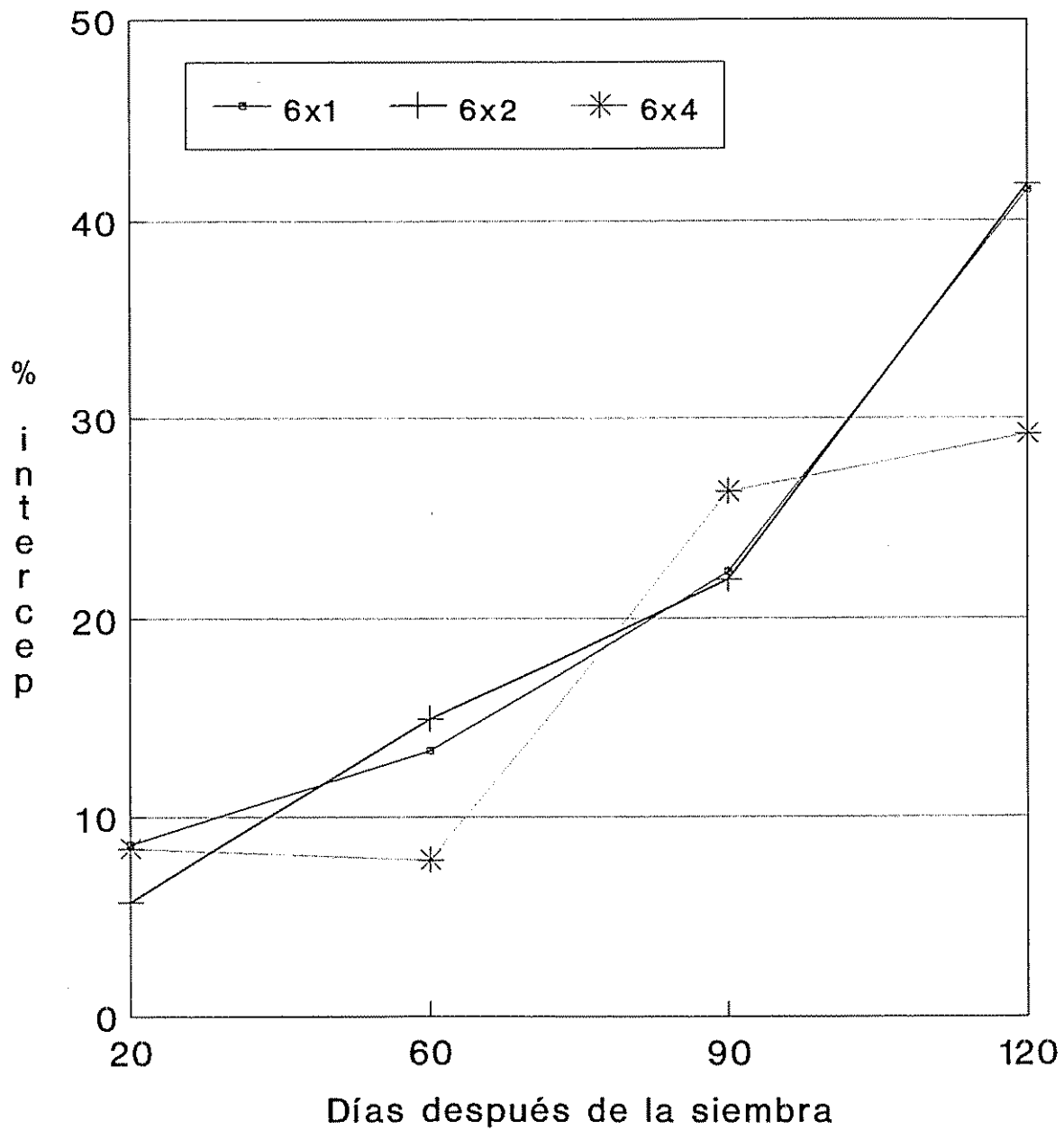


Fig.21: Estimación del porcentaje de radiación interceptada por los árboles de poró. Turrialba, 1990.

El porcentaje de radiación interceptada está muy relacionada con el espaciamiento del árbol. El crecimiento de la copa (Figuras 19 y 20) muestra una tendencia similar a la de la Figura 21. Probablemente es el diámetro de copa hacia el cultivo el que más aporte a la disminución del rendimiento.

En general, la Figura 21 explica un comportamiento lógico en cuanto a la intercepción solar por la copa de los árboles, también se observa relación con el crecimiento de éste; sin embargo, las estimaciones aquí presentadas son poco precisas, debido al instrumento utilizado. Los radiómetros "Gunn Bellani", además de que estiman radiación global (funcionan por efecto térmico), proporcionan una medición puntual; lo ideal sería medir la radiación fotosintéticamente activa utilizando instrumentos que permitan evaluar más superficie interceptada, aún cuando esta se realice durante períodos cortos. Hay instrumentos como el "sunfleck ceptometer" que mide la densidad del flujo fotosintético de fotones. Estos pueden ser de 0.4 ó 0.8m de largo con sensores de 1 x 1 cm. Los sensores lineales también miden la luz fotosintéticamente activa, y la cabeza sensitiva es de 12.6 x 1000mm.

## 5. CONCLUSIONES

1. El efecto de los árboles en el crecimiento del maíz se observó durante el estado vegetativo R1. Los menores espaciamientos entre árboles provocaron reducción del diámetro del tallo y aumento de la longitud entre nudos. También hubo una ligera reducción del área foliar y el peso de la biomasa, que disminuyó en estados posteriores.
2. Los componentes de la biomasa de la planta que más aportaron a la variación fueron el peso seco de las hojas, raíz e inflorescencia.
3. Los índices de eficiencia fotosintética indican que el maíz cultivado con árboles a 6x1, retrasan la acumulación de materia seca. También las plantas cercanas a los árboles son menos eficientes.
4. Independientemente del arreglo espacial entre árboles, el tallo del maíz es la estructura de la planta que sufre mayores modificaciones. Cuando se disminuye el espaciamiento entre árboles o cuando la planta de maíz se ubica cerca de la hilera de éstos, el diámetro del tallo disminuye y la longitud de los entrenudos aumenta.

5. La aparición de los cambios fenológicos en la planta de maíz no fue diferente al variar el espaciamiento entre árboles y la posición de la planta dentro del callejón.
6. La producción de biomasa vegetativa de maíz fue similar en los diferentes arreglos de árboles. Lo mismo ocurrió al comparar la posición de los surcos de maíz dentro del callejón de árboles. El cultivo en callejones no afectó la producción de biomasa.
7. El rendimiento de grano bueno fue similar en los arreglos 6x2, 6x3 y 6x4 (3.1 TM/ha). El testigo sin árboles y el arreglo 6x1 obtuvieron rendimientos menores (2.4 y 2.6 TM/ha respectivamente. El rendimiento de grano y la producción de biomasa de los surcos de maíz ubicados en el centro del callejón y los cercanos al árbol fue similar.
8. Los árboles del arreglo 6x1 tienen menor crecimiento del tocón y el diámetro de copa; también producen menos biomasa por árbol. El arreglo 6x3 obtuvo mejor crecimiento, mientras que en los árboles de 6x4 fue menor, es probable que ésto esté relacionado con la mayor producción de biomasa de cultivo cuando se asocia con árboles a 6x4m.
9. La interceptación solar fue mayor para los arreglos 6x1 y 6x2. La radiación interceptada se estimó en un 15% cuando el maíz terminó su etapa de crecimiento, y de un

40% al final del ciclo del cultivo. Una mejor estimación de la radiación interceptada se podría lograr utilizando instrumentos con mayor superficie sensitiva.

10. En general, el arreglo 6x1 no es recomendable para este sistema de cultivo. Aunque el crecimiento y la acumulación de biomasa por planta no fue estadísticamente diferente, el rendimiento de grano bueno sí disminuyó, lo cual significa que la competencia aumentó en la fase de llenado del grano.
11. El cultivo en callejones con maíz y Erythrina poeppigiana espaciamientos de 6x2, 6x3 y 6x4 es óptimo. El desempeño del cultivo fue mejor que en el testigo sin árboles. La posición del surco de maíz no tuvo mayor efecto en el crecimiento y rendimiento del cultivo.

## 6. LITERATURA CITADA

- AGUIRRE, V. 1971. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. IICA. Turrialba, C. R. Tesis Mag. Sc. Turrialba C.R. IICA/CTEI. 145p.
- ALAVEZ, L.S. 1986. Efecto de poró Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F. Cook, plantado en cuatro espaciamientos, sobre la producción de maíz (*Zea mays* L.) en un sistema de cultivo en franjas (alley cropping). Tesis Mag. Sc. Turrialba C.R. Programa Universidad de Costa Rica-CATIE. 87p.
- ASANUMA, K., NAKA, J.Y. TAMAKI, K. 1967. Effect of topping on the growth, the translocation and accumulation of carbohydrates in corn plants. Proc. Crop Sci. Soc. Japan. 36: 481-482.
- Citado por: TANAKA, A.; YAMAGUCHI, J. 1972. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano de maíz. Trad. por Josue Kohashi Shibata. Chapingo, México. Colegio de Posgraduados. 124p.
- BLACK, C. C. 1971. Ecological implications of dividing plants into Groups with distinct photosynthetic production capacities. Adv. Ecol. Res. 7, 87-114.
- BOGORAD, L. 1967. Fotosynthesis. In Plant Biology Today. (Ed. W. Jensen y L. Kavaljian). pp. 27-56. Wasworth Publishing Company Inc. California, 1967.
- BORCHERT, R. 1980. Phenology and ecophysiology of tropical trees. Erythrina poeppigiana O.F. Cook. Ecology (EEUU) 61(5): 1056-1074.
- BOREL, R. 1988. Agroforestería en el CATIE; actualidad y futuro. Agroforestería. No. 1. Enero 1988. CATIE, PPDAS. Turrialba, Costa Rica.

