

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

MÉTODOS DE ESTABLECIMIENTO DE Gliricidia sepium (Jacq.) Walp.
Y SU EFECTO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ (Zea mays L.)
Y FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.) SEMBRADOS EN CALLEJONES
ENTRE LOS ARBOLES (Alley cropping).

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

MAGISTER SCIENTIAE

por

JORGE EDUARDO BARON RAMIREZ

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
Departamento de Producción Vegetal
Turrialba, Costa Rica
1986

DEDICATORIA

A Carmen Cecilia, mi esposa, por su apoyo, comprensión y estímulo.

A Carlos Iván y Eduardo Alonso, mis queridos hijos y excelentes compañeros.

A Vicente y Graciela, mis padres, por su entrega a la familia.

A mis hermanos, mis amigos.

A Oliva y Anátilde, dos seres queridos, que desaparecieron mientras realizaba mis estudios.

A mi querida Colombia.

A la Universidad Nacional de Colombia, por concederme la comisión para realizar mis estudios de posgrado.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su sincero agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

A Donald L. Kass, Ph. D., profesor consejero y orientador de este trabajo.

A José Arze B., M. Sc. y Germán Sánchez O., Ph. D., miembros de mi Comité Asesor.

A Walter Bermúdez, por su apoyo en el trabajo de campo.

A Miguel Pardo, por su colaboración en el procesamiento del texto.

Al CATIE.

Al personal de la Biblioteca Conmemorativa Orton.

Al personal de La Montaña.

A mis compañeros de la promoción 84-86.

A la colonia colombiana del CATIE, por compartir ese sabor a patria.

BIOGRAFIA

El autor nació en La Mesa, departamento de Cundinamarca, Colombia. Realizó sus estudios primarios y secundarios en el Colegio Francisco Julián Olaya de esta localidad. En agosto de 1972 se graduó de Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, en Bogotá.

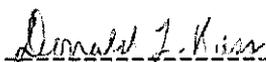
Después de trabajar en la Caja de Crédito Agrario y el Instituto Colombiano Agropecuario, en programas de desarrollo rural, en octubre de 1978 se vinculó a la docencia a su Facultad, como profesor asistente del Departamento de Fisiología de Cultivos, en las áreas de cultivos asociados y caña de azúcar.

En marzo de 1984 ingresó al Programa conjunto de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, donde obtuvo el grado de Magister Scientiae en Producción Vegetal en la especialidad de Sistemas de Producción de Cultivos Tropicales.

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, como requisito para optar al grado de

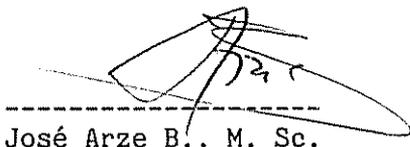
Magister Scientiae

COMITE ASESOR



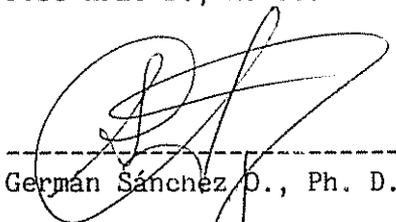
Donald L. Kass, Ph. D.

Consejero principal



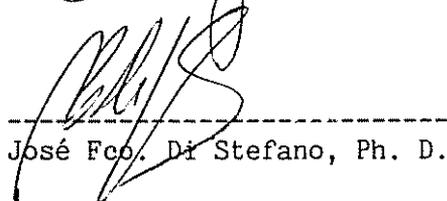
José Arze B., M. Sc.

Miembro del Comité



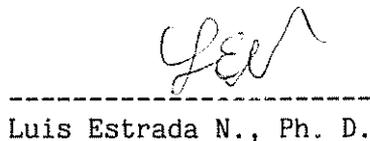
German Sánchez O., Ph. D.

Miembro del Comité



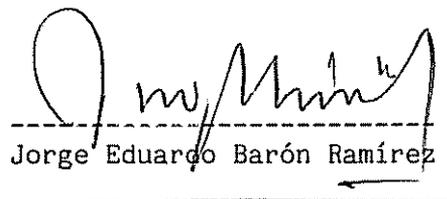
José Fco. Di Stefano, Ph. D.

Director del Programa de
Posgrado en Ciencias Agrícolas
y Recursos Naturales UCR/CATIE



Luis Estrada N., Ph. D.

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



Jorge Eduardo Barón Ramírez

Candidato

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	x
SUMMARY.....	xii
LISTA DE CUADROS.....	xiv
LISTA DE FIGURAS.....	xix
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. Aspectos generales.....	3
2.2. El sistema de cultivo en callejones de árboles.....	5
2.3. Descripción de la especie <u>Gliricidia</u> <u>sepium</u> (Jacq.) Walp..	7
2.4. Cultivo en callejones de gliricidia.....	10
3. MATERIALES Y METODOS.....	12
3.1. Localización, suelo y clima.....	12
3.2. Efecto del cultivo en callejones de gliricidia.....	13
3.2.1. Siembra de frijol (Experimento 1).....	13
3.2.1.1. Conducción del experimento.....	14
3.2.1.2. Toma de información.....	15
3.2.1.3. Análisis de la información.....	16
3.2.2. Siembra de maíz (Experimento 2).....	17
3.2.2.1. Conducción del experimento.....	19
3.2.2.2. Toma de información.....	20
3.2.2.3. Análisis de la información.....	21

3.3. Establecimiento de gliricidia.....	22
3.3.1. Efecto de época de corte y manejo sobre el prendimiento de estacas de gliricidia (Experimento 3).....	22
3.3.1.1. Conducción del experimento.....	23
3.3.1.2. Toma de información.....	26
3.3.1.3. Análisis de la información.....	27
3.3.2. Efecto de distancia entre sitios y número de plantas por sitio sobre el establecimiento de gliricidia por siembra directa (Experimento 4).....	27
3.3.2.1. Conducción del experimento.....	28
3.3.2.2. Toma de información.....	29
3.3.2.3. Análisis de la información.....	29
4. RESULTADOS.....	31
4.1. Efecto del cultivo en callejones de gliricidia.....	31
4.1.1. Siembra de frijol (Experimento 1).....	31
4.1.1.1. Producción y composición de la biomasa de gliricidia....	31
4.1.1.2. Rendimiento y componentes de rendimiento de frijol.....	32
4.1.1.3. Efecto de los tratamientos sobre la composición de los tejidos de frijol.....	37
4.1.1.4. Extracción de N, P, K, Ca y Mg.....	40

4.1.1.5. Comparación de la eficiencia de la aplicación de nitrógeno..	44
4.1.2. Siembra de maíz (Experimento 2).....	45
4.1.2.1. Producción y composición de la biomasa de gliricidia...	45
4.1.2.2. Variables de rendimiento de maíz.....	47
4.1.2.3. Composición de los tejidos de maíz.....	52
4.1.2.4. Efecto de los árboles sobre el maíz.....	56
4.2. Establecimiento de gliricidia.....	60
4.2.1. Efecto de época de corte y manejo sobre el prendimiento de estacas de gliricidia (Experimento 3).....	60
4.2.1.1. Comportamiento del número de brotes por estaca a través del experimento.....	60
4.2.1.2. Análisis del comportamiento de brotes por estaca hasta los 90 días después de la plantación.....	61
4.2.1.3. Peso seco de brotes a los 90 días después de la planta- ción.....	66
4.2.1.4. Comportamiento del enraiza- miento de estacas.....	69

4.2.1.5. Prendimiento de estacas.....	71
4.2.1.6. Evaluación de la pudrición de estacas.....	74
4.2.2. Efecto de distancia entre sitios y número de plantas por sitio sobre el establecimiento de gliricidia por siembra directa (Experimento 4).....	76
4.2.2.1. Supervivencia de plantas.....	76
4.2.2.2. Supervivencia de sitios.....	77
4.2.2.3. Altura de plantas.....	78
4.2.2.4. Diámetro basal.....	82
5. DISCUSION.....	87
5.1. Establecimiento de gliricidia.....	87
5.2. Cultivo en callejones de gliricidia.....	91
6. CONCLUSIONES.....	96
7. RECOMENDACIONES.....	99
8. LITERATURA CONSULTADA.....	100
9. APENDICE.....	106

BARON RAMIREZ, J.E. 1986. Métodos de establecimiento de Gliricidia sepium (Jacq.) Walp. y su efecto sobre la producción de maíz (Zea mays L.) y frijol (Phaseolus vulgaris L.) sembrados en callejones entre los árboles (Alley Cropping). Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R. Programa Universidad de Costa Rica/CATIE.

Palabras claves: Gliricidia sepium, cultivo en callejones, fases de laluna, establecimiento, estacas, siembra directa, biomasa, maíz, frijol, leguminosas arbóreas.

RESUMEN

En la búsqueda de alternativas para el abastecimiento de alimentos en el trópico, en el Campo Experimental La Montaña del CATIE y durante el período de noviembre 84 a octubre 85, se realizó la presente investigación, con los siguientes objetivos:

1. Determinar el aporte de nitrógeno y el efecto sobre los rendimientos de maíz y frijol, de un sistema de cultivo en callejones de gliricidia.
2. Analizar la influencia de distintas épocas de corte y de diferentes sistemas de manejo, sobre el establecimiento de estacas de gliricidia.
3. Estudiar el efecto de número de plantas por sitio y de la distancia entre sitios, sobre la propagación sexual de gliricida.

Se encontró que los árboles de gliricida, en un régimen de dos podas por año, produjeron 8851 kg/ha de materia seca, que contenía 198 kg de nitrógeno, 18 kg de fósforo, 160 kg de potasio, 74 kg de calcio y 27 kg de magnesio.

En frijol, sembrado entre callejones a 3 m, la adición de biomasa de gliricida incrementó en 525 kg/ha los rendimientos, con respecto al monocultivo sin aplicación de N. En comparación con el monocultivo fertilizado con 50 kg/ha de N, el incremento en rendimiento fue de 348 kg/ha.

En maíz, el cultivo en callejones a 6 m, presentó rendimientos similares a los del monocultivo fertilizado con 100 kg/ha de N. En los callejones de 3 m los rendimientos de maíz fueron inferiores a los del monocultivo sin adición de N, a consecuencia de una mayor incidencia de enfermedades de la mazorca (Diplodia sp. y Fusarium sp.).

En relación a la propagación por estacas se encontró que éstas se pueden cortar en cualquier fase de la luna, siempre y cuando se planten inmediatamente; el prendimiento disminuyó al dejar las estacas en reposo durante 15 días y varió dependiendo de la fase de la luna en que se cortaron y de la posición durante el reposo. El menor porcentaje de prendimiento se obtuvo con estacas cortadas en cuatro creciente, que permanecieron en reposo 15 días, ya sea acostadas o paradas.

En el establecimiento por siembra directa el número de plantas por sitio afectó significativamente las variables sobrevivencia de plantas, altura de planta y diámetro basal. En los tratamientos con dos plantas por sitio se encontró menor porcentaje de sobrevivencia de plantas, mayor altura de plantas y mayor diámetro basal, en evaluaciones realizadas hasta los 90 días después de la siembra.

BARON RAMIREZ, J.E. 1986. Methods of establishment of Gliricida sepium (Jacq.) Walp.. and its effect on the production of maize (Zea mays L.) and beans (Phaseolus vulgaris L.) planted in rows between the trees (alley cropping). M.S. Thesis, Turrialba, C. R., Program University of Costa Rica/CATIE.

Key words: Gliricida sepium, alley cropping, moon phases, establishment, direct seeding, cuttings, biomass, maize, beans, woody legumes, leguminous trees.

SUMMARY

As part of the effort to increase food supplies in the tropics, the present research was carried out in the Montaña Experiment Station of CATIE from November, 1984, to October, 1985, with the following objectives:

1. Determine the effect of alley cropping with gliricidia on the yield of and nitrogen available to maize and beans planted in association with the Gliricida in an alley cropping system.
2. Analyze the influence of different times of cutting with relationship to phase of the moon and subsequent handling of the cuttings on establishment of large cuttings of gliricidia.
3. Study the effect of population and distance between hills on the success of establishment of gliricidia from seed.

It was found that gliricida trees pruned twice yearly, produced 8851 kg ha⁻¹ of dry matter which contained 198 kg of Nitrogen, 18 kg of Phosphorus, 160 kg of Potassium, 74 kg of Calcium, and 27 kg of Magnesium.

In beans planted in 3 m wide alleys between the gliricida (6666 trees ha⁻¹), the biomass supplied by the gliricida resulted in a yield increase of 525 kg ha⁻¹ over the monoculture without application of mineral Nitrogen. With 50 hg ha⁻¹ of mineral N, the yield increase was 348 kg ha⁻¹.

With maize, planting in 6 m wide alleys gave yields similar to those obtained with monoculture and the application of 100 kg ha⁻¹ of mineral N. With 3 m wide alleys, yields were lower than those reported for the monoculture with the addition of mineral N, due to increased incidence of ear rots (Diplodia sp. and Fusarium sp.).

It was found that stakes for planting could be cut and planted with equal success at any phase of the moon, if they were planted immediately; success of establishment diminished if stakes were left for fifteen days following cutting. In this case, the phase of the moon at cutting appeared to affect establishment. With stakes left for 15 days, either in a vertical or horizontal position, poorest establishment was obtained with stakes cut with the waxing moon (first quarter).

With regard to establishment from seed, number of plantas per hill had a significant effect on plant survival, height of plant, and basal diameter. The treatments with two plants per hill resulted in the lowest rate of survival, greatest plant height, and greatest basal diameter when evaluated 90 days after planting.

LISTA DE CUADROS

En el texto

Cuadro No.

Página

1	Resultados de cultivo en callejones con <u>Gliricidia sepium</u>	11
2	Producción de biomasa y concentración de nutrimentos en el material de poda de gliricidia	31
3	Cálculo del aporte de nutrimentos de la biomasa de gliricidia	32
4	Promedio de rendimiento de frijol y componentes de rendimiento	33
5	Resumen del análisis de varianza para rendimiento de frijol y componentes de rendimiento	35
6	Análisis de efectos para rendimiento de frijol (kg/ha)	36
7	Composición de tejidos de frijol y prueba de Duncan (5%)	38
8	Resumen del análisis de varianza para efecto de tratamientos sobre la composición de tejidos de frijol	40
9	Cantidades totales de N, P, K, Ca y Mg, extraídas por las plantas de frijol y prueba de Duncan (5%)	42
10	Resumen del análisis de varianza para efecto de tratamientos sobre la extracción de N, P, K, Ca y Mg	43

11	Cálculo de la eficiencia de aplicación de nitrógeno	44
12	Producción de biomasa y concentración de nutrimentos en el material de poda de gliricidia	45
13	Contenido de nutrimentos en la biomasa de gliricidia	46
14	Comportamiento de altura de planta y variables de rendimiento de maíz. Prueba de Duncan (5%)	48
15	Resumen del análisis de varianza para variables de rendimiento de maíz	51
16	Contenido de N, P, K, Ca y Mg en la planta de maíz. Prueba de Duncan (5%)	53
17	Resumen del análisis de varianza para efecto de tratamientos sobre el contenido de nutrimentos en el tejido de maíz	55
18	Efecto de distancia al surco de árboles sobre altura de planta y variables de rendimiento de maíz	57
19	Resumen del análisis de varianza para efecto de distancia al surco de árboles.	58
20	Número de brotes a los 30, 60 y 90 días después de la plantación, promedio por estaca	60
21	Análisis de varianza para el número de brotes por estaca	63
22	Peso seco de brotes, promedio por estaca	68

23	Análisis de varianza para peso seco de brotes	68
24	Evaluación de enraizamiento: número de estacas por categoría	69
25	Número de estacas que emitieron raíces	70
26	Número de estacas que presentaron enraizamiento y sitio de emisión de raíces	71
27	Evaluación del prendimiento de estacas	72
28	Análisis de varianza para número de estacas prendidas	74
29	Número de estacas afectadas por pudrición y localización del daño	75
30	Promedio de sobrevivencia de plantas a los 30, 60 y 90 días después de la siembra	76
31	Promedio de sobrevivencia de sitios a los 30, 60 y 90 días después de la siembra	77
32	Promedio de altura de plantas a los 30, 60 y 90 días después de la siembra	78
33	Relación entre número de plantas/ha y altura a los 90 días	82
34	Promedio de diámetro basal a los 90 días después de la siembra (en mm)	83
35	Prueba de significancia para la regresión de altura-diámetro basal	85

Cuadro No.

1A	Caracterización del clima y del suelo del campo experimental La Montaña. CATIE, Turrialba, Costa Rica	107
2A	Análisis del suelo para la siembra de frijol (profundidad 0-20 cm)	108
3A	Condiciones climáticas durante el experimento 1	109
4A	Análisis del suelo para la siembra de maíz (profundidad 0-20 cm)	110
5A	Condiciones climáticas durante los experimentos 2, 3 y 4. 1985	111
6A	Análisis de contrastes para variables de rendimiento y altura de planta de maíz	112
7A	Composición de tejidos de maíz. Prueba de Duncan (5%)	114
8A	Análisis de contrastes para peso seco y N, P, K, Ca y Mg en el maíz	115
9A	Análisis de contrastes para efecto de la distancia a los árboles sobre rendimientos de maíz, en la siembra entre callejones a 6 m	117
10A	Análisis del suelo para establecimiento de gliricidia (profundidad 0-20 cm)	118
11A	Análisis de varianza para sobrevivencia de plantas	119

12A	Análisis de contrastes para sobrevivencia de plantas	120
13A	Análisis de varianza para sobrevivencia de sitios	121
14A	Análisis de contrastes para sobrevivencia de sitios	122
15A	Análisis de varianza para altura de planta	123
16A	Análisis de contrastes para altura de planta	124
17A	Análisis de varianza para diámetro basal	125
18A	Análisis de contrastes para diámetro basal	125
19A	Valores de altura de planta y diámetro basal incluidos en el análisis de regresión	126

LISTA DE FIGURAS

En el texto

Figura No.		Página
1	Adecuación de las parcelas para el experimento 2	17
2	Detalle del tipo de estaca plantada	25
3	Promedio de rendimiento de frijol	34
4	Extracción de nutrimentos por el frijol	41
5	Efecto de la distancia a los árboles sobre los rendimientos de maíz, a dos niveles de nitrógeno	59
6	Tendencia del número de brotes por estaca, durante el ensayo, por tratamiento	62
7	Efecto de la interacción fases por manejo sobre el número de brotes (36 estacas)	64
8	Efecto de la interacción época por manejo sobre el número de brotes (36 estacas)	65
9	Efecto de la interacción fases por manejo sobre el peso seco de brotes (36 estacas)	67
10	Efecto de la interacción fases por manejo sobre el prendimiento de estacas (promedio por tratamiento)	73
11	Comportamiento de la altura de planta a través del experimento, por tratamiento	80

12	Efecto de la interacción espaciamiento-plantas/sitio, sobre altura de planta 90 días después de la siembra	81
13	Efecto de la interacción espaciamiento-plantas/sitio, sobre diámetro basal 90 días después de la siembra	84
14	Regresión entre altura de planta y diámetro basal, 90 días después de la siembra	86

1. INTRODUCCION

En los países tropicales la creciente demanda de alimentos, sumada a la deficiente distribución de la tenencia de la tierra conlleva a la tala de grandes áreas de bosques naturales, propiciando el aumento, año tras año, de los índices de erosión y de empobrecimiento de los suelos.

Se reconoce, por otra parte, que la productividad de las actuales áreas de producción de alimentos, desciende rápidamente llegando a la inclusión obligatoria, en el manejo agrícola, de fertilizantes de síntesis, principalmente nitrógeno. A partir de la crisis energética se ha limitado el consumo de fertilizantes y afectado la oferta de alimentos.

Como respuesta, diferentes entidades de investigación agrícola, CATIE entre ellas, han propuesto líneas de trabajo conducentes a conciliar el interés de producir alimentos y la necesidad de proteger los recursos naturales. Un resultado es la siembra intercalada de leguminosas arbóreas y cultivos alimenticios, sistema conocido como cultivo en callejones o "alley cropping", donde se utiliza la biomasa de la poda de los árboles como fuente nitrógeno.

La especie Gliricidia sepium (llamada gliricidia en este trabajo), conocida como madero negro, madre-cacao, mata-ratón, figura como una de las de mayor adaptación a este sistema de cultivo y se justifica, por lo tanto, el dedicar esfuerzos para profundizar en su estudio.

El actual conocimiento sobre aspectos como establecimiento de gliricidia en este sistema (estacas o semilla), volumen y composición de la biomasa de los árboles, efecto de la aplicación de la biomasa a cultivos, interacción entre cultivos y árboles, es incipiente y puede limitar la difusión de sus ventajas a los agricultores, puesto que constituyen parte fundamental del manejo del cultivo en callejones. Este trabajo de investigación se diseñó para contribuir al desarrollo de esta tecnología, planteando los siguientes objetivos:

1. Determinar el aporte de nitrógeno y el efecto sobre los rendimientos de maíz y frijol, del sistema de cultivo en callejones de gliricidia.
2. Analizar la influencia de distintas épocas de corte y de diferentes sistemas de manejo, sobre el establecimiento de estacas de gliricidia.
3. Estudiar el efecto de número de plantas por sitio y de la distancia entre sitios, sobre la propagación sexual de gliricidia.

Para el desarrollo de la investigación se ejecutaron cuatro experimentos sobre los aspectos centrales de este trabajo: efecto del sistema de cultivo en callejones y estudio del establecimiento de los árboles. Este último aspecto se considera básico para el manejo de esta tecnología, puesto que se plantea que un rápido y eficiente establecimiento puede conducir a una rápida y abundante disponibilidad de biomasa.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Aspectos generales

La agricultura mundial depende significativamente de los fertilizantes nitrogenados, Pimentel (1973), al analizar la producción de maíz en Estados Unidos, considera que el aumento del 24% en los rendimientos, en los años 1945-70, estuvo acompañado de un fuerte incremento en el uso de abonos químicos; para el caso del nitrógeno precisa que la cantidad aplicada por unidad de área se multiplicó 16 veces. Según Herdt y Stangel (1984), en 1981 el 64% del consumo mundial de fertilizantes correspondía a formas de nitrógeno; al considerar que la fabricación de la urea, fuente más común, requiere la mayor cantidad de energía, concluyen que el aumento de los precios del petróleo ocasiona su mayor impacto en la agricultura a través del incremento de los costos de los fertilizantes nitrogenados.

Al retomar el estudio de los abonos verdes como alternativa, diversos autores manifiestan que en el pasado la utilización de esta práctica se redujo por los bajos costos iniciales y la fácil disponibilidad de los fertilizantes químicos; establecen, además, que a pesar de los beneficios de los abonos verdes tradicionales (leguminosas anuales), su uso es bajo debido a razones económicas: hay competencia del abono verde con los cultivos alimenticios, en términos de espacio, tiempo y dinero (Kang y otros, 1981; Pimentel, 1973; Rerkasem y Rerkasem, 1984; Singh, 1984).

En los trópicos la producción de alimentos está concentrada en el sector de pequeños productores y en el caso americano tiene su asentamiento en dos zonas: el área de ladera y las regiones de sabana. De acuerdo a Sánchez y Cochrane (1980) estas zonas presentan limitaciones para satisfacer la creciente demanda de alimentos; desde el punto de vista de los suelos resaltan restricciones como baja fertilidad, marcada deficiencia de nitrógeno y fósforo, acentuadas por un proceso creciente de erosión. Sánchez (1981), considera al nitrógeno como el elemento más limitante de los rendimientos agrícolas. Esta situación, combinada con el bajo acceso del productor al mercado de fertilizantes, hace imperativo que se desarrollen esquemas de investigación que conduzcan al hallazgo de alternativas viables para suplir las necesidades de nitrógeno.

Con este contexto, el estudio de los sistemas agroforestales ha permitido reconocer una estrategia que permite conciliar el interés de producir alimentos y la necesidad de proteger los recursos naturales. De acuerdo a Vergara (1982), la siembra de árboles dentro de áreas productoras de alimentos cumple tres importantes funciones: 1) estabilización de las tierras de ladera; 2) mantenimiento y mejoramiento de la fertilidad del suelo; 3) mejoramiento del micro-clima. Además considera que si el árbol es una leguminosa, su capacidad de fijar nitrógeno puede ser aprovechada para suplir de este elemento al cultivo alimenticio adyacente.

2.2. El sistema de cultivo en callejones de árboles

Kang y colaboradores (1981) describen el sistema como la siembra de cultivos alimenticios entre callejones formados por surcos de árboles o arbustos, donde los árboles son podados periódicamente, para reducir el sombreado y la biomasa es utilizada como abono verde, y como cobertura del suelo. Consideran que el cultivo en callejones provee condiciones favorables a macro y micro-organismos del suelo y las podas pueden proveer forraje, estacas y leña. Cuando los árboles se siembran en contorno de las laderas, los surcos actúan como barreras vivas y reducen la escorrentía y la erosión.

