

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y  
ENSEÑANZA

SUB DIRECCION GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO Y CAPACITACION

ENSAYO DE PROCEDENCIAS Y FAMILIAS DE GLIRICIDIA SEPTIUM  
(JACQ.) STEUD. DE MEXICO, AMERICA CENTRAL Y PANAMA.

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

MAGISTER SCIENTIAE

POR

RICARDO JON LLAP

TURRIALBA, COSTA RICA

1989

## DEDICATORIA

A PILIN, parte mía, quien no pudo ser

A TETE, mi amada esposa, quien soportó con valentía,  
dolor y pena, la lejanía del trabajo, la familia  
y la patria, y porque PILIN, parte de ella, no  
pudo ser.

A mis parientes consanguíneos y políticos

A mis maestros y profesores

A mis superiores y subalternos

A mis amigos

Cercanos y lejanos, a los  
que partieron, a los que  
vendrán, ricos y pobres  
cultos e ignorantes

Porque a todos ellos les  
debo, lo que ayer fui  
lo que hoy día soy y  
lo que mañana seré...

## AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a todas las instituciones y personas que en una u otra forma hicieron posible la culminación de mis estudios de posgrado.

- Al Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo del CANADA, por haberme otorgado la beca y subvencionar mis estudios de posgrado.

- Al Instituto Nacional Forestal y de Fauna del Perú, por haberme otorgado permiso para realizar mis estudios de posgrado.

- Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, por haberme admitido en la escuela de posgrado y a su corporación por haberme prestado los servicios para mi desenvolvimiento en el posgrado.

- Al Dr. Germán Sánchez, profesor consejero, por su apoyo y confianza durante el estudio de posgrado y la culminación del presente trabajo.

- Al Ing. Derek Webb, oficial forestal del CIID por haberme apoyado para realizar mis estudios.

- Al Ing. M.S. Héctor Martínez y a los Drs. Etsuzo Uchimura y Bryan Finegan, comité asesor, por las valiosas sugerencias aportadas para la ejecución y culminación del trabajo.

- Al Dr. Pedro Ferreira y al amigo y compañero Ing. Jaime Sánchez, por sus valiosas contribuciones en el aspecto estadístico del presente.

- A los Asistentes técnicos y trabajadores de campo del Proyecto AFN, quienes colaboraron en las diferentes etapas del experimento con esmero y dedicación.

- A Marcia Pacheco, secretaria del Proyecto AFN, por su dedicación y apoyo mecanográfico al texto.

- A Maria Julia Ortega, Asistente Administrativo del Proyecto AFN, por el apoyo logístico brindado a mi persona.

## BIOGRAFIA

El autor nació el 12 de agosto de 1951 en Lima, Perú.

Culminó sus estudios secundarios en 1968 en el Colegio Claretiano.

Ingresó a la Universidad Nacional Agraria La Molina en abril de 1970 y se graduó en el Programa Académico de Ciencias Forestales en diciembre de 1976.

De agosto de 1977 a agosto de 1986 laboró como investigador en el Proyecto Reforestación de los Altos Andes, patrocinado por el CIID. Durante este período laboral ocupó los cargos de Asistente de Investigación hasta 1980, Director de Estación Experimental hasta 1983 y Director de Investigación hasta agosto de 1986.

Ingresó al Programa de Posgrado del CATIE en setiembre de 1986 y culminó los estudios de posgrado en mayo de 1989, obteniendo el grado de Magister Scientae, en la especialidad de Agroforestería.

## CONTENIDO

	Página
RESUMEN .....	ix
SUMMARY .....	xi
LISTA DE CUADROS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xix
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 La especie.....	3
2.1.1 Taxonomía.....	3
2.1.2 Descripción .....	3
2.1.3 Distribución.....	3
2.1.4 Ecología.....	4
2.1.5 Propagación.....	7
2.1.6 Producción de biomasa.....	9
2.2 Ensayo de procedencias.....	10
2.3 Importancia de los ensayos de procedencias.....	12
2.4 Variables a estudiar.....	14
3. MATERIALES Y METODOS.....	18
3.1 Orígenes del material estudiado.....	18
3.2 Variabilidad del material.....	19
3.2.1 Evaluación del peso de las semillas.....	19
3.2.2 Características del sitio en la etapa de vivero.....	20
3.2.2.1 Localización.....	20
3.2.2.2 Clima.....	20

	Página
3.2.2.3 Suelo.....	20
3.2.2.4 Historia del uso.....	21
3.2.3 Etapa de vivero.....	21
3.2.4 Estudio de la variabilidad en la fase de vivero.....	23
3.2.4.1 Variables medidas en la etapa de vivero.....	24
3.3.2 Estudio de la variabilidad en la fase de plantación.....	28
3.3.2.1 Características del sitio en la etapa de plantación.....	28
3.3.3 Plantación.....	30
3.3.3.1 Variables medidas en la fase de plantación.....	31
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	34
4.1 Estudio de las semillas.....	34
4.1.1 Análisis de varianza.....	34
4.1.2 Relaciones entre variables del sitio de origen y peso de semillas.....	34
4.2 Fase de vivero.....	36
4.2.1 Análisis de varianza a los 100 días.....	36
4.2.2 Relaciones entre variables del sitio de origen con las variables de respuesta a los 100 días.....	39
4.2.3 Análisis de varianza a los 240 días.....	40
4.3 Fase de plantación.....	43
4.3.1 Análisis de varianza a los 90 días.....	43
4.3.2 Relaciones entre las variables de sitio de origen de las procedencias y las variables de respuesta en la fase de plantación a los 90 días.....	46
4.4 Establecimiento de la estructura natural de las familias de <i>Gliricidia sepium</i> , mediante análisis de agrupamientos.....	47

	<b>Página</b>
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
6. LITERATURA CITADA.....	53
7. ANEXO.....	59

JON LLAP, R. 1989. Ensayo de procedencias y familias de Gliricidia sepium (Jacq.) Steud. de México, América Central y Panamá. Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.

Palabras claves: Gliricidia sepium, Ensayo de procedencias, Familias, Variabilidad genética.

## RESUMEN

Gliricidia sepium es una leguminosa arbórea de uso múltiple, perteneciente a la familia Papilionaceae, considerada nativa desde México hasta Panamá a travez de América Central.

El presente estudio se realizó con el objetivo de conocer la variabilidad entre procedencias y familias dentro de procedencias en semillas, plantas en vivero y en plantación. Las variables evaluadas fueron peso de semilla, variables de crecimiento (altura, diámetros basales y variables de rendimiento como la biomasa), además de otras variables como número de hojas, número de brotes, Y número máximo de folíolos. Se buscaron relaciones entre las variables de respuesta y variables de sitio de origen (Altitud, Latitud, Precipitación, Temperatura y Meses secos)

Para el estudio se empleó un diseño anidado con 3 repeticiones en semillas y con 3 bloques para el estudio de plantas en vivero y en plantación.

El peso de semillas mostró mayor variación entre procedencias: (76%) y menor variación entre familias dentro de procedencias (22%). Se encontraron ligeras tendencias clinales entre variables del sitio de origen y la variable peso de semilla.

Las familias mostraron diferencias entre el peso medio de semillas.

Las variables que explican mejor las relaciones del peso de semillas son las que tienen que ver con la disponibilidad de agua en los diferentes sitios de origen de la especie, estas variables son la precipitación anual y el número de meses secos.