- BUDELMAN, A. 1987. The above-ground structural compatibility of *Flemingia macrophylla*, *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala* as live stakes for yams (*D. alata*). In Proceedings *Gliricidia sepium* (Jack) Walp. Management and Improvement. NFTA, CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp 82-91.
- BUDOWSKI, G. 1983. An attempt to quantify some current agroforestry practices in Costa Rica. In Consultative meeting: Plant Research in Agroforestry. (Nairobi 1981) Proceeding Ed. by Huxley, P. A. Nairobi, Kenya, ICRAF. pp 43-62.
- CANNELL, M.G.R. 1983. Plant population and yield of trees and herbaceous crops. In Plant Research and Agroforestry. (ed. P.A. Huxley). pp. 489-502, ICRAF, Nairobi.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1986. Final Report 1980-1985. (IFAD TA A-D GRANT) Departamento de Producción Vegetal. 155p.
- CORLETT, J.E.; ONG, C.K.; BLAK, C.R. 1987. Microclimatic modification in intercropping and alley cropping systems. In *Metereology and Agroforestry*. W.S. Reifsnyder and T.O. Darnhofer (Editores). ICRAF. Nairobi, Kenia. pp.419-430.
- DUGUMA, B.; KANG, B.T.; OKALI, D.U.U. 1988. Effects of prunings intensities of tree woody leguminous species growth in alley cropping with maize and cowpea on an alfisol. *Agroforestry Systems* 6: 19-35.
- DUNCAN, W.G.; HATEFIELD, A.L.; RAGLAND, J.L. 1965. The growth and yield of corn. 11. Daily growth of corn kernels. *Agronom. J.* 57: 221-223.
- DUNCAN, W.G. 1963. Maíz. In *Fisiología de los cultivos*. Ed.por L.T.Evans. Buenos Aires, Argentina. Hemisferio Sur. p. 27-57.
- ERIKSEN, F.I.; WHITNEY, A.S. 1981. Effect of light intensity on growth of tropical forage species. 1. Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. *Agronomy Journal* (EEUU) 73(3) 427-433.



- ESCOBAR, J.A.; MUÑOZ, J.E.; DE LA CRUZ, J.G. 1976. Intento metodológico para cuantificación de la estabilidad en genotipos de maíz (*Zea mays*) y el efecto de la precipitación durante el período de floración. Acta Agronómica.
- HEER, C. 1986. Validación de un modelo de crecimiento de maíz (*Zea mays* L.) en monocultivo y asociado con yuca (*Manihot esculenta* G.) en el trópico. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 179p.
- HESKETH, J. D.; MUSGRAVE, R. B. 1962. FOTOSYNTHESIS UNDER field conditions. IV. Hight Studies with individual corn leaves, *Crop. Sci.* 2:311-315.
- HOLDRIDGE, L.R. 1978. Ecología basada en Zonas de Vida. San José, C.R. IICA. 206 p.
- HOLDRIDGE, L.R. 1959. Ecological indications of the need for a new approach to tropical land use. *Ecom. Bot.* 13(4): 271-280
- HOYT, P. y BRADFIELD, R. 1962. Effect of varyng leaf area by partial defoliation and plant density on dry matter production in corn. *Agron. J.* 54: 523-525.
- INTERNATIONAL BENCHMARK SITES NETWORK FOR AGROTECHNOLOGY TRANSFER. 1986. Decision Support System for Agrotechnology Transfer. Crop model: Input and output files, version 1.0. IBSNAT, technical Report. No. 5.
- JACKSON, J.E. 1983. Light climate and crop-tree mixtures. *Plant Research and Agroforestry.* (ed. P.A. Huxley) 401-426. ICRAF, Nairobi.
- KANG, B.T.; WILSON, G.T.; SPIKENS, L. 1981. Alley cropping *Zea mays* and *Leucaena leucocephala* (Lamb) in Southern Nigeria. *Plant & Soil.* (Holanda) 63:165-179.

- KANG, B.T.; GRIME, H.; LAWSON, T.L. 1985. Alley cropping sequentially cropped maize and cowpea with Leucaena on a sandy soil in Southern Nigeria. *Plant & Soil*. (Holanda) 85 (267-277)
- KANG, B.T.; WILSON, G.F.; LAWSON, T.L. 1980. Alley cropping, a stable alternative to shifting cultivation. IITA. Technical Bulletin. No.7 Nigeria. 47p.
- KANG, B.T.; MULONGOY, K. 1987. Gliricidia sepium as a source of green manure in a alley cropping systems. In *Proceedings Gliricidia sepium* (Jack) Walp. Management and improvement. NFTA, CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp. 44-49.
- KASS D.C.L.; DIAZ-ROMEY, R. 1986. Effect of prunings of woody legumes on a nutrient losses in sustained crop production a Typic Humitropept. (Humic Cambisol) XIII Congress of the International Soil Science Society. Hamburgo, Alemania. Vol. 3:801-802.
- KASS, D.C.L.; RUSSO, R.O. QUINLAN, M.M. 1983. Leguminous trees as nitrogen sources for annual crops. *Agronomy Abstracts* (EEUU) 1983:45.
- KASS, D.C.L. 1986. Alley cropping of annual food crops with woody legumes in Costa Rica. In. *Proceedings "Advances in Agroforestry Research*. September 1-11; 1985. Turrialba C.R., CATIE. pp.197-208.
- KASS, D.L.; ARAYA, J.F. 1987. Alley cropping with Gliricidia sepium (Jack) Walp. on farmers fields in Costa Rica. In *Proceedings Gliricidia sepium* (Jack) Walp. Management and Improvement. NFTA, CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp 50-58.
- KASS, D.L.; 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 de maíz (Zea mays) In XXXIII Reunión anual del PCCMCA. Guatemala.

- KASS, D.L.; BARRANTES, A.; BERMUDEZ, W. 1989. Resultados de seis años de investigación de cultivo en callejones (alley cropping), en "La Montaña". Turrialba, Costa Rica. In: EL CHASQUI. Boletín informativo sobre recursos naturales renovables. CATIE. 19:5-24.
- KIRA, T.; KUMURA, A. 1983. Dry matter production and efficiency in various types of plant canopies. Plant Research and Agroforestry.. (ed.P.A. Huxley) 347-364. ICRAF, Nairobi.
- LACKEY, J.A. 1981. Phaseolae. In Advances in Legumes systematics. Ed. R.M. Polhill y P.A. Raven. Kew Royal Botanic Gardens. (G.B.) pp 301-327.
- LAFITTE, H.R. 1989. Identificación de los problemas de la producción de maíz. Guía de campo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México. 91p.
- LARCHER, W. 1983. Physiological plant ecology. Trad. by M.A. Biederman Thorson 2nd. ed. Springer - Verlag, Berlin. 157 p.
- LUDLOW, M. M.; WILSON, G. L. 1970. Photosynthesis of Tropical pasture plants. I. Illuminance, Carbon dioxide concentration, leaf temperature, and leaf - air vapour pressure difference. Aust. J. biol Sci. 24: 449-470.
- MACKLIN, B.; JAMA, B.; RESHID, K. 1988. Result alley cropping experiments with Leucaena leucocephala and Zea mays at the Kenya Coast. Leucaena Research Report. No.9. NFTA. Hawaii. U.S.A. pp 61-64.
- MAGALOHES, 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.
- MCCREE, K.J. 1972. The action spectrum absorption and quantum yield of photosynthesis in crops plants. Agric. Metereol. 9: 191-216.

- MCKEE, G.W. 1964. A coefficient for computing leaf in hybrid corn. *Agronomy Journal*. (EE.UU.) 56(2): 240-241.
- MONTEITH, J.L. 1977. Climate. In: *Ecophysiology of Tropical Crops*. (Ed. Paulo de T.Alvim y T.T. Kozlowski) pp.1-25. Academic Press, New York. 1977.
- MORALES G.; J.I. 1987. Comportamiento de seis cultivares de frijol soya (*Glycine max* L. Merr.), en el sistema maíz (*Zea mays* L ) + frijol soya, con sombra de maíz simulada. Tesis Mag. Sc. Turrialba C.R. Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 114p.
- 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.
- MOTT, G.O.; POPENOE, H.L. 1977. Grasslands . The Tropical environment and grasslands. In *Ecophysiology of Tropical Crops*. (Ed. Paulo de T.Alvim y T.T. Kozlowski) pp. 162-186. Academic Press, New York. 1977.
- NAIR, P.K.R. 1983. Agroforestry with coconuts and other tropical plantation crops. *Plant Research and Agroforestry*. (ed. P.A.Huxley):79-102. ICRAF, Nairobi.
- NAVARRO, L.A. 1986. Characteristics of farm producing basic grains in four areas of Central America/. In: *Proceedings "Advances in Agroforestry Research"* September 1-11,1985. Turrialba, C.R. CATIE. pp.309-320.
- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. 1987. *Producción. Anuario*. Roma, 1988. Colección FAO. Estadística 82:41. 353 p.
- RAGLAND, J.O., GROGAN, C.O., BENOT, G.L. 1965. The growth and yield of corn. 1. Microclimatic effects on the rate. *Agron. J.* 57: 217-220.
- RAMANUJAN, E.; JOS, J.S. 1984. Influence of light intensity on chlorophyll distribution and anatomical characters of cassava leaves. Turrialba (C.R.) 34(4):467-471.