Nair (sf.) considera el cultivo en callejones como una evolución del barbecho de la agricultura migratoria, donde se seleccionan los árboles por su efecto benéfico sobre el suelo y se plantan en forma organizada. También se le denomina bosque simulado (Wijewardene y Waidyanata, 1984).

En relación al efecto del sistema como barrera viva, O'Sullivan (1985) encontró que un sistema leucaena (Leucaena sp) intercalada con maíz, en una pendiente de 23.6% con espaciamiento de 4.5 m entre surcos de árboles, redujo la erosión del suelo en un 60.2%.

Según Lundgren y Nair (1983) en Indonesia los agricultores de ladera practican el sistema con leucaena para controlar la erosión y mejorar el suelo. El suelo que se erosiona se deposita en la base del surco de árboles formando una especie de terraza.

De acuerdo a Fleury (1985) el trabajo del IITA (International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria), ha demostrado que este sistema puede ayudar a mantener la fertilidad de los suelos en los trópicos húmedos y subhúmedos, permitiendo sostener los rendimientos de los cultivos a un nivel moderado, sin adición de fertilizantes.

Según Kass (1985), el cultivo de maíz y frijol en callejones de leguminosas arbóreas, parece ser una fuente viable de nitrógeno al frijol y tal vez al maíz, principalmente cuando el nivel de este elemento en el suelo ha disminuído por varios años de cultivo.

La lista de árboles que se han evaluado o que se considera tienen potencial incluye: Leucaena leucocephala, Gliricidia sepium, Flemingia congesta, Tephrosia candida, Cajanus cajan, Sesbania sp., Erythrina poeppigiana, Robenia pseudoacasia, Alchornea cordifolia, Acioa barterii y Gmelina arborea (IITA 1980, 1981, 1982, 1983; Kang y otros, 1981; Kang y otros, sf.).

Dada la posible competencia que los árboles puedan ofrecer a los cultivos, el IITA (1983, 1984) ha estudiado el comportamiento de la luz incidente y la humedad en el suelo, al interior de los callejones. Para gliricidia se encontró un 17% de radiación fotosintéticamente activa a 1 m del surco de árboles y un 55% a 2m. Esta variación está relacionada con la altura de los árboles y la distancia al surco de árboles. Para leucaena la humedad del suelo es mayor cerca a los árboles y disminuye hacia el centro del callejón. En general, indican que los árboles pueden con-

tribuir a la conservación de la humedad del suelo por efecto del sombreamiento de la superficie.

Kang y colaboradores (1981) señalan que, en un sistema leucaena/maíz, la población de malezas se redujo significativamente por efecto de la sombra de los árboles y de la cobertura del suelo por el material de la poda.

En un boletín para la circulación entre agricultores de Nigeria (ILCA, 1984), se establece una serie de prácticas para el establecimiento y manejo del cultivo en callejones de gliricidia o leucaena. Recomienda la siembra directa de las leguminosas y plantar cuatro surcos de maíz entre cada dos surcos de árboles. Después de un año se pueden podar los árboles y utilizar la biomasa para aplicarla al suelo. La siguiente poda se debe realizar cuando las nuevas ramas alcancen un metro de longitud.

2.3. Descripción de la especie Gliricidia sepium (Jacq.) Walp.

Esta especie es una leguminosa arbórea, de la subfamilia Papilionideae (University of Hawaii, 1983), originaria de América Central y norte de Suramérica, de porte bajo (10-18 m), de hojas compuestas, flores blancas o rosadas, con una vaina aplanada como fruto.

Según Mora (1983), la especie se encuentra desde el nivel del mar hasta los 1200 msnm, en gran variedad de condiciones ecológicas, y es considerada de gran adaptabilidad a condiciones deficientes de suelo y humedad.

Se le reconocen los siguientes usos: leña, madera para construcción, cercas vivas, forraje animal, sombrío para cultivos umbrófilos, abono verde, medicinal, uso casero, consumo humano (flores) (Falvey, 1982; Mora, 1983).

De acuerdo a Mora (1983) la especie se puede propagar por semilla, estacas, pseudoestacas y acodos. La forma más utilizada es la estaca, con gran variación en cuanto a su longitud.

Baggio (3) anota que la literatura señala una gran variación en el prendimiento de estacas: desde un 20% a más del 90%. En una encuesta a 120 agricultores de Costa Rica se encontró que el 92% de la muestra tiene en cuenta las fases de la luna para cortar las estacas.

El Proyecto Leña del CATIE (1986) señala que en cercas vivas se ha logrado hasta el 90% de prendimiento, empleando estacas de dos años, 2.5 m de longitud y diámetros mayores de 5 cm. Otárola y Martínez (sf.) indican que las estacas sobremaduras, reconocidas por tener el corazón duro y rojizo, presentan dificultades en el prendimiento. Similar situación señalan Kempanna y Vastey, citados por Baggio (3) cuando las estacas provienen de material muy joven.

Los agricultores de Honduras y Costa Rica preparan las estacas realizando un corte en chaflán (inclinado) en el ápice y un corte redondeado en la base (Otárola y Martínez, sf.).

Aunque la propagación por estacas es la utilizada tradicionalmente, Sumburg (1984) señala que en observaciones realizadas en Ibadán, Nigeria, el sistema radicular de árboles provenientes de estacas es superficial y de menor extensión y anclaje que el proveniente de semillas. Considera, además, que la mayor profundidad de raíces de árboles obtenidos por semilla proporciona mayor adaptabilidad a ambientes áridos.

En cuanto á la propagación por semillas, Mora (1983) señala que la semilla fresca presenta un porcentaje de germinación cercano al 100%. El Proyecto Leña del CATIE (1986) indica que la viabilidad de las semillas se mantiene por 6-7 meses en un ambiente frío-seco.

Al considerar los costos que implica la propagación por estacas (transporte, mano de obra y en algunas zonas el valor de las estacas), se puede considerar que la propagación por semilla es una alternativa viable para el establecimiento de la especie. Otárola y Martínez (sf.) señalan que en Honduras el establecimiento de un kilómetro de cerca viva, con estacas de gliricidia, tiene un costo de US\$1226.6 con un valor de US\$0.3 por estaca (al tipo de cambio de 1.986).

En relación al establecimiento de gliricidia por siembra directa de las semillas, el Proyecto Leña del CATIE (1986) indica que en varios ensayos en Costa Rica se encontraron valores de sobrevivencia entre 70 y 80%. En Hojancha una plantación de 18 meses alcanzó una altura promedio de 3.1 m, lo cual indica el rápido crecimiento de la especie.

2.4. Cultivo en callejones de Gliricidia

El Cuadro 1 resume información disponible respecto al comportamiento de gliricidia. Se confirma la posibilidad de su utilización como fuente de nitrógeno en cultivos alimenticios. Además, muestra el alto contenido de nitrógeno (3 a 4%) y la cantidad aportada por hectárea (53 a 233 kg de N/ha). El rendimiento de los cultivos, comparado con el control, muestra ventajas a favor del sistema de cultivo en callejones de esta leguminosa.

Cuadro 1. Resultados de cultivo en callejones con Gliciricidia sepium.

Fuente	Año	Biomasa (kg/ha/abso)	N %	P %	K %	Rendimiento del cultivo acompañante kg/ha	Rendimiento control kg/ha	Número de Referencia
IITA	1979	2300	3.7	0.2	2.5	Maíz: 2587.6	2030	16
IITA	1980					Maíz: 2500- 2900		17
IITA	1981	6286	3.7	233		Maíz: 3800	4000	18
IITA	1981	5000		53		Maíz: 1500- 2200	1000	18
		10000		106		Maíz: 2600 3300	1000	
IITA	1982		4.21	0.29	3.43	Maíz: 2777 Caupí: 1027	2002	19
IITA	1982					Maíz: 4350 Caupí: 0.582	3250	19
IITA	1983	5180		144		Maíz: 3501	3911	20
IITA	1983					Maíz: 3037 Caupí: 818	2699 738	20
KANG y otros						Maíz: 2360- 2760	2110	23
						Yuca: 22790- 25460	23040	
KASS	1985	6077-8191	118- 217			Maíz: 1449 Frijol: 1004	1306 482	25

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización, suelo y clima.

Los cuatro experimentos de esta investigación se realizaron en el Campo Experimental La Montaña, del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, en Turrialba, Costa Rica, ubicado a 602 msnm. Geográficamente está ubicado a $9^{\circ} 53'$ latitud norte y $83^{\circ} 89'$ longitud oeste. De acuerdo a Holdridge (1982) la región corresponde a una zona de vida bosque muy húmedo premontano, con una temperatura media anual de 21.7 grados centígrados y una precipitación media anual de 2636.7 mm .

Los suelos del Campo son de origen aluvial, de textura franco-arcillosa, de mediana a baja fertilidad natural y fuertemente ácidos.

En el Cuadro 1A se describen las características de clima y suelo.

Los experimentos de cultivo en callejones de gliricidia forman parte de un proyecto de investigación del Departamento de Producción Vegetal del CATIE (DPV) , iniciado en 1982, donde a cada una de las parcelas experimentales le ha correspondido el mismo tratamiento durante los tres años de evaluación.

3.2 Efecto del cultivo en callejones de gliricidia

3.2.1. Siembra de frijol (Experimento 1)

El experimento se estableció en el lote 5 , en parcelas con árboles de gliricidia, establecidos en 1982 , a una densidad de 6666 árboles/ha, distribuidos a 3 m entre surcos y 0.50 m entre árboles. Se utilizó un arreglo factorial 2 x 2, en un diseño de bloques completos al azar, con 3 repeticiones.

FACTOR	NIVELES
A. Sistema de cultivo	1. Monocultivo frijol
	2. Frijol en callejones de gliricidia
B. Fertilización nitrogenada	1. Cero N
	2. 50 kg/ha de N

Se probaron los siguientes cuatro tratamientos:

TRATAMIENTO	DESCRIPCION	CODIGO
1	Monocultivo de frijol + 0 N	FO
2	Monocultivo de frijol + 50kg/ha de N	FN
3	Frijol en callejones de gliricidia + 0 N	FGO
4	Frijol en callejones de gliricidia + 50 kg/ha de N	FGN

La unidad experimental consistió de 108 m² (6 x 18). Las parcelas con gliricidia tenían una población de 91 árboles. Para evaluar el rendimiento de frijol se cosechó un área de 19.2 m² en las parcelas con árboles, y en las parcelas sin árboles, 21.45 m².

Se sembró el cultivar de frijol Turrialba 4, tipo arbustivo, a una densidad de 100.000 plantas/ha; para conseguir la anterior densidad se utilizaron las siguientes distancias de siembra:

- Monocultivo de frijol: 0.40 m entre surcos y 0.25 m entre sitios o posturas

- Cultivo en callejones: 0.50 m entre surcos y 0.20 m entre sitios

3.2.1.1 Conducción del experimento

Un mes antes de la siembra se cortó la maleza con machete; 8 días antes de la siembra se eliminaron los rebrotes con Gramoxone (Paraquat), en dosis de 80 cc de producto comercial en 20 litros de agua.

Los árboles de gliricidia se podaron en su totalidad, distribuyendo el material en forma uniforme sobre el suelo, luego se procedió a cortarlo en trozos pequeños.

La siembra del frijol se realizó el 15 de noviembre de 1984, utilizando el espeque (herramienta de madera con punta aguda). Se depositaron 4 semillas por hoyo y 8 días después se practicó el raleo para dejar 2 plantas por sitio.

a) Fertilización

A los 15 días después de la siembra se aplicaron 100 kg por hectárea de P_2O_5 , en forma de superfosfato triple, en banda sobre la superficie. Esta fertilización se aplicó a todo el experimento.

Las parcelas que incluían aplicación de nitrógeno fueron fertilizadas con 50 kg por ha de N, en forma de nitrato de amonio, quince días después de la siembra. La aplicación se realizó en semicírculos alrededor de las plantas.

b) Control Fitosanitario

Se practicaron 2 aspersiones con la mezcla de Benlate (Benomyl) más Orthene (Acephate), a los 30 y 45 días después de la siembra.

c) Cosecha

El frijol se cosechó cuando las vainas se presentaban secas (26 de febrero 1985) y los rendimientos se calcularon en base a un 14% de humedad del grano.

3.2.1.2 Toma de información

Se inició al momento de la poda de los árboles de gliricidia, cuando se tomó una muestra de 8 árboles por parcela y se determinó el peso fresco total por árbol, luego se procedió a sacar una alicuota y se

llevó al horno a 70 °C durante 72 horas, para determinar peso seco y realizar el análisis de tejido de las fracciones tallo y hojas.

Ochenta días después de la siembra se tomaron muestras de plantas de frijol, con el fin de realizar un análisis de tejido. Para las parcelas con árboles se muestreó un área de 1.2 m², en aquellas sin árboles el área muestreada fue de 1.65 m²; el análisis se realizó a las fracciones tallo-hojas, vainas y raíces.

Al momento de la cosecha se evaluaron los componentes de rendimiento número de vainas por planta, número de granos por vainas y peso de 100 granos.

3.2.1.3 Análisis de la información

Para los datos de componentes de rendimiento, rendimiento de grano, composición de tejidos y extracción de nutrimentos se usó el análisis de varianza respectivo. Los promedios por tratamiento se compararon mediante la prueba de Duncan al 5% de probabilidad.

3.2.2 Siembra de maíz (Experimento 2)

En las mismas parcelas del experimento anterior se analizó el efecto de la biomasa de gliricidia sobre los rendimientos de maíz. Se adicionó una nueva variable: la distancia entre los callejones, para lo cual al iniciar el experimento 1 se sembraron 2 surcos adicionales de árboles a los extremos de las parcelas (AN) y al inicio del experimento 2 se eliminaron 2 surcos (AE), obteniendo 2 distancias entre surcos de árboles 3 y 6 m (Figura 1).

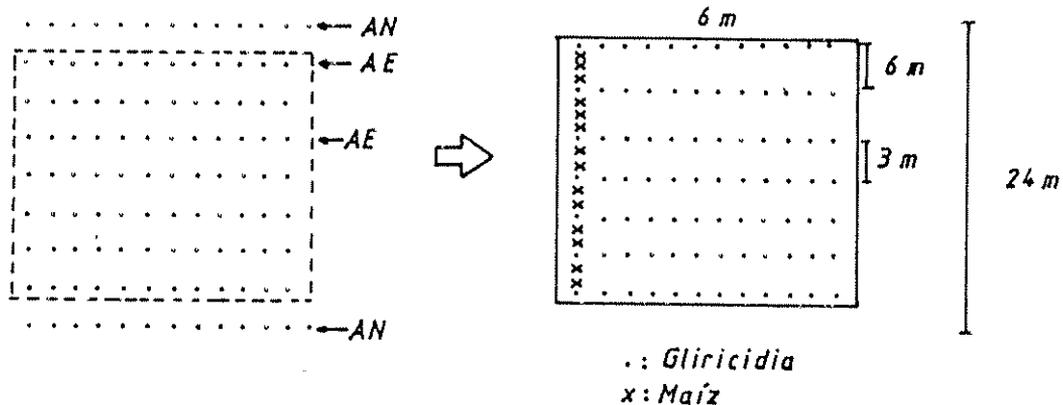


Figura 1. Adecuación de las parcelas para el experimento 2.

Se utilizó un experimento factorial 3 x 2, en un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones; para evaluar el efecto de la competencia de los árboles sobre el cultivo se adicionaron dos tratamientos, donde se aplicó biomasa de gliricidia obtenida de árboles fuera de la parcela, en cantidad calculada a partir del promedio/árbol de la poda realizada 8 días antes de sembrar el maíz.

Los factores, niveles y tratamientos a evaluar se relacionan a continuación:

FACTOR	NIVELES
A. Sistema de cultivo	1. Maíz en monocultivo
	2. Maíz en callejones a 3 m
	3. Maíz en callejones a 6 m
B. Fertilización nitrogenada	1. Cero N
	2. 100 kg/ha de N

TRATAMIENTOS	CODIGO
1. Monocultivo de maíz + 0 N	CO
2. Monocultivo de maíz + 100 kg/ha de N	CN
3. Maíz en callejones a 3 m + 0 N	A30
4. Maíz en callejones a 3 m + 100 kg/ha de N	A3N
5. Maíz en callejones a 6 m + 0 N	A60
6. Maíz en callejones a 6 m + 100 kg/ha de N	A6N

Adicionales

7. Maíz + biomasa importada + 0 N	MGO
8. Maíz + biomasa importada + 100 kg/ha de N	MGN

Se sembró el genotipo de maíz Tuxpeño, Ciclo 7, a una densidad de 40.000 plantas por hectárea. En las parcelas sin árboles se plantó a 1 m entre hileras y 0.5 m entre posturas. En las parcelas con callejones a 3 m, se sembraron dos hileras de maíz por callejón, a 1 m entre hileras y 0.33 m entre posturas. En los callejones a 6 m se sembraron 5 hileras de maíz por callejón, a 1 m entre hileras y 0.42 m entre posturas. En todas las parcelas después del raleo, se dejaron 2 plantas por postura.

3.2.2.1 Conducción del experimento

En las parcelas con árboles el material de la poda se distribuyó uniformemente sobre el suelo y se cortó en trozos pequeños.

La siembra del maíz se realizó entre el 4 y 5 de junio de 1985, en forma manual, utilizando el espeque.

a) Fertilización

Diez días después de la siembra se aplicó a todas las parcelas 100 kg de fósforo por hectárea, en forma de superfosfato triple, en banda sobre el suelo.

Para los tratamientos con fertilización nitrogenada la aplicación se realizó 35 días después de la siembra, utilizando nitrato de amonio, en semi-círculo sobre el suelo, a 15 cm de la base de la planta.

b) Control de malezas

Durante el experimento se realizaron dos tipos de control . Al momento de la siembra se aplicó una mezcla de LAZO (Alaclor), RADEX (Paraquat) y AFALON (Linurón); treinta días después de la siembra se realizó un control manual.

c) Cosecha

Se realizó 130 días después de la siembra, tomando una muestra de 30 posturas por tratamiento, por repetición

3.2.2.2 Toma de información

Se inició con el muestreo de producción de biomasa de gliricidia, para lo cual se tomó una muestra de cuatro árboles, se determinó peso fresco total y mediante una alicuota llevada al horno a 70 °C durante 72 horas, se determinó el peso seco y se realizó el análisis de tejido para las fracciones tallo y hoja.

Cuando el maíz alcanzó la madurez fisiológica (95 días después de la siembra) se realizó un muestreo para análisis de tejido del maíz, tomando ocho plantas por tratamiento. Se determinó peso seco y la concentración de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, en las fracciones hoja, mazorca, tallo, inflorescencia masculina y raíz.

La altura de planta se evaluó a los 110 días después de la siembra y se tomó una muestra de 10 plantas por tratamiento.

Debido a la alta incidencia de enfermedades de la mazorca , al momento de la cosecha se tomó una muestra de mazorcas afectadas y se llevó al Laboratorio de Fitopatología del CATIE, para identificar el agente causal. Respecto al rendimiento, se tomó información de las siguientes variables: número y peso de mazorcas buenas (que no presentaban daño alguno), , número y peso de mazorcas malas (presentaban daños por patógenos), porcentaje de desgrane, porcentaje de humedad en el grano y rendimiento de grano bueno al 14% de humedad.

En las parcelas con callejones a 6 m se realizó un muestreo adicional, correspondientes a las hileras de maíz ubicadas a 1 m, 2 m y 3 m de distancia del surco de árboles, con el fin de determinar el alcance del efecto de gliricidia sobre el maíz. Se tomó una muestra de seis posturas por hilera.

3.2.2.3 Análisis de la información

Se combinó el análisis de varianza, la prueba de Duncan y los contrastes ortogonales para analizar la información de las variables seleccionadas.

3.3. Establecimiento de gliricidia

Bajo este aspecto se consideran los dos experimentos sobre la propagación de gliricidia, por estaca y por siembra directa de las semillas.

3.3.1. Efecto de época de corte y manejo sobre el prendimiento de estacas de gliricidia (Experimento 3)

En el lote 4 del campo experimental "La Montaña", se estableció un experimento factorial 4 x 3, bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

La matriz de tratamientos correspondió a la combinación de cuatro niveles del factor época de corte, relacionado con fases de la luna, y tres niveles del factor manejo de las estacas después del corte.

FACTORES	NIVELES
A. Época de corte (fases de la luna)	1. Luna Llena
	2. Cuarto menguante
	3. Luna nueva
	4. Cuarto creciente
B. Manejo de estacas	1. Plantación inmediata
	2. Plantación 15 días después, reposo en posición horizontal "acostadas"
	3. Plantación 15 días después, reposo en posición oblicua "paradas"

Se evaluaron los siguientes tratamientos:

No.	TRATAMIENTO	CODIGO
1.	Luna llena - plantación inmediata	LLPI
2.	Luna llena - plantación 15 dd "acostadas"	LL15A
3.	Luna llena - plantación 15 dd "paradas"	LL15P
4.	Cuarto menguante - plantación inmediata	CMPI
5.	Cuarto menguante - plantación 15 dd "acostadas"	CM15A
6.	Cuarto menguante - plantación 15 dd "paradas"	CM15P
7.	Luna nueva - plantación inmediata	LNPI
8.	Luna nueva - plantación 15 dd "acostadas"	LN15A
9.	Luna nueva - plantación 15 dd "paradas"	LN15P
10.	Cuarto creciente - plantación inmediata	CCPI
11.	Cuarto creciente - plantación 15 dd "acostadas"	CC15A
12.	Cuarto creciente - plantación 15 dd "paradas"	CC15P

Se utilizó una parcela experimental de 9 m² (3 x 3 m), sembrando 9 estacas/parcela.

3.3.1.1 Conducción del experimento

La plantación de las estacas se inició el 3 de junio de 1985, extendiéndose el período de observaciones hasta el 11 de octubre/1985.

Para la determinación de la época de corte de las estacas (fase de la luna), se siguió el Libro Almanaque Escuela para todos (1984) de gran uso entre los agricultores costarricenses. En todos los casos el corte y la plantación de los tratamientos "plantación inmediata" se efectuó

dentro de un período de 12 horas después de entrar la luna en la fase respectiva.

a) El material de propagación

La totalidad de las estacas se obtuvo de cercas vivas de la sección de ganadería del CATIE. Se identificó cada "árbol-padre" y cada estaca, con etiquetas de aluminio, numéricamente.

Siguiendo las recomendaciones del Proyecto Leña del CATIE, las estacas a plantar fueron homogenizadas por el grosor en su longitud media, seleccionándose aquellas dentro de un ámbito de 5 a 10 cms de diámetro medio. Se plantaron estacas de 2.5 m de longitud.

Luego de cortadas las estacas fueron arregladas haciendo un corte en bisel en el ápice y un corte "redondeado" en la base. Se enterró una porción de 30 cm, en hoyos de 30 x 10 x 10 cm, en esta parte de la estaca se practicaron dos cortes a nivel de la corteza, de 4-6 cm de largo, a distinta altura de la estaca para estimular el enraizamiento. La Figura 2 ilustra el tipo de estaca plantada.

Las estacas de los tratamientos que se plantaron 15 días después del corte se mantuvieron en reposo bajo la sombra de los árboles cercanos a las instalaciones de La Montaña.

b) Control de malezas

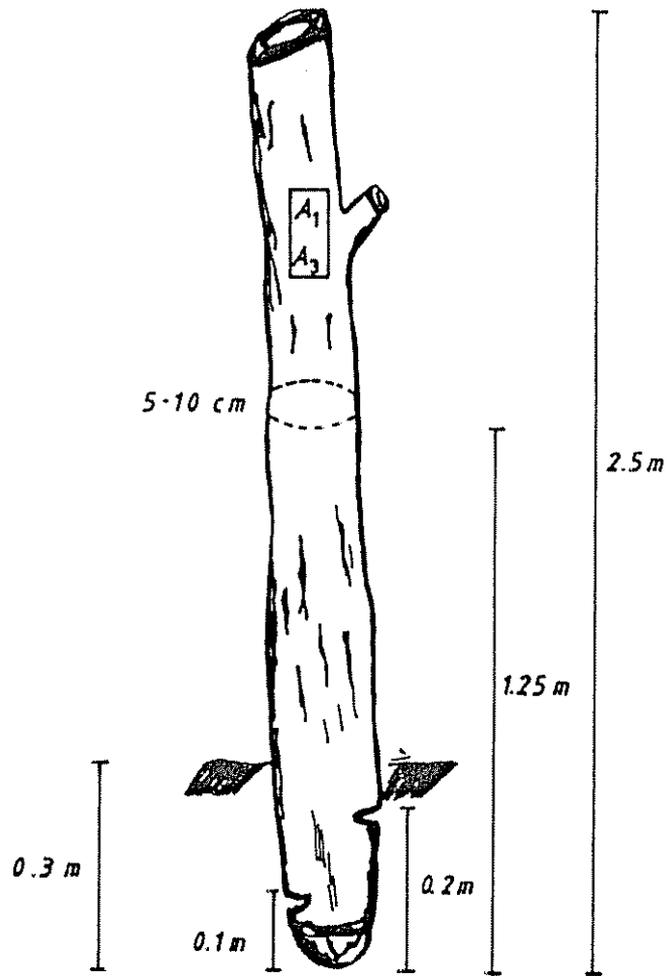


Figura 2. Detalle del tipo de estaca plantada.