En la etapa de vivero a los 100 días, la variabilidad entre procedencias y familias dentro de procedencias fue menor que la variabilidad de efectos ambientales, la variabilidad entre individuos fue mayor que la variabilidad debido a efectos ambientales y genéticos, juntos. A los 240 días la variabilidad debido al ambiente decreció, en algunas variables, la tendencia de la variabilidad genética en procedencias fue creciente y en otras se mantuvo o disminuyó ligeramente mientras que la variabilidad de familias dentro de procedencias fue decreciente. La variabilidad entre individuos creció con respecto a la primera medición. Estas tendencias son posiblemente debido a que en una primera etapa los individuos se encuentran en una fase de adaptación al medio y la manifestación genética de ellos no se expresa plenamente, hasta que se adaptan. La expresión genética se manifestó con mayor poder.

A los 100 días se detectó diferencias entre procedencias y entre familias dentro de procedencias, mientras que a los 240 días se detectó sólo diferencias entre procedencias.

A los 100 días se encontraron relaciones cuadráticas entre las variables de respuesta y las variables del sitio de origen de las procedencias, mientras que a los 240 días se encontró una sola relación lineal entre la variable de respuesta diámetro basal a 1 cm sobre el suelo y la variable del sitio de origen meses secos. Es posible que a edades tempranas debido a la adaptación de las plantas al medio, las relaciones entre variables muestren tendencia cuadrática, siendo lo esperado, tendencias lineales.

En la etapa de plantación a los 90 días, la variabilidad entre individuos es mayor mostrando variabilidad de 84% a 95% de la variación total en las variables estudiadas.

Se detectaron diferencias entre bloques, entre procedencias y entre familias dentro de procedencias.

La variación genética es mayor que la variación debido al ambiente. Se encontraron relaciones lineales entre las variables de respuestas y las variables sitio de origen.

El análisis de agrupamiento para familias para conocer la estructura natural de estas, dió como resultado ocho grupos con familias muy similares dentro de grupos y grupos muy diferentes entre sí. La variable de mayor poder discriminatorio para la separación de grupos fue la altura de planta a los 100 días en vivero. Las familias de las procedencias de Costa Rica forman grupos muy diferentes a los demás.

JON LLAP, RICARDO. 1989. Provenance and family trials of Gliricidia sepium (Jacq.) Steud. from Mexico, Central America and Panama. Thesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.

Key words: Gliricidia sepium, variability, provenances, families

### SUMMARY

Gliricidia sepium is a multiple-use, arboreal legume, belonging to the Family Papilionaceae and considered native from Mexico to Panama throughout Central America.

The present study was carried out with the objective of determining the variability between provenances and families in respect to seed provenances, plants in the nursery and plants in plantation. The variables evaluated were seed weight, growth factors (height, basal diameter and yield factors such as biomass), in addition to other variables such as number of leaves, number of sprouts, and maximum number of leaflets. Relations between response variables and site origin variables were also examined (altitude, latitude, precipitation, temperature and dry months).

A nesting design was used for this study with 3 seed repetitions and with 3 blocks for the examination of plants in nursery and in plantation.

The seed weight showed greater variation between provenances than families within provenances: 76% and 22%, respectively. Slight clinal trends were found between site origin variables and the seed weight variables.

The families showed differences between the average seed weight.

The factors that best explain the seed weight relations are those which have to do with the availability of water in the different site origins of the species (i.e. annual precipitation and number of dry months).

In the nursery stage, the variability at 100 days between provenances and families within provenances was less than the variability of environmental effects. The variability between individuals was even greater than the former ones together. At 240 days, the variability due to the environment decreased. In some variables, the tendency of the genetic variability in provenances increased, while in others, it was maintained or slightly diminished as the variability of families within provenances decreased. The variability between individuals grew in respect to the first measurement. These trends are possibly due to the fact that in the first stage, the individuals were in a phase of adaptation to the environment and their genetic manifestation was not fully expressed until they adapted. The genetic manifestation was later expressed more powerfully.

At 100 days quadratic relations were found between the response variables and the variables of site origin of the provenances; while at 240 days, only one lineal relation was noted between the response variable, basal diameter, at 1 cm above the soil and the variable of site origin, dry months. It is possible that, due to the adaptation of the plants to the environment, at early ages the relations between variables show a quadratic trend as opposed to the expected lineal trend.

In the plantation stage at 90 days, the variability between individuals is greater than the other sources of genetic and environmental variation, showing 84% to 95% of the total variation in the variables examined.

Differences were detected between blocks, between provenances and between families within provenances.

The genetic variation is greater than the variation due to the environment. Lineal relations were found between the response variables and the site origin variables.

The grouping analysis for the families in order to determine their natural structure gave results indicating eight groups with very similiar families within groups, with these groups being very different between themselves. The variable of great discriminating power in the separation of groups was the plants' heights at 100 days in the nursery. The families of Costarican provenance form groups very distinct from the others.

## LISTA DE CUADROS

CUADRO No.	PAGINA
1. Datos de 12 procedencias y sitios de <u>Gliricidia sepium</u> en estudio.....	60
2. Fuentes de variación para el análisis de varianza para la evaluación del peso de semillas.....	61
3. Fuentes de variación para el análisis de varianza de las variables en la etapa de vivero.....	62
4. Fuentes de variación para el análisis de varianza de las variables en la etapa de plantación.....	63
5. Análisis de varianza y prueba de Tukey para la variable peso de semillas de 12 procedencias de <u>G. sepium</u> de México, Centro América y Panamá.....	64
6. Correlación entre variable peso de semilla de 12 procedencias de <u>G. sepium</u> de México, Centro América y Panamá, y variables geográficas y climáticas del origen.....	65
7. Ecuaciones de regresión encontradas entre la Variable peso de semilla y variables del sitio de origen en 12 procedencias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	66
8. Análisis de varianza y prueba de Tukey para la Variable altura a 100 días de posrepique en procedencias y familias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	67
9. Análisis de varianza y prueba de Tukey para la variable diámetro a 1 cm sobre el suelo a 100 días de posrepique en procedencias y familias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	68

10.	Análisis de varianza y prueba de Tukey para la variable diámetro a 5 cm sobre el suelo a 100 días de posrepique en procedencias y familias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	69
11	Análisis de varianza y prueba de Tukey para la Variable Número de Hojas a 100 días posrepique en Procedencias y familias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	70
12.	Ecuaciones de regresión encontradas entre las variables de respuesta y algunas variables del sitio de origen en 12 procedencias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá a la edad de 100 días de posrepique.....	71
13.	Análisis de varianza y prueba de Tukey para la variable altura a la edad de 240 días pos repique en procedencias y familias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	72
14.	Análisis de varianza y prueba de Tukey para la variable diámetro Basal a 1 cm sobre el suelo a la edad de 240 días de posrepique en procedencias y familias de <u>G. sepium</u> de México, Centro América y Panamá.....	73
15.	Análisis de varianza y prueba de Tukey para la variable diámetro Basal a 5 cm sobre el suelo a la edad de 240 días de posrepique en procedencias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	74
16.	Análisis de varianza y prueba de Tukey para la Variable biomasa a la edad de 240 días de posrepique en procedencias y familias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	75
17.	Cambios de Variabilidad a 100 días y 240 días en las variables altura, Db-1 y Db-5 en procedencias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	76
18.	Ecuación de Regresión entre la variable de respuesta Db-1 ( diámetro Basal a 1 cm sobre el suelo) y la variable de sitio de origen meses secos en 12 procedencias de <u>G. sepium</u> de México, Centro América y Panamá, a los 240 días de posrepique.....	77
19.	Análisis de varianza y Pruebas de Tukey para la Variable altura a 90 días pos plantación en procedencias y familias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	78