- REYNOLDS, S.D. 1978. Evaluation of pasture grasses under coconuts in Western Samoa. *Tropical Grasslands (Australia)* 12:(3) 146-151.
- ROSS, J. 1981. The radiation regime and architecture of plant stands. Dr. W. Junk Publishers. The Hague.
- RUSSO, R.O. 1983. Efecto de la poda de Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F.Cook. sobre la nodulación, producción de biomasa y contenido de nitrógeno en el suelo de un sistema agroforestal café-poró. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 108p.
- SALAZAR, A.; PALMS; C.A. 1987. Screening of leguminous trees for alley cropping on acid soils on the humid tropics. In: Proceedings Gliricidia sepium (Jack) Walp. Management and improvement NFTA, CATIE. Turrialba, C.R. pp.61-67.
- SALISBURY, F.B. 1967. Translocation. The movement of dissolved substances in plants. In *Plant Biology Today*. (Ed. W. Jensen y L Kavaljian) pp. 70-91. Wadsworth Publishing Company Inc. California 1977.
- SANCHEZ, J.F. 1989. Análisis de la estabilidad y dinámica de sistemas de producción de cultivos en callejones. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. Programa de estudios de posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. CATIE. 174 p.
- SANCHEZ, P.A 1981. Suelos del trópico; características y manejo. San José, C.R. IICA. 64p.
- SANCHEZ, P.A. 1987. Soil productivity and sustainability in agroforestry systems - In *Agroforestry a decade of development*. (Ed. M.A. Steppeler y P. K. R. Nair) ICRAF, Nairobi.
- SHOCK, P.G.; 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.

- SSEKABEMBE, C.K. 1985. Perspectives on hedgerow intercropping. *Agroforestry Systems (Holanda)* 3:339-356.
- TANAKA, A.; YAMAGUCHI, J. 1972. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano de maíz. Trad. por Josue Kohashi Shibata. Chapingo, México. Colegio de Posgraduados. 124p.
- TIESZEN, L. L. 1983. Photosynthetic Systems: Implications for Agroforestry. In *Plant Research and Agroforestry*. (Ed. P. A. Huxley) 323-346. ICRAF, Nairobi.
- TORRES, F. 1983. Potencial contribution of *Leucaena* hedgerous intercropped with maize to the production of organic nitrogen and fuelwood in the lowland humid tropics. *Agroforestry Systems (Holanda)* 1:323-333.
- VERINUMBE, I.; OKALI, D.U. 1985. The influence of coppiced teak (*Tectona grandis* L.F.) regrowth and roots on intercropped maize (*Zea mays*). *Agroforestry systems*. 3:381-386.
- VICENTE-CHANDLER, J.; ABRUÑA, F.; SILVA, S. A. 1966. Effect of shade trees on yields of five crops in the humid mountain region of Puerto Rico. (P.R.) 50(3) 218-225.
- WRIGHT, W. 1976. *Introduction to forest genetic*. New York. U.S.A. Academic Press. pp.445.
- YAMOAH, C.F.; AGBOOLA, A.A.; WILSON, G.F. 1986. Nutrient contribution and maize performance in alley cropping systems. *Agroforestry Systems*. 4:247-254.
- YAMOAH, C.F.; AGBOOLA, A.A.; WILSON, G.F. MULONGOY, K. 1986. Soil properties as affected by the use of leguminous shrubs for alley cropping with maize. *Agric. Ecosystems Envir.* 18: 167-177.
- YAMOAH, C.F.; AGBOOLA, A.; MULONGOY, K. 1986. Decomposition, nitrogen release and weed control by prunnings of selected alley cropping shrubs. *Agroforestry Systems (Holanda)* 3:238-245.

ZELAYA, B.D. 1986. Simulación de sombreamiento de maíz con mallas y análisis de interacciones subterráneas de cultivos intercalados con maíz (Zea mays) Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. Programa U.C.R.-CATIE. 99p. (sin publicar).

A N E X O S



Cuadro 1A. Resumen acumulado de datos meteorológicos hasta 1989. Estación meteorológica del CATIE. Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales. Turrialba, 1990.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Promedio
Temperatura (C)														
Promedio de máximas	25.20	25.48	26.34	26.89	27.66	27.35	26.68	26.93	27.27	27.01	26.06	25.37	318.24	26.52
Promedio de mínimas	16.47	16.56	17.17	18.11	18.83	18.94	18.59	18.57	18.57	18.53	18.21	17.12	215.67	17.97
Media	20.31	20.46	21.24	21.61	22.45	22.27	21.85	21.88	22.03	21.90	21.43	20.62	258.05	21.50
Máxima absoluta	29.9	30.5	31.8	31.5	31.6	31.0	31.5	30.0	30.0	31.0	32.0	29.0	369.80	30.82
Mínima absoluta	11.7	11.5	11.6	13.2	14.2	16.2	15.1	15.7	15.6	15.0	13.7	10.6	164.10	13.68
Precipitación (mm)														
Total mensual	175	133	82	130	229	275	275	251	259	255	268	298	2630.00	219.17
Días de 0.1 mm o más	18	15	14	15	23	25	26	25	23	24	22	21	251.00	20.92
Máxima en 24 horas	242.4	247.5	175.5	287.9	76.4	85.5	114.9	126.7	110.5	143.5	150.3	288.3	2049.40	170.78
Brillo solar (h)														
Total mensual	147	141	162	153	151	125	116	132	134	146	130	129	1666.00	138.83
Radiación solar (cal/cm <sup>2</sup> )														
Total mensual	12144	11967	14504	13369	14037	12138	11730	12764	12966	13128	11087	11019	150853.00	12571.08
Humedad relativa (%)														
Promedio mensual	87.29	86.62	85.21	85.73	87.12	89.12	89.22	89.01	88.58	88.96	89.77	88.67	1055.30	87.94
Evaporación														
Taque A:														
Total mensual (mm)	88	91	120	115	113	92	85	92	97	98	81	78	1150.00	95.83
Piche (sombra)														
Total mensual (ml)	56	56	69	67	62	49	47	49	50	49	45	48	647.00	53.92
Viento (km/h):														
Promedio mensual	2.73	3.04	3.30	3.00	2.92	2.49	2.48	2.53	2.53	2.48	2.48	2.48	32.46	2.71
Observaciones en el período:	Temperatura 1968-1989 (22 años) Humedad relativa 1968-1989 (22 años) Precipitación 1949-1989 (41 años) Evaporación Tanque A 1968-1989 (22 años) Brillo solar 1968-1989 (22 años) Evaporación Piche 1968-1989 (22 años)													

Cuadro 2A. Datos meteorológicos mensuales para 1989. Estación meteorológica del CATIE.  
Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales. Turrialba, 1990.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	Promedio
Temperatura (C)														
Promedio de máximas	25.91	25.05	25.96	26.91	27.60	27.12	26.79	28.01	27.74	27.72	26.90	25.77	321.48	26.79
Promedio de mínimas	16.60	15.20	16.24	18.09	18.43	18.79	18.46	18.50	18.57	18.01	18.79	17.00	212.68	17.72
Medía	20.26	19.55	20.62	21.72	22.13	21.99	21.75	22.18	22.09	21.85	21.97	20.55	256.66	21.39
Máxima absoluta	27.5	27.6	28.5	29.0	29.8	29.4	28.8	29.8	29.8	29.2	28.6	28.2	346.20	28.85
Mínima absoluta	12.8	11.6	14.0	15.0	16.2	16.8	15.8	16.6	17.4	15.2	16.5	13.5	181.40	15.12
Precipitación (mm)														
Total mensual	114	118	70	111	246	160	262	210	315	242	237	182	2267.00	188.92
Días de 0.1 mm o más	24	14	13	13	22	25	27	23	23	20	21	18	243.00	20.25
Máxima en 24 horas	50.4	31.1	27.0	27.3	60.1	25.2	74.2	34.3	66.7	39.5	99.8	47.7	583.30	48.61
Brillo solar (h)														
Total mensual	142	128	193	152	152	106	116	156	125	153	129	141	1693.00	141.08
Radiación solar (cal/cm2)														
Total mensual	10356	9984	14320	11796	12239	9871	10016	12705	11040	12245	9444	10803	134821.00	11235.00
Humedad relativa (%)														
Promedio mensual	89.17	86.83	85.27	88.43	89.52	91.58	91.58	89.20	90.13	90.01	91.22	89.99	1072.93	89.41
Promedio mínimas	59.65	57.29	56.71	59.54	60.23	64.80	65.84	58.49	60.54	58.68	63.97	61.78	727.52	60.63
Evaporación														
Taques A:														
Total mensual (mm)	79	85	125	105	105	82	80	123	93	103	74	86	1140.00	95.00
Piche (sombra)														
Total mensual (m)	57	59	78	65	65	46	48	57	53	56	45	55	684.00	57.00
Viento (km/h):														
Promedio mensual	2.51	2.72	3.14	3.03	2.64	2.35	2.35	2.73	2.68	2.90	2.50	3.03	32.58	2.72

Lat. 9°53'N, Long. 83°38'O  
Elevación: 602 msnm

Cuadro 3A. Análisis químico para el suelo de cada una de las parcelas experimentales del cultivo en callejones, considerando dos profundidades. Turrialba, 1990.