Treinta días después de iniciado el experimento se realizó un control manual de malezas y posteriormente se practicaron extracciones localizadas de rebrotes de ñame, especie que ocupaba el lote anteriormente.

3.3.1.2. Toma de información

Se inició con la medición del diámetro a la altura del pecho del tronco de los "árboles-padres" y del diámetro medio de las estacas .

Un mes después de la plantación de cada uno de los tratamientos se evaluó el número de brotes por estaca, con frecuencia de 30 días, hasta los 90 (este conteo se realizó en las 9 estacas de cada una de las parcelas experimentales). A los 90 días, se procedió al corte del total de brotes de cada estaca para la determinación de producción de biomasa; este material se secó en los hornos del laboratorio de Fisiología del Departamento de Producción Vegetal del CATIE, a 70 °C durante 72 horas.

A los 144 días después de iniciar el experimento, se procedió a desenterrar todas las estacas para hacer una evaluación del enraizamiento y de la pudrición de estacas. Para evaluar el enraizamiento se diseñó una escala visual, con tres categorías: 1) ausencia total de raíces, 2) escaso a mediano enraizamiento, 3) enraizamiento profuso. Se anotó si el enraizamiento se presentaba en el corte "redondeado" de la base y/o en los dos cortes laterales. También se discriminó si la pudrición estaba ubicada en el ápice, la base o en la totalidad de la estaca y se generó

la variable número de estacas prendidas por parcela.

3.3.1.3. Análisis de la información

Con el promedio de brotes por estaca (30, 60 y 90 días después de la plantación), peso seco de brotes por estaca a los 90 días y número de estacas prendidas por parcela, se procedió a realizar los análisis de varianza respectivos.

3.3.2. Efecto de distancia entre sitios y número de plantas por sitio sobre el establecimiento de gliricidia por siembra directa (Experimento 4)

El experimento se estableció en un sector del lote 4 , en parcelas de 4.5 m x 3 m, sembrando tres surcos por parcela, distanciados 1.5 m. Se planeó un experimento factorial 2 x 2 con dos tratamientos adicionales, en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones.

FACTOR	NIVEL
A. Espaciamiento entre sitios	25 cm 50 cm
B. Número de plantas por sitio	1 2

La lista de los tratamientos que se evaluaron en este experimento es la siguiente:

No. TRATAMIENTO	DESCRIPCION	PLANTAS/HA	CODIGO
1	25 cm entre sitios, 1 planta/sitio	26.664	25-1
2	25 cm entre sitios, 2 plantas/sitio	53.328	25-2
3	50 cm entre sitios, 1 plantas/sitio	13.332	50-1
4	50 cm entre sitios, 2 plantas/sitio	26.664	50-2

Tratamientos adicionales

5	100 cm entre sitios, plantas/sitio	13.332	100-2
6	Chorrillo o siembra continua	133.320	CHORR

La semilla sembrada fue proporcionada por el Banco Latinoamericano de Semillas Forestales, con sede en CATIE, identificada como procedencia Macaracas, Los Santos, Panamá con el número de lote 1890.

3.3.2.1. Conducción del experimento

Inicialmente se realizó una prueba de germinación con 300 semillas, distribuidas en tres repeticiones, reportando un promedio de germinación del 87% a los siete días.

El experimento se estableció el 4 de junio de 1985. Se depositó un número mayor de semillas por sitio y a los ocho días se realizó el raleo de plántulas para dejar el número indicado.

Durante el experimento se practicaron dos controles de malezas en forma manual, a los 30 y 60 días después de la siembra.

3.3.2.2. Toma de información

Se inició a los 30 días con el conteo del número de sitios con plantas y el número de plantas por sitio y con la medición de la altura de planta, tomada a partir de la superficie del suelo. En los sitios con 2 plantas se seleccionó la planta más alta para esta medida. Estas evaluaciones se repitieron a los 60 y 90 días, en esta última época se midió, además, el diámetro basal de la planta más alta, utilizando un calibrador tipo vernier, a 5 cm arriba del suelo.

3.3.2.3. Análisis de la información

Para todos los tratamientos, a excepción del chorrillo o siembra continua, se calculó la sobrevivencia de sitios (relación entre el número de sitios con una o más plantas y el número de sitios totales, en porcentaje) y la sobrevivencia de plantas (relación entre el número de plantas vivas y el número de plantas totales posibles, en porcentaje), en cada época. A estos datos se les aplicó la transformación arcoseno para proceder a realizar el análisis de varianza respectivo.

A los datos de altura de planta y diámetro basal se les aplicó el análisis de varianza y los promedios de tratamientos se compararon mediante la prueba de Tukey. La altura a los 90 días se correlacionó con el diámetro basal mediante análisis de regresión lineal simple.

4. RESULTADOS

4.1. Efecto del cultivo en callejones de gliricidia

4.1.1. Siembra de frijol (Experimento 1)

El resultado del análisis de suelo y la caracterización de las condiciones del clima durante el experimento se muestran en los Cuadros 2A y 3A.

4.1.1.1. Producción y composición de la biomasa de gliricidia

El Cuadro 2 muestra los promedios de peso fresco, materia seca (calculados con base en 48 árboles) y la concentración promedio de N, P, K, Ca y Mg.

Cuadro 2. Producción de biomasa y concentración de nutrimentos en el material de poda de gliricidia.

Fracción	Peso fresco kg/ha	Materia seca %	Peso seco kg/ha	N	P	K %	Ca	Mg
Hoja	6919.16	21.8	1512.33	4.22	0.29	1.95	1.42	0.29
Tallo	10684.5	23.9	2552.25	1.15	0.17	1.8	0.48	0.26
Total	17603.66		4064.58					

Teniendo en cuenta el peso seco y el porcentaje de cada elemento, se calculó el aporte total de nutrimentos al suelo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cálculo del aporte de nutrimentos de la biomasa de gliricidia

Fracción	N	P	K (kg/ha)	Ca	Mg
Hoja	63.51	4.38	29.49	21.47	4.38
Tallo	29.35	4.33	45.94	12.25	6.63
Total	92.86	8.71	75.43	33.72	11.01

Se destaca la cantidad de nitrógeno, potasio y calcio que puede aportar la biomasa de gliricidia al suelo.

4.1.1.2. Rendimiento y componentes de rendimiento de frijol

El Cuadro 4 contiene los valores promedio, por tratamiento, y los resultados de la Prueba de Duncan.

Cuadro 4. Promedio de rendimiento de frijol y componentes de rendimiento

Tratamiento	Vainas por planta	Granos por vaina	Peso de 100 granos (kg)	Rendimiento kg/ha (14% humedad)
FO	7.0 c*	5.4 b	0.015 a	482.83 c
FN	9.7 abc	5.5 b	0.021 a	659.80 c
FGO	12.7 a	6.0 ab	0.022 a	1007.63 ab
FGN	11.7 ab	6.2 a	0.022 a	1189.93 a

* Prueba de Duncan, 5%. Promedios con una letra en común no son significativamente diferentes.

FO=monocultivo + 0 N

FN=monocultivo + 50 kg/ha de N

FGO=frijol en callejones + 0 N

FGN=frijol en callejones + 50 kg/ha de N

a) Rendimiento de grano

En la Figura 3 se observan diferencias entre los tratamientos resaltando que los promedios más altos corresponden a la siembra de frijol en callejones de gliricidia (FGO y FGN); el análisis de varianza (Cuadro 5) confirma el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento, mostrando un efecto altamente significativo del factor sistema de cultivo, y un efecto significativo de la fertilización nitrogenada.

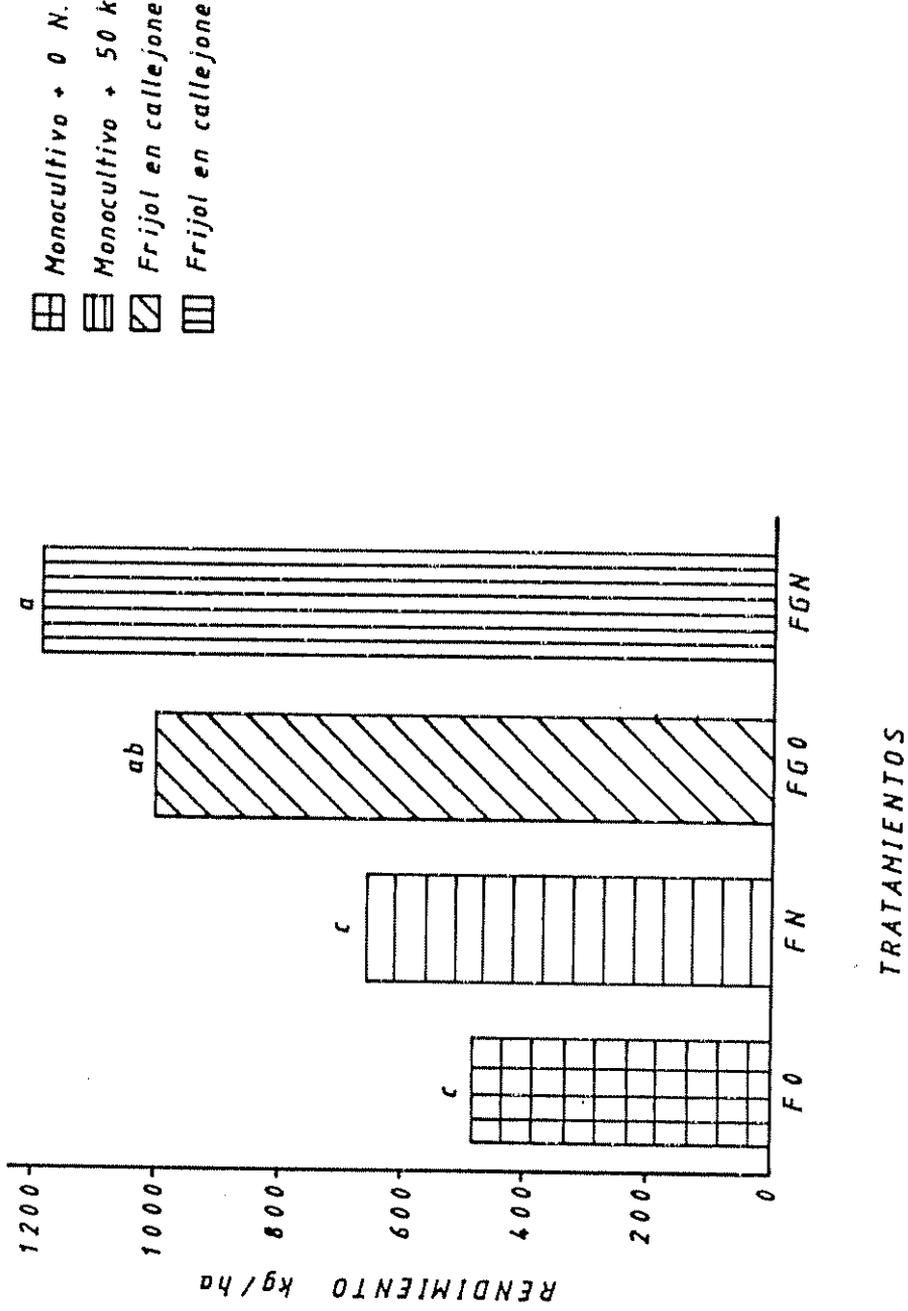


Figura 3. Promedio de rendimiento de frijol.

Cuadro 5. Resumen del análisis de varianza para rendimiento de frijol y componentes de rendimiento.

F de V	Rendimiento de grano	Vainas/planta	Granos/vaina	Peso de 100 granos
Repetición	NS	NS	NS	NS
Tratamientos	**	*	NS	*
A. Sistema de cultivo	**	*	NS	**
B. Fertilización nitrogenada	*	NS	NS	NS
A * B	NS	NS	NS	NS
CV	13.71%	17.83%	5.11%	29.15%
NS=no significativo	*=p<0.05		**=p<0.01	

La prueba de Duncan al 5% (Cuadro 4) indica que los rendimientos más bajos se obtuvieron en los tratamientos en monocultivo. Es importante anotar que no se encontraron diferencias significativas entre los dos tratamientos sembrados en callejones, lo cual implica que para las condiciones de este experimento el mejor resultado se obtiene en la siembra de frijol en callejones, con adición exclusiva de la biomasa de gliricidia.

El análisis de efectos simples y principales (Cuadro 6) muestra que al pasar de la siembra en monocultivo al cultivo en callejones se incrementó el rendimiento del frijol en 527.46 kg/ha de grano; la fertilización nitrogenada incrementó los rendimientos en 179.48 kg/ha.

Cuadro 6 . Análisis de efectos para rendimiento de frijol (kg/ha).

	Monocultivo frijol	Cultivo de frijol en callejones	Efecto simple
N0	482.83 (1)	1007.63 (2)	524.8 (C)
N100	659.80 (3)	1189.93 (4)	530.13 (D)
Efecto simple	176.97 (A)	182.3 (B)	
Efecto principal fertilización nitrogenada (A+B)/2			179.48
Efecto principal sistema de cultivo (C+D)/2			527.46
A=3-1	B=4-2	C=4-2	D=4-3

b) Componentes de rendimiento

El efecto de los tratamientos se manifestó en los componentes número de vainas por planta y peso de 100 granos. Para el número de granos por vaina no se presentaron diferencias significativas.

- Número de vainas por planta

La prueba de Duncan (Cuadro 4) muestra diferencias significativas entre los promedios de tratamientos, con el menor promedio para el tratamiento monocultivo de frijol sin adición de N (FO). A pesar de no encontrarse diferencias significativas entre los tres promedios

restantes, el valor más alto corresponde al cultivo en callejones sin aplicación de N químico (FGO).

- Peso de 100 granos

Este componente fue afectado negativamente por la no adición de nitrógeno, como lo demuestra el promedio más bajo para el tratamiento monocultivo de frijol sin aplicación de nitrógeno (FO).

4.1.1.3. Efecto de los tratamientos sobre la composición de los tejidos de frijol.

En el Cuadro 7 se consigna la información resultante del análisis de tejido para las fracciones tallo -hojas, vainas, raíces y total, de las variables materia seca, N, P, K, Ca y Mg.

Cuadro 7. Composición de tejidos de frijol y prueba de Duncan* (5%).

Fracción	Trata- miento	Mat. seca		N	P (%)	K	Ca	Mg
Tallo y hojas	FO	18	a	1.69 a	0.20 a	1.35 b	1.69 a	0.41 a
	FN	18	a	1.73 a	0.20 a	1.38 b	1.61 a	0.41 a
	FGO	16	ab	1.93 a	0.23 a	2.16 a	1.81 a	0.45 a
	FGN	15	b	1.99 a	0.19 a	2.30 a	1.67 a	0.44 a
Vainas	FO	21	a	1.85 b	0.30 a	1.72 b	0.47 a	0.34 a
	FN	20	a	1.75 b	0.27 a	1.70 b	0.47 a	0.35 a
	FGO	21	a	1.98 ab	0.32 a	2.06 a	0.44 a	0.31 a
	FGN	20	a	2.28 a	0.31 a	2.04 a	0.40 a	0.30 a
Raíces	FO	28	b	0.83 a	0.11 a	0.85 a	0.66 ab	0.33 a
	FN	29	b	0.93 a	0.12 a	0.98 a	0.74 a	0.32 a
	FGO	33	a	0.85 a	0.10 a	0.87 a	0.47 b	0.29 a
	FGN	29	b	0.87 a	0.10 a	0.86 a	0.45 b	0.32 a
Total	FO	14.4	b	1.72 b	0.24 a	1.5 b	1.03 a	0.37 a
	FN	14.4	b	1.68 b	0.22 a	1.49 b	1.04 a	0.38 a
	FGO	19	a	1.90 ab	0.27 a	2.05 a	1.05 a	0.37 a
	FGN	18	a	2.09 a	0.24 a	2.12 a	0.99 a	0.36 a

* Promedios con una letra en común no son significativamente diferentes (nivel 5%).

FO=monocultivo + 0 N

FN=monocultivo + 50 kg/ha de N

FGO=frijol en callejones+0 N

FGN=frijol en callejones+50 kg/ha de N

a) Tallo y Hojas

En esta fracción el efecto de los tratamientos fue significativo sobre el porcentaje de materia seca y el % de K (Cuadro 8). La concentración de K fue superior en los tratamientos correspondientes al cultivo en callejones (FGO y FGN)

b) Vainas

Los tratamientos no presentaron efectos significativos sobre el % de materia seca, % de P, % de Ca y de Mg (Cuadro 8). En esta parte de la planta se ubican mayores concentraciones de N y K en los tratamientos FGO y FGN.

c) Raíces

Se presentan diferencias significativas entre tratamientos para las variables % de materia seca y % de Ca (Cuadro 8).

d) Total

Considerando la totalidad de la planta, el efecto de los tratamientos es significativo para % de materia seca y % de N, altamente significativo para % de K y no se presentan diferencias significativas para % de P, % de Ca y de Mg. Los porcentajes de materia seca, nitrógeno y potasio son mayores en plantas de los tratamientos que recibieron la biomasa de gliricidia (FGO y FGN)

Cuadro 8. Resumen del análisis de varianza para efecto de tratamientos sobre la composición de tejidos de frijol.

Fracción	Materia seca	N	P (%)	K	Ca	Mg
Tallo y hojas	*	NS	NS	**	NS	NS
Vainas	NS	*	NS	**	NS	NS
Raíces	**	NS	NS	NS	**	NS
Total	*	*	NS	**	NS	NS
NS = No significativo		*p<0.05		**p<0.01		

4.1.1.4. Extracción de N, P, K, Ca y Mg

Para el cálculo de la extracción se empleó el peso seco y la concentración de cada elemento en el tejido de frijol. En la Figura 4 y el Cuadro 9 se presenta la extracción total y las cantidades correspondientes a las fracciones tallo-hojas, vainas y raíces.

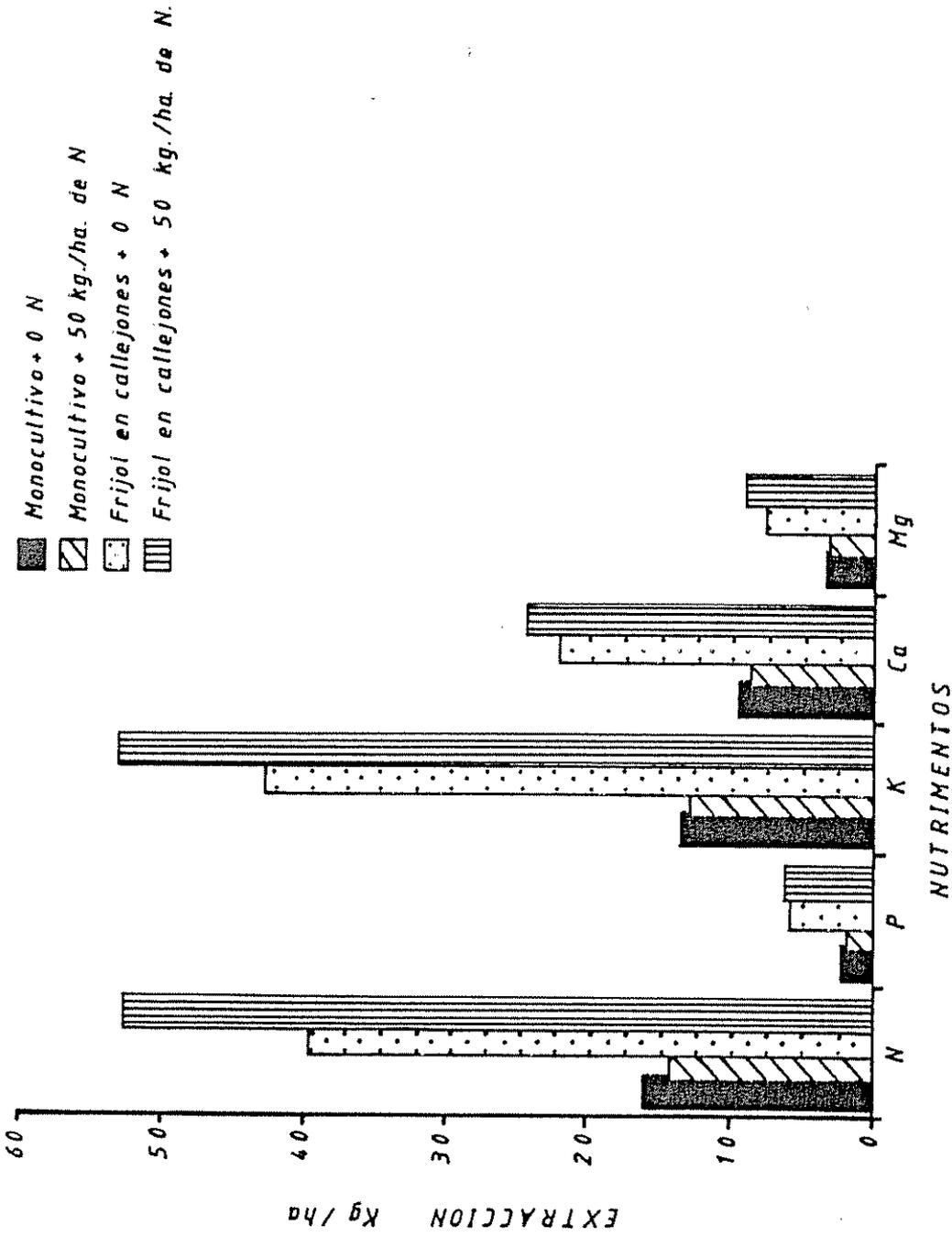


Figura 4. Extracción de nutrimentos por el frijol.

Cuadro 9. Cantidades totales de N, P, K, Ca y Mg, extraídas por las plantas de frijol y prueba de Duncan* (5%).

Fracción	Trata- miento	Peso seco	N	P (kg/ha)	K	Ca	Mg
Tallo y hojas	FO	423.6 b	7.27 b	0.82 b	5.56 b	7.08 b	1.75 b
	FN	409.7 b	6.97 b	0.77 b	5.77 b	6.58 b	1.66 b
	FGO	939.4 a	18.0 a	2.21 a	20.13 a	17.04 a	4.22 a
	FGN	1153.3 a	22.68 a	2.13 a	26.53 a	19.06 a	5.14 a
Vainas	FO	446.9 b	8.36 b	1.35 b	7.63 b	2.12 b	1.55 b
	FN	385.5 b	6.68 b	1.01 b	6.66 b	1.80 b	1.39 b
	FGO	1061.7 a	20.92 a	3.43 a	21.79 a	4.69 a	3.24 a
	FGN	1266.9 a	29.35 a	3.92 a	25.79 a	4.92 a	3.70 a
Raíces	FO	45.86 b	0.38 b	0.05 b	0.37 c	0.29 a	0.15 c
	FN	52.52 b	0.47 b	0.06 b	0.51 bc	0.41 a	0.15bc
	FGO	91.40 a	0.78 a	0.10 a	0.78 ab	0.42 a	0.27ab
	FGN	98.33 a	0.85 a	0.09 a	0.84 a	0.42 a	0.30 a
Total	FO	916.4 b	16.01 b	2.22 b	13.57 b	9.49 b	3.46 b
	FN	847.7 b	14.13 b	1.85 b	12.94 b	8.79 b	3.21 b
	FGO	2092.5 a	39.70 a	5.74 a	42.71 a	22.15 a	7.74 a
	FGN	2518.6 a	52.87 a	6.15 a	53.17 a	24.41 a	9.15 a

* Promedios con una letra en común no son significativamente diferentes (nivel 5%).

FO=monocultivo + 0 N

FN=monocultivo + 50 kg/ha de N

FGO=frijol en callejones+0 N

FGN=frijol en callejones+50 kg/ha de N

En las fracciones tallo-hojas y vainas el efecto de los tratamientos sobre la extracción fué significativo, correspondiendo los valores más altos a los tratamientos en callejones (FGO y FGN). En las raíces, exceptuando el Ca, la tendencia es similar: valores más altos para los dos tratamientos anteriores.