20.	Análisis de varianza y Pruebas de Tukey para la Variable Longitud de la rama más larga a la edad de 90 días pos plantación en procedencias y familias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	79
21.	Análisis de varianza y prueba de Tukey para la variable diámetro Basal a 5 cm sobre el suelo a la edad de 90 días pos plantación en Procedencias y familias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	80
22.	Análisis de varianza y prueba de Tukey para la Variable Número de Brotes a 90 días pos plantación en procedencias y familias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	81
23.	Análisis de varianza y prueba de Tukey para la Variable Número Máximo de Foliolos a la edad de 90 días pos plantación en procedencias y familias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	82
24.	Análisis de varianza y prueba de Tukey para la Variable biomasa a 90 días pos plantación en Procedencias y Familias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	83
25.	Ecuaciones de regresión encontradas entre algunas Variables de respuesta y algunas variables de sitio de origen en 12 procedencias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá, a la edad de 90 días pos plantación.....	84
26.	Variable involucradas en el análisis de agrupamiento de familias de <u>Gliricidia sepium</u> .....	85
27.	Grupos resultantes del análisis de agrupamiento de familias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	86
27 A.	Grupos resultantes del análisis de agrupamiento de familias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	87
28.	Características de las variables de grupos generados por el análisis de agrupamiento de familias de <u>G. sepium</u> .....	88
29.	Agrupación porcentual de las familias en sus procedencias en el análisis de agrupamiento de <u>G. sepium</u> .....	89

30.	Valor de F para las variables utilizadas en el análisis de agrupamiento por familias de procedencias de <u>G. sepium</u> .....	90
31.	Prueba de Tukey para la variable Peso medio de semilla (gr) entre familias dentro de procedencias en <u>Gliricidia sepium</u> de México, América Central y Panamá Procedencia 3885.....	91
32.	Prueba de Tukey para la variable Altura entre familias dentro de procedencias en <u>Gliricidia sepium</u> de México, América Central y Panamá, a la edad de 100 días en vivero. Procedencia A4.....	92
33.	Prueba de Tukey para la variable Altura entre familias dentro de procedencias en <u>Gliricidia sepium</u> de México, América Central y Panamá, a la edad de 100 días en vivero. Procedencia 1486.....	93
34.	Prueba de Tukey para la variable Altura entre familias dentro de procedencias en <u>Gliricidia sepium</u> de México, América Central y Panamá, a la edad de 100 días en vivero. Procedencia 2584.....	94
35.	Prueba de Tukey para la variable Altura entre familias dentro de procedencias en <u>Gliricidia sepium</u> de México, América Central y Panamá, a la edad de 100 días en vivero. Procedencia 3485.....	95
36.	Prueba de Tukey para la variable Diámetro Basal a 1 cm sobre el suelo entre familias dentro de procedencias en <u>Gliricidia sepium</u> de México, América Central y Panamá, a la edad de 100 días en vivero. Procedencia 3485.....	96
37.	Prueba de Tukey para la variable Diámetro Basal a 5 cm sobre el suelo entre familias dentro de procedencias en <u>Gliricidia sepium</u> de México, América Central y Panamá, a la edad de 100 días en vivero Procedencia A4.....	97

38	Prueba de Tukey para la variable Diámetro Basal a 5 cm sobre el suelo entre familias dentro de procedencias en <u>Gliricidia sepium</u> de México, América Central y Panamá, a la edad de 100 días en vivero. Procedencia 2584.....	98
39	Prueba de Tukey para la variable Diámetro Basal a 5 cm sobre el suelo (mm) entre familias dentro de procedencias en <u>Gliricidia sepium</u> de México, América Central y Panamá, a la edad de 100 días en vivero. Procedencia 3785.....	99
40	Prueba de Tukey para la variable Número de Hojas entre familias dentro de procedencias en <u>Gliricidia sepium</u> de México, América Central y Panamá, a la edad de 100 días en vivero. Procedencia 3885.....	100
41	Prueba de Tukey para la variable Longitud de la Rama más larga (cm) entre familias dentro de procedencias en <u>Gliricidia sepium</u> de México, América Central y Panamá, a la edad de 90 días en plantación. Procedencia A4.....	101
42	Prueba de Tukey para la variable Longitud de la Rama más larga (cm) entre familias dentro de procedencias en <u>Gliricidia sepium</u> de México, América Central y Panamá, a la edad de 90 días en plantación. Procedencia 1684.....	102
43	Prueba de Tukey para la variable Longitud de la Rama más larga (cm) entre familias dentro de procedencias en <u>Gliricidia sepium</u> de México, América Central y Panamá, a la edad de 90 días en plantación. Procedencia 3485.....	103
44	Prueba de Tukey para la variable Altura entre familias dentro de procedencias en <u>Gliricidia sepium</u> México, América Central y Panamá, a la edad de 90 días en plantación. Procedencia 1386.....	104

45. Prueba de Tukey para la variable Altura entre familias dentro de procedencias en Gliricidia sepium México, América Central y Panamá, a la edad de 90 días en plantación. Procedencia 3785.....105
46. Prueba de Tukey para la variable Número Máximo de Foliolos transformado a raíz cuadrada entre familias dentro de procedencias en Gliricidia sepium México, América Central y Panamá, a la edad de 90 días en plantación. Procedencia 2584.....106

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA No.	PAGINA
1. Distribución tentativa de <u>Gliricidia sepium</u> y localización de sitios de recolección de semillas.....	107
2. Diagrama climático de la Estación "CATIE".....	108
3. Diagrama climático de la Estación "CATIE".....	109
4. Diagrama climático de la Estación "CATIE".....	110
5. Diagrama climático de la Estación "Los Diamantes".....	111
6. Diagrama climático de la Estación "Los Diamantes".....	112
7. Relación entre el peso de semilla y la latitud en 12 procedencias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	113
8. Relación entre el peso de semilla y la precipitación en 12 procedencias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	114
9. Relación entre el peso de la semilla y los meses secos en 12 procedencias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	115
10. Relación entre el peso de la semilla, la precipitación y los meses secos en 12 procedencias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	116
11. Relación entre altura de planta a la edad de 100 días de posrepique y la precipitación en 12 procedencias de <u>G. sepium</u> de México, Centro América y Panamá.....	117
12. Relación entre el diámetro Basal a 1 cm sobre el suelo a 100 días de posrepique y la precipitación en 12 procedencias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	118
13. Relación entre el diámetro Basal a 5 cm sobre el suelo a 100 días de posrepique y la precipitación en 12 procedencias de <u>G. sepium</u> de México, América Central y Panamá.....	119

14. Relación entre el número de hojas transformado a raíz cuadrada a 100 días pos repique y la precipitación en 12 procedencias de G. sepium de México, América Central y Panamá.....120
15. Relación entre el diámetro Basal a 1 cm sobre el suelo a la edad de 240 días de posrepique y meses secos en 12 procedencias de G. sepium de México, América Central y Panamá.....121
16. Relación entre la longitud de la rama más larga a 90 días pos plantación y la elevación en 12 procedencias de G. sepium de México, América Central y Panamá.....122
17. Relación entre la altura de planta a la edad de 90 días pos plantación y meses secos en 12 procedencias de G. sepium de México, América Central y Panamá.....123
18. Relación entre la longitud de la rama más larga a la edad de 90 días pos plantación y meses secos en 12 procedencias de G. sepium de México, América Central y Panamá.....124
19. Relación entre el número máximo de folíolos a la edad de 90 días pos plantación y meses secos en 12 procedencias de G. sepium de México, Centro América y Panamá.....125
20. Relación entre el peso de biomasa a la edad de 90 días pos plantación y meses secos en 12 procedencias de G. sepium de México, América Central y Panamá.....126
21. Relación entre la longitud de la rama más larga a los 90 días pos plantación y la temperatura en 12 procedencias de G. sepium de México, Centro América y Panamá.....127
22. Relación entre el número máximo de folíolos a la edad de 90 días de posplantación y la temperatura en 12 procedencias de G. sepium de México, Centro América y Panamá.....128

## 1. INTRODUCCION

El incremento acelerado de la población de los países en vías de desarrollo, está produciendo impactos negativos en el medio ambiente por la utilización irracional de los recursos naturales.