R	T	Pr.	pH	M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Ac.E.	Cu	Zn	Mn
				mg/g	ug/ml	cmol(+) Kg <sup>-1</sup> de suelo			ug/ml suelo				
1	6X1	1	4.5	74.4	3.8	18.8	0.49	6.82	3.11	0.80	11.9	4.0	10
1	6X1	2	4.6	73.7	2.0	17.7	1.40	6.67	3.51	0.55	13.9	13.7	8
1	6X2	1	4.8	61.6	3.6	12.2	0.67	7.30	3.00	0.55	12.4	3.9	6
1	6X2	2	4.8	28.8	1.8	9.30	0.53	5.69	3.32	1.00	13.1	3.7	5
1	6X3	1	4.8	42.2	2.8	10.7	1.26	6.28	3.12	0.60	12.4	2.6	15
1	6X3	2	4.8	34.1	1.2	8.90	0.90	5.95	3.21	0.85	12.0	2.3	10
1	6X4	1	5.0	67.0	2.3	7.00	0.96	6.42	2.70	0.80	9.1	2.8	7
1	6X4	2	5.0	42.9	2.2	7.50	1.21	6.14	3.04	0.60	10.7	3.1	7
1	T	1	5.5	57.6	1.5	11.8	0.89	7.36	3.01	0.60	16.6	3.8	10
1	T	2	5.1	33.5	1.2	12.1	0.80	6.16	3.04	1.10	13.2	2.9	7
2	6X1	1	5.0	61.6	1.8	19.5	0.95	5.60	2.81	1.00	14.6	3.9	10
2	6X1	2	4.9	24.8	0.9	7.90	0.56	5.54	2.94	1.55	11.5	2.1	5
2	6X2	1	5.0	73.7	2.4	14.8	0.89	5.27	2.36	1.05	12.4	3.6	11
2	6X2	2	5.0	38.8	2.3	8.3	1.29	4.88	2.49	0.90	12.2	2.3	11
2	6X3	1	5.1	48.2	1.6	11.0	0.78	5.42	2.85	1.05	12.7	2.7	14
2	6X3	2	5.0	24.8	5.2	8.2	0.54	5.21	3.26	1.10	11.8	1.8	10
2	6X4	1	5.0	62.9	2.7	18.7	0.84	5.05	2.00	0.85	15.2	5.3	11
2	6X4	2	4.9	32.8	0.4	8.4	0.62	4.03	1.84	1.30	12.0	4.4	7
2	T	1	5.1	75.0	3.7	14.2	0.94	6.40	2.41	0.90	0.0	5.5	17
2	T	2	5.1	48.2	1.8	13.1	0.70	5.45	2.15	1.35	0.0	5.3	14
3	6X1	1	5.1	13.4	3.0	22.3	1.05	6.71	2.95	0.90	1.2	2.6	10
3	6X1	2	5.5	30.1	0.7	14.5	0.63	7.52	3.11	0.65	1.4	3.5	4
3	6X2	1	5.2	42.2	2.2	27.7	1.01	6.86	3.20	0.80	0.0	2.8	17
3	6X2	2	5.3	10.7	1.4	14.6	0.54	6.96	3.72	0.60	0.0	3.1	11
3	6X3	1	5.0	43.5	2.7	16.9	0.97	6.18	2.55	0.80	0.0	3.8	15
3	6X3	2	5.4	19.4	1.3	9.8	0.76	6.02	3.05	0.90	0.0	3.2	9
3	6X4	1	5.2	58.9	3.6	16.2	1.04	6.64	2.91	0.70	0.0	4.0	12
3	6X4	2	5.2	39.5	2.6	10.8	0.87	7.15	3.47	0.65	0.0	3.5	15
3	T	1	4.0	41.5	2.8	12.0	0.64	7.43	2.76	0.65	9.0	2.1	11
3	T	2	4.4	16.7	1.3	9.4	0.72	6.44	2.38	0.40	9.5	2.0	4

R= Repetición

T= Tratamiento

Pr.= Profundidad

1= 0 a 30 cm.

2= 30 a 60 cm

Cuadro 4A. Metodologías para determinar los contenidos de nutrimentos, pH y MO de suelos y contenidos de nutrimentos de tejido vegetal, utilizada por el Laboratorio de Suelos del CATIE. Turrialba, 1990.

S U E L O S

Parámetro	Método	Lectura	Referencia
pH 1:2,5	H <sub>2</sub> O	Potenciómetro	Díaz Romeu y Hunter, 1978
MO	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Sal de Mohr	Titulación	Saiz del Río y Bornemisza, 1962
N	Semi-micro Kjeldahl	Titulación	Díaz-Romeu, 1977
P	Olsen modificado	Colorimetría	Díaz-Romeu y Hunter, 1978
K Cu Zn Mn	Olsen modificado	Absorción atómica	Díaz Romeu y Hunter, 1978
Ca Y Mg	KCl 1N	Absorción atómica	Díaz Romeu y Hunter, 1978
T E J I D O V E G E T A L			
N	Micro Kjeldahl	Titulación	Muller, 1961
P	Digestión nítrico perclórica	Colorimetría	Johnson y Ulrich, 1967
K Ca Mg Cu Mn Zn	Digestión Nítrico perclórica	Absorción atómica	Johnson y Ulrich, 1967

Cuadro 5A. Promedios del efecto de espaciamento y posición en el crecimiento (altura planta, área foliar, diámetro tallo) y producción de biomasa de maíz durante el estado vegetativo V6 (24 dds). Turrialba, 1990.

Espac.	ALTURA PLANTA (cm)						AREA FOLIAR (dm <sup>2</sup> /pl)						
	Posi	1	2	3	4	5	PROM	1	2	3	4	5	PROM
6X1		33.83	31.50	35.00	28.66	25.30	30.86	5.27	4.98	6.92	4.76	4.91	5.36
6X2		35.30	33.16	35.50	31.66	27.83	32.69	2.47	5.06	6.36	5.65	3.98	4.70
6X3		35.00	28.83	27.30	28.80	24.50	28.89	5.17	4.89	5.38	5.06	3.55	4.81
6X4		33.83	27.83	34.30	32.80	34.50	32.65	5.05	5.14	6.09	6.39	7.63	6.06
F		28.60	34.00	24.60	30.60	29.80	29.52	5.91	5.79	4.34	6.08	6.19	5.66
PROM *		34.49	30.33	33.03	30.48	28.03	31.27	4.49	5.01	6.18	5.46	50.1	5.23

Espac.	DIAMETRO TALLO (cm)						BIOMASA (g/pl)						
	Posi	1	2	3	4	5	PROM	1	2	3	4	5	PROM
6X1		1.00	0.90	1.13	1.13	1.03	1.04	3.08	2.78	4.06	2.85	2.85	3.12
6X2		0.92	0.92	1.10	1.06	1.05	1.01	2.90	2.63	3.48	3.17	2.35	2.91
6X3		0.95	0.90	0.90	0.96	0.81	0.90	3.34	2.65	2.98	2.97	2.12	2.81
6X4		1.01	0.96	1.03	1.05	1.16	1.04	2.92	2.99	3.16	3.41	4.30	3.36
F		1.00	0.93	0.81	1.00	0.93	0.93	3.25	2.98	2.57	3.13	3.43	3.07
PROM		0.97	0.92	1.04	1.05	1.01	1.00	3.06	2.76	3.42	3.10	2.91	3.05

\* Los promedios por posición no consideran el tratamiento sin árboles (F).

Cuadro 6 A. Promedios del efecto de espaciamiento y posición en el crecimiento (altura planta, área foliar, longitud entre nudos y diámetro tallo) y producción de biomasa de maíz durante el estado vegetativo R1 (65 dds). Turrialba, 1990.

Espac.	ALTURA PLANTA (cm)					AREA FOLIAR (dm <sup>2</sup> /pl)					DIAMETRO TALLO (cm)							
	1	2	3	4	5	PROM.	1	2	3	4	5	PROM.	1	2	3	4	5	PROM.
6X1	194.00	196.60	202.60	168.00	165.00	185.24	44.5	54.6	53.6	53.1	43.2	49.84	1.06	1.50	1.58	1.40	1.42	1.39
6X2	209.00	218.60	222.80	189.50	219.80	211.94	49.0	50.9	58.6	54.2	60.9	54.77	1.43	1.60	1.78	1.51	1.70	1.60
6X3	218.30	188.50	236.50	226.10	214.00	216.68	63.6	51.6	72.6	65.5	57.8	62.26	1.83	1.61	1.85	1.82	1.72	1.77
6X4	217.00	219.30	214.16	233.16	238.50	224.42	65.1	57.5	61.2	58.9	65.5	61.68	1.70	1.72	1.77	1.73	1.80	1.74
F	192.80	196.16	201.00	200.50	201.60	198.41	47.8	43.5	71.0	51.3	55.4	53.84	1.68	1.48	1.60	1.66	1.80	1.64
PROM. *	209.58	205.75	219.02	204.19	209.33	207.34	55.5	53.6	61.5	58.0	56.8	57.14	1.50	1.61	1.75	1.62	1.66	1.63

Espac.	BIOMASA (g/pl)					LONGITUD ENTRE NUDOS (cm)						
	1	2	3	4	5	PROM.	1	2	3	4	5	PROM.
6X1	66.80	93.00	106.90	86.60	78.40	86.34	14.90	14.00	14.50	12.00	11.90	13.46
6X2	74.39	88.20	110.50	96.80	115.70	97.12	16.70	16.80	16.00	15.15	16.23	16.18
6X3	132.40	109.00	138.30	136.00	108.50	124.84	16.64	14.45	16.15	14.82	14.00	15.21
6X4	124.60	111.15	138.00	125.70	131.90	126.27	15.50	17.20	15.30	17.90	17.94	16.77
F	92.70	91.40	97.60	106.60	118.40	101.34	13.96	14.17	12.38	15.32	15.32	14.23
PROM. *	99.55	100.34	123.43	111.27	108.63	108.64	15.94	15.61	15.49	14.97	15.02	15.17

\* Los promedios por posición no consideran el tratamiento sin árboles (F).