Tomando el total de la planta, se observa que N, K y Ca fueron los elementos que en mayor proporción extrajo del suelo el frijol. El peso seco total y de las fracciones también es superior en el cultivo en callejones (tratamientos FGO y FGN). El análisis de varianza (Cuadro 10) indica que se presentaron diferencias altamente significativas entre tratamientos y en todos los casos los promedios más altos corresponden a los tratamientos en callejones, señalando una mayor oferta de nutrimentos utilizables por la planta.

Cuadro 10. Resumen del análisis de varianza para efecto de tratamientos sobre la extracción de N, P, K, Ca y Mg.

Fracción	Peso Seco	N	P (kg/ha)	K	Ca	Mg
Tallo y hojas	**	**	**	**	**	**
Vainas	**	**	**	**	**	*
Raíces	*	*	*	*	NS	*
Total	**	**	**	**	**	**

NS = No significativo

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

4.1.1.5. Comparación de la eficiencia de la aplicación de nitrógeno

Guevarra (1976) calcula la eficiencia del N, comparando el incremento en rendimiento con respecto al control, por cada kilogramo de N aplicado. Siguiendo esta metodología se comparan los cuatro tratamientos del experimento, tomando como control el monocultivo de frijol sin aplicación de N (FO). En el Cuadro 11 se presentan los resultados de estos cálculos.

Cuadro 11. Cálculo de la eficiencia de aplicación de N.

Tratamiento	N aplicado kg/ha (1)	Rendimiento kg/ha (2)	Incremento sobre el control (2)/(1)	Incremento por kg de N Eficiencia	
FO (control)	0	482.83			
FN	100	659.80	176.97	1.77	1
FGO	92	1007.63	524.8	5.70	3.22**
FGN	100 + 92*	1189.93	707.1	3.68	2.07**

FO=monocultivo + 0 N

FN=monocultivo + 50 kg/ha de N

FGO=frijol en callejones+0 N FGN=frijol en callejones+50 kg/ha de N

*100 kg de N químico, en forma de nitrato de amonio más 92 kg de N orgánico, en forma de biomasa de gliricidia

** 3.22 = 5.7/1.77 2.07 = 3.68/1.77

Se observa una mayor eficiencia del N aplicado en los tratamientos con cultivo en callejones, comparados con el monocultivo de frijol fertilizado con 100 kilogramos de N por hectárea (FN).

Al comparar los dos tratamientos con cultivo en callejones (FGO y FGN) la mayor eficiencia del N corresponde a la siembra de frijol con adición exclusiva de N orgánico (biomasa de gliricidia), lo cual estaría indicando que para las condiciones de este experimento la aplicación de la mezcla de N químico y N orgánico conduce a una subutilización de este costoso fertilizante.

4.1.2. Siembra de maíz (Experimento 2)

Los Cuadros 4A y 5A contienen el análisis de suelo y las condiciones del clima durante el período experimental.

4.1.2.1. Producción y composición de la biomasa de gliricidia

El Cuadro 12 contiene la información relacionada con peso fresco, materia seca y concentración de N, P, K, Ca y Mg.

Cuadro 12. Producción de biomasa y concentración de nutrimentos en el material de poda de gliricidia.

Fracción	Peso Fresco kg/ha	Materia seca (%)	Peso seco kg/ha	N	P	K (%)	Ca	Mg
Hoja	4399.5	25.4	1117.5	4.55	0.27	1.96	1.07	0.42
Tallo	13198.7	27.8	3669.2	1.48	0.16	1.7	0.76	0.32
Total	17598.2		4786.7					

Comparando estos valores con los encontrados durante el experimento 1 se observa que no se presentó variación en el peso fresco total, pero se incrementó el porcentaje de materia seca tanto en las hojas como en el tallo. Como consecuencia aumentó el peso seco total, con una mayor proporción de tallo. La concentración de nutrimentos no presentó variaciones significativas.

En el Cuadro 13 se muestra el total de nutrimentos que contiene la biomasa de gliricidia.

Cuadro 13. Contenido de nutrimentos en la biomasa de gliricidia.

Fracción	N	P	K kg/ha	Ca	Mg
Hoja	50.8	3.0	21.9	11.9	4.7
Tallo	54.3	5.9	62.4	28.0	11.7
Total	105.1	8.9	84.3	39.9	16.4

En relación con el experimento 1 (Cuadro 2) aumentó el total de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en la biomasa de gliricidia. Estas variaciones y las del porcentaje de materia seca pueden explicarse por el efecto de época, si se tiene en cuenta que para el experimento 1 la poda de los árboles se realizó al finalizar la época lluviosa y para este experimento se realizó al finalizar la época seca.

4.1.2.2. Variables de rendimiento de maíz

El análisis de las muestras de mazorca enviadas al Laboratorio de fitopatología identificó un complejo de hongos (Diplodia sp. y Fusarium sp.) como agentes causales del daño . Como se menciona en la metodología de este experimento, la presencia de este complejo llevó a diferenciar entre mazorcas y grano que no presentaban esta afección (mazorcas y grano bueno), del material que presentaba el daño (mazorcas malas), con el fin de poder establecer comparaciones entre tratamientos y precisar su efecto sobre la sanidad de la cosecha.

El Cuadro 14 muestra la evaluación de las variables de rendimiento (número de mazorcas buenas, peso de mazorcas buenas, número de mazorcas malas, peso de mazorcas malas, porcentaje de desgrane y rendimiento de grano bueno) y de altura de planta, promedios por tratamiento.

Para el análisis de varianza de las variables de rendimientos se siguió la metodología planteada por Pimentel (1978) para experimentos factoriales con tratamientos adicionales.

a) Número de mazorcas buenas

Aunque el análisis de varianza (Cuadro 15) no muestra efecto significativo de los tratamientos, los promedios más altos corresponden a los tratamientos donde se aplicó biomasa importada (MGO y MGN).

Cuadro 14. Comportamiento de altura de planta y variables de rendimiento de maíz. Prueba de Duncan al 5%*.

Tratamiento**	Altura (m.)	Mazorcas buenas por ha	Peso mazorcas buenas (1)	Desgrape %	Mazorcas malas por ha	Peso mazorcas malas (1)	Rendimiento grano bueno 14% humedad (1)
CO	2.01 c	25778 ab	3222 ab	69 ab	16222 abc	511 a	2100 abc
CN	2.15 ab	28667 ab	3667 ab	69 ab	14889 abc	589 a	2396 ab
A30	2.49 a	23345 ab	2772 b	68 ab	18406 ab	650 a	1735 bc
A3N	2.41 a	21773 b	2334 b	66 b	20426 a	662 a	1412 c
A60	2.32 ab	27557 ab	3302 ab	69 ab	14109 abc	450 a	2100 abc
A6N	2.37 a	29762 ab	3662 ab	69 ab	9921 c	366 a	2357 ab
MGO	2.30 ab	30889 a	4211 a	71 ab	11778 bc	478 a	2718 a
MGN	2.33 ab	31778 a	4222 a	72 a	12889 bc	500 a	2749 a
CV%	4.8	15.0	20.4	2.02	24.7	28.7	20.7

(1) kg/ha

* Promedios con una letra en común no son significativamente diferentes, al 5%.

** CO: monocultivo sin N
 CN: monocultivo + N
 A30: callejones a 3 m sin N
 A3N: callejones a 3 m + N
 A60: callejones a 6 m sin N
 A6N: callejones a 6 m + N
 MGO: biomasa importada sin N
 MGN: biomasa importada + N

Los promedios más bajos se presentaron en los callejones a 3 m. La técnica de contrastes (Cuadro 6A) detectó diferencias significativas entre el promedio de mazorcas buenas en callejones a 6 m comparado con el de callejones a 3 m (menor promedio).

b) Peso de mazorcas buenas

No se presentó un efecto significativo de los tratamientos sobre esta variable. Los promedios más altos corresponden a los tratamientos de biomasa importada (MGO y MGN) y los más bajos al cultivo en callejones a 3 m.

c) Número de mazorcas malas

El análisis de varianza (Cuadro 15) muestra un efecto altamente significativo del factor sistema de cultivo, lo cual indica que es mayor el efecto del complejo de hongos en el cultivo en callejones que en el monocultivo. La prueba de contrastes (Cuadro 6A) detectó diferencias altamente significativas entre las dos distancias de callejones, con el mayor promedio de mazorcas malas en callejones a 3 m, indicando que la distancia entre surcos de árboles incide sobre el comportamiento de los patógenos identificados.

d) Peso de mazorcas malas

El análisis de contrastes (Cuadro 6A) muestra diferencias

significativas entre las dos distancias de callejones. El mayor peso de mazorcas malas corresponde al cultivo en callejones a 3 m, indicando que la distancia entre los surcos de árboles incide, probablemente, por incremento de la humedad en los callejones más estrechos.

e) Porcentaje de desgrane

Los contrastes (Cuadro 6A) muestran diferencias significativas entre las dos distancias en callejones, con menor porcentaje de desgrane para callejones a 3 m. La comparación entre las parcelas donde se aplicó biomasa de gliricidia importada (MGO, MGN) y las parcelas donde se aplicó biomasa reciclada de árboles presentes en la parcela (A30 y A60), señala menor valor para estos últimos tratamientos, lo que puede indicar que los árboles interfieren en el proceso de polinización del maíz, con mayor intensidad en distancias entre surcos que permitan una aproximación rápida entre su follaje.

f) Rendimiento de grano bueno

El análisis de varianza (Cuadro 15) muestra un efecto significativo del factor sistema de cultivo sobre esta variable. A través de los contrastes (Cuadro 6A) se aprecia una diferencia significativa entre las dos distancias de callejones, con el promedio más bajo para callejones de 3 m. También es significativa la diferencia de rendimiento entre las parcelas donde se aplicó biomasa importada (MGO) y aquellas donde se aplicó biomasa reciclada (A30, A60).

Cuadro 15. Resumen del análisis de varianza para variables de rendimiento.

Fuentes de Variación	Mazorcas buenas por ha		Peso mazorcas buenas		Desgrane %	Mazorcas malas por ha		Peso mazorcas malas		Rendimiento grano bueno 14% humedad
	NS	NS	NS	NS		NS	NS	NS	NS	
- Tratamientos del factorial	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
- A Sistema de cultivo	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	*
- B Fertilización nitrogenada	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
- A * B	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
- Tratamientos adicionales	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS = No significativo

* = Significativo al 5%

Se destaca que no es significativa la diferencia entre el monocultivo de maíz fertilizado con 100 kg/ha de nitrógeno (CN) y el maíz donde exclusivamente se adicionó la biomasa de gliricidia (A30, A60), como tampoco la diferencia entre los callejones sin adición de nitrógeno químico (A30, A60) y los callejones donde se aplicó fertilizante nitrogenado (A3N, A6N). Estos resultados sugieren que la biomasa de gliricidia tiene un efecto similar a la aplicación de nitrógeno químico, en cuanto al rendimiento de grano bueno se refiere.

En relación a la altura de planta, los contrastes (Cuadro 6A) señalan un efecto significativo del cultivo en callejones. El promedio de altura es significativamente mayor en los callejones que en el monocultivo de maíz, lo cual indica un efecto de competencia entre los árboles y el maíz, que induce un mayor crecimiento.

4.1.2.3. Composición de los tejidos de maíz

El Cuadro 7A muestra los resultados del análisis de tejido para las fracciones hojas, mazorcas, tallo, inflorescencia masculina y raíz. Estos resultados se emplearon para el cálculo del contenido de nutrimentos, para cada fracción y para el total de la planta, que se muestra en el Cuadro 16.

Se observa que la mayor proporción del peso seco corresponde a la fracción mazorcas, donde se concentran los mayores porcentajes del nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio extraídos por la planta. En las hojas se concentra cerca del 50% del calcio extraído.

Cuadro 16. Contenido de N, P, K, Ca y Mg en la planta de maíz. Prueba de Duncan 5%*

Fracción	Tratamiento**	Peso	N							P							K							Ca							Mg						
		seco	N		P		K		Ca		Mg		N		P		K		Ca		Mg		N		P		K		Ca		Mg						
		kg/ha																																			
Hojas	CO	1205	b	19	b	3	a	18	a	7	a	2.5	c																								
	CN	1450	ab	26	ab	3	a	24	a	6	a	2.7	bc																								
	A30	1540	ab	23	b	3	a	21	a	7	a	3.6	ab																								
	A3N	1352	ab	26	ab	3	a	24	a	7	a	3.8	a																								
	A60	1467	ab	22	b	3	a	19	a	6	a	3.4	abc																								
	A6N	1427	ab	26	ab	3	a	25	a	7	a	3.6	ab																								
	MGO	1450	ab	21	b	3	a	18	a	7	a	2.9	abc																								
	MGN	1757	a	36	a	4	a	31	a	9	a	3.6	ab																								
Mazorcas	CO	3111	ab	30	ab	8	a	22	a	3	a	4	b																								
	CN	2786	ab	38	ab	9	a	28	a	3	a	5	ab																								
	A30	3153	ab	31	ab	11	a	24	a	4	a	5	ab																								
	A3N	2430	b	25	b	7	a	18	a	3	a	7	ab																								
	A60	3006	ab	31	ab	9	a	26	a	6	a	6	ab																								
	A6N	3302	ab	44	a	10	a	28	a	4	a	9	a																								
	MGO	3042	ab	28	ab	9	a	26	a	3	a	8	a																								
	MGN	3658	a	43	a	11	a	34	a	5	a	9	a																								
Tallo	CO	1492	ab	9	b	1.3	ab	16	ab	3	a	3	a																								
	CN	1214	b	11	ab	1.0	ab	18	ab	2.4	a	3	a																								
	A30	1398	ab	9	b	1.1	ab	24	ab	3	a	3	a																								
	A3N	1334	ab	11	ab	1.2	ab	29	a	3	a	3	a																								
	A60	1416	ab	10	ab	1.0	ab	21	ab	3	a	2	a																								
	A6N	1325	b	12	ab	1.1	ab	25	a	2.5	a	2	a																								
	MGO	1417	ab	9	b	0.9	b	10	b	3	a	2	a																								
	MGN	1663	a	14	a	1.6	a	24	ab	3	a	2	a																								
Inflorescencia masculina	CO	150	a	2.2	a	0.2	a	0.5	a	0.6	a	0.4	ab																								
	CN	143	a	2.3	a	0.2	a	0.6	a	0.4	a	0.3	b																								
	A30	159	a	2.3	a	0.2	a	0.5	a	0.5	a	0.3	b																								
	A3N	149	a	2.2	a	0.2	a	0.6	a	0.4	a	0.3	b																								
	A60	166	a	2.5	a	0.3	a	0.6	a	0.4	a	0.3	b																								
	A6N	170	a	2.7	a	0.3	a	0.7	a	0.5	a	0.3	b																								
	MGO	166	a	2.3	a	0.3	a	0.5	a	0.7	a	0.9	a																								
	MGN	172	a	2.9	a	0.3	a	0.7	a	0.6	a	0.4	ab																								
Raíz	CO	456	a	4	a	0.4	c	4	b	0.9	ab	0.4	ab																								
	CN	522	a	6	a	0.6	abc	6	ab	1.0	ab	0.6	ab																								
	A30	474	a	6	a	0.4	c	5	ab	1.0	ab	0.8	ab																								
	A3N	447	a	5	a	0.5	bc	5	ab	0.7	b	0.3	b																								
	A60	554	a	6	a	0.5	bc	7	ab	1.1	ab	0.7	ab																								
	A6N	587	a	8	a	0.6	abc	7	ab	1.1	ab	0.6	ab																								
	MGO	662	a	6	a	0.8	ab	5	ab	1.4	a	1.0	ab																								
	MGN	705	a	7	a	0.8	a	9	a	1.3	a	1.3	a																								
Total	CO	6413	ab	65	c	13	a	61	b	15	a	10	b																								
	CN	6115	b	84	abc	14	a	76	ab	13	a	11	ab																								
	A30	6724	ab	71	bc	16	a	74	ab	15	a	14	ab																								
	A3N	5712	b	69	bc	12	a	78	ab	14	a	14	ab																								
	A60	6608	ab	71	bc	14	a	74	ab	17	a	13	a																								
	A6N	6811	ab	93	ab	15	a	85	ab	15	a	16	a																								
	MGO	6737	ab	66	c	13	a	60	b	15	a	14	ab																								
	MGN	7955	a	104	a	18	a	98	a	18	a	16	a																								

* Promedios con una letra en común no son significativamente diferentes, al 5%.

** CO: monocultivo sin N
 CN: monocultivo + N
 A30: callejones a 3 m sin N
 A3N: callejones a 3 m + N
 A60: callejones a 6 m sin N
 A6N: callejones a 6 m + N
 MGO: biomasa importada sin N
 MGN: biomasa importada + N

El Cuadro 17 muestra los resultados del análisis de varianza para contenido de nutrimentos e indica que hubo efecto significativo de los tratamientos sobre nitrógeno y magnesio de las hojas y mazorcas, nitrógeno, fósforo y potasio en el tallo, magnesio en la inflorescencia masculina, fósforo, potasio, calcio y magnesio en la raíz. Tomando la planta en total las diferencias entre tratamientos fueron significativas para peso seco, nitrógeno, potasio y magnesio.

Se practicó un análisis de contrastes ortogonales (Cuadro 8A) para peso seco total y contenidos totales de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, para establecer si estas variables se afectaban por factores como la distancia entre callejones, el origen de la biomasa de gliricidia (biomasa importada vs. biomasa reciclada), el tipo de nitrógeno aplicado al maíz (N químico vs. N orgánico reciclado), el sistema de siembra (monocultivo vs. cultivo en callejones) y la aplicación o no de N químico en los callejones (callejón sin N químico vs. callejón con N químico). Se aprecia que ninguna de las comparaciones propuestas es significativa.

Cuadro 17. Resumen del análisis de varianza para efecto de tratamientos sobre el contenido de nutrimentos en el tejido de maíz

Fracción	Nutrimento	Significancia
Hojas	N	*
	P	NS
	K	NS
	Ca	NS
	Mg	*
Mazorcas	N	*
	P	NS
	K	NS
	Ca	NS
	Mg	*
Tallo	N	*
	P	*
	K	*
	Ca	NS
	Mg	NS
Inflorescencia masculina	N	NS
	P	NS
	K	NS
	Ca	NS
	Mg	*
Raíz	N	NS
	P	*
	K	*
	Ca	*
	Mg	*
Total	N	*
	P	NS
	K	*
	Ca	NS
	Mg	*

NS=no significativo

*=p<0.05

4.1.2.4. Efecto de los árboles sobre el maíz

Para evaluar el posible efecto que los árboles pueden ejercer sobre el cultivo intercalado, en los callejones a seis metros, se analizaron tres hileras de maíz, a un mismo costado del surco de árboles, ubicadas a 1, 2 y 3 m de distancia en las variables altura de planta, peso seco total, número y peso de mazorcas buenas, número y peso de mazorcas malas y peso de grano bueno. Los datos se analizaron como un experimento factorial 3 x 2, donde se combinó el factor distancia de la hilera de maíz con respecto al surco de árboles y la fertilización nitrogenada que se aplicó inicialmente al maíz (0 y 100 kg/ha de nitrógeno).

El Cuadro 18 muestra los resultados de las variables evaluadas, promedio de tres repeticiones. El análisis de varianza para el efecto de los tratamientos (Cuadro 19) indica significancia tan sólo para el peso de mazorcas buenas. La interacción distancia x fertilización nitrogenada no fue significativa para ninguna de las variables.

Cuadro 18. Efecto de distancia al surco de árboles sobre altura de planta y variables de rendimiento del maíz, en la siembra entre callejones a 6 m.

Tratamiento *	Altura de planta (m)	Peso seco total kg/ha	No. mazorcas buenas (1)	Peso mazorcas buenas (g) (1)	No. mazorcas malas (1)	Peso mazorcas malas (g) (1)	Peso de grano bueno (g) (1,2)
1 - NO	2.3	6323	9.0	800.0	3.3	70.0	510
2 - NO	2.29	7479	8.7	1260.0	3.3	86.6	799
3 - NO	2.38	6030	10.0	1216.7	2.7	100.0	795
1 - N100	2.38	5714	8.7	971.7	4.3	83.3	632
2 - N100	2.30	7843	9.3	1230.0	4.0	125.0	782
3 - N100	2.45	7463	10.3	1283.3	1.3	33.3	824

(1) En una muestra de 6 posturas

(2) 14% de humedad

* 1, 2, 3 : metros

NO : sin N

N100 : + 100 kg/ha de N

Cuadro 19. Resumen del análisis de varianza para efecto de distancia al surco de árboles.

VARIABLE	SIGNIFICANCIA	C.V. %
Peso seco total	NS	20.79
Altura de planta	NS	5.24
Número de mazorcas buenas	NS	18.66
Peso de mazorcas buenas	*	15.40
Número de mazorcas malas	NS	50.26
Peso de mazorcas malas	NS	82.61
Peso de grano bueno	NS	17.24

El análisis de contrastes ortogonales (Cuadro 9A) detecta diferencias significativas entre las comparaciones propuestas, para peso de mazorcas buenas y peso de grano bueno. Los valores de estas dos variables son significativamente mayores a 2 m del surco de gliricidia que a 1 m; entre las hileras a 2 y 3 m no hay diferencias significativas. La Figura 5 ilustra el comportamiento de estas dos variables.

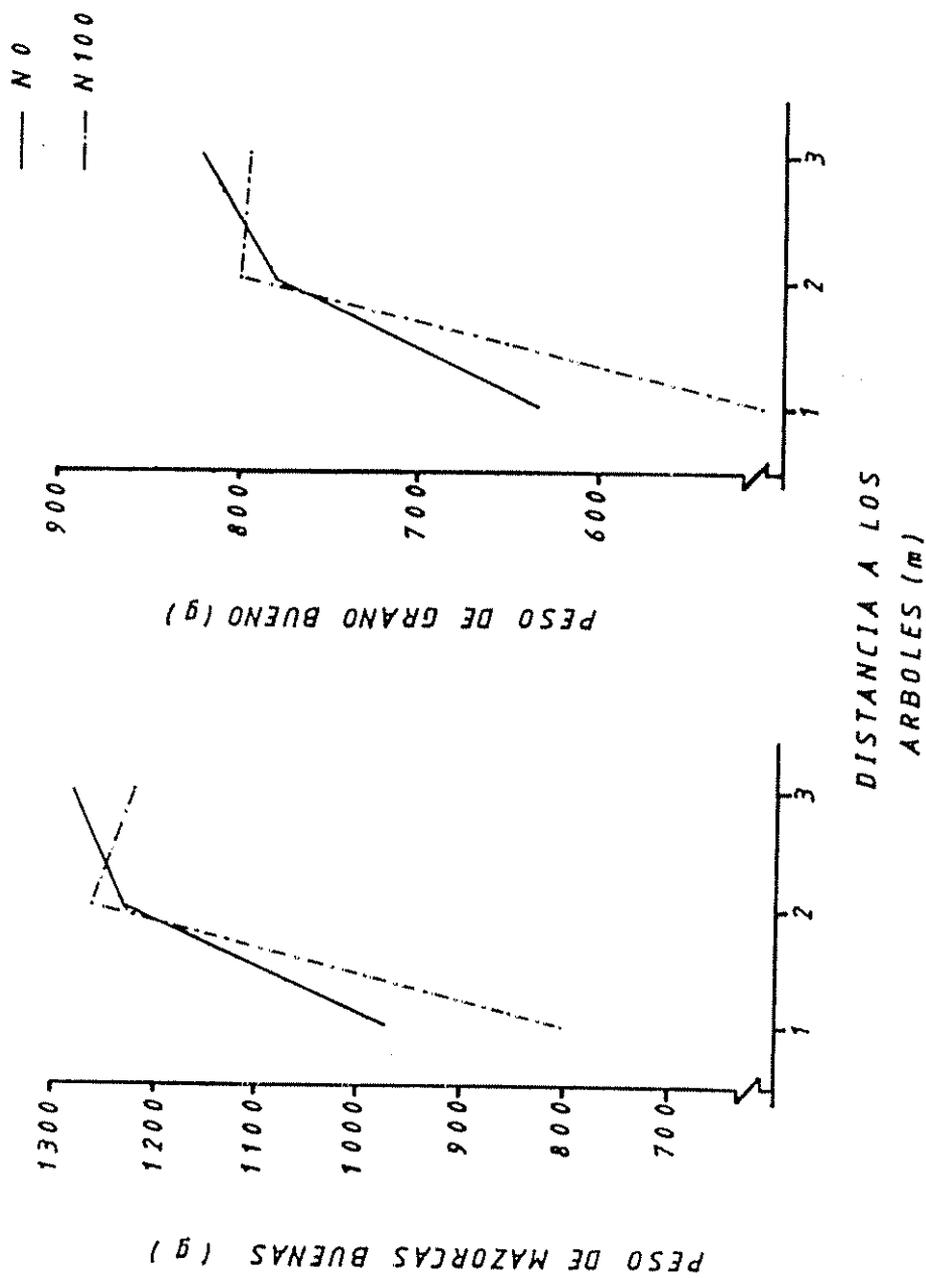


Figura 5. Efecto de la distancia a los árboles sobre los rendimientos de maíz, a dos niveles de Nitrógeno.