La destrucción de bosques para dar paso a la agricultura y ganadería en áreas impropias para estas actividades, agravan el panorama. Este reto orienta a los técnicos a buscar soluciones, donde se contemplan las tecnologías de sencilla aplicación y de bajos insumos para producir.

Las prácticas agroforestales se presentan como una alternativa del uso de la tierra, que pueden contribuir a la producción de bienes y servicios, en armonía con los recursos naturales.

En los Sistemas Agroforestales las leguminosas arbóreas, consideradas como árboles de uso múltiple desempeñan un rol fundamental como partícipes contribuyentes a la producción de bienes y servicios.

Una de estas especies es Gliricidia sepium (Jacq.) Steud, la cual pertenece a la sub-familia Fabaceae. Numerosos autores la señalan como árbol de sombra para cultivos de Café y Cacao, árbol para cercas vivas, tutores para cultivo de especias, productos de madera y leña, forraje para animales, como abono verde, para restablecer tierras degradadas, controlar la erosión, como planta ornamental, como medicina en la cura contra parásitos y afecciones de la piel en humanos y animales, se cree que fija nitrógeno, JONES y OTAROLA (1981); LITTLE y WADSWORTH (1969); NAS (1980); MORA (1983); CATIE (1986); HUGHES (1987); MORENO (1985).

Se propaga fácilmente por semillas y estacas. Se le considera actualmente como una especie pantropical. Su distribución natural es amplia y crece sobre sitios diversos. FALVEY (1982); HUGHES (1987), por tal razón se consideró necesario conocer la variabilidad de esta especie dentro de su distribución natural con el fin de seleccionar material adecuado que pudiera ser mejorado y multiplicado. Por lo expuesto, se realizó el presente estudio sobre ensayo de procedencias y familias de Gliricidia sepium con semillas provenientes de su rango de distribución natural.

Los Objetivos de este trabajo son :

- a) Conocer la variabilidad entre procedencias y familias dentro de procedencias de Gliricidia sepium en el rango de distribución natural.
- b) Identificar procedencias y familias de mayor crecimiento y producción de biomasa para condiciones de la región donde se establece el ensayo.

Para llevar a cabo estos objetivos se plantea la siguiente Hipótesis:

Ho: No existe variación en crecimiento y producción de biomasa entre procedencias y familias dentro de procedencias en Gliricidia sepium.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 LA ESPECIE

**2.1.1 TAXONOMIA:** Gliricidia sepium (Jacq.) es una especie perteneciente a la Familia Leguminosae, FLINTA (1960); HOLDRIDGE Y POVEDA (1975); según HUGHES (1987), el género Gliricidia tiene tres especies y a Gliricidia sepium (Jacq) Walp. se le confunde con Gliricidia maculata (HBK) Steud; o la usan como sinónimo de Gliricidia sepium, pero ambas son especies distintas.

**2.1.2 DESCRIPCION:** Gliricidia sepium (Jacq) Steud, es un árbol de tamaño mediano con alturas de 10 a 15 m. y diámetros menores a 40 cm, sin espinas, corteza lisa, copa abierta con follaje ralo. La forma del árbol varia de recta a retorcida y muy ramificada.

Las hojas son compuestas imparipinadas en disposición alterna, los foliolos son opuestos.

Las flores son zigomorfas papilionadas, la corola tiene cinco pétalos glabros de color rosado blancuzco o blanco. El fruto es una legumbre aplanada verde amarillenta cuando está verde, y oscura cuando madura, es dehiscente.

La semilla es plana elíptica de color café oscuro brillante, la madera es dura y pesada, con albura castaño claro y duramen castaño oscuro. CATIE (1986); HOLDRIDGE Y POVEDA (1975); MORA (1985); FLINTA (1960)

**2.1.3 DISTRIBUCION:** Naturalmente se distribuye entre los 7<sup>o</sup> 30' N hasta los 25<sup>o</sup> 30' N; desde el norte de Sinaloa en México hasta Pedasí Los Santos en Panamá, HUGHES (1987). Como exótica se la encuentra en el norte de

América del Sur, Zona del Caribe, Sur Este de Florida, Sur Este de Brasil, África Occidental; África Oriental y Sur del África, Sur Este Asiático, India, Hawaii, Filipinas y Australia. FALVEY (1982); NAS (1980); MORA (1985); LITTLE Y WADSWORTH (1964); FLINTA (1960). Por tal motivo se le considera una especie pantropical.

Según HUGHES (1987) Gliricidia sepium ha sido usada, cultivada y transportada por el hombre por muchas centurias. Esto afecta grandemente no sólo su actual distribución, sino que hace incierto su rango de distribución natural; también se han creado numerosos razas geográficas a través del cultivo. Gliricidia sepium es una especie colonizadora agresiva, se distribuye ampliamente en los claros de los bosques secos tropicales caducifolios.

#### 2.1.4. ECOLOGIA:

Según HUGHES (1987), el rango natural de distribución geográfica tiene una amplitud de 18° de latitud norte. La mayoría de sitios en su distribución natural son relativamente uniformes, donde prevalece el clima sub-húmedo con un rango de precipitaciones entre 900-1500 mm con cinco meses de período seco y con una humedad relativa durante el período seco que raramente cae por debajo de 30%.

El área de distribución natural en donde se recolectan semillas presenta características ambientales extremas, hay sitios con 600 a 700 mm de precipitación anual y 7 a 8 meses secos, en otros sitios las lluvias alcanzan hasta 3500 mm por año, prevaleciendo un pequeño período seco. Pero Gliricidia ha sido exitosamente plantada en climas con mayor humedad y sin período seco marcado.

MORA (1983) informa haber encontrado G. sepium en sitios con precipitación entre 800 y 4000 mm por año y sitios con periodos secos definidos y sin periodos. CATIE (1986) indica que G. sepium se encuentra a 2500 mm por año y más, con una estación seca definida. Además manifiesta que la especie se ha plantado exitosamente en sitios con 600 mm de lluvia al año y 8 meses secos, también manifiesta que puede sobrevivir con menos de 600 mm de lluvia al año pero el crecimiento es lento.

Con respecto a la elevación, HUGHES (1987); informa que G. sepium se encuentra desde el nivel del mar hasta los 1200 m de elevación en Guatemala y que el límite norte de distribución natural, la especie se encuentra en sitios libre de heladas. Según CATIE (1986) la especie generalmente se le encuentra en tierras bajas por debajo de 500 m de elevación, pero se han encontrado rodales naturales a 1450 m de elevación en San José, La Arada, Departamento de Chiquimula, Guatemala. También manifiesta en América Central se le ha plantado en zonas por debajo de 600 m de elevación y que crece en sitios con temperaturas altas, con promedios mayores de 20<sup>0</sup>C, sin heladas. MORA (1983), informa que G. sepium se encuentra en sitios donde la temperatura tiene un rango de 22 a 30<sup>0</sup>C.

WILLIAMS, M. (1987) Ensayando Leucaena spp y Gliricidia sepium en Florida, encontró que Gliricidia sepium fue la especie menos adaptada a condiciones subtropicales donde las heladas son frecuentes, bajo estas condiciones las heladas limitan el crecimiento de las plantas e inducen a la pérdida prematura de hojas.