Cuadro 7A. Promedios del efecto de espaciamiento y posición en el crecimiento (altura planta, área foliar, diámetro tallo), producción de biomasa de maíz y número de granos por planta durante el estado reproductivo R4 (90 dds). Turrialba, 1990.

Espac.	ALTURA PLANTA (cm)					ÁREA FOLIAR (dm <sup>2</sup> /pl)					DIÁMETRO TALLO (cm)							
	1	2	3	4	5	PROM	1	2	3	4	5	PROM	1	2	3	4	5	PROM
6X1	209.80	204.80	209.10	199.00	189.50	2.02	33.18	33.07	33.97	35.31	23.56	31.81	1.58	1.63	1.60	1.63	1.60	1.61
6X2	205.00	241.80	232.00	226.00	222.00	2.25	35.32	39.71	38.24	48.99	37.36	39.92	1.38	1.36	1.75	1.70	1.63	1.56
6X3	197.30	220.30	212.80	219.30	203.10	2.11	28.96	40.37	29.17	26.87	25.02	30.07	1.45	1.73	1.57	1.50	1.47	1.54
6X4	207.50	229.50	236.00	224.30	240.00	2.27	41.35	36.02	37.23	41.13	34.05	37.95	1.63	1.65	1.67	1.85	1.51	1.66
F	194.00	193.00	188.30	193.00	197.60	1.93	25.18	30.23	25.48	26.96	24.92	26.55	1.41	1.73	1.62	1.80	1.56	1.62
PROM *	204.90	224.10	222.48	217.15	213.65	2.12	34.70	37.29	34.65	38.07	29.99	34.94	1.51	1.59	1.65	1.67	1.55	1.59

Espac.	BIOMASA (g/pl)					LONGITUD NUDO (cm)					NUMERO GRANO							
	1	2	3	4	5	PROM	1	2	3	4	5	PROM	1	2	3	4	5	PROM.
6X1	14.72	150.00	166.00	171.00	185.00	137.34	12.00	15.40	15.30	15.16	13.52	14.28	413.00	343.00	317.00	411.00	353.00	367.40
6X2	117.20	162.00	188.30	185.30	186.00	167.76	16.23	16.81	15.89	15.45	15.66	16.01	297.00	420.00	414.00	342.00	248.00	344.20
6X3	134.50	192.50	154.60	136.40	121.80	147.96	15.35	15.25	15.73	15.31	15.04	15.34	200.00	449.00	406.00	283.00	293.00	326.20
6X4	213.30	175.60	183.90	218.50	183.40	194.94	15.80	16.06	16.02	15.80	16.74	16.08	422.00	383.00	334.00	447.00	381.00	393.40
F	125.30	180.90	134.00	134.50	135.90	142.12	13.95	13.53	13.93	14.26	14.00	13.93	244.00	309.00	85.80	304.00	231.00	234.76
PROM	119.93	170.03	173.20	177.80	169.05	162.00	14.85	15.88	15.74	15.43	15.24	15.43	333.00	398.75	367.75	370.75	318.75	357.80

\* Los promedios por posición no consideran el tratamiento sin árboles (F).

Cuadro 8A. Promedios del efecto de espaciamiento y posición en el crecimiento (altura planta, área foliar, diámetro tallo, longitud entre nudos), producción de biomasa de maíz y número de granos por planta durante el estado vegetativo R7 (120 dds). Turrialba, 1990.

Espac.	BIOMASA (g/pl)					AREA FOLIAR (dm <sup>2</sup> /pl)					DIAMETRO TALLO (cm)							
	1	2	3	4	5	PROM	1	2	3	4	5	PROM	1	2	3	4	5	PROM
6X1	114.00	104.00	150.00	152.00	170.00	138.00	2.30	6.45	1.98	1.26	0.00	2.39	1.66	1.45	1.63	1.88	1.71	1.67
6X2	136.00	141.00	136.00	144.00	155.00	142.40	0.26	2.47	4.93	8.08	2.38	3.62	1.58	1.63	1.66	1.60	1.65	1.62
6X3	116.00	152.00	237.00	167.00	146.00	163.60	5.24	2.87	6.01	7.37	2.47	4.79	1.50	1.70	1.81	1.85	1.71	1.71
6X4	181.00	125.00	145.00	170.00	149.00	154.00	7.17	0.49	2.01	0	3.96	2.72	1.90	1.80	1.73	1.85	1.71	1.80
F	145.00	159.00	162.00	156.00	141.00	152.60	6.25	1.98	0.56	5.48	6.16	4.08	1.71	1.88	1.86	1.71	1.66	1.76
PROM *	136.75	130.50	167.00	158.25	155.00	149.50	3.74	3.07	3.73	4.17	2.20	3.38	1.66	1.65	1.71	1.80	1.70	1.70

Espac.	ALTURA PLANTA (cm)					LONGITUD NUDO (cm)					NUMERO GRANO							
	1	2	3	4	5	PROM	1	2	3	4	5	PROM	1	2	3	4	5	PROM
6X1	2.19	2.05	2.11	1.97	2.31	2.12	14.67	13.90	15.78	14.66	16.10	15.02	314.70	263.70	361.50	390.70	322.20	330.56
6X2	2.25	2.06	1.94	2.07	2.14	2.09	16.14	14.68	15.47	15.15	15.30	15.35	427.20	304.70	274.00	385.50	415.00	361.28
6X3	2.06	2.49	2.19	2.19	2.15	2.21	16.36	16.84	15.26	15.55	15.41	15.88	322.00	391.00	429.00	446.00	468.00	411.20
6X4	2.19	2.07	2.06	2.12	2.01	2.09	17.11	15.22	15.20	15.15	14.78	15.49	456.00	360.00	365.00	415.00	381.70	395.54
F	2.06	2.07	2.03	2.09	2.10	2.07	14.35	14.66	14.84	14.72	14.13	14.54	297.70	429.16	264.70	288.00	231.80	302.27
PROM	2.17	2.16	2.07	2.08	2.15	2.13	16.07	15.16	15.43	15.13	15.40	15.44	379.98	329.85	357.38	409.30	396.72	374.65

\* Los promedios por posición no consideran el tratamiento sin árboles (F).



Cuadro 9A. Porcentaje de variación de la raíz característica del componente principal, para efecto de espaciamiento, posición y espaciamiento x posición en los componentes de la biomasa del maíz a los 24, 65, 90 y 120 dds. Turrialba, 1990.

F.V	% Var. Comp. Princip	vector característico para variables de biomasa							
		Tallo	Hoja	Flor	Tuza	Olote	Grano	Vaina	Raíz
(24dds).									
ESP	68.84	-0.58	-5.9	---	---	---	---	18.85	1.61
POS	49.71	8.07	-2.3	---	---	---	---	3.24	1.29
ESP X POS	41.55	-1.96	-0.18	---	---	---	---	0.02	0.96
(65dds).									
ESP	75.83	0.011	0.24	0.59	0.15	-0.03	---	-0.54	-0.16
POS	72.09	0.01	0.21	-0.74	-0.6	1.94	---	0.25	0.06
ESP X POS	45.41	-0.014	-0.02	0.14	-0.03	0.19	---	0.04	0.06
(90 dds)									
ESP	99.42	0.59	-3.19	-6.75	1.64	2.6	-0.44	2.66	-5.64
POS	77.63	0.02	0.62	1.52	-0.08	-0.06	0.02	-1.01	-0.19
ESP X 0.0036 POS	34.48	-0.009	0.017	0.13	0.0009	-0.07	0.009	0.001	
(120 dds)									
ESP 1.05	90.94	0.024	-1.5	1.16	0.13	0.02	0.02	0.25	
POS	99.96	1.42	-2.75	27	3.89	9.83	-1.38	-21.77	18.4
ESP X 0.08 POS	41.82	$7 \times 10^{-5}$	-0.014	0.23	-0.006	-0.006	0.003	0.025	

dds = Días después de la siembra.

P.S = Peso Seco

Cuadro 10A. Promedios de los componentes de la biomasa\* que mostraron diferencias estadísticas a los 90 y 120 días, según efecto de espaciamiento y posición\*\*. Turrialba, 1990.

dds	ESPACIAMIENTO				POSICION			
	ESP.	INF.	RAIZ	HOJA	POS.	VAINA	RAIZ	OLOTE
90	6x1	4.27	7.84	31.42	1	---	---	---
90	6x2	5.06	7.94	32.42	2	---	---	---
90	6x3	4.14	5.8	29.58	3	---	---	---
90	6x4	4.7	8.93	36.75	4	---	---	---
90	F	3.98	7.43	28	5	---	---	---
120	6x1	2.62	6.83	25.7	1	16.05	6.61	17.96
120	6x2	2.85	6.53	25.0	2	16.53	6.73	17.11
120	6x3	2.95	7.98	28.98	3	18.67	7.39	19.7
120	6x4	3.08	7.19	29.93	4	19.1	8.02	21.03
120	F	3.45	7.7	30.26	5	18.84	7.5	18.6

\* g/planta (peso seco)

\*\* Agrupa los surcos de maíz en dos posiciones

INF. = Inflorescencia

Cuadro 11A. Promedios según efecto de posición para las variables de crecimiento del maíz a los 24, 65, 90 y 120 días después de la siembra. Turrialba, 1990.