4.2. Establecimiento de gliricidia

4.2.1. Efecto de época de corte y manejo sobre el prendimiento de estacas (Experimento 3)

Los cuadros 10A y 5A resumen el análisis del suelo del lote 4 y las condiciones de clima presentes durante la realización del experimento, respectivamente.

4.2.1.1. Comportamiento del número de brotes por estaca a través del experimento

El Cuadro 20 muestra el promedio de brotes por estaca por tratamiento a los 30, 60 y 90 días después de la plantación.

Cuadro 20. Número de brotes a los 30, 60 y 90 días después de la plantación, promedio por estaca.

Tratamiento	30 días	60 días	90 días
1 LLPI	3.69	20.50	20.02
2 LL15A	5.91	16.30	16.02
3 LL15P	5.3	14.50	15.4
4 CMPI	11.64	21.91	18.7
5 CM15A	11.63	18.94	17.2
6 CM15P	7.99	15.44	14.0
7 LNPI	16.83	27.60	22.4
8 LN15A	10.27	20.92	18.2
9 LN15P	12.55	21.58	20.4
10 CCPI	8.33	28.38	21.1
11 CC15A	3.97	11.11	10.5
12 CC15P	4.02	13.84	14.0

LL=luna llena

CM=cuarto menguante

LN=luna nueva

CC=cuarto creciente

PI=plántación inmediata

15A=plantación 15 días después
reposo acostadas

15P=plantación 15 días después
reposo paradas

Se observa una tendencia general a aumentar el número de brotes por estaca hasta los 60 días y luego se presenta una significativa mortalidad de brotes para algunos tratamientos (Figura 6).

4.2.1.2. Análisis del comportamiento del número de brotes por estaca hasta los 90 días después de la plantación

Para evaluar el comportamiento de esta variable se realizó un análisis de varianza donde se combinó el efecto de fases de la luna, manejo de las estacas y época de evaluación (Cuadro 21).

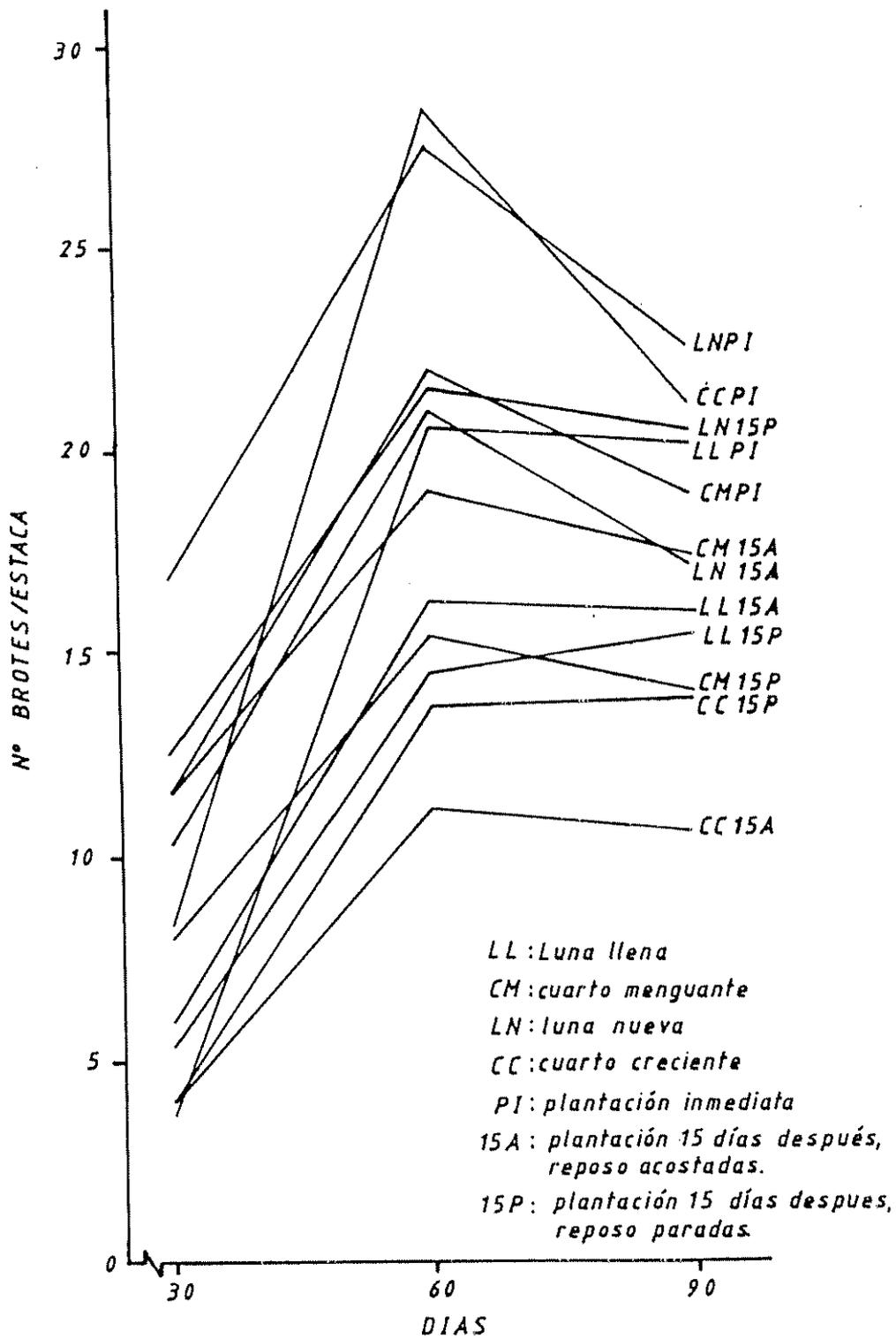


Figura 6. Tendencia del número de brotes por estaca, durante el ensayo, por tratamiento,

Cuadro 21. Análisis de varianza para el número de brotes por estaca

F de V	Gl	CM	Fc	Significancia
Repetición	3	4.94	0.43	NS
Tratamientos	35	162.08	14.22	**
A (Fases)	3	296.18	25.98	**
B (Manejo)	2	422.84	37.09	**
C (Epoca)	2	1580.52	138.64	**
Fases x Manejo	6	59.88	5.25	**
Manejo x Epoca	4	40.02	3.51	*
Fases x Epoca	6	23.18	2.03	NS
Fases x Manejo x Epoca	12	12.04	1.05	NS
NS=no significativo		*=p<0.05	**=p<0.01	

Este análisis se ilustra gráficamente y se muestran las interacciones significativas: fases por manejo (Figura 7) y manejo por época (Figura 8).

a) Interacción fases por manejo

Se observa que el número de brotes por estaca siempre fue mayor en las estacas que se plantaron inmediatamente se cortaron, siendo más bajo para el corte en luna llena y el más alto para luna nueva. El tratamiento que presentó el menor número de brotes de todo el experimento fue el correspondiente al corte de estacas en cuarto creciente, con reposo de 15 días en posición horizontal "acostadas".

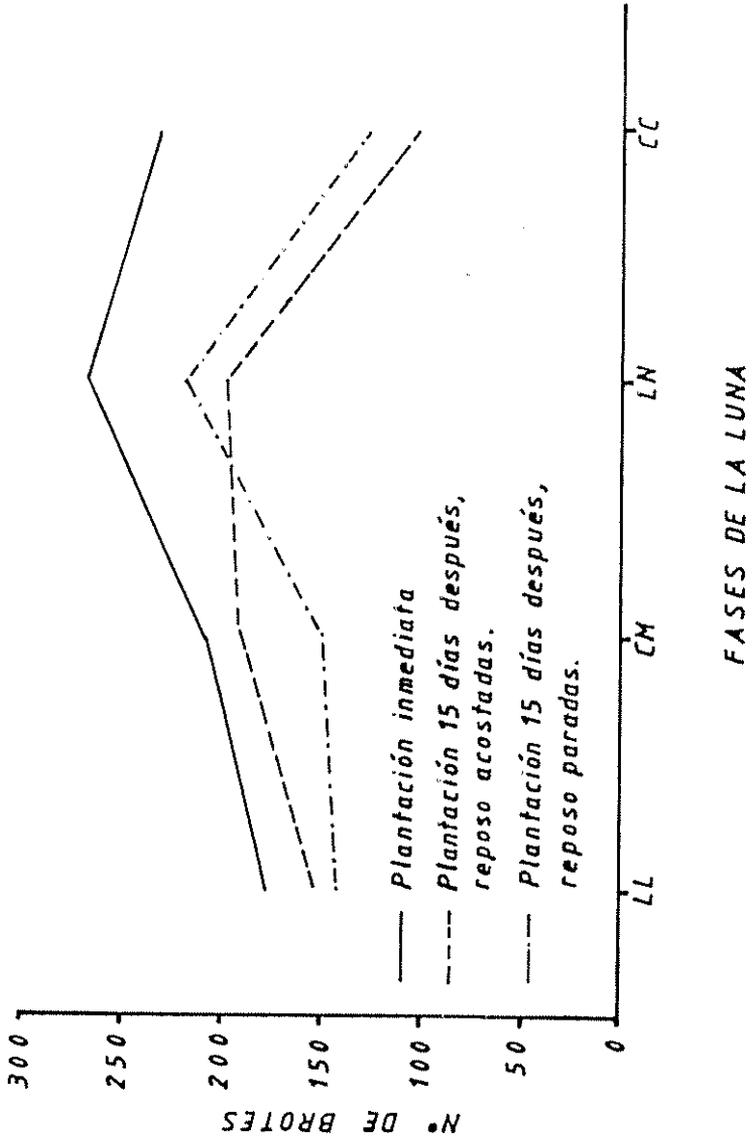


Figura 7. Efecto de la interacción fases por manejo sobre el número de brotes (36 estacas).

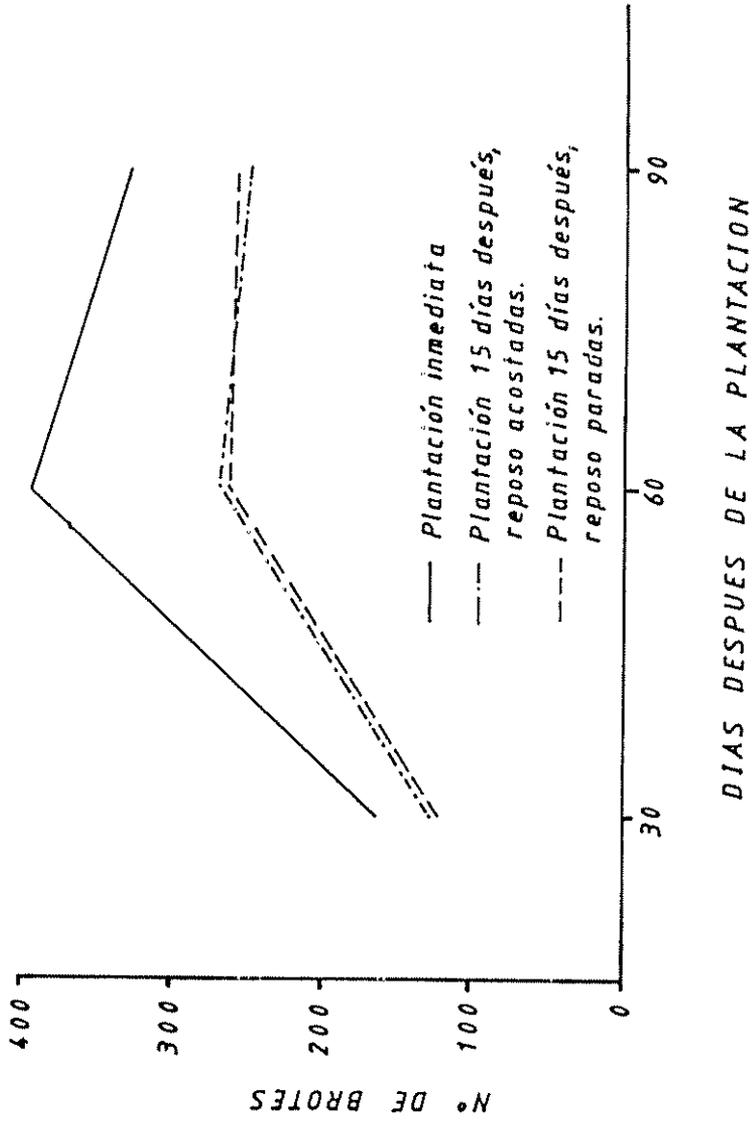


Figura 8. Efecto de la interacción época por manejo sobre el número de brotes (36 estacas).

b) Interacción época por manejo

Durante los 90 días del experimento las estacas plantadas inmediatamente se cortaron emitieron un mayor número de brotes que las dejadas en reposo. En las estacas plantadas 15 días después del corte, hasta los 60 días es mayor el número de brotes de las que permanecieron "acostadas", y luego presenta un descenso por debajo del valor de aquellas que durante el reposo estuvieron "paradas".

4.2.1.3. Peso seco de brotes a los 90 días después de la plantación

En el Cuadro 22 aparecen los valores de peso seco de brotes, promedio por estaca. Los valores más bajos corresponden a estacas cortadas en cuarto creciente, dejadas en reposo 15 días. El análisis estadístico (Cuadro 23) señala efecto significativo de la interacción fases x manejo. La Figura 9 ilustra esta interacción y como tendencia general se observa que las estacas plantadas inmediatamente, presentan un mayor peso seco de brotes, exceptuando las correspondientes al tratamiento luna nueva-reposo paradas (LN15P).

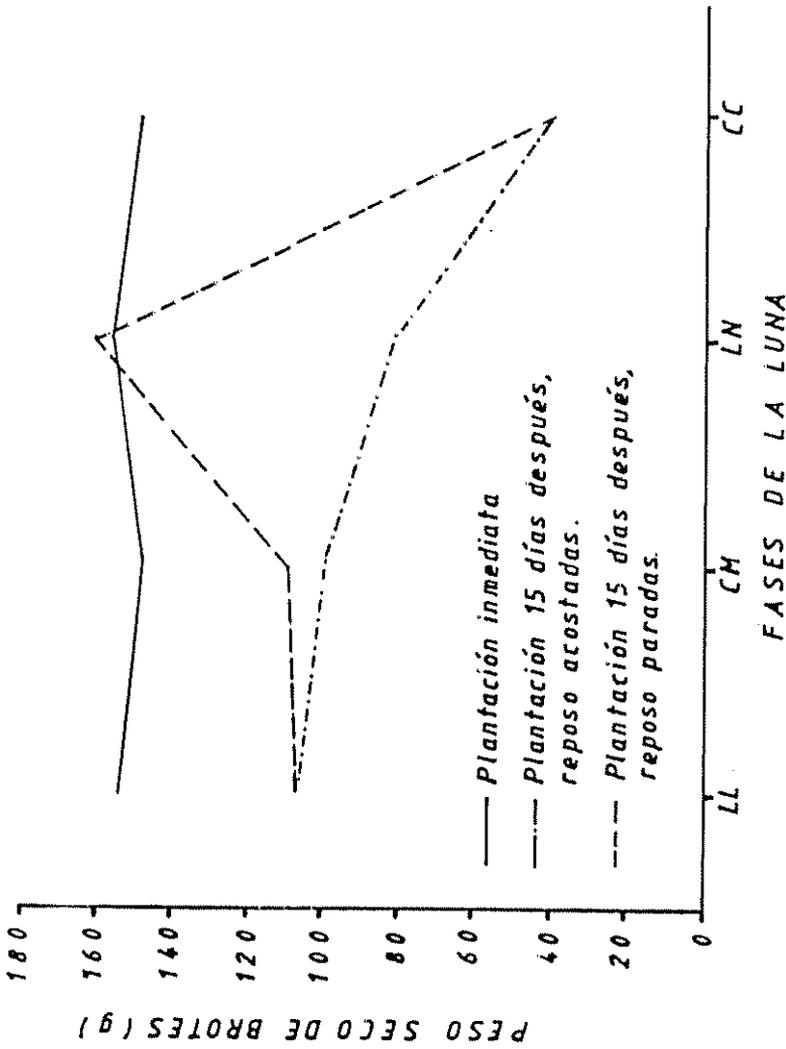


Figura 9. Efecto de la interacción fases por manejo sobre el peso seco de brotes (36 estacas).

Cuadro 22. Peso seco de brotes, promedio por estaca.

Tratamiento	Peso Seco (g)
1 LLPI	153.88
2 LL15A	107.11
3 LL15P	107.34
4 CMPI	148.44
5 CM15A	100.23
6 CM15P	109.7
7 LNPI	156.04
8 LN15A	82.4
9 LN15P	160.7
10 CCPI	148.0
11 CC15A	39.05
12 CC15P	38.3

LL=luna llena PI=plantación inmediata
 CM=cuarto menguante 15A=plantación 15 días después
 LN=luna nueva reposo acostadas
 CC=cuarto creciente 15P=plantación 15 días después
 reposo paradas

Cuadro 23 . Análisis de varianza para peso seco de brotes.

F de V	G L	CM	Fc	Significancia
Repeticion.	3	485.64	0.67	NS
Tratamien.	11	7455.00	10.43	**
A (Fases)	3	7894.99	11.04	**
B (Manejo)	2	20141.99	28.17	**
FasesxManejo	6	3006.02	4.20	**
Error	33	714.82		
Total	47			

CV= 23.74% NS=no significativo **=p<0.01

4.2.1.4. Comportamiento del enraizamiento de las estacas

En el Cuadro 24, se muestra la aplicación de la escala visual de calificación del enraizamiento.

Cuadro 24. Evaluación de enraizamiento: número de estacas por categoría

Tratamiento	Categoría de enraizamiento*		
	1	2	3
1 LLPI	5	16	15
2 LL15A	9	22	5
3 LL15P	3	23	10
4 CMPI	3	24	9
5 CM15A	8	26	2
6 CM15P	6	22	8
7 LNPI	1	13	22
8 LN15A	13	15	8
9 LN15P	3	21	12
10 CCPI	4	18	14
11 CC15A	21	10	5
12 CC15P	20	15	1
TOTAL	96	225	111

LL=luna llena PI=plantación inmediata
 CM=cuarto menguante 15A=plantación 15 días después
 LN=luna nueva reposo acostadas
 CC=cuarto creciente 15P=plantación 15 días después
 reposo paradas

*1=Ausencia de raíces
 2=Escaso a mediano enraizamiento
 3=Enraizamiento profuso

Se observa que 96 estacas (22% del total de estacas plantadas en el experimento), no desarrollaron sistema radicular, y se destaca el aporte de las cortadas en cuarto creciente a esta categoría: 45 estacas.

Cuadro 26. Número de estacas que presentaron enraizamiento
y sitio de emisión de raíces

Sitio de enraizamiento	No. de estacas
Exclusivamente en el corte "redondeado" de la base	297
En el corte "redondeado" y un corte lateral	31
En el corte "redondeado" y los 2 cortes laterales	6
Exclusivamente en 1 corte lateral	1
Exclusivamente en los 2 cortes laterales	1
TOTAL ESTACAS CON RAICES	336

Los datos anteriores no manifiestan una contribución significativa de los cortes laterales que se practicaron a la porción subterránea de la estaca, en el proceso de enraizamiento.

4.2.1.5. Prendimiento de estacas

En este trabajo se define estaca prendida aquella que a los 90 días ha desarrollado sistema radicular y presenta brotes vivos. El Cuadro 27 consigna la evaluación de esta variable al finalizar el experimento.

Cuadro 27. Evaluación del prendimiento de estacas

Tratamiento	Promedio de estacas prendidas por parcela	Total de estacas prendidas	% de prendimiento
1 LLPI	7.75	31	86
2 LL15A	6.75	27	75
3 LL15P	8.25	33	92
4 CMPI	8.25	33	92
5 CM15A	7.0	28	77
6 CM15P	7.5	30	83
7 LNPI	8.75	35	97
8 LN15A	5.75	23	64
9 LN15P	8.25	33	92
10 CCPI	8.0	32	89
11 CC15A	3.75	15	42
12 CC15P	4.0	16	44

LL=luna llena
 CM=cuarto menguante
 LN=luna nueva
 CC=cuarto creciente

PI=Plantación inmediata
 15A=plantación 15 días después
 reposo acostadas
 15P=plantación 15 días después
 reposo paradas

Como tendencia se observa que los tratamientos con más alto porcentaje de prendimiento corresponden a aquellos con estacas plantadas inmediatamente se cortaron. Los valores más bajos se presentaron en los tratamientos con estacas cortadas en cuarto creciente, plantadas 15 días después.

El análisis de varianza para esta variable (Cuadro 28) señala diferencias significativas entre tratamientos y efecto de la interacción fases x manejo. En la Figura 10 se ilustra esta interacción; se destaca que para cualquier época de corte de las estacas, al cambiar de manejo, cambia el prendimiento, en general desciende cuando se pasa de la

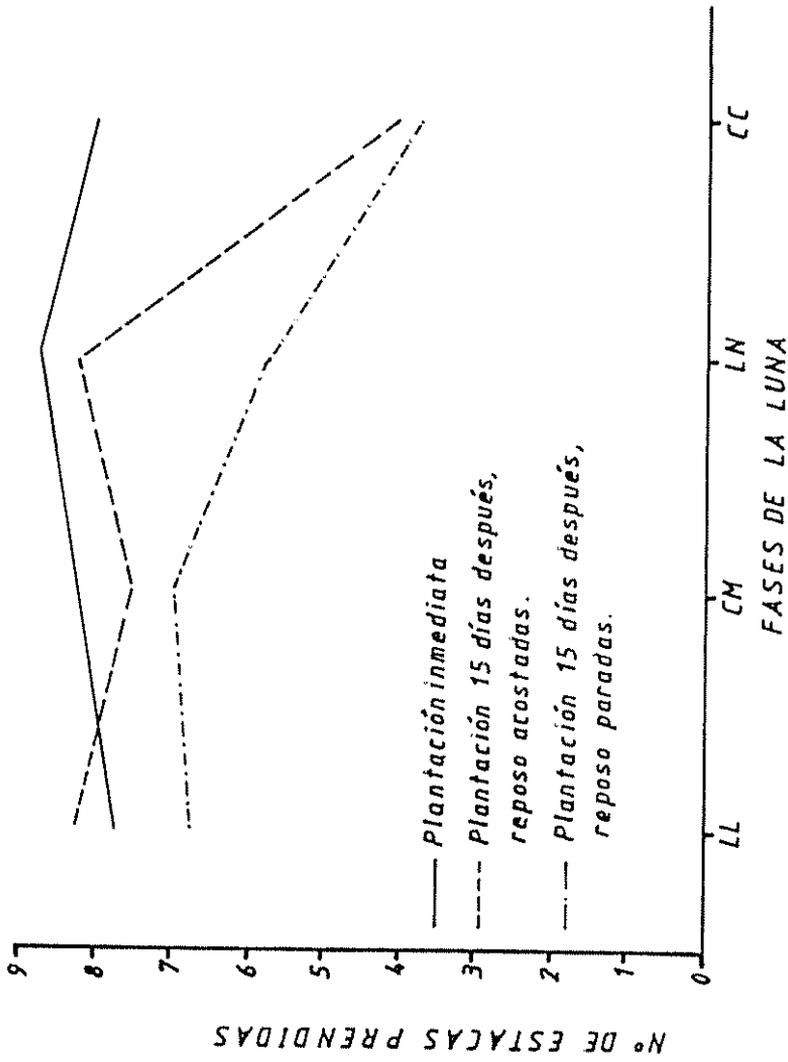


Figura 10. Efecto de la interacción fases por manejo sobre el prendimiento de estacas (promedio por tratamiento).

plantación inmediata a la plantación 15 días después del corte, exceptuando el corte en luna llena. En cuarto creciente este descenso es más acentuado.

Cuadro 28. Análisis de varianza para número de estacas prendidas

F de V.	G.L.	CM.	Fc	Significancia
Repetición.	3	0.11	0.13	NS
Tratamien.	11	11.18	13.83	**
A (Fases)	3	16.33	20.21	**
B (Manejo)	2	22.56	27.92	**
FasesxManejo	6	4.81	5.95	**
Error	33	0.81		
Total	47			

CV= 12.84% NS=no significativo**=p<0.01

4.2.1.6. Evaluación de la pudrición de estacas

En el Cuadro 29 se presenta el resultado del conteo de número de estacas afectadas por pudrición, discriminando si la afección se localizó en el ápice o en la base o en la totalidad de la estaca.