Según HUGHES (1987) Gliricidia ocurre en un amplio rango de tipos de suelo, desde arena pura hasta regosoles rocosos inestratificados y vertisoles negros profundos. Es plantado en suelos arcillosos o arena limosos. Según CATIE (1986) también crece en suelos erodados, ligeramente compactados,

calcareos y con presencia de piedras, es poco exigente en cuanto a fertilidad pero requiere de buen drenaje. De acuerdo a HUGHES (1987) Gliricidia se encuentra en suelos con pH que van de 7 a 5.5 y en zonas secas el pH es alto. HUGHES (1987) y CATIE (1986) indican que Gliricidia sepium es tolerante a la salinidad, encontrándose rodales en playas arenosas y parcialmente inundadas por las mareas.

CHADHOKAR (1982) citado por WIERSUM et al (1987) manifiesta que en Sri Lanka Gliricidia crece bien sobre tierras donde se produce te y están erodadas, con suelos ácidos donde Leucaena leucocephala no muestra un comportamiento satisfactorio. Este hecho indica a Gliricidia como una especie alternativa a Leucaena leucocephala en condiciones de suelos ácidos.

WIERSUM et al (1987); CALIX (1985), reportan que Gliricidia crece en suelos húmedos y secos, pero no crece bien en suelos mal drenados. En cuanto a la acidez crece en suelos ácidos y en suelos calcareos.

JANZEN (1983) reporta haber encontrado Gliricidia sobre suelo superficial muy seco, viviendo conjuntamente con plantas de otras especies en Santa Rosa, Costa Rica.

Gliricidia es tolerante a la acción del fuego, después de una quema rebrota con facilidad, HUGHES (1987), CATIE (1986)

Con respecto a la fenología HUGHES (1987) y CATIE (1986), manifiestan que Gliricidia es una especie caducifolia que pierde sus hojas durante la estación seca y florea y fructifica aun estando sin hojas.

Gliricidia produce abundante semilla en sitios con marcada estación seca. Cuando es plantada o se le encuentra en zonas húmedas donde la temporada seca no es definida, el patrón de floración, fructificación y producción de semillas es irregular entre los años, no siendo así para zonas con

estación seca definida donde todos los años la floración, fructificación y producción de semillas es bastante uniforme.

El sistema de reproducción en Gliricidia sepium fue observado por JANZEN (1983) AKEN'OVA Y SUMBERG (1986). Estos autores mencionan como principal agente polinizador a las abejas carpinteras del género Xilocopa sp. tanto en Costa Rica como en Nigeria. AKEN'OVA Y SUMBERG (1986) hicieron pruebas de polinización y producción de semillas. Encontraron que la estructura floral de las papilionaceae se pueden autopolinizar, aislaron racimos florales de la visita de insectos y no obtubieron fructificación en la temporada. Encontraron que florales no aislados de los insectos, produjeron frutos y semillas en la temporada. Concluyeron que Gliricidia sepium requiere del auxilio de insecto para realizar la autopolinización y la polinización cruzada.

Como se puede apreciar G. sepium es una especie que naturalmente se encuentra en sitios con temperaturas altas y época seca definida, sin embargo al ser cultivada se desarrolla bien en sitios muy húmedos y calientes pero no tolera heladas. Estas características indican que la especie ofrece posibilidades de selección, mediante el estudio de procedencias.

#### 2.1.5 PROPAGACION:

Gliricidia sepium posee abundante regeneración natural, CATIE (1986), sobre suelos pobres, libre de maleza o con poca competencia, HUGHES (1987), manifiesta que es una especie agresiva por colonizar áreas a partir de pocos árboles, mediante la abundante producción de semillas que son dispersadas a distancia cuando la vaina madura y la dehiscencia expulsa la semilla.

De acuerdo a CATIE (1986); PICADO (1985); Gliricidia sepium se puede plantar mediante siembra directa sobre sitio preparado y libre de maleza, se puede en suelo limpio asociado a cultivos y asegurando un control adecuado de malezas, se siembran de 2 a 3 semillas por golpe para obtener una plántula, luego de escoger la mejor y ralea las otras.

Según WITHILLINGTON (1986); CATIE (1986); MORA (1983); HUGHES (1987), las semillas de Gliricidia sepium no requieren de tratamiento pregerminativo para sembrarse.

La propagación en vivero de acuerdo a CATIE (1986); CALIX (1985); MORA (1983); CANET Y CAMPOS (1982) la siembra puede hacerse en almácigos con arena desinfectada y repicarse a bolsas con sustrato, teniendo que cuidar que las raicillas no lleguen a la desecación. Se puede sembrar la semilla directamente en la bolsa o sobre bancales cuando se va a plantar como pseudoestaca. Inicialmente requiere de riegos durante la primera etapa de crecimiento, luego se suspende el riego para lograr la lignificación antes de su plantación definitiva.

La propagación vegetativa es ampliamente usada para la formación de cercos vivos, BAGGIO (1982); MORA (1983); CATIE (1986) informan que la propagación por estacas es viable cuando éstas cuentan con diámetros que van desde 3 hasta 12 cm en la base y longitudes de 2 a 2.5m provenientes de ramas rectas, de uno a dos años de edad. El corte de la estaca debe ser limpio y tratando de no dañar la corteza, el corte terminal debe hacerse inclinado para facilitar el escurrimiento del agua de lluvia.

El periodo adecuado para obtener estacas es en la época seca y la plantación debe hacerse sobre terreno húmedo para facilitar el enraizamiento, el exceso de agua y enchancamiento producen pudrición en la base de la estaca.

## 2.1.6 PRODUCCION DE BIOMASA

La producción de biomasa y manejo en cercos vivos de acuario a BELIARI (1984) es la siguiente: Para un cerca de 5 años de edad, espaciamiento de 1.5m entre plantas, cosechadas a intervalos de 3, 6 y 9 meses el promedio de producción de forraje fue de 0.6, 1.3 y 1.1 tm de materia seca por km/corte. El período de cosecha de cada 6 meses fue recomendado para la producción de forraje. El periodo de cosecha de cada 3 meses tuvo efectos detrimentales para la sobrevivencia de los árboles.

En Nicaragua, en un rodal de 6 años de Gliricidia sepium, OTAROLA Y UGALDE (1983) encontraron que con 1330 árboles/ha se logró un rendimiento de 34 Tm/ha de peso seco total.

En Alajuela, Costa Rica; SALAZAR Y PICADO (1984): Para cercas con rebrotes de dos años de edad encontraron una producción total de 13.5 Tm/km de materia seca, de las cuales 12.5 Tm/km fueron de leña seca y 0.8 Tm/km fueron de follaje seco.

Para árboles de Gliricidia sepium como sombra de café en Alajuela con una edad aproximada de 30 años y una densidad de 330 árboles/ha, SALAZAR (1984) encontró una producción total de biomasa seca de 103.1 Tm/ha de los cuales 101,4 Tm/ha correspondieron a material leñoso seco y 1.7 Tm/ha a follaje seco.

La producción de Biomasa de Gliricidia sepium en asocio a los cultivos, según KASS (1985), tiene un patrón temporal de acuerdo a la época lluviosa o seca y edades de los árboles en dos años de evaluaciones para podas semestrales, encontró producciones de 4530 y 8963 kg de materia seca ha/año, en árboles nuevos y viejos, en la época lluviosa y 4079 y 5033 kg de materia seca ha/año en árboles nuevos y viejos en la época seca.

KANG Y MULONGOY (1987) indican que Gliricidia sepium puede producir más de 15 Tm/ha/año de materia seca, producto de podas, contribuyendo con 40 kg/ha/año de N al cultivo asociado.

ARGUELLO et al (1987), encontró que para una producción de 9.1 Tm/ha/año de material fresco podado de Gliricidia sepium, es equivalente a 5224 Kg/ha/año de materia seca, y que la biomasa liberó 96.8 kg/ha de N, 2.4 kg/ha de P, 42.8 kg/ha de K, 39.5 kg/ha de Ca, 4.3 kg/ha de Mg y 4.3 kg/ha de S a las 12 semanas de descomposición de la Biomasa.