Edad del cultivo (1)	Posición (2)	Area foliar (cm <sup>2</sup> /pl)	Altura planta (cm)	Diámetro tallo (cm)	Biomasa (g/pl)	Long. entre nudos (cm)	Número granos (por plt.)
24	1	528	32.2	0.95	2.95	—	—
	2	543	29.5	1.02	3.06	—	—
65	1	5285	205	1.56	98	15.45	—
	2	5663	206	1.66	110.5	15.06	—
90	1	3434	210	1.56	160	15.42	348
	2	3242	211	1.63	165	15.08	329
120	1	355	215	1.68	138	15.4	357
	2	372	212	1.74	155	15.1	375

(1) días después de la siembra.

(2) 1 = plantas de maíz ubicadas entre 0.75 y 1.25 metros del árbol.

2 = plantas de maíz ubicadas entre 2.25 y 2.75 metros del árbol.

Cuadro 12A. Índice de área foliar (IAF), razón de área foliar (RAF), índice de crecimiento relativo (ICR) e índice de asimilación neta (IAN) a los 24, 65, 90 y 120 días después de la siembra, según posición de las plantas de maíz en el callejón de árboles. Turrialba, 1990.

Edad del cultivo	Posic. (2)	IAF ( $\text{dm}^2/\text{dm}^2$ )	RAF (%)	ICR (g/g/día)	IAN ( $\text{g}/\text{cm}^2/\text{día}$ )
24	1	0.21	176	0.061	0.0021
	2	0.22	177	0.063	0.0021
65	1	2.11	56	0.085	0.0011
	2	2.26	54.4	0.086	0.0011
90	1	1.37	18.6	0.023	0.0008
	2	1.30	16.5	0.021	0.0008
120	1	0.14	1.9	0.007	0.00009
	2	0.15	1.5	0.009	0.003

(1) días después de la siembra.

(2) 1 = plantas de maíz ubicadas entre 0.75 y 1.25 metros del árbol.

2 = plantas de maíz ubicadas entre 2.25 y 2.75 metros del árbol.

Cuadro 13A. Días a la aparición de estados fenológicos del maíz, utilizando dos posiciones (cerca y lejos) del surco de maíz, con respecto al árbol. Turrialba, 1990.

TRAT	POS	Ve	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	VT	R1	R2	R3	R4	R5	R6	
6X1	CERCA	6	9.6	12.0	14.5	18.2	23.1	27.5	32.2	37.1	41.6	46.2	49.9	53.1	55.8	57.7	59.7	62.0	63.1	63.0	63.1	.	.	65.6	68.1	76.7	82.0	88.3	96.6	109.7	
6X1	LEJOS	6	9.6	11.8	14.1	17.6	21.8	26.2	30.5	34.7	39.2	44.0	47.3	50.6	53.5	56.5	59.0	60.5	62.6	64.0	66.1	.	.	66.3	68.6	76.7	81.3	86.8	95.0	108.5	
6X2	CERCA	6	9.8	12.0	14.4	18.2	22.5	26.1	30.5	34.9	39.5	44.2	47.7	51.1	54.1	56.6	58.2	60.0	61.9	62.7	63.3	.	.	64.1	66.2	76.0	81.6	87.8	96.2	108.0	
6X2	LEJOS	6	9.5	11.8	13.8	17.7	21.5	26.0	30.5	34.3	38.9	43.4	47.5	50.5	53.6	56.1	58.2	59.6	61.0	62.8	63.8	.	.	63.1	64.5	75.8	80.9	86.2	95.0	108.5	
6X3	CERCA	6	9.6	12.0	14.1	17.9	22.0	26.4	30.6	34.7	39.1	44.1	47.9	51.1	53.6	56.0	58.5	60.0	61.0	62.4	64.2	66.2	.	.	64.0	66.5	76.4	80.8	87.1	95.2	109.2
6X3	LEJOS	6	9.6	12.1	14.6	18.3	21.8	26.1	30.1	34.2	39.0	43.6	47.6	50.5	53.5	55.7	58.0	60.1	61.6	63.1	63.9	.	.	64.4	64.8	74.6	80.0	86.4	94.4	109.2	
6X4	CERCA	6	9.6	11.8	13.8	16.6	20.7	24.8	28.8	32.8	37.1	41.7	45.5	49.2	52.1	54.7	57.1	58.9	60.7	61.8	62.6	62.7	.	.	63.2	64.7	75.8	80.5	86.3	95.7	109.7
6X4	LEJOS	6	9.5	11.6	13.8	17.9	20.8	26.0	29.8	33.8	38.2	42.7	46.8	50.1	53.0	55.2	57.5	59.2	60.9	62.2	63.1	65.2	.	.	63.8	65.8	77.1	82.0	87.8	95.7	108.3
F	CERCA	6	9.0	11.4	13.5	17.0	20.5	24.3	28.7	32.8	37.0	41.0	45.0	48.6	51.3	54.2	56.4	58.5	59.9	61.4	62.0	62.7	.	.	63.1	65.1	76.1	81.3	86.7	109.0	
F	LEJOS	6	9.5	11.7	14.0	17.6	20.8	24.5	28.6	32.6	36.8	42.0	45.9	49.9	53.0	55.5	57.5	59.5	61.0	63.0	64.0	64.7	64.765.2	66.9	77.2	82.0	87.8	96.3	109.2		

Cuadro 14A. Días promedio a la aparición de estados fenológicos del maíz, utilizando cinco posiciones del surco de maíz, con respecto al árbol. Turrialba, 1990.