Cuadro 29. Número de estacas afectadas por pudrición y localización del daño.

Tratamiento	Parte afectada		
	Apice	Base	Totalidad
1 LLPI	2	1	1
2 LL15A	3	1	-
3 LL1	1	-	1
4 CMPI	-	2	-
5 CM15A	-	-	1
6 CM15P	-	-	1
7 LNPI	-	2	-
8 LN15A	1	3	1
9 LN15P	1	1	-
10 CCPI	-	-	4
11 CC15A	12	3	10
12 CC15P	7	6	9
TOTAL	27	19	28

LL=luna llena PI=plantación inmediata
 CM=cuarto menguante 15A=plantación 15 días después
 LN=luna nueva reposo acostadas
 CC=cuarto creciente 15P=plantación 15 días después
 reposo paradas

Se observa que 74 estacas resultaron afectadas por pudriciones, destacando que 51 correspondían a material cortado en cuarto creciente y de este grupo 47 estacas fueron plantadas 15 días después. Relacionando esta información con el número total de estacas cortadas en cuarto creciente y dejadas en reposo (72), se deduce que la pérdida por pudrición para esta fase y este manejo fue del 65 por ciento.

4.2.2. Efecto de distancia entre sitios y número de plantas por sitio sobre el establecimiento de gliricidia por siembra directa. (Experimento 4)

Los Cuadros 10A y 5A contienen los resultados del análisis de suelo del sitio experimental y las condiciones de clima

4.2.2.1. Supervivencia de plantas

Los promedios de 4 repeticiones, transformados, se muestran en el Cuadro 30.

Cuadro 30. Promedio de supervivencia de plantas a los 30, 60 y 90 días después de la siembra

Tratamiento	30 días	60 días	90 días
25-1	72.71 ab*	63.14 ab	63.14
25-2	64.63 ab	60.19 b	60.19
50-1	80.42 a	79.19 a	79.19
50-2	61.36 b	61.3 b	61.3
100-2**	72.98 ab	67.04 ab	67.04

* Prueba de Tukey $P < 0.05$. Promedios con una letra en común no son significativamente diferentes.

** El primer número indica la distancia entre sitios, en cm; el segundo, el número de plantas por sitio.

En general, la supervivencia de plantas disminuye entre los 30 y 60 días después de la siembra, para estabilizarse la población a partir de esta última época.

El análisis de varianza del factorial (Cuadro 11A) indica efectos altamente significativos de tratamientos y del factor número de plantas por sitio, en las épocas evaluadas. El análisis de contrastes (Cuadro 12A) muestra diferencias altamente significativas entre los tratamientos con una planta por sitio y los de dos plantas por sitio; no se encontraron diferencias significativas entre espaciamientos. Esto indica que la sobrevivencia de plantas es afectada por la competencia dentro de un mismo sitio

4.2.2.2. Sobrevivencia de sitios

El Cuadro 31 presenta la información respecto al comportamiento de esta variable a través del experimento; a los datos originales se les aplicó la transformación arcoseno.

Cuadro 31. Promedio de sobrevivencia de sitios a los 30, 60 y 90 días después de la siembra

Tratamiento	30 días	60 días	90 días
25-1*	72.77	63.13	63.13
25-2	80.13	82.44	82.44
50-1	80.52	79.19	79.19
50-2	83.68	80.53	80.53
100-2	85.80	81.60	81.60

* El primer número indica la distancia entre sitios, en cm; el segundo, el número de plantas por sitio.

Se observa que a partir de los 60 días se estabiliza el comportamiento de esta variable.

El análisis de varianza del factorial (Cuadro 13A) no mostró la existencia de diferencias significativas entre tratamientos, a los 30 días. Para 60 y 90 días se anota un efecto significativo de los tratamientos y del número de plantas por sitio. El análisis de contrastes (Cuadro 14A) muestra una mayor sobrevivencia de sitios para los tratamientos con dos plantas por sitio, significativa al 5%.

4.2.2.3. Altura de plantas

Los promedios de altura durante las tres épocas de evaluación, se indican en el Cuadro 32.

Cuadro 32. Promedio de altura de plantas a los 30, 60 y 90 días después de la siembra (cm).

Tratamiento	30 días	60 días	90 días
Siembra continua	6.89 abc*	11.50 abc	21.20 ab
25-1	6.10 c	10.25 c	16.90 b
25-2	7.61 a	13.82 ab	24.80 a
50-1	6.86 abc	12.34 abc	19.80 ab
50-2	7.57 ab	14.52 a	21.50 ab
100-2**	7.05 abc	12.11 abc	20.31 ab

* Prueba de Tukey $P < 0.05$. Promedios con una letra en común no son significativamente diferentes.

** El primer número indica la distancia entre sitios, en cm; el segundo, el número de plantas por sitio.

La Figura 11 ilustra el comportamiento de la variable altura, por tratamiento. Los mayores promedios de altura a los 90 días se observan en los tratamientos siembra continua, 25-2 y 50-2 que están sometidos a la mayor presión de competencia entre plantas.

El análisis de varianza, como factorial con dos tratamientos adicionales, (Cuadro 15A) mostró la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos del factorial, para las tres épocas. Entre los tratamientos adicionales no se observan diferencias significativas para ninguna época. A los 30 y 60 días el efecto número de plantas por sitio es altamente significativo; a los 90 la interacción espaciamiento por número de plantas por sitio se torna significativa.

La Figura 12 ilustra la interacción espaciamiento por número de plantas por sitio. Se observa que al aumentar el número de plantas por sitio, con igual espaciamiento, se incrementa la altura en los dos espaciamientos, con un mayor incremento en el espaciamiento a 25 cm. Al aumentar el espaciamiento, manteniendo una planta por sitio, se incrementa la altura; en el caso de dos plantas por sitio, el aumento del espaciamiento ocasiona una disminución de la altura. Este comportamiento indica que en espaciamientos cortos y dos plantas por sitio se combina la competencia entre plantas y entre sitios para inducir un mayor crecimiento.

El análisis de contrastes para altura de planta (Cuadro 16A) muestra que no es significativa la diferencia de los promedios de altura entre los dos espaciamientos, para ninguna de las tres épocas. El promedio de altura para dos plantas por sitio es mayor.

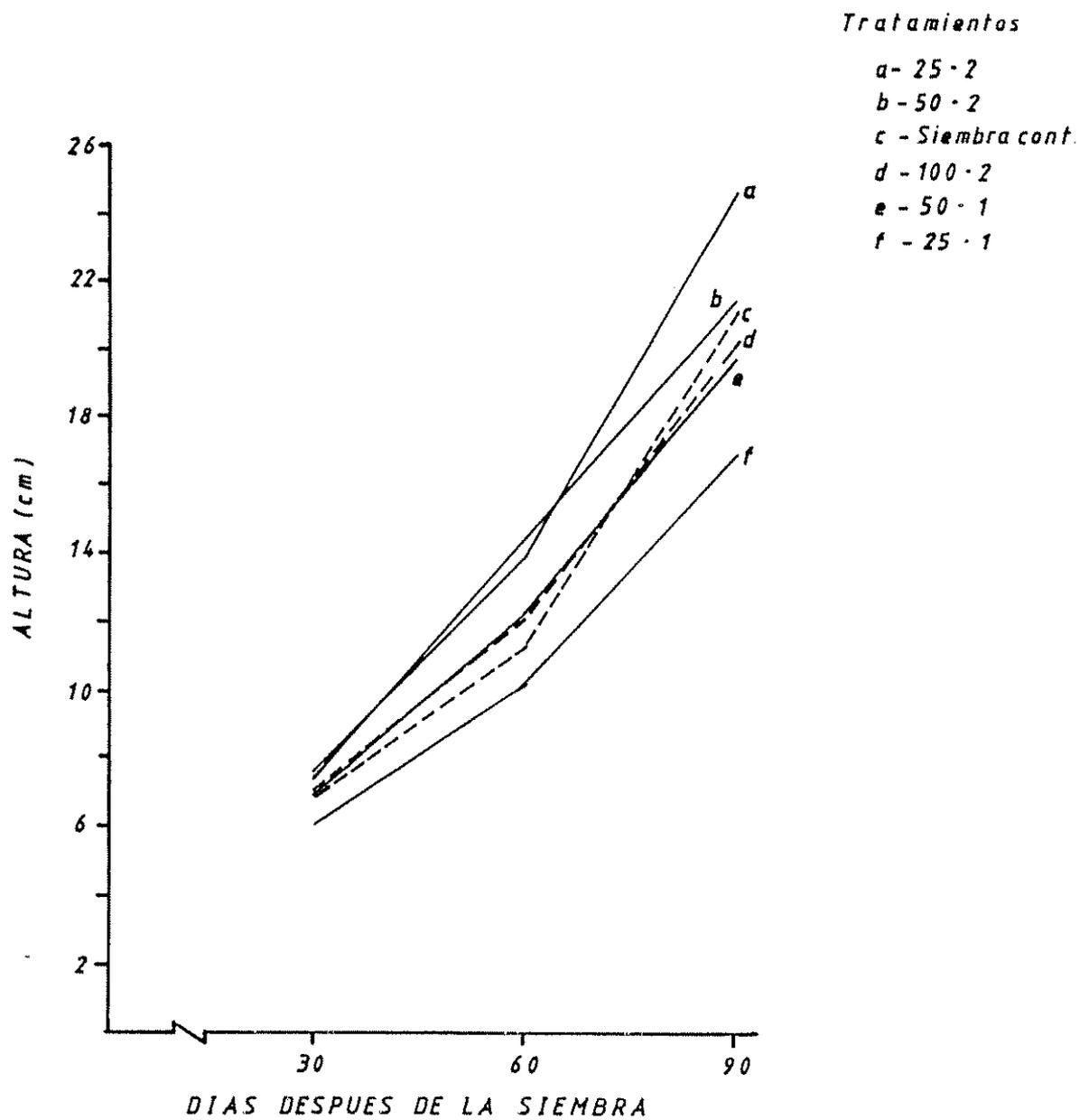


Figura 11. Comportamiento de la altura de la planta a través del experimento, por tratamiento.

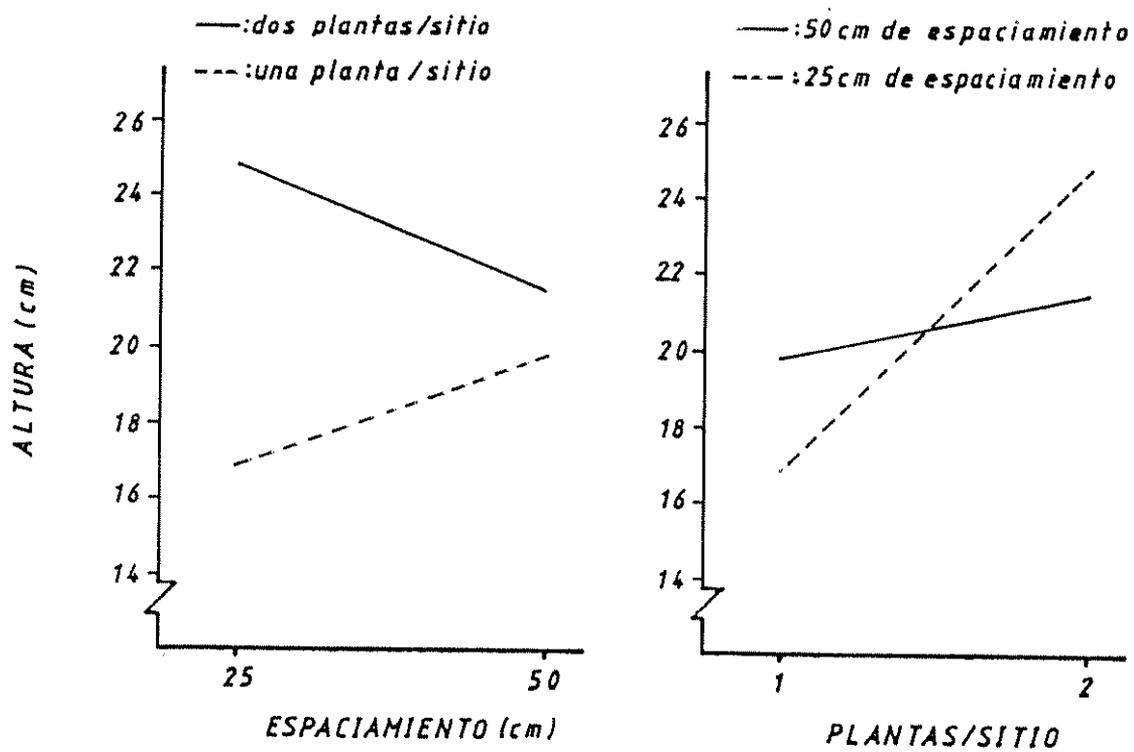


Figura 12. Efecto de la interacción espaciamiento-plantas/sitio, sobre altura de planta 90 días después de la siembra.

Al relacionar la altura a los 90 días con el número de planta sembradas por hectárea (Cuadro 33), se aprecia que a iguales densidades de población y diferentes espaciamientos se expresaron diferentes promedios de altura, siendo mayor la altura para aquellos tratamientos donde por cada sitio de siembra existían dos plantas, lo que significa que la altura de planta está asociada con la competencia entre plantas.

Cuadro 33. Relación entre número de plantas/ha y altura a los 90 días.

Tratamiento	# plantas/ha	Altura (cm)
25-2*	53.328	24.8
50-2	26.664	21.5
Siembra continua	133.320	21.2
100-2	13.332	20.31
50-1	13.332	19.8
25-1	26.664	16.9

* El primer número indica la distancia entre sitios, en cm; el segundo, el número de plantas por sitio.

4.2.2.4. Diámetro basal

En el Cuadro 34 se muestran los resultados, promedio de 4 repeticiones.

Cuadro 34. Promedio de diámetro basal a los 90 días después de la siembra (en mm).

Tratamiento	Diámetro Basal
Siembra continua	6.20
25-1	6.10
25-2	7.33
50-1	6.80
50-2	6.88
100-2*	6.41

* El primer número indica la distancia entre sitios, en cm; el segundo, el número de plantas por sitio.

El análisis de varianza (Cuadro 17A) muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos del factorial, y un efecto altamente significativo del factor número de plantas por sitio, además, la interacción espaciamiento por número de plantas por sitio es significativa. Entre los dos tratamientos adicionales no hay diferencia significativa.

El análisis de contrastes (Cuadro 18A) muestra que el promedio de diámetro basal es significativamente superior en los tratamientos con dos plantas por sitio.

La Figura 13 ilustra la interacción espaciamiento por plantas /sitio. Se observa que a 25 cm entre sitios, la siembra de dos plantas por sitio ocasiona un incremento de diámetro basal, con respecto a una planta por sitio; con 50 cm entre sitios, la variación en el número de plantas por sitio no modifica esta variable.

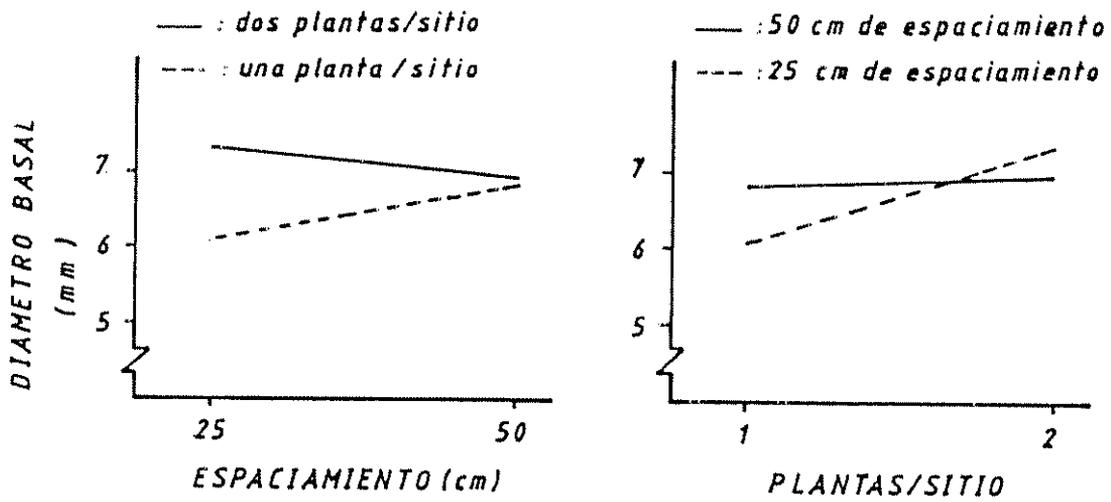


Figura 13. Efecto de la interacción espaciamiento-plantas/sitio, sobre diámetro basal 90 días después de la siembra.

Para realizar el análisis de regresión entre altura de planta y diámetro basal se utilizaron 24 datos (Cuadro 19A), correspondientes al promedio por repetición de estas dos variables. La Figura 14 y el Cuadro 35 ilustran la recta de regresión, la ecuación de regresión y la prueba de significancia.

Cuadro 35. Prueba de significancia para la regresión de altura-diámetro basal.

F de V	Gl	SC	CM	Fc	Significancia
Regresión	1	194.05	194.05	52.28	**
Error	22	81.66	3.71		
Total	23	275.71			

** p<0.01

La relación entre altura de planta y diámetro basal es de tipo lineal, con una alta correlación positiva ($r = 0.84$), significativa al 1%. La siguiente ecuación representa esta relación:

$$Y (\text{altura}) = -7.11 + 4.208 X (\text{diámetro})$$

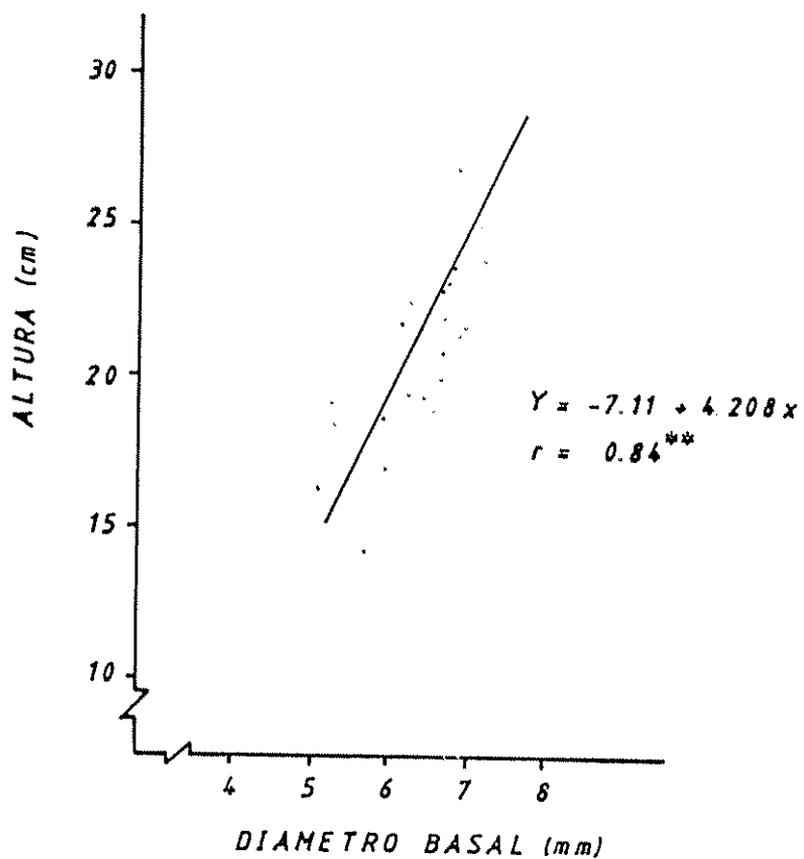


Figura 14. Regresión entre altura de planta y diámetro basal, 90 días después de la siembra.

5. DISCUSION

5.1. Establecimiento de gliricidia

Este trabajo establece la influencia de algunos factores que afectan el establecimiento de esta leguminosa, utilizando estacas o la siembra directa de semillas. Antes de entrar a la discusión de los resultados obtenidos en este estudio, es conveniente plantear cuáles son las características sobresalientes de estos dos sistemas de propagación y señalar algunas de sus ventajas y desventajas.

En plantas provenientes de estacas, el sistema radicular es superficial, lo cual resulta en un menor anclaje de la planta en el suelo, con posibilidades de volcamiento en áreas de fuertes vientos o en dificultades para soportar un déficit de agua, en áreas de períodos secos prolongados, debido a un sistema radicular insuficiente. En cambio, el sistema radicular en plantas provenientes de semillas es profundo, con una raíz pivotante; esta característica le da a la planta un mejor anclaje y una mayor tolerancia a condiciones de déficit de agua en el suelo (Sumberg, 1984; CATIE, 1986).

Las estacas presentan la ventaja de reproducir sin variaciones las características del árbol-padre, frente a la variación genética inducida por la segregación, lo cual ocurre cuando la especie se propaga por semilla, según lo observó Salazar (1984).

Para la siembra directa es necesario asegurar un control adecuado de malezas, porque en los primeros estados de desarrollo las plantas no soportan la competencia de otras especies vegetales (CALLE, 1986). Esto puede obligar a un uso de mano de obra adicional.

Las estacas son aptas para el establecimiento de la especie en cercas vivas; permiten controlar la altura de la copa y así evitar el daño del ganado; además, permiten colocar el alambre. Como lo anotan Otálora y Martínez (sf.), tienen el inconveniente de su alto costo. Además, si se proyecta elevar un número elevado de estacas, la disponibilidad de material de óptima calidad puede ser baja y en consecuencia, ser ésta una limitante.

En los resultados de esta investigación, en cuanto al establecimiento por estacas, se detectó un efecto significativo de las fases de la luna, el cual presentó interacción con el tipo de manejo utilizado. Como tendencia general, se puede plantear la hipótesis de que el efecto de las fases lunares se manifiesta en estacas que permanecen en reposo; en las estacas plantadas inmediatamente después del corte, no se detectaron diferencias mayores entre fases. A lo largo de todo el experimento, este tipo de estacas muestra los valores más altos para las variables de respuesta seleccionadas, lo cual puede ser un indicio de la presencia de alguna forma de estímulo para la emisión de brotes y para el enraizamiento, cuyo efecto se pierde conforme avanza el período de reposo. Este resultado concuerda con lo indicado por los agricultores entrevistados por Baggio (1982), quienes en un 85 % de los casos plantan las estacas inmediatamente después de cortadas.

El bajo nivel de establecimiento de las estacas cortadas en cuarto creciente está asociado con la alta presencia de pudriciones (Cuadro 29), las cuales, quizás, están relacionadas con mayores contenidos de agua como lo manifestaron 106 agricultores encuestados por Baggio (1982), en Costa Rica, quienes explican que "cuando la luna está en fase creciente, la savia es llevada hacia afuera debilitando las estacas".

Aunque no se puede constatar una relación causa-efecto, los resultados parecieran reforzar la legendaria polémica de si existe o no efecto de la luna sobre los seres vivos. En este caso, hay coincidencia con la tradición de los agricultores, no sólo del trópico, sino de las zonas templadas, como lo señalan Azzi (1959) y Lieber (1980); este último autor es categórico al plantear que "si la luna tiene efectos comprobados sobre el agua del mar, por qué no lo ha de tener sobre los seres vivos, si su mayor componente es el agua". Conviene anotar que Krause y Burd (1971) y Nuila (1978) encontraron efecto de las fases lunares sobre el crecimiento y desarrollo de cultivos de cebolla, lechuga, rábano y frijol de costa.

Con las observaciones hechas en este experimento se desprende que un aspecto a tener en cuenta en futuros estudios, es el relacionado con la posible variación genética que pueda existir entre las estacas, debido a la diferente procedencia de los árboles padres. Aunque éstas se homogenizaron utilizando el criterio común de diametro medio, factor que puede tomarse como indicador de una misma edad de las estacas (CATIE, 1986), existe la posibilidad que al provenir las estacas de diferentes

árboles, el componente genético podría explicar variaciones en el prendimiento y así, introducir sesgo en los resultados. Al respecto, se debe entender que, debido a que el número de estacas necesario para establecer este experimento fue relativamente alto (432), en la práctica fue imposible conseguir ese número de estacas de un mismo árbol-padre, por razones lógicas.

El establecimiento por siembra directa, medido en términos de sobrevivencia de plantas, altura y diámetro basal, fue afectado por el número de plantas por sitio y en consecuencia, por el área efectiva por planta, antes que por el espaciamiento y las densidades de población. Pearce, citado por Ortiz (1984), explica que el efecto del espaciamiento no es solamente un efecto de densidad de población, porque que una misma densidad se puede lograr cambiando la distribución espacial, y en consecuencia el área disponible por planta y puede generar competencia por factores como luz, agua y nutrimentos.