En lo que respecta a valores nutricionales, Gliricidia sepium presenta los siguientes valores, de acuerdo a M. KASS (1987): El material fresco equivale a 26.3% de materia seca, contiene 21.1% de proteína cruda, y posee un 57.9% de digestibilidad in vitro en la materia seca. Valores similares fueron encontrados por RODRIGUEZ et al (1987). El alto contenido de proteína cruda se debe a que Gliricidia sepium fija nitrógeno, este fenómeno como lo demostró KESSEL et al (1983) al estudiar seis especies de leguminosas arbóreas, entre ellas Gliricidia sepium a la fijación de nitrógeno fue determinado por el método de reducción del acetileno por la nitrogenasa.

## 2.2 ENSAYO DE PROCEDENCIAS

Según WRIGHT (1976); ZOBEL Y TALBERT (1984) "Procedencia" es sinónimo de "origen" o "fuente": los mejoradores de árboles comúnmente emplean el término origen natural o fuente geográfica.

Una procedencia denota el área geográfica original donde semillas y propágulos fueron obtenidos.

Un ensayo de procedencias es un experimento en donde semillas son colectadas en un amplio número de rodales (usualmente naturales) y cuyos plántulas se hacen crecer en condiciones similares para conocer su variación.

Se considera una familia a individuos que tienen uno o ambos padres en común CALLAHAN (1964); JONES Y BURLEY (1973); WRIGHT (1976).

De acuerdo a WRIGHT (1976) la variabilidad genética dentro de una especie es influenciada generalmente por el ámbito de distribución natural, la diversidad ambiental dentro del área natural y el grado de discontinuidad en su ámbito natural. La variabilidad genética según WRIGHT (1976) y LANGLET (1959), puede ser de carácter continuo o clinal debido a la influencia de una gradiente geográfica y discontinua o ecotípica, que es el resultado de la acción selectiva de un ambiente particular y que muestra adaptación por ese ambiente. Los ecotipos pueden ser geográficos, climáticos, altitudinales o edáficos.

Según WRIGHT (1976) ciertas tendencias son evidentes en la variación genética para algunas especies de zonas templadas, las cuales son gobernadas por factores geográficos como la latitud, climáticos como la temperatura y precipitación y la altitud en el lugar de origen de la semilla.

VASQUEZ (1985) en un estudio de procedencias en Erythrina poeppigiana detectó tendencia clinal positiva entre el peso de la semilla con la posición altitudinal del origen, el peso de la semilla con respecto a la temperatura medio anual la tendencia clinal fue negativa.

En plántulas encontró tendencia clinal negativa para el peso seco radical y total con respecto a la elevación del origen.

En plantación encontró tendencia clinal positiva entre la altura total y diámetro basal de las plantas con respecto a la precipitación y temperatura media del origen. Estas mismas variables tuvieron tendencia clinal negativa con respecto a la elevación. Recomienda estudiar familias debido a la mayor variación dentro de procedencias, para poder identificar genotipos sobresalientes.

CAMPOS (1985) es un estudio de variación genética en procedencias de Calliandra calothyrsus, encontró tendencia clinal para el tamaño de semillas y el porcentaje de germinación de estos con respecto a la temperatura media anual y media mínima del origen de las procedencias, las tendencias fueron negativas.

En plantación encontró tendencia clinal positiva entre el crecimiento y la temperatura media del lugar de origen.

SALAZAR (1985), estudiando semillas y plántulas de procedencias de Gliricidia sepium, en Costa Rica, encontró tendencia clinal positiva entre el peso de semilla y la elevación del origen de estos. GLOVER (1986) en un estudio de procedencias de Gliricidia sepium, encontró tendencia clinal para el tamaño de las semillas con respecto a la elevación del origen en cuatro ambientes diferentes en Costa Rica y Hawaii, además encontró tendencia clinal entre altura de plantas y elevación de los sitios de las procedencias.

### 2.3 IMPORTANCIA DE LOS ENSAYOS DE PROCEDENCIAS

SHELBOURNE (1972) menciona que la selección y mejoramiento de árboles y el establecimiento de huertos semilleros estaría mal fundamentada si no se conoce la variación dentro de la especie.

BURLEY (1970) considera como objetivos básicos en los estudios de procedencias lo siguiente: Determinar la extensión y patrones de variación genética en tantos caracteres como sea posible, en material colectado en el ámbito de distribución de la especie, también se debe evaluar la respuesta de estos caracteres en diferentes condiciones climáticas y evaluar las interacciones entre el genotipo y el ambiente.

WRIGHT (1976) indica que para algunas especies se han encontrado diferencias entre procedencias hasta de cuatro veces con relación al crecimiento; en consecuencia, el mejorador de árboles debe asegurarse que tiene la mejor procedencia o las mejores procedencias cuando va a iniciar trabajos de mejoramiento en el caso de especies maderables. Para el caso de leguminosas, árboles de uso múltiple en sistemas agroforestales de acuerdo a BEER (1983); MARTINEZ Y ENRIQUEZ (1981), ATTA-KRAH (1987), casos similares con lo anterior podrían ocurrir. Ellos consideran algunas características para la selección de estos como componentes de los sistemas agroforestales, estas son: sobrevivencia, rápido crecimiento, facilidad de establecimiento, sistema radicular fuerte, producción de madera. También indican la conveniencia de investigar el grado de compatibilidad con cultivos, la forma de la copa, las ramificaciones, la cantidad de follaje, desarrollo del tallo, tolerancia a las podas y la capacidad y el vigor para rebrotar.

LANGLET (1959) citado por CALLAHAN (1964), considera la investigación de procedencias como el estudio de la variabilidad genética dentro de la especie, como consecuencia de la adaptación a condiciones ecológicas distintas. De acuerdo a lo anterior, según BURLEY (1969) a través de los estudios de procedencias es posible identificar aquellos de mayor aptitud para la obtención de productos forestales deseables en sitios relevantes.

Según CALLAHAN (1964), BURLEY (1969) FERREIRA Y ARAUJO (1981), en las especies nativas, las fuentes de semillas locales generalmente tienen una mejor adaptación, pero no siempre son las de mayor producción. BURLEY (1969) manifiesta que no siempre la procedencia de mayor crecimiento es la más adecuada, ya que una mayor productividad no siempre está relacionada a un crecimiento rápido.

Según NIENSTAEDT (1958), el conocimiento completo de las variaciones de adaptación de las diferentes procedencias de una especie, es una herramienta útil que podría influir en el rendimiento de una plantación. Algunas características relevantes como resistencia a sequías, heladas, tolerancia a los fuegos y vientos, alta sobrevivencia, calidad de la madera, control de erosión, como componente en sistemas agroforestales, y producción de semillas puede ser de importancia a la hora de seleccionar procedencias de una especie BURLEY (1969); BURLEY (1970); WILLAN (1980).

Como estrategia para seleccionar mejores procedencias de una especie para un determinado sitio o región y el uso adecuado. WRIGHT (1976); WILLAN (1980); PALMBERG (1980) Y CALLAHAN (1964) proponen varias etapas de ensayo de procedencias, primero se debe considerar el nivel de selección, conocer el nivel de información que se tiene sobre la especie y sus procedencias, el grado de variabilidad natural en la especie, y la variabilidad entre los posibles sitios de ensayo. Señalan tres fases para ensayo de procedencias. La primera incluye un gran número de procedencias que cubren el área natural completa, la segunda fase incluye sólo procedencias selectas y la tercera fase permite reafirmar o validar las mejores procedencias que se han elegido.