TRAT	POS.	VE	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	VT	R1	R2	R3	R4	R5	R6
6X1	POS1	6	9.7	11.9	14.4	18.2	22.9	27.7	32.2	36.7	40.9	45.6	49.3	52.5	55.5	57.5	59.4	61.8	62.7	63.5	62.7	.	.	66.0	67.9	76.5	82.3	88.5	96.7	110.3
6X1	POS2	6	9.5	12.1	14.6	18.1	23.3	27.3	32.1	37.5	42.3	46.8	50.5	53.8	56.1	57.8	60.0	62.1	63.5	62.6	63.5	62.0	.	65.3	68.3	77.0	81.8	88.1	96.5	109.2
6X1	POS3	6	9.5	11.8	13.8	16.8	20.5	25.0	29.3	33.5	38.5	43.3	47.8	51.6	54.8	57.1	59.1	60.3	61.0	61.8	61.0	.	62.8	64.5	75.7	80.0	86.0	95.0	109.9	
6X1	POS4	6	9.6	11.6	13.5	16.8	20.8	25.0	29.1	32.8	37.3	42.3	45.6	49.3	52.1	55.3	57.6	59.8	61.5	62.6	63.8	.	63.8	69.6	77.6	81.7	86.5	95.3	108.4	
6X1	POS5	6	9.6	12.0	14.8	18.5	22.8	27.5	32.0	36.6	41.1	45.6	49.0	52.0	55.0	57.6	60.3	61.5	63.8	65.5	68.5	69.5	70.2	68.8	67.6	75.7	80.9	87.1	94.7	108.6
6X2	POS1	6	9.8	12.0	14.0	17.6	21.8	25.6	30.1	33.8	38.1	43.0	46.6	50.1	52.8	55.1	56.6	58.5	60.8	61.8	62.7	.	62.6	65.1	76.1	81.8	87.8	96.0	108.5	
6X2	POS2	6	9.8	12.0	14.8	18.8	23.1	26.6	31.0	36.0	40.8	45.5	48.8	52.1	55.5	58.1	59.8	61.5	63.0	63.6	64.0	64.7	.	65.6	67.2	75.8	81.5	87.8	96.5	107.6
6X2	POS3	6	9.8	11.9	14.3	17.6	21.4	26.0	30.7	35.0	38.8	43.5	47.0	50.3	52.5	54.6	56.4	58.4	61.0	62.0	64.2	65.0	.	63.4	63.4	76.1	81.3	88.0	95.1	108.0
6X2	POS4	6	9.3	11.8	13.8	17.8	21.6	26.1	30.6	34.5	39.3	44.0	47.8	50.8	54.3	56.6	58.3	59.8	61.6	63.5	64.0	.	63.1	64.8	75.6	81.0	86.5	94.8	108.1	
6X2	POS5	6	9.8	11.8	13.8	17.6	21.3	26.0	30.3	34.1	38.5	42.8	47.3	50.1	53.0	55.6	58.1	59.5	60.5	62.1	63.6	.	63.1	64.3	76.0	80.8	86.0	95.3	109.0	
6X3	POS1	6	9.6	12.0	14.0	17.6	22.0	26.5	31.0	35.3	40.0	45.1	49.0	51.8	54.5	56.8	59.1	60.6	61.4	62.5	64.7	65.0	.	64.0	66.6	75.3	80.5	86.8	95.1	110.3
6X3	POS2	6	9.6	12.0	14.0	17.6	22.1	26.3	30.3	34.1	38.3	43.1	46.8	50.5	52.8	55.3	57.8	59.5	60.6	62.3	63.8	67.5	.	64.1	66.5	77.5	81.2	87.5	95.3	108.1
6X3	POS3	6	9.3	11.6	14.3	18.1	21.1	26.0	29.6	33.6	37.3	41.8	45.6	49.5	52.5	54.5	56.8	58.8	60.5	61.8	62.9	60.5	.	62.6	66.0	75.5	79.8	85.9	94.1	108.5
6X3	POS4	6	9.6	12.5	15.0	18.1	21.6	25.8	29.8	33.6	38.8	43.0	47.1	50.3	53.5	55.6	57.8	60.0	61.3	63.1	64.8	65.1	.	65.1	65.4	75.0	79.8	86.0	94.6	109.3
6X3	POS5	6	9.6	11.8	14.3	18.5	22.0	26.5	30.5	34.8	39.3	44.3	48.1	50.6	53.5	55.8	58.1	60.3	62.0	63.1	63.0	.	63.6	64.3	74.3	80.3	86.8	94.1	109.1	
6X4	POS1	6	9.6	11.8	13.8	16.5	20.7	25.1	28.7	33.0	37.2	41.7	45.6	49.4	52.0	54.5	56.9	59.0	60.7	61.8	62.1	62.2	.	63.0	64.0	75.6	80.4	86.8	95.6	110.1
6X4	POS2	6	9.6	11.8	13.9	16.8	20.8	24.5	29.0	32.7	37.0	41.6	45.5	49.1	52.3	55.0	57.4	58.7	60.7	61.9	63.1	63.3	.	63.5	65.3	76.0	80.6	85.8	95.8	109.3
6X4	POS3	6	9.1	11.3	13.1	16.6	20.6	24.1	28.1	32.1	36.1	40.0	44.1	47.3	50.1	53.0	55.5	57.5	59.0	60.5	61.8	61.9	.	62.5	64.0	76.3	80.8	87.1	95.0	108.5
6X4	POS4	6	9.4	11.4	13.6	17.8	20.2	26.0	29.7	33.7	38.7	42.7	47.0	50.2	52.8	55.0	57.0	58.5	60.1	61.4	62.5	63.5	63.0	63.3	65.3	77.1	82.1	88.1	96.3	107.8
6X4	POS5	6	9.6	11.8	14.0	18.0	21.5	26.0	30.0	34.0	37.8	42.6	46.6	50.0	53.3	55.5	58.0	60.0	61.6	63.0	63.8	67.0	.	64.3	66.3	77.1	82.0	87.5	95.1	108.8
F	POS1	6	9.1	11.6	13.6	17.3	20.6	24.6	29.3	33.1	37.6	41.8	45.6	49.1	52.1	55.1	57.3	59.5	60.6	61.8	61.6	62.2	.	62.8	66.1	77.2	82.0	86.3	95.0	109.0
F	POS2	6	9.0	11.1	13.5	16.8	20.3	24.0	28.1	32.5	36.5	40.1	44.5	48.1	50.5	53.3	55.5	57.5	59.1	61.0	62.3	63.1	.	63.5	64.1	75.0	80.6	87.1	95.1	109.0
F	POS3	6	9.1	11.5	13.5	16.8	21.0	25.0	29.8	34.0	37.5	42.3	46.0	49.6	52.3	54.8	57.0	58.8	60.5	62.3	63.4	64.0	.	62.6	65.8	77.0	81.8	87.0	95.6	107.5
F	POS4	6	9.5	11.8	14.1	17.6	20.5	24.3	28.8	32.6	37.5	42.3	46.3	50.8	53.6	56.0	57.8	60.0	61.5	62.8	64.0	64.5	64.0	64.6	67.3	76.1	81.3	87.8	96.4	108.5
F	POS5	6	9.5	11.6	14.0	17.6	21.1	24.6	28.5	32.6	36.1	41.6	45.5	49.0	52.3	55.0	57.1	59.1	60.6	63.1	64.1	64.9	65.5	65.8	66.5	78.3	82.8	87.9	96.3	110.0

Cuadro 15A. Análisis de varianza para componentes de la biomasa de la planta con diferencias significativas en los contenidos de N, P, K, a los 65 y 90 días después de la siembra. Turrialba, 1990.

Fuente	RAIZ 2N	RAIZ 2K	TUZA 2N	VAINA 2K	HOJA 3N	HOJA 3P	HOJA 3K	TALLO 3N	TALLO 3P	TUZA 3K
REP 2	0.00140 ns	0.12628 ***	0.18202 ns	0.38448 ***	0.5267 ***	0.00148 ns	0.3178 ***	0.00919 ns	0.03541 ***	0.02909 ns
TRA 4	0.01265 ***	0.00514 ns	0.03928 ns	0.32579 *	0.4401 ***	0.00111 ns	0.2806 ***	0.00942 ns	0.00631 **	0.07239 **
POS 1	0.01230 **	0.01081 ns	0.41622 **	0.05271 *	0.1809 **	0.00140 **	0.0080 ns	0.00884 **	0.00000 ns	0.03014 ns
REP*TRAT 8	0.00099 ns	0.05819 ***	0.06820 ns	0.10115 **	0.0713 ns	0.00175 ns	0.0487 *	0.00651 ns	0.00113 ns	0.01524 ns
REP*POS 2	0.00032 ns	0.02054 **	0.01694 ns	0.00562	0.0051 ns	0.00005 ns	0.0105 ns	0.00033 ns	0.00026 ns	0.01348 ns
TRAT*POS 4	0.00855 **	0.02955 ***	0.17272 ns	0.11321 **	0.1151 *	0.00208 ns	0.0712 **	0.00167 ns	0.00072 ns	0.00449 ns
CV	7%	6.36%	12.33%	7.3%	10.82%	11.6%	8.28%	19%	21%	11.25%

2N = Contenido de nitrógeno a 65 días.

2K = Contenido de potasio a 65 días.

3N = Contenido de nitrógeno a 90 días.

3P = Contenido de fósforo a 90 días.

3K = Contenido de potasio a 90 días.

\*\*\* = Significativo al 1%.

\*\* = Significativo al 5%.

\* = Significativo al 10%.

ns = no significativo

Cuadro 16A. Contenidos de N, P, K\* para hojas, tallos, vainas, raíz y tuza a los 65 y 90 días, según espaciamiento y posición. Turrialba, 1990.

dds	esp/pos	hoja			tallo			vaina			raíz			tuza		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
PROMEDIOS POR ESPACIAMIENTO																
65	6X1	1.78	0.28	2.25	0.70	0.23	2.06	0.57	0.17	2.12	0.62	0.1	0.63	1.56	0.37	2.32
	6X2	1.82	0.25	2.29	0.65	0.19	1.86	0.63	0.16	2.3	0.63	0.11	1.0	2.13	0.49	2.2
	6X3	1.81	0.28	2.41	0.66	0.21	2.12	0.58	0.16	2.48	0.57	0.1	0.95	1.79	0.36	2.12
	6X4	1.64	0.28	2.11	0.59	0.19	1.93	0.55	0.15	2.36	0.60	0.08	0.94	1.70	0.38	1.90
	T	1.42	0.27	2.06	0.55	0.25	1.95	0.51	0.59	2.25	0.52	0.11	0.98	1.89	0.40	2.12
90	6X1	1.78	0.23	1.42	0.33	0.17	6.57	0.55	0.16	1.78	0.51	0.08	1.01	0.68	0.20	0.87
	6X2	1.99	0.26	1.74	0.43	0.13	6.41	0.57	0.12	1.79	0.54	0.07	1.06	0.69	0.17	0.76
	6X3	1.82	0.24	1.52	0.39	0.15	6.25	0.59	0.12	1.58	0.54	0.09	0.87	0.68	0.17	0.92
	6X4	1.86	0.24	1.81	0.42	0.14	6.72	0.63	0.14	1.80	0.52	0.09	0.82	0.57	0.14	0.89
	T	1.28	0.23	1.30	0.37	0.21	7.10	0.45	0.15	1.38	0.51	0.08	0.96	0.67	0.20	1.08
PROMEDIOS POR POSICION																
65	1	1.70	0.26	2.22	0.61	0.20	1.96	0.59	0.16	2.25	0.61	0.10	0.99	1.74	0.40	2.19
	2	1.69	0.28	2.23	0.64	0.22	2.00	0.55	0.17	2.17	0.57	0.10	0.94	1.88	0.38	2.00
90	1	1.82	0.25	1.57	0.40	0.16	6.7	0.57	0.14	1.75	0.51	0.08	0.94	0.66	0.18	0.88
	2	1.67	0.23	1.54	0.37	0.16	6.52	0.54	0.14	1.58	0.53	0.08	0.95	0.64	0.18	0.93

\* Los datos de N, P y K están dados en porcentajes.



Cuadro 17A. Contenidos de N, P, K\* en la raíz y vaina a los 65 días y en las hojas a los 90 días; según espaciamiento y posición. Turrialba, 1990.

TRA	POS	RAIZ			VAINA			HOJA		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
6X1	1	0.72	0.10	1.02	0.62	0.18	2.28	1.94	0.24	1.53
6X1	2	0.54	0.09	0.86	0.52	0.17	1.97	1.62	0.22	1.31
6X2	1	0.65	0.10	1.01	0.64	0.18	2.52	2.21	0.28	1.89
6X2	2	0.61	0.11	0.98	0.62	0.15	2.08	1.76	0.25	1.6
6X3	1	0.57	0.10	1.07	0.61	0.16	2.42	1.90	0.24	1.47
6X3	2	0.58	0.10	0.83	0.55	0.17	2.53	1.73	0.24	1.57
6X4	1	0.61	0.09	0.89	0.57	0.13	2.21	1.93	0.26	1.81
6X4	2	0.60	0.08	0.99	0.54	0.16	2.38	1.80	0.21	1.81
C.F	1	0.51	0.10	0.94	0.50	0.18	1.83	1.14	0.21	1.18
C.F	2	0.54	0.11	1.02	0.51	0.20	1.85	1.42	0.26	1.41

\* Los datos de N, P y K están dados en porcentajes.