Para los tratamientos con dos plantas por sitio se obtuvo el menor promedio de sobrevivencia de plantas y los más altos promedios para altura de planta y diámetro basal, lo cual puede tomarse como expresión de una competencia temprana entre plantas. Salazar (1985), trabajando en vivero, observó una alta competencia entre plántulas; él la atribuye al rápido crecimiento de la especie.

Los resultados de sobrevivencia de plantas son inferiores a los encontrados por Richmond (1984), quien comparó cuatro métodos de propagación de gliricidia y obtuvo un 88 % de sobrevivencia para la

siembra directa. Los promedios de altura y de diametro basal, a los 90 días, son superiores a los señalados por este autor para 120 días (18 cm de altura media y 6 mm de diametro). Con relación a la altura de planta, el ILCA (1984), en una evaluación de 48 procedencias, encontró una altura de 60 cm a los 90 días. Estas diferencias entre experimentos se podrían explicar, entre otros factores, por la gran variabilidad genética de la especie, según Glover (sf.) y Salazar (1985).

5.2. Cultivo en callejones de gliricidia

La producción de biomasa de esta leguminosa arbórea, su composición química y el aporte de nutrimentos que ella hace al suelo, que se encontraron en esta investigación, presentan valores similares a los hallados por el IITA en Africa, (Cuadro 1). Las dos podas proporcionaron 8851.0 kg/ha de materia seca, 198.0 kg/ha de nitrógeno, 17.6 kg/ha de fósforo, 160.0 kg/ha de potasio, 73.6 kg/ha de calcio y 27.4 kg/ha de magnesio (Cuadros 2 y 12). Al considerar que Wilson (1982) indica que la biomasa de gliricidia presenta una rápida descomposición, se puede establecer que estos nutrimentos están rápidamente disponibles para las plantas sembradas en los callejones.

Al comparar las dos podas se observa un incremento en el porcentaje de materia seca en la segunda poda, lo cual significa un aumento en la oferta de nutrimentos. Estas variaciones se pueden explicar por el efecto de época, teniendo en cuenta que, para el experimento 1, la poda se

realizó al finalizar la época lluviosa y para el experimento 2, al final de la época seca.

Es importante resaltar que la biomasa de esta especie aporta cantidades apreciables de potasio y de calcio, que se originan en la reserva del suelo, al igual que fósforo y magnesio; en el caso del nitrógeno, se origina parte por la fijación simbiótica y parte por la extracción del suelo; el presente trabajo no indica cuáles cantidades corresponden a cada origen.

Al considerar el efecto del cultivo en callejones con el frijol como especie intercalada, éste se expresa tanto en la composición química de los tejidos de la planta como en los rendimientos de grano. La cantidad total de N,P,K,Ca y Mg fue superior en los tratamientos de cultivo en callejones (Cuadro 9).

Con relación a los rendimientos de grano y considerando que el frijol presenta una alta demanda por nitrógeno, potasio y calcio, según lo planteado por Fassbender (1967) y Carvajal (1974) y confirmado específicamente para el genotipo Turrialba 4 por Masaya (1971) y Ascencio (1972), la biomasa de gliricidia cubre los requerimientos de estos nutrimentos y su aplicación explica los mayores rendimientos del cultivo en callejones (Cuadro 4).

El efecto de este sistema de cultivo se puede precisar al comparar los rendimientos y la extracción total de nitrógeno de los tratamientos FN (monocultivo de frijol fertilizado con 50 kg/ha de nitrógeno) y FGO

(cultivo en callejones sin adición de nitrógeno). Se aprecia que los rendimientos y la extracción fueron superiores para el tratamiento FGO (Cuadros 4 y 9). Estas diferencias pueden explicarse por la interacción significativa entre el nitrógeno y el potasio sobre los rendimientos de frijol, señalada por Roo (1967), quien plantea que la absorción de potasio aumenta proporcionalmente al incrementar el nitrógeno disponible, y por Carvajal (1974), quien amplía el concepto de interacción entre nutrimentos e indica que el nitrógeno, el potasio y el calcio incrementan la producción de materia seca, y estos tres nutrimentos son los que en mayor proporción suministra la biomasa de gliricidia.

El análisis de los componentes de rendimiento (Cuadro 4) indica que el tratamiento FGO presenta el mayor promedio para el componente número de vainas por planta y este componente, de acuerdo con Voyset, citado por Ríos (1967), es el que ejerce la mayor influencia directa e indirecta en el rendimiento de frijol, lo cual explicaría, además de los factores mencionados anteriormente, la diferencia de 348 kg/ha de la aplicación exclusiva de biomasa (tratamiento FGO), con respecto a la aplicación de 50 kg/ha de nitrógeno químico (tratamiento FN).

La diferencia de los efectos principales sobre el rendimiento en grano, del sistema de cultivo y la fertilización nitrogenada (527 y 179 kg/ha, respectivamente) (Cuadro 6), puede explicarse, además del aporte de nutrimentos, por los efectos adicionales del cultivo en callejones, citados por Kang y colaboradores (1981), quienes señalan que la aplicación de la biomasa tiene un efecto de cobertura que disminuye el establecimiento de malezas y retiene humedad en el suelo.

Aunque los dos tratamientos de cultivo en callejones (FGO y FGN) presentaron los mayores rendimientos de frijol (Cuadro 4), la mayor eficiencia de la aplicación de nitrógeno en el tratamiento FGO (Cuadro 11) y el alto costo del fertilizante químico del tratamiento FGN no justifican que en el lote 5 de La Montaña se utilice otra fuente de nitrógeno diferente a la biomasa de gliricidia para obtener rendimientos experimentales de una tonelada por hectárea, superiores a los señalados por Sánchez (1981), de 650 kg/ha para América tropical.

En el experimento de cultivo en callejones con maíz, el efecto de los tratamientos se manifiesta sobre el rendimiento, afectado por el alto número de mazorcas con pudrición, ocasionada por el complejo de hongos (Diplodia sp. y Fusarium sp.).

El mayor promedio de mazorcas dañadas en el cultivo en callejones a 3 m (Cuadro 14) estaría indicando que a esta distancia entre árboles se produce un ambiente favorable al complejo de patógenos, incrementado por las condiciones de alta humedad relativa de La Montaña (Cuadro 1A).

Al evaluar el alcance del efecto de los árboles sobre el maíz, se aprecia una disminución en el peso de las mazorcas que no presentaban pudrición y en el peso de este grano, en las hileras ubicadas a 1 m, con respecto a las de 2 y 3 m (Figura 3). Entre 2 y 3 m no hay diferencias en estas variables, lo cual indicaría, para este experimento, que la competencia entre árboles y cultivo se extiende hasta 1 m del surco de la leguminosa. Este efecto diferencial puede tener explicación en el mayor

sombreamiento de los árboles al cultivo, como lo encontró en Nigeria el IITA (1983, 1984), en donde se encontró menor radiación solar y mayor humedad en el suelo a 1 m del surco de árboles.

Con relación al rendimiento de grano bueno (Cuadro 14) se debe destacar que no hubo diferencias significativas entre el maíz en monocultivo fertilizado con 100 kg/ha de nitrógeno (tratamiento CN) y el maíz en callejones a 6 m, adicionando exclusivamente la biomasa de gliricidia (tratamiento A60), lo cual indica que este sistema de cultivo tiene potencial para reemplazar las fuentes de nitrógeno químico en maíz.

Para prevenir el exceso de sombreado de los árboles y su consecuencia sobre las enfermedades de la mazorca del maíz, es posible diseñar un manejo de las podas consistente en adelantar la poda de los árboles con respecto a la siembra de maíz y efectuar una segunda poda cuando se inicie la formación del grano, con lo cual se evitarían las condiciones que favorecen la aparición del complejo de hongos y además, se lograría la sincronización en tiempo entre la oferta de nutrimentos generados por la biomasa de gliricidia y la alta demanda nutricional del maíz al iniciarse el proceso de llenado de grano.

6. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las cuales se desarrolló esta investigación, se plantean las siguientes conclusiones:

1. La biomasa de gliricidia contiene, además de nitrógeno, cantidades significativas de potasio y calcio, y como presenta una rápida descomposición, se puede utilizar como abono verde de buena calidad
2. Con una densidad de plantación de 6666 árboles por ha y bajo un régimen de dos podas anuales, esta leguminosa arbórea aportó al suelo 8851 kg/ha de materia seca, 198 kg/ha de nitrógeno, 18 kg/ha de fósforo, 160 kg/ha de potasio, 74 kg/ha de calcio y 27 kg/ha de magnesio.
3. En frijol sembrado en callejones de 3 m de ancho, y donde se empleó la biomasa de gliricidia como única fuente de nitrógeno, el rendimiento de grano se incrementó en 525 kg/ha, en comparación con el testigo (monocultivo de frijol sin aplicación de nitrógeno). Con relación al monocultivo de frijol fertilizado con 50 kg/ha de nitrógeno, el incremento en el rendimiento fue de 348 kg/ha.
4. El maíz sembrado entre callejones de 3 m produjo un rendimiento inferior al monocultivo de maíz sin aplicación de nitrógeno, como resultado de una mayor incidencia de enfermedades de la mazorca (Diplodia sp. y Fusarium sp.), favorecida, quizás, por las condiciones de alta humedad en el interior de los callejones, producto de la

sombra de los árboles y de la alta humedad atmosférica que predomina en el sitio experimental.

5. El cultivo de maíz en callejones a 6 m, cuando se utilizó la biomasa de gliricidia como única fuente de nitrógeno, presentó rendimientos similares a los del monocultivo fertilizado con 100 kg/ha de nitrógeno.
6. Con relación a la propagación de gliricidia por estacas se encontró que éstas se pueden cortar en cualquier fase de la luna, siempre y cuando se planten inmediatamente; el prendimiento disminuyó al dejar las estacas en reposo durante 15 días y varió dependiendo de la fase de la luna en que se cortaron las estacas y de la posición en que permanecieron durante el reposo. El menor porcentaje de prendimiento se obtuvo con estacas cortadas en cuarto creciente y que permanecieron en reposo por 15 días, ya sea acostadas o paradas.
7. En el establecimiento de gliricidia por siembra directa, el número de plantas por sitio afectó significativamente las variables sobrevivencia de plantas, altura de planta y diámetro basal. En los tratamientos con dos plantas por sitio se constató un menor porcentaje de sobrevivencia de plantas, mayor altura de planta y mayor diámetro basal en evaluaciones realizadas hasta los 90 días después de la siembra.

8. Con base en los resultados obtenidos en esta investigación se concluye que el sistema de cultivo en callejones de gliricidia es una alternativa viable de uso de la tierra, en áreas de producción de cultivos alimenticios.

7. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados y las conclusiones de esta investigación se pueden hacer las siguientes recomendaciones:

1. Evaluar el sistema de cultivo en callejones de gliricidia en áreas de diferentes condiciones ecológicas, para ampliar el conocimiento sobre su ámbito de aplicación.
2. Determinar el efecto que a largo plazo tienen las podas continuas de los árboles para saber si éstas afectan la persistencia y productividad de los árboles y constatar la estabilidad de la producción de biomasa.
3. Estudiar diferentes regímenes de poda de los árboles, como una práctica que podría detener la mayor incidencia de patógenos en el sistema de cultivo en callejones.
4. Comparar el cultivo en callejones con árboles provenientes de estacas y árboles provenientes de semilla, en aspectos como tiempo para iniciar las podas, efecto de las podas sobre los árboles, régimen de podas más adecuado y nivel de producción de biomasa.
5. Repetir el experimento sobre efecto época de corte y manejo de las estacas de gliricidia, en diferentes épocas del año y con material genéticamente uniforme.

8. LITERATURA CONSULTADA

1. ASCENCIO, J. 1972. Análisis del crecimiento y eficiencia fotosintética del frijol (Phaseolus vulgaris L.) var "Turrialba-4" cultivado en solución nutritiva. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 98 p.
2. AZZI, G. 1959. Ecología agraria. Barcelona, Salvat. 449 p.
3. BAGGIO, A.J. 1982. Establecimiento, manejo y utilización del sistema agroforestal cercos vivos de Gliricidia sepium (Jacq) Steud, en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 91 p.
4. CARVAJAL, J.F. 1974. Influencia del suministro de nitrógeno en la absorción de algunos minerales por el frijol (Phaseolus vulgaris L.). Turrialba (C R.) 24(1):20-23.
5. CATIE. PROYECTO LEÑA Y FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA. 1986. Informe silvicultural de especies para leña en Costa Rica. Turrialba, C.R., DGF-CATIE-ROCAP. 110 p.
6. CATIE. DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. 1986. Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central: resultados de cinco años de investigación. Serie Técnica. Informe Técnico No 86. 228p.
7. FALVEY, L.J. 1982. Gliricidia maculata; a review. International Tree Crops Journal (G.B.) 2(1):1-14.
8. FASSBENDER, H. 1967. La fertilización del frijol (Phaseolus sp.) Turrialba (C.R.) 17(1):46-52.
9. _____. 1984. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. San José, C. R., IICA.
10. FLEURY, J.L. 1985. Tress take to the fields. IDRC Reports (Can.) 4(1):18-19.
11. GLOVER, N. s.f. Gliricidia sepium germplasm collection and evaluation. Preliminary report. s.l.;s.e.

12. GOMEZ, K.A. ; GOMEZ, A. 1976. Statistical procedures for agricultural research, with emphasis on rice. Los Baños, Philippines, IRRI. 294 p.
13. GUEVARRA, A.B. 1976. Management of leucaena (LAM) de Wit for maximum yield and nitrogen contribution to intercropped corn. Ph.D. Thesis. Honolulu, Hawaii, Univ. of Hawaii. 126 p.
14. HERDT, R. ; STANGEL, P. 1984. Population, rice production, and fertilizer outlook. In International Rice Research Institute. Organic matter and rice. Los Baños, Laguna, Philippines. pp. 1-34.
15. HOLDRIDGE, L. R. 1982. Ecología basada en zonas de vida. Trad. del inglés por Humberto Jiménez Saa. San José, C. R., IICA. 216 p
16. INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. 1980. Annual report for 1979. Ibadan, Nigeria. p. 12-16.
17. _____. 1981. Annual report for 1980. Ibadan, Nigeria p. 36-42.
18. _____. 1982. Annual report for 1981. Ibadan, Nigeria. p. 27-34.
19. _____. 1983. Annual report for 1982. Ibadan, Nigeria. p. 153-155.
20. _____. 1984. Annual report for 1983. Ibadan, Nigeria. p. 176-182.
21. INTERNATIONAL LIVESTOCK CENTRE FOR AFRICA. 1983. Annual report 1982. Addis Ababa, Ethiopia.
22. _____. 1984. Annual Report 1983. Addis Ababa, Ethiopia. p. 10-12.
23. KANG, S.T.; WILSON, G.F.; SIPKENS, L. 1981. Alley cropping maize (*Zea mays* L.) and leucaena (*Leucaena leucocephala* LAM) in Southern Nigeria. Plant and Soil (Holanda) 63:165-179.

24. KANG, S.T.; WILSON, G.F.;LAWSON, T.L. s.f. Alley cropping a stable alternative to shifting cultivation. Ibadan, Nigeria, IITA. 46 p.
25. KASS, D.L. 1985. Arboles leguminosos como fuente de nitrógeno para cultivos alimenticios. Turrialba, C. R., CATIE. 2 p. Presentado en Seminario Interdepartamental.
26. _____. 1986. Alley cropping of annual food crops with woody legumes in Costa Rica. Turrialba, C. R., CATIE. 13 p.
27. KRAUSE, M. ; BURD, P. 1971. Contribución al estudio de la influencia lunar sobre cultivos hortícolas. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias (Arg.) 17(1-2):145-157.
28. LIBRO ALMANAQUE escuela para todos 1985. 1984. San José, C.R., Editorial Escuela para Todos. 200 p.
29. LIEBER, A.L. 1980. El influjo de la luna; revelaciones científicas dramáticamente unidas a nuestras vidas. Trad. de Rafael Las-saletta. Madrid, EDAF. 189 p.
30. LUNDGREN, B. ; NAIR, P. 1983. Agroforestry for soil conservation. In International Conference on Soil Erosion and conservation, Honolulu, Hawaii, 1983. Soil erosion and conservation. Ed by S.A. El-swaify, Wc. Moldenhauer ; Co.Andrew. Ankeny, Iowa, Soil Conservation Society of America. p. 703-717.
31. MASAYA, S.P. 1971. Estudio de la absorción de nutrimentos y crecimiento de raíces en la planta de frijol Phaseolus vulgaris L. var "Turrialba-4". Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 57 p.
32. MORA, E. 1983. Introducción al estudio de la variabilidad fenotípica de madero negro: Gliricidia sepium (Jacq) Steud. Turrialba, (C.R.), CATIE. 51 p.
33. NAIR, P.Q.R. s.f. Soil productivity aspects of Agroforestry. Nairobi, Kenya, International Council for Research in Agroforestry. 83 p.
34. NITROGEN FIXING TREE ASSOCIATION. 1984. Gliricidia, its names, its story. NFTA, NFT Highlights 04. 2 p.

35. NUILA, J. 1978. Desarrollo del rábano (Raphanus sativus), frijol de costa (Vigna sinensis), cebolla (Allium cepa) y lechuga (Lactuca sativa) en siembras a diferentes fases lunares. Seminario de graduación Ing. Agr. San Salvador, El Salv., Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. 52 p.
36. ORTIZ C., L.F. 1984. Crecimiento inicial de 18 especies forestales con diseño de espaciamento Nelder en 3 localidades de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 139 p.
37. O'SULLIVAN, T.E. 1985. Farming systems and soil management: the Philippines/Australian development assistance program experience. In Soil Erosion Management; Workshop. (Los Baños, Philippines, 1984) Proceedings. Ed. by E.T. Craswell; J.V. Remenyi ; L.G. Nallana. s.l., ACIAR. p. 77-81.
38. OTAROLA, A. ; MARTINEZ, H.A. s.f. Manejo y producción de cercas vivas de Gliricidia sepium en el noroeste de Honduras. Turrialba, C. R., CATIE. 12 p.
39. PIMENTEL, D.; HURD, L.E. ; BELLOTI, A.C. . 1973. Food production and the energy crisis. Science (EE. UU.) 182(2):443-449.
40. PIMENTEL G., F. 1978. Curso de estadística experimental. Trad. de la 6a. ed. portuguesa por Rafael Baggio. Buenos Aires, Arg., Hemisferio Sur. 323 p.
41. RERKASEM, K. ; RERKASEM, B. 1984. Organic manures in intensive cropping systems. In International Rice Research Institute. Organic matter and rice. Los Baños, Philippines. pp. 517-532.
42. RICHMOND, A. 1984. Estudio de cuatro métodos de propagación de cinco especies forestales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 110 p.
43. RIOS M., E. 1967. El rendimiento y los componentes del frijol común (Phaseolus vulgaris L.). Tesis Ing. Agr. San José, C. R., Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 49 p.

44. ROO M., E. 1967. El análisis de la planta como guía de la fertilización potásica del frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis Ing. Agr. San José C. R., Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 49 p.
45. SALAZAR, R. 1985. Genetic variation in seeds and seedlings of ten provenances of Gliricidia sepium (Jacq.) Steud. Turrialba, C. R., CATIE. 17 p.
Presentado en: Symposium of Establishment and Productivity of Tree Plantings in Semi-Arid Regions, (1985, Texas).
46. SANCHEZ, P. ; COCHRANE, T. 1980. Soil constraints in relation to major farming systems in tropical America. In International Rice Research Institute. Priorities for alleviating soil-related constraints to food production in the tropics. Los Baños, Laguna, Philippines. p. 107-139.
47. SANCHEZ , P. 1981. Suelos del trópico, características y manejo. Trad. E. Camacho. San José, C. R., IICA. 660 p.
48. SINGH, N. 1984. Green manures as sources of nutrients in rice production. In International Rice Research Institute. Organic matter and rice. Los Baños, Laguna, Philippines. p. 217-229.
49. SUMBERG, J.E. 1984. Alley farming in the humid zone: linking crop and livestock production. ILCA Bulletin (Etiopia) no, 18:2-6.
50. _____. 1984. Producing seed of Gliricidia sepium. Addis Ababa, Ethiopia, ILCA. 11 p.
51. UNIVERSITY OF HAWAII. 1983. Resource documents on nitrogen-fixing trees. Waimanolo, Hawaii, Nitrogen-Fixing Trees Association. 55 p.
52. VERGARA, N.T., ed. 1982. New directions in agroforestry: the potential of tropical legume trees. Selection of legume trees for agroforestry. Honolulu, East-West Environment and Policy Institute. 28 p.
53. WIJEWARDENE, R. ; WAIDYANATA, P. 1984. Conservation farming for small farmers in the humid tropics; systems, techniques and tools. Colombo, Sri Lanka, Ministry of Agricultural Development and Research. 39 p.

54. WILSON, G.F. 1982. Evaluation of a non-leguminous shrub species in alley cropping. In International Institute of Tropical Agriculture. Annual report for 1981. Ibadan, Nigeria. p. 30-31.

9. APENDICE

Cuadro 1A. Caracterización del clima y del suelo del Campo Experimental La Montaña. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

CLIMA

Temperatura media anual:	21.7°C (\bar{X} de 25 años)
Precipitación media anual:	2636.7 mm (\bar{X} de 42 años)
Humedad relativa promedio:	87.5% (\bar{X} de 25 años)
Radiación diaria promedio:	420.0 cal/cm ² /día (\bar{X} de 19 años)
Evaporación diaria promedio:	3.3 mm (\bar{X} de 16 años)
Zona de Vida:	Bosque muy Húmedo Premontano

SUELO

Origen:	Aluvial fluvio-lacustre
Serie:	Instituto Arcilloso, fase normal
Orden:	Inceptisol
Subgrupo:	Typic Distropepts
Drenaje:	Originalmente pobre e imperfecto: drenado artificialmente con surcos abiertos y profundos en 1.975
Densidad aparente:	Baja
Textura:	Franco-arcillosa
Fertilidad natural:	Mediana a baja
pH:	Fuertemente ácido (5.1 - 5.6)

CUADRO 2A. Análisis del suelo para la siembra de frijol (profundidad 0-20 cm)

PARCELA	REPETIC.	pH	M.O. %	N	P mg/ml	K meq/100 ml	Ca ml	Mg suelo
Monocultivo sin N	1	4.98	5.76	0.29	13.95	0.63	2.45	0.66
	2	5.46	5.4	0.29	14.74	0.75	5.2	0.93
	3	5.41	5.41	0.14	9.07	0.42	5.27	0.79
Monocultivo + N	1	4.92	6.16	0.30	15.13	0.41	2.93	0.52
	2	5.25	5.63	0.30	17.57	0.57	4.63	0.88
	3	5.17	5.17	0.27	10.17	0.57	4.84	0.76
Callejones sin N	1	5.3	5.7	0.29	11.28	0.64	4.98	0.90
	2	5.27	5.96	0.29	14.34	0.74	5.12	1.04
	3	5.42	5.42	0.25	10.17	0.70	5.24	0.76
Callejones + N	1	4.8	5.83	0.30	10.17	0.41	3.22	0.49
	2	5.19	5.49	0.28	16.34	0.66	4.52	0.89
	3	5.4	5.4	0.23	8.0	0.61	5.3	0.87

Cuadro 3A. Condiciones climáticas durante el experimento 1.

Mes	TEMPERATURA °C			PRECIPITACION (mm)		Humedad relativa %*	Radiación solar (cal/cm /día)*
	MX	MIN	MEDIA	Total Mensual	Promedio 42 años		
Nov. 84	28.5	17.7	20.82	142.7	278.1	88.20	364.40
Dic. 84	28.0	16.3	19.84	420.9	322.9	89.92	296.58
Enero 85	25.36	15.24	19.99	38.2	167.3	85.87	442.13
Febrero 85	25.31	16.27	20.25	156.3	138.5	88.88	399.50

* = Promedio diario

ESTACION METEOROLOGICA DEL CATIE

Lat.: 9°53'N Long. 83°38'O

Elevación: 602 msnm

CUADRO 4A. Análisis del suelo para la siembra de maíz (profundidad 0-20 cm)

PARCELA	REPETIC.	pH	M.O.	N	P	K	Ca	Mg
			%		mg/ml	meq/100 ml	suelo	
Monocultivo sin N	1	4.75	5.63	0.32	13.6	0.35	3.1	0.53
	2	5.18	5.96	0.34	16.2	0.78	5.46	0.96
	3	5.20	5.29	0.33	16.6	0.44	5.61	0.79
Monocultivo + N	1	4.55	5.91	0.35	13.6	0.42	3.03	0.45
	2	5.15	6.16	0.36	14.5	0.57	5.97	0.97
	3	5.22	5.63	0.31	13.6	0.52	5.36	0.74
Callejones sin N	1	5.07	5.76	0.34	28.4	0.69	4.65	0.63
	2	4.71	5.90	0.34	15.3	0.73	5.11	0.88
	3	5.26	5.29	0.31	13.2	0.62	5.92	0.84
Callejones + N	1	4.79	5.56	0.34	20.6	0.51	3.72	0.49
	2	4.85	5.9	0.32	15.7	0.66	5.18	0.87
	3	5.21	5.09	0.31	13.6	0.59	5.44	0.86

Cuadro 5A. Condiciones climáticas durante los experimentos 2, 3 y 4. 1985.