#### **2.4 VARIABLES A ESTUDIAR:**

Algunos autores como BURLEY (1969); BURLEY Y WOOD (1979); CONIF (1985); LACAZE (1979), mencionan algunas variables de crecimiento como la altura total y diámetro basal en plántulas y plantones; altura total y diámetro a la altura del pecho, en árboles indicándose generalmente como características de interés para estudiar la variabilidad genética en ensayos de

procedencias de especies forestales para la producción de madera, en géneros Pinus, Cupressus, Eucalyptus, Cordia, Cedrela y otros.

BOSHIER (1984), informa que la tasa de germinación, la altura total, el diámetro basal, la longitud de la raíz de la plántula en la etapa de vivero, y la sobrevivencia, la altura total, el diámetro a la altura del pecho y espesor de corteza en la plantación, son variables cuantitativas que permitieron determinar el grado de variabilidad genética en ensayos de procedencia de Cordia alliodora y Cordia gerascanthus en Centroamérica.

SALAZAR (1982), informa que trabajando en condiciones de invernadero en Costa Rica encontró que el ancho, largo y peso de las semillas de catorce procedencias de Pinus caribaea var. hondurensis fueron los principales factores de variación de las semillas y del crecimiento inicial de las plantas. Además que la variable "peso de semilla" servía para mostrar una clara separación entre las poblaciones.

DVORAK, et al (1988). Estudiaron 12 procedencias y 385 familias de Pinus tecunumanii las semillas fueron recolectadas en rodales naturales de México, Guatemala y Honduras. Las pruebas de procedencias y progenie se establecieron en Brasil, Colombia y Sudáfrica. A los tres años de edad se estudió la variable altura, la cual mostró interacción entre el genotipo y ambiente a nivel de procedencias.

La interacción genotipo ambiente fue significativa a nivel de familias. Aproximadamente el 35% de todas las familias en los 3 grupos de pruebas se clasificaron como interactivas. Esto implica que las familias de las mejores procedencias necesitan probarse en todos los ambientes para seleccionar a aquellas mejor adaptadas a las condiciones locales.

CAMPOS (1985), estudiando procedencias de Calliandra calothyrsus y C. houstoniana en Costa Rica encontró que las variables importantes que permitieron discriminar la variabilidad genética entre y dentro de procedencias fueron: el ancho, largo, espesor y volumen de la semilla, el porcentaje de germinación, la longitud del hipocolito, el número de días para formar hojas verdaderas, la altura total, el diámetro basal y el peso de la biomasa total en plántulas y el área basal y número de rebrotes en el árbol.

VASQUEZ (1985), estudiando procedencias de Erythrina poeppigiana en Turrialba, Costa Rica, hace notar que las variables que permitieron discriminar la variabilidad entre procedencias y dentro de procedencias fueron el peso de las semillas, las dimensiones de las semillas, la longitud de la raíz principal, longitud del epicotilo, número de hojas verdaderas, peso seco total, número de nódulos, altura total y diámetro basal en plántulas en vivero y altura total, diámetro basal y número de espinas en el peciolo de las hojas en la etapa de plantación.

SALAZAR (1986), informa que las variables como peso, longitud, espesor y ancho y largo por el ancho de las semillas, la altura total, diámetro del cuello y peso seco total en plántulas fueron variables discriminatorias de la variabilidad genética en procedencias de Gliricidia sepium (Jacq.)Steud, con semillas provenientes de rodales de Guatemala y Costa Rica, estudiados en etapa de vivero en Turrialba, Costa Rica.

MORA (1983), informa sobre la variación fenotípica en el número de folíolos por hoja, número de flores por inflorescencia y patrones de color en la corteza para árboles de Gliricidia sepium en Costa Rica.

SUMBERG (1985), examinando arboles de Gliricidia sepium en Costa Rica, encontró variabilidad en el color de las semillas maduras y el color en vainas verdes.

ATTA-KRAH (1987), estudió 50 fuentes de semilla de Gliricidia sepium provenientes de Costa Rica con 47 accesiones, Nicaragua con 2 accesiones y una accesión local de Ibadan, Nigeria. Encontró variabilidad de crecimiento en altura y producción de biomasa.

GLOVER (1986), estudió procedencias de Gliricidia sepium en 4 ambientes distintos encontrando variación entre procedencias y dentro de procedencias con respecto a las variables crecimiento en altura y diámetro basal.

Asimismo, BUMATAY et al (1987) estudiaron 17 procedencias de Gliricidia sepium, una local de Nigeria y 16 de America Central, encontrando variabilidad entre accesiones y dentro de accesiones a la nodulación, al peso fresco y la intensidad del color de las hojas.

BRITWUM (1988) Estudió 13 procedencias de Gliricidia sepium en Ghana, de las cuales 11 fueron de América Central y 2 de Nigeria. Encontró que la variable altura de plantas, no mostró diferencias significativas entre procedencias, la variable número de ramas mostró diferencias significativas entre procedencias, a la edad de nueve meses

La producción de biomasa de hojas a los nueve meses fue alta y a intervalos de cosecha cada dos lmeses encontró variación entre procedencias. Como se puede apreciar, numerosos autores coinciden en estudiar la variabilidad en base a variables cuantitativas en semillas, plántulas en vivero y plantas en plantación, sin embargo, hay algunos autores que consideran también variables cualitativas, ambos tipos de variables son adecuadas para estudiar la variabilidad, pero las mejores variables para estudiar la variabilidad son aquellas que no son influenciadas por el ambiente..

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 ORIGENES DEL MATERIAL ESTUDIADO:

Para el presente estudio se utilizaron semillas proporcionadas por Oxford Forestry Institute (OFI) institución que seleccionó las áreas de distribución natural de Gliricidia sepium y recolectó las semillas.

Para las familias y procedencias de Costa Rica, la selección de árboles y recolección de semillas fue ejecutada por el personal del proyecto Arboles Fijadores de Nitrógeno (AFN). En el cuadro 1 se indican las localidades de colección, ubicación geográfica y datos climáticos de cada procedencia y el número de familias en el presente estudio, siendo en total 12 procedencias y 177 familias. La figura 1 muestra los lugares de distribución de Gliricidia sepium y los lugares de colección.

Cada familia colectada por OFI está identificada por un número de 6 dígitos, los dos primeros indican el lugar de la procedencia, los dos siguientes el año de recolección y los dos últimos el número del árbol a la que pertenece la familia.

Cada familia colectada por el proyecto AFN está identificada por una clave que consta de una letra acompañada de un dígito que indica el área de procedencia y los dos siguientes dígitos indican el número del árbol a la que pertenece la familia, para estas procedencias las semillas se colectaron el año 1986.

De acuerdo con la información proporcionada por OFI acerca de las semillas, éstas tenían una humedad entre el 6 y 19% y se encontraban empacadas en bolsas plásticas selladas.

Para las semillas colectadas por el proyecto AFN, las semillas se colectaron y almacenaron en bolsas plásticas en cámara seca con temperatura baja.

### 3.2 VARIABILIDAD DEL MATERIAL

Para el estudio de la variabilidad se consideraron las siguientes etapas:

#### 3.2.1 EVALUACION DEL PESO DE LAS SEMILLAS

Para las semillas se empleó una balanza analítica con aproximación a la milésima de gramo.

Se pesaron de cada familia tres muestras de 20 semillas cada una, para determinar el peso medio de la semilla y el número de semillas por kg.

Para estudiar la variabilidad con respecto al peso de la semilla se empleó el siguiente modelo.

$$Y_{ij} = U + P_i + F_{ij} + E_{ijk}$$

Correspondiente a un Diseño Anidado sencillo, donde:

- $Y_{ij}$ : Es una variable de peso cualquiera
- $U$ : Es el efecto de la media general
- $P_i$ : Es el efecto de la  $i$ -ésima procedencia
- $F_{ij}$ : Es el efecto de la  $j$ -ésima familia dentro de la  $i$ -ésima procedencia.
- $E_{ijk}$ : Es el error experimental

En el cuadro 2 se presentan las fuentes de variación y los grados de libertad para el análisis de variancia de acuerdo al modelo descrito. (STEEL y TORRIE, 1980).

### 3.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL SITIO EN LA ETAPA DE VIVERO

#### 3.2.2.1 Localización:

El trabajo se localizó dentro de los terrenos experimentales del CATIE, en el lugar denominado Cabiria. El área del experimento fue de 580 m<sup>2</sup> (20 x 29 m) donde se construyeron 14 bancales de 18.50 m de largo por 1.25 m de ancho y por 0.25 m de espesor separados por drenes de 0.75 m de ancho entre los bancales y entre las calles. La orientación de los bancales fue de Este a Oeste en su eje mayor.

#### 3.2.2.2 Clima:

El sitio experimental se localiza a 602 m.s.n.m., el clima se caracteriza por tener una temperatura media anual de 21.5<sup>o</sup>C (21 años de registro), precipitación media anual de 2634.00 mm (40 años de registro) con una época seca (precipitación < 100 m/mes) en el mes de marzo. Humedad relativa media anual de 87%.

La evaporación media mensual registrada en tanque de evaporación tipo A fue de 96 mm. En las figuras (2,3 y 4) y en el anexo se muestran las características climáticas del sitio en el periodo experimental, que corresponden a una zona de vida "Bosque muy húmedo-Premontano" (bmh-P), (HOLDRIDGE, 1978).

#### 3.2.2.3 Suelo:

El suelo de acuerdo a AGUIRRE (1971) pertenece a la serie instituto fase normal, con topografía plana, material grueso y piedras que hacen al suelo más delgado y con depresiones que provocan drenaje deficiente. Según Project Monitor Office of Agriculture Development Support Bureau, PMOADSBS (1985), es un inceptisol Typic humitropept de baja saturación de bases y moderado mal drenaje, con un alto contenido de materia orgánica.

#### **3.2.2.4 Historia de Uso:**

Antes de realizar el experimento, el sitio era un cafetal abandonado con árboles de Erythrina poeppigiana como árboles de sombra. La vegetación fue totalmente retirada del sitio, se recogieron los restos de plantas sobre el terreno dejando a este completamente limpio.

Se pasó rastra de discos para aflojar el suelo y luego se construyeron los bancales, donde se estableció el experimento, las labores de preparación del sitio se hicieron con un mes de anticipación.

#### **3.2.3 ETAPA DE VIVERO**

El estudio de variabilidad a nivel de vivero se inició en el laboratorio del BANCO LATINOAMERICANO DE SEMILLAS FORESTALES del CATIE. En cajas germinadoras llenas de arena fina desinfectada con formol, se sembraron las semillas previamente desinfectadas con solución de cloro al 5%, acostadas sobre un lado, 60 semillas de cada familia en 2 filas de 30 cada una y luego se cubrió con arena toda la caja con una capa uniforme de medio centímetro. Cada tratamiento se separó uno del otro con hilos fijados sobre los bordes de la caja e identificados con sus respectivas claves.

Se saturaron las cajas con agua aplicada por aspersión fina, se dejó el drenar del agua en exceso y luego se acomodaron las cajas en la cámara germinadora.

Las características de la cámara germinadora son las siguientes:

### Condiciones ambientales en la cámara:

Temperatura: 25<sup>0</sup>C constante

Humedad relativa del ambiente: 98% constante.

Circulación de aire por ventilación forzada.

Iluminación con luz tenue 12 horas diarias.

Las cajas germinadoras se regaron diariamente , una vez al día para mantener el sustrato húmedo. Al tercer día de la siembra se observó que la germinación fue total, y las plántulas tenían una talla aproximada de 5 cm con los cotiledones de color amarillento y un par de hojuelas.

Al quinto día se trasladaron las cajas conteniendo las plántulas, hacia el invernadero del proyecto AFN en Cabiria, donde se acondicionaron sobre recipientes conteniendo agua para que las raicillas que pasaron al fondo de la caja germinadora a través de la malla fina no se desecaran. En esta etapa de aclimatación en ambiente de invernadero, se observó el ataque de damping-off que fue controlado con aspersiones de fungicidas Benlate al 0.2%. Se restringió el riego a una frecuencia interdiaria con el fin de prevenir un nuevo ataque de exceso de humedad. Diez días después se procedió al repique de las plántulas en los bancales del vivero, cuando estas tenían entre 8 y 10 cm de altura los cotiledones abiertos de color verde y un par de hojas abiertas de color verde amarillento.

El repique se hizo arrancando cuidadosamente las plantas de la caja germinadora, removiendo la arena y poniendo las plantas en un recipiente con la respectiva identificación, el cual contenía una solución de Benlate al 0.2, se trasladaron al vivero y se repicaron, y luego se regaron ligeramente.

Los bancales fueron sombreados por umbráculos para proteger las plántulas del sol excesivo, el umbráculo fue retirado gradualmente a partir de los 15 días después del repique, retirándose definitivamente al mes. En esta etapa se regaron las plantas con frecuencia interdiaria cuando no hubo lluvias. Se presentó ataques de áfidos y gusanos cortadores, los que fueron controlados con asperciones de Parathión y Malathión al 0.2%, también hubo ataque de damping off que se controló con asperciones de Benlate y Agrimicín al 0.2%, también hubo atque de larvas de coleópteros de actividad nocturna, se controló con aplicación de Furadan a razón de 11 gr/m<sup>2</sup>. El control de maleza se realizó manualmente y en forma continua debido al caracter persistente de estos.

#### **3.2.4 Estudio de la variabilidad en la fase de Vivero**

Para estudiar la variabilidad a nivel de vivero se utiliza el diseño anidado con 3 repeticiones, 12 procedencias aleatorizadas dentro de los bloques y 177 familias, las cuales se aleatorizaron dentro de sus respectivas procedencias, cada familia se acomodó en una parcela rectangular, cada planta fue plantada en marco cuadrado en sentido diagonal espaciadas entre si, a 25 cm entre plantas por linea y 17 cm entre linea.

### 3.2.4.1 VARIABLES MEDIDAS EN LA ETAPA DE VIVERO

Para el estudio de la variabilidad en esta etapa se evaluaron las siguientes variables:

1. SOBREVIVENCIA (%): A los 45 días del repique como la relación Número de plantas repicadas/Número de plantas vivas.
2. ALTURA TOTAL (cm): Se midió desde el nivel del suelo hasta el brote terminal de la planta, con una regla graduada con aproximación al centímetro. Las mediciones se hicieron a los 100 y 240 días después del repique.
3. DIAMETRO BASAL A 1 cm SOBRE EL SUELO (mm): Se midió a 1 cm sobre el nivel del suelo con un calibrador con aproximación al décimo de milímetro. Las mediciones se hicieron a los 100 y 240 días después del repique.
4. DIAMETRO BASAL A 5 cm SOBRE EL SUELO (mm): Se midió a 5 cm sobre el nivel del suelo con un calibrador con aproximación al décimo de milímetro. Las mediciones se hicieron a los 100 y 240 días después del repique.
5. NUMERO DE HOJAS: Se contó el número total de hojas de cada planta a los 100 días después del repique.
6. NUMERO DE RAMAS: Se contó el número de ramas que se encontraban sobre el tallo principal.

7. PESO DE LA BIOMASA: Se cortaron todas las plantas de cada parcela a una altura de 25 cm sobre el suelo, la biomasa fresca fue separada en componentes de hojas, tallo tierno y tallo leñoso.

Se consideró el tallo tierno a aquella parte que mediante cortes sucesivos de piezas de tallo desde el ápice de 3 cm de