Cuadro 18A. Promedios de la producción de biomasa y grano, según espaciamiento de árboles y posición del surco de maíz. Turrialba, 1990.

ESPA.	BIOMASA DE PLANTA ( kg )					HAZORCAS BUENAS ( en miles )					HAZORCAS MALAS ( en miles )							
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
POS.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			
6X1	11355.1	13655.1	13460.8	12581.0	13608.0	12932.0	24.3	33.2	29.3	28.1	23.0	27.6	0.0	7.7	16.6	17.8	23.0	13.0
6X2	13475.7	14700.5	16205.8	12582.1	16375.1	14667.8	24.5	36.6	30.1	33.4	32.2	31.3	10.0	14.3	14.3	11.4	16.8	13.3
6X3	16440.4	14881.0	14444.0	14598.1	15659.6	15204.6	31.6	37.3	36.5	35.5	38.9	35.9	12.5	4.5	8.7	7.1	7.1	8.0
6X4	15630.8	14992.6	15053.5	14979.9	15098.4	15151.0	37.3	29.8	35.9	32.8	41.2	35.4	7.2	15.1	9.5	11.0	5.4	9.7
F	15030.5	13398.7	14794.8	15275.5	14459.0	14591.7	28.4	25.2	30.2	27.1	31.3	28.5	13.1	18.6	11.4	17.7	10.2	14.2
PROM.	14225.5	14557.3	14791.0	13685.3	52685.2	21988.9	29.4	34.2	32.9	32.4	33.8	32.6	7.4	10.4	12.3	11.8	13.1	11.0

ESPA.	RENTIMIENTO TOTAL ( kg )					GRANO MALO ( kg )						
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
POS.	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
6X1	1911.3	3562.7	3590.3	3022.2	3223.5	3062.0	0.0	176.0	405.9	671.6	1112.0	473.1
6X2	3166.0	3067.1	3827.2	3655.9	3836.4	3510.5	277.2	471.5	897.0	396.8	305.9	469.7
6X3	3873.2	3482.2	3562.7	3428.2	4086.0	3686.4	588.8	149.5	425.5	429.0	435.9	405.7
6X4	4347.0	3429.3	3246.5	3290.2	3708.8	3604.3	417.5	932.7	423.2	385.3	273.7	486.5
F	2788.8	2964.7	3125.7	3284.4	3155.6	3063.8	516.4	886.7	675.1	587.5	576.1	648.4
PROM.	3324.4	3385.3	3556.7	3349.1	3713.6	3465.8	320.9	432.4	537.9	470.6	531.9	458.7

Cuadro 19A. Promedios de altura del árbol (ALTA), altura de copa (ALTC), diámetro de copa hacia el callejón (DIAL), y diámetro de copa hacia hilera de árboles (DIA2) a los 24, 65, 90 y 120 días después de la siembra del cultivo; en los cuatro espaciamientos de poró. Turrialba 1990.

Espaciamiento* dds	ALTA*	ALTC*	DIAL*	DIA2*	
6 x 1	24	1.88	1.02	1.7	1.35
	65	2.55	1.7	2.65	2.05
	90	2.99	2.12	2.79	2.07
	120	3.52	2.65	3.42	2.45
6 x 2	24	1.99	1.0	1.75	1.77
	65	2.77	1.77	2.7	2.51
	90	3.15	2.21	3.09	2.27
	120	3.8	2.8	3.75	3.08
6 x 3	24	1.9	0.95	1.75	1.66
	65	2.66	1.66	2.75	2.82
	90	3.12	2.19	3.06	3.1
	120	3.68	2.75	3.73	3.67
6 x 4	24	1.85	0.95	1.6	1.63
	65	2.39	1.48	2.43	2.68
	90	2.82	1.91	2.75	2.99
	120	3.41	2.51	3.38	3.56

\* = metros.

Cuadro 20A. Correlaciones entre variables de crecimiento y producción de biomasa del poró al momento de su cosecha (seis meses después de la poda). Turrialba, 1990.

	NRAM	DCOPA	DCOPB	VERTL	HORL	ALTOC	DTOC	ALAR	BIHOJ	BIORA
NRAM	1.0000 0.0									
DCOPA	0.6287 0.0001	1.000 0.0								
DCOPB	0.6473 0.0001	0.6239 0.0001	1.000 0.0							
VERTL	0.5017 0.0001	0.5874 0.0001	0.5027 0.0001	1.0000 0.0						
HORL	0.6194 0.0001	0.7806 0.0001	0.7052 0.0001	0.6929 0.0001	1.000 0.0					
ALTOC	0.1301 0.2760	-0.10097 0.3987	-0.080 0.5031	- 0.233 0.0479	-0.153 0.1980	1.0000 0.0				
DTOC	0.6533 0.0001	0.52809 0.0001	0.5651 0.0001	0.5244 0.0001	0.4931 0.0001	-0.2994 0.0106	1.000 0.0			
ALAR	0.4933 0.0001	0.66023 0.0001	0.5205 0.0001	0.8407 0.0001	0.6758 0.0001	-0.0470 0.6945	0.482 0.0001	1.000 0.0		
BIHOJ	0.7091 0.0001	0.60631 0.0001	0.7051 0.0001	0.4523 0.0001	0.5761 0.0001	-0.0301 0.8012	0.640 0.0001	0.517 0.0001	1.000 0.0	
BIORA	0.6796 0.0001	0.6162 0.0001	0.7269 0.0001	0.5842 0.0001	0.6705 0.0001	-0.0558 0.6416	0.6322 0.0001	0.5632 0.0001	0.8034 0.0001	1.000 0.0

Cuadro 21A. Promedios por árbol de las variables evaluadas a la cosecha de los árboles. Turrialba, 1990.

ESPACIAM.	VARIABLES DE RESPUESTA					
	NRAM	DCOPA (m)	DCOPB (m)	VERTL (m)	HORL (m)	ALAR (m)
6X1	11.33	4.03	2.96	3.03	2.34	4.07
6X2	14.6	4.43	3.52	3.08	2.58	4.44
6X3	15.9	4.39	4.1	3.04	2.65	4.23
6X4	13.56	3.97	4.22	2.81	2.34	3.98

	PSHOJA (kg)	PSTALL (kg)	BIOTOT (kg)	ALTOC (m)	DTOC (cm)
6X1	1.52	1.82	3.34	1.15	13.6
6X2	2.5	3.16	5.66	1.32	16.0
6X3	2.64	3.46	6.09	1.28	16.47
6X4	2.7	2.95	5.63	1.24	16.71

NRAM = Número de ramas

DCOPA = Diámetro de copa hacia el cultivo

DCOPB = Diámetro de copa hacia el árbol

VERTL = Rama vertical más larga

HORL = Rama horizontal más larga

ALAR = Altura del árbol

PSHOJA= Peso seco de hojas

PSTALL= Peso seco del tallo

BIOTOT= Biomasa total

ALTOC = Altura del tocón

DTOC = Diámetro del tocón

Cuadro 22A. Radiación total, cerca del árbol e interceptada a través del ciclo de cultivo, en los cuatro arreglos espaciales de árboles. Turrialba, 1990.

Trat.	dds.	Radiación solar (cal/cm <sup>2</sup> /día)		
		Cerca del árbol	Total	% Intecep.
6X1	10	358.4	405.4	11.5
6X1	20	356.8	390.5	8.6
6X1	30	206.9	242.6	14.7
6X1	40	358.5	426.5	15.9
6X1	50	347.7	422.8	17.7
6X1	60	331.3	382.6	13.4
6X1	70	363.4	501.8	27.5
6X1	80	318.4	398.0	19.9
6X1	90	309.5	398.6	22.3
6X1	100	274.5	377.6	27.3
6X1	110	268.8	435.8	38.3
6X1	120	248.5	425.0	41.5
6X2	10	378.9	421.5	10.0
6X2	20	358.3	380.0	5.7
6X2	30	201.5	221.7	9.1
6X2	40	358.3	404.7	11.4
6X2	50	367.8	428.0	14.0
6X2	60	357.2	420.2	15.0
6X2	70	379.7	501.8	24.3
6X2	80	288.8	398.0	27.4
6X2	90	311.3	398.6	21.9
6X2	100	275.7	377.6	26.9
6X2	110	275.0	390.3	29.5
6X2	120	247.0	425.0	41.8
6X3	10	352.9	421.5	16.2
6X3	20	317.5	359.7	11.7
6X3	30	219.9	264.5	16.8
6X3	40	354.6	396.2	10.4
6X3	50	375.3	434.0	13.5
6X3	60	347.5	381.5	8.9
6X4	10	357.9	405.4	11.7
6X4	20	347.8	380.0	8.4
6X4	30	230.5	242.6	4.9
6X4	40	363.8	393.0	7.4
6X4	50	382.2	422.8	9.5
6X4	60	383.3	416.0	7.8
6X4	70	405.2	501.8	19.2
6X4	80	300.3	407.4	26.2
6X4	90	336.2	456.5	26.3
6X4	100	296.0	377.6	21.6
6X4	110	281.1	390.3	27.9
6X4	120	300.7	425.0	29.2