Mes	TEMPERATURA °C			PRECIPITACION (mm)		Humedad relativa %*	Radiación solar (cal/cm ² /día)*
	MX	MIN	MEDIA	Total Mensual	Promedio 42 años		
Junio	26.93	19.11	22.32	291.4	282.4	92.12	377.37
Julio	26.96	18.01	21.85	115.2	279.7	90.16	416.42
Agosto	26.77	17.97	21.50	285.6	242.4	89.05	409.77
Setiembre	27.37	18.31	22.16	294.9	246.6	88.46	444.93
Octubre	27.18	18.05	21.85	249.5	254.1	89.06	429.61

* Promedio diario

Estación Meteorológica del CATIE

Lat. 9°53'N Long. 83°38'O

Elevación: 602 msnm

Cuadro 6A. Análisis de contrastes para variables de rendimiento y altura de plantas de maíz.

RENDIMIENTO DE GRANO BUENO

Contraste	TRATAMIENTOS								Q	F
	CO	CN	A30	A3N	A60	A6N	MGO	MGN		
Distancia entre callejones	0	0	1	1	-1	-1	0	0	-3960	6.32**
Biomasa importada vs. biomasa reciclada	0	0	1	0	1	0	-2	0	-4773	6.12*
N químico vs N orgánico reciclado	0	2	-1	0	-1	0	0	0	2841	2.17 NS
Callejón sin N químico vs callejón con N químico	0	0	1	-1	1	-1	0	0	228	0.020 NS

MAZORCAS BUENAS POR HECTAREA

Contraste	TRATAMIENTOS								Q	F
	CO	CN	A30	A3N	A60	A6N	MGO	MGN		
Distancia entre callejones	0	0	1	1	-1	-1	0	0	-36603	5.78*
Biomasa importada vs. biomasa reciclada	0	0	1	0	1	0	-2	0	-32628	3.06 NS
N químico vs N orgánico reciclado	0	2	-1	0	-1	0	0	0	19296	1.07 NS
Callejón sin N químico vs callejón con N químico	0	0	1	1	1	-1	0	0	-1899	0.01 NS

PESO DE MAZORCAS BUENAS/HA

Contraste	TRATAMIENTOS								Q	F
	CO	CN	A30	A3N	A60	A6N	MGO	MGN		
Distancia entre callejones	0	0	1	1	-1	-1	0	0	-5574	2.23 NS
Biomasa importada vs. biomasa reciclada	0	0	1	0	1	0	-2	0	-7044	2.37 NS
N químico vs N orgánico reciclado	0	2	-1	0	-1	0	0	0	3780	0.68 NS
Callejón sin N químico vs callejón con N químico	0	0	1	-1	1	-1	0	0	234	0.003 NS

% DESGRANE

Contraste	TRATAMIENTOS								Q	F
	CO	CN	A30	A3N	A60	A6N	MGO	MGN		
Distancia entre callejones	0	0	1	1	-1	-1	0	0	-12	6.12*
Biomasa importada vs. biomasa reciclada	0	0	1	0	1	0	-2	0	-15	6.37*
N químico vs N orgánico reciclado	0	2	-1	0	-1	0	0	0	3	0.25 NS
Callejón sin N químico vs callejón con N químico	0	0	1	1	1	1	0	0	6	1.53 NS

Cuadro 6A. Continuación.

MAZORCAS MALAS POR HECTAREA

Contraste	TRATAMIENTOS								Q	F
	CO	CN	A3O	A3N	A6O	A6N	MGO	MGN		
Distancia entre callejones	0	0	1	1	-1	-1	0	0	44406	12.2**
Biomasa importada vs. biomasa reciclada	0	0	1	0	1	0	-2	0	26877	2.97 NS
N químico vs N orgánico reciclado	0	2	-1	0	-1	0	0	0	-8211	0.27 NS
Callejón sin N químico vs callejón con N químico	0	0	1	-1	1	-1	0	0	6504	0.26 NS

PESO MAZORCAS MALAS/HA

Contraste	TRATAMIENTOS								Q	F
	CO	CN	A3O	A3N	A6O	A6N	MGO	MGN		
Distancia entre callejones	0	0	1	1	-1	-1	0	0	1488	8.11*
Biomasa importada vs. biomasa reciclada	0	0	1	0	1	0	-2	0	432	0.45 NS
N químico vs N orgánico reciclado	0	2	-1	0	-1	0	0	0	234	0.13 NS
Callejón sin N químico vs callejón con N químico	0	0	1	-1	1	-1	0	0	216	0.17 NS

ALTURA DE PLANTA

Contraste	TRATAMIENTOS								Q	F
	CO	CN	A3O	A3N	A6O	A6N	MGO	MGN		
Distancia entre callejones	0	0	1	1	-1	-1	0	0	0.63	2.75 NS
Biomasa importada vs. biomasa reciclada	0	0	1	0	1	0	-2	0	0.63	1.83 NS
N químico vs N orgánico reciclado	0	2	-1	0	-1	0	0	0	-1.53	10.83**
Callejón sin N químico vs callejón con N químico	0	0	1	-1	1	-1	0	0	0.09	0.05 NS
Monocultivo vs siembra en callejones	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-2.4	20**

NS = No significativo

* = Significativo al 5%

** = Altamente significativo 1%

Cuadro 7A. Composición de tejidos de maíz. Prueba de Duncan 5%.*

Fracción	Tratamiento**	Mat.	N	P	K	Ca	Mg
		seca					
Hojas	CO	33 ab	1.5 bc	0.22 a	1.5 a	0.6 a	0.2 b
	CN	33 ab	1.7 ab	0.20 a	1.7 a	0.4 a	0.2 b
	A30	35 a	1.4 bc	0.21 a	1.4 a	0.4 a	0.2 ab
	A3N	31 ab	1.8 ab	0.24 a	1.8 a	0.5 a	0.3 a
	A60	32 ab	1.5 bc	0.21 a	1.3 a	0.4 a	0.2 ab
	A6N	30 ab	1.8 ab	0.23 a	1.8 a	0.5 a	0.2 ab
	MGO	36 a	1.3 c	0.18 a	1.3 a	0.5 a	0.2 b
	MGN	28 b	1.9 a	0.22 a	1.7 a	0.5 a	0.2 b
Mazorcas	CO	32 ab	0.9 b	0.27 b	0.7 a	0.1 b	0.1 c
	CN	28 b	1.3 ab	0.31 ab	1.0 a	0.1 b	0.2 bc
	A30	34 a	1.0 ab	0.35 a	0.7 a	0.1 b	0.2 bc
	A3N	30 ab	1.0 ab	0.28 b	0.8 a	0.1 b	0.3 a
	A60	31 ab	1.0 ab	0.31 ab	0.9 a	0.2 a	0.2 bc
	A6N	32 ab	1.4 a	0.31 ab	0.9 a	0.1 b	0.25 ab
	MGO	30 ab	0.9 b	0.29 b	0.8 a	0.1 b	0.3 a
	MGN	29 ab	1.1 ab	0.30 b	0.9 a	0.1 b	0.25 ab
Tallo	CO	22 a	0.7 b	0.09 a	1.0 bc	0.2 a	0.19 ab
	CN	19 bc	1.0 a	0.08 a	1.3 abc	0.2 a	0.23 a
	A30	19 abc	0.7 b	0.09 a	1.6 ab	0.2 a	0.20 a
	A3N	17 c	0.9 ab	0.09 a	2.0 a	0.2 a	0.18 ab
	A60	20 ab	0.8 ab	0.07 a	1.4 abc	0.2 a	0.17 ab
	A6N	19 bc	1.0 a	0.09 a	1.7 ab	0.2 a	0.17 ab
	MGO	21 ab	0.7 b	0.07 a	0.7 c	0.2 a	0.11 b
	MGN	20 abc	1.0 a	0.09 a	1.2 abc	0.2 a	0.10 b
Inflorescencia masculina	CO	57 ab	1.5 ab	0.15 ab	0.3 a	0.4 a	0.3 a
	CN	57 ab	1.7 a	0.17 a	0.4 a	0.3 a	0.3 a
	A30	61 a	1.5 ab	0.14 b	0.3 a	0.3 a	0.2 a
	A3N	46 b	1.5 ab	0.15 ab	0.4 a	0.3 a	0.2 a
	A60	56 ab	1.5 ab	0.15 ab	0.3 a	0.2 a	0.2 a
	A6N	48 b	1.6 ab	0.16 ab	0.4 a	0.3 a	0.2 a
	MGO	49 ab	1.4 b	0.16 ab	0.3 a	0.4 a	0.6 a
	MGN	50 ab	1.7 a	0.18 a	0.4 a	0.3 a	0.2 a
Raíz	CO	31 a	0.9 c	0.08 a	0.89 bc	0.2 a	0.11 ab
	CN	29 a	1.3 ab	0.11 a	1.03 abc	0.2 a	0.12 ab
	A30	34 a	1.2 abc	0.09 a	1.07 abc	0.2 a	0.17 ab
	A3N	32 a	1.4 a	0.10 a	1.21 ab	0.2 a	0.06 b
	A60	33 a	1.0 bc	0.08 a	1.25 a	0.2 a	0.12 ab
	A6N	33 a	1.2 abc	0.09 a	1.16 ab	0.2 a	0.11 ab
	MGO	41 a	0.9 c	0.11 a	0.77 c	0.2 a	0.15 ab
	MGN	36 a	1.1 abc	0.12 a	1.18 ab	0.2 a	0.18 a

* Promedios con una letra en común no son significativamente diferentes al 5%.

** CO: monocultivo sin N
 CN: monocultivo + N
 A30: callejones a 3 m sin N
 A3N: callejones a 3 m + N
 A60: callejones a 6 m sin N
 A6N: callejones a 6 m + N
 MGO: biomasa importada sin N
 MGN: biomasa importada + N

Cuadro 8A. Análisis de contrastes para peso seco y N,P,K,Ca y Mg en el maíz.

PESO SECO TOTAL

Contraste	TRATAMIENTO								Q	F
	CO	CN	A3O	A3N	A6O	A6N	MGO	MGN		
Distancia entre callejones	0	0	1	1	-1	-1	0	0	-2949	0.98 NS
Biomasa importada vs biomasa reciclada	0	0	1	0	1	0	-2	0	-426	0.01 NS
N químico vs N orgánico reciclado	0	2	-1	0	-1	0	0	0	-3306	0.82 NS
Callejón sin N químico vs callejón con N químico	0	0	1	-1	1	-1	0	0	2427	0.66 NS
Monocultivo vs siembra en callejones	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	4095	0.95 NS

NITROGENO TOTAL

Contraste	TRATAMIENTO								Q	F
	CO	CN	A3O	A3N	A6O	A6N	MGO	MGN		
Distancia entre callejones	0	0	1	1	-1	-1	0	0	-72	2.62 NS
Biomasa importada vs biomasa reciclada	0	0	1	0	1	0	-2	0	30	0.30 NS
N químico vs N orgánico reciclado	0	2	-1	0	-1	0	0	0	78	2.04 NS
Callejón sin N químico vs callejón con N químico	0	0	1	-1	1	-1	0	0	-60	1.81 NS
Monocultivo vs siembra en callejones	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	45	0.50 NS

FOSFORO TOTAL

Contraste	TRATAMIENTO								Q	F
	CO	CN	A3O	A3N	A6O	A6N	MGO	MGN		
Distancia entre callejones	0	0	1	1	-1	-1	0	0	-3	0.08 NS
Biomasa importada vs biomasa reciclada	0	0	1	0	1	0	-2	0	12	0.87 NS
N químico vs N orgánico reciclado	0	2	-1	0	-1	0	0	0	-6	0.21 NS
Callejón sin N químico vs callejón con N químico	0	0	1	-1	1	-1	0	0	9	0.74 NS
Monocultivo vs siembra en callejones	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	3	0.04 NS

Cuadro 8A. Continuación.

POTASIO TOTAL

Contraste	TRATAMIENTO								Q	F
	CO	CN	A3O	A3N	A6O	A6N	MGO	MGN		
Distancia entre callejones	0	0	1	1	-1	-1	0	0	-21	0.16 NS
Biomasa importada vs biomasa reciclada	0	0	1	0	1	0	-2	0	84	1.76 NS
N químico vs N orgánico reciclado	0	2	-1	0	-1	0	0	0	12	0.03 NS
Callejón sin N químico vs callejón con N químico	0	0	1	-1	1	-1	0	0	-45	0.76 NS
Monocultivo vs siembra en callejones	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-48	0.43 NS

CALCIO TOTAL

Contraste	TRATAMIENTO								Q	F
	CO	CN	A3O	A3N	A6O	A6N	MGO	MGN		
Distancia entre callejones	0	0	1	1	-1	-1	0	0	-9	0.79 NS
Biomasa importada vs biomasa reciclada	0	0	1	0	1	0	-2	0	6	0.23 NS
N químico vs N orgánico reciclado	0	2	-1	0	-1	0	0	0	-18	2.11 NS
Callejón sin N químico vs callejón con N químico	0	0	1	-1	1	-1	0	0	9	0.79 NS
Monocultivo vs siembra en callejones	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	0	0 NS

MAGNESIO TOTAL

Contraste	TRATAMIENTO								Q	F
	CO	CN	A3O	A3N	A6O	A6N	MGO	MGN		
Distancia entre callejones	0	0	1	1	-1	-1	0	0	-3	0.11 NS
Biomasa importada vs biomasa reciclada	0	0	1	0	1	0	-2	0	-3	0.07 NS
N químico vs N orgánico reciclado	0	2	-1	0	-1	0	0	0	-15	1.80 NS
Callejón sin N químico vs callejón con N químico	0	0	1	-1	1	-1	0	0	-9	0.97 NS
Monocultivo vs siembra en callejones	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-18	1.95 NS

Cuadro 9A. Análisis de contrastes para efecto de la distancia a los árboles sobre rendimientos de maíz, en la siembra entre callejones a 6 m.

PESO SECO TOTAL

Tratamiento	1 - NO	2 - NO	3 - NO	1 - N100	2 - N100	3 - N100	Q	F
1 m vs 2 m	+	-	0	+	-	0	-9855	4.03 NS
2 m vs 3 m	0	+	-	0	+	-	5487	1.25 NS
1 m vs (2+3)	+2	-1	-1	+2	-1	-1	-14223	2.80 NS

NUMERO MAZORCAS BUENAS

Tratamiento	1 - NO	2 - NO	3 - NO	1 - N100	2 - N100	3 - N100	Q	F
1 m vs 2 m	+	-	0	+	-	0	-1	0.02 NS
2 m vs 3 m	0	+	-	0	+	-	-7	1.35 NS
1 m vs (2+3)	+2	-1	-1	+2	-1	-1	-9	0.74 NS

PESO MAZORCAS BUENAS

Tratamiento	1 - NO	2 - NO	3 - NO	1 - N100	2 - N100	3 - N100	Q	F
1 m vs 2 m	+	-	0	+	-	0	-2154	12.82**
2 m vs 3 m	0	+	-	0	+	-	-30	0.002 NS
1 m vs (2+3)	+2	-1	-1	+2	-1	-1	-4338	17.33**

NUMERO MAZORCAS MALAS

Tratamiento	1 - NO	2 - NO	3 - NO	1 - N100	2 - N100	3 - N100	Q	F
1 m vs 2 m	+	-	0	+	-	0	1	0.03 NS
2 m vs 3 m	0	+	-	0	+	-	10	3.29 NS
1 m vs (2+3)	+2	-1	-1	+2	-1	-1	12	1.58 NS

PESO MAZORCAS MALAS

Tratamiento	1 - NO	2 - NO	3 - NO	1 - N100	2 - N100	3 - N100	Q	F
1 m vs 2 m	+	-	0	+	-	0	-174.9	0.54 NS
2 m vs 3 m	0	+	-	0	+	-	234.9	0.97 NS
1 m vs (2+3)	+2	-1	-1	+2	-1	-1	-114.9	0.07 NS

ALTURA DE PLANTA

Tratamiento	1 - NO	2 - NO	3 - NO	1 - N100	2 - N100	3 - N100	Q	F
1 m vs 2 m	+	-	0	+	-	0	0.27	0.4 NS
2 m vs 3 m	0	+	-	0	+	-	-0.72	2.88 NS
1 m vs (2+3)	+2	-1	-1	+2	-1	-1	-0.18	0.06 NS

PESO DE GRANO BUENO

Tratamiento	1 - NO	2 - NO	3 - NO	1 - N100	2 - N100	3 - N100	Q	F
1 m vs 2 m	+	-	0	+	-	0	-1317	9.28*
2 m vs 3 m	0	+	-	0	+	-	-115	0.07 NS
1 m vs (2+3)	+2	-1	-1	+2	-1	-1	-2749	13.47**

NO = sin N

N100 = • 100 kg/ha de N

CUADRO 10A. Análisis del suelo para establecimiento de gliricidia
(profundidad 0-20 cm).

ESTACAS

REPETICION	pH	<u>M.O.</u>	<u>N</u>	P	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>
		%		mg/ml	meq/100 ml suelo		
1	5.18	6.63	0.40	15.7	0.48	3.01	1.20
2	4.95	6.63	0.39	17.0	0.25	2.32	0.83
3	5.06	5.49	0.37	15.7	0.35	2.32	1.06
4	5.11	7.91	0.38	14.0	0.35	2.99	1.11

SEMILLAS

pH	<u>M.O.</u>	<u>N</u>	P	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>
	%		mg/ml	meq/100 ml suelo		
5.05	6.23	0.36	11.6	0.41	3.30	1.10

Cuadro 11A. Análisis de varianza para sobrevivencia de plantas.

Días después de la siembra	F de V	Gl	SC	CM	Fc	Significancia
30	Repetic	3	43.99	14.66	0.58	NS
	Tratam	3	877.12	292.37	11.67	**
	A	1	19.71	19.71	0.78	NS
	B	1	736.85	736.85	29.41	**
	A*B	1	120.56	120.56	4.81	NS
	Error	9	225.48	25.05		
	Total	15	1146.60			
CV = 7.17%						
60	Repetic	3	70.48	23.49	0.32	NS
	Tratam	3	952.10	317.37	4.44	*
	A	1	294.81	294.81	4.12	NS
	B	1	434.10	434.10	6.07	*
	A*B	1	223.20	223.20	3.12	NS
	Error	9	643.21	71.47		
	Total	15	1665.81			
CV = 12.81%						
90	Repetic	3	70.48	23.49	0.32	NS
	Tratam	3	952.10	317.37	4.44	*
	A	1	294.81	294.81	4.12	NS
	B	1	434.10	434.10	6.07	*
	A*B	1	223.20	223.20	3.12	NS
	Error	9	643.21	71.47		
	Total	15	1665.81			

NS=No significativo

*=p<0.05

**=p<0.01

Cuadro 12A. Análisis de contrastes para sobrevivencia de plantas.

Epoca	Contraste	Tratamientos				Q	Fc
		25-1	25-2	50-1	50-2		
30 días	25 vs 50	+	+	-	-	-17.8	0.79 NS
	1 vs 2	+	-	+	-	108.6	29.40 **
60 días	25 vs 50	+	+	-	-	-68.6	4.19 NS
	1 vs 2	+	-	+	-	83.4	6.07 **

NS=no significativo

**=p<0.01

Cuadro 13A. Análisis de varianza para sobrevivencia de sitios.

Días después de la siembra	F de V	G1	SC	CM	Fc	Significancia
30	Repetic	3	165.23	55.08	1.33	NS
	Tratam	3	255.84	85.28	2.07	NS
	A	1	127.75	127.75	3.10	NS
	B	1	110.51	110.51	2.68	NS
	A*B	1	17.58	17.58	0.43	NS
	Error	9	371.06	41.23		
	Total	15	792.13			

CV = 8.1%

60	Repetic	3	58.30	19.43	0.25	NS
	Tratam	3	949.24	316.41	4.03	*
	A	1	200.10	200.10	2.55	NS
	B	1	426.42	426.42	5.43	*
	A*B	1	322.74	322.74	4.11	NS
	Error	9	706.17	78.46		
	Total	15	1713.71			

CV = 11.6%

90	Repetic	3	58.30	19.43	0.25	NS
	Tratam	3	949.24	316.41	4.03	*
	A	1	200.10	200.10	2.55	NS
	B	1	426.42	426.42	5.43	*
	A*B	1	322.74	322.74	4.11	NS
	Error	9	706.17	78.46		
	Total	15	1713.71			

CV = 11.6%

NS = No significativo

* = $p < 0.05$

Cuadro 14A. Análisis de contrastes para sobrevivencia de sitios.

Epoca	Contraste	Tratamientos				Q	Fc
		25-1	25-2	50-1	50-2		
30 dias	25 vs 50	+	+	-	-	-56.6	4.85 NS
	1 vs 2	+	-	+	-	-82.6	10.34 *
NS=no significativo		*=p<0.05					

Cuadro 15A. Análisis de varianza para altura de planta,

Días después de la siembra	F de V	Gl	SC	CM	Fc	Significancia
30	Tratam del factorial	3	6.06	2.02	6.31	**
	A (espaciamien)	1	0.51	0.51	1.59	NS
	B (plant/sitio)	1	4.92	4.92	15.37	**
	A*B	1	0.63	0.63	1.97	NS
	Trat. adic.	1	0.05	0.05	0.15	NS
	Error	12	3.85	0.32		
	60	Tratam del factorial	3	42.84	14.28	6.83
A (espaciamien)		1	7.79	7.79	3.72	NS
B (plant/sitio)		1	33.09	33.09	15.83	**
A*B		1	1.95	1.95	0.93	NS
Trat. adic.		1	0.76	0.76	0.36	NS
Error		12	25.18	2.09		
90		Tratam del factorial	3	130.35	43.45	10.62
	A (espaciamien)	1	0.15	0.15	0.03	NS
	B (plant/sitio)	1	92.06	92.06	22.60	**
	A*B	1	38.13	38.13	9.32	*
	Trat. adic.	1	1.47	1.47	0.35	NS
	Error	12	49.13	4.09		

NS = No significativo *= $p < 0.05$ **= $p < 0.01$

Cuadro 16A. Análisis de contrastes para altura de planta

Epoca	Contraste	Tratamientos				Q	Fc
		25-1	25-2	50-1	50-2		
30 días	25 vs 50	+	+	-	-	-2.9	1.73 NS
	1 vs 2	+	-	+	-	-8.9	16.43 **
60 días	25 vs 50	+	+	-	-	-11.2	3.53 NS
	1 vs 2	+	-	+	-	-23.0	15.03 **
90 días	25 vs 50	+	+	-	-	1.6	0.04 NS
	1 vs 2	+	-	+	-	-38.4	25.96 **

NS=no significativo **= $p<0.01$

Cuadro 17A. Análisis de varianza para diametro basal

F de V	Gl	SC	CM	Fc	Significancia
Tratam.del factorial	3	3.18	1.06	4.41	*
A (Espaciam.)	1	0.07	0.07	0.29	NS
B (Plantas/sitio)	1	1.73	1.73	7.20	**
A x B	1	0.09	0.09	0.37	NS
Error	12	2.88	0.24		

NS=no significativo *=p<0.05 **=p<0.01

Cuadro 18A. Análisis de contrastes para diametro basal

Contraste	Tratamientos				Q	Fc
	25-1	25-2	50-1	50-2		
25 vs 50	+	+	-	-	-1.0	0.26 NS
1 vs 2	+	-	+	-	-5.2	7.15 *

NS=no significativo *=p<0.05

Cuadro 19A. Valores de altura de planta y diámetro basal incluidos en el análisis de regresión.

Diámetro basal (mm)	Altura de planta (cm)
6.9	20.52
7.45	23.75
6.75	19.9
6.4	21.8
7.2	21.5
6.2	16.85
6.68	19.21
7.14	21.57
7.03	23.6
7.47	25.1
6.92	21.84
7.9	28.56
6.16	18.66
5.45	15.9
5.94	14.18
6.79	18.82
5.54	18.45
6.5	19.92
6.5	19.33
7.1	23.54
5.52	18.84
5.31	16.17
6.88	22.79
7.1	26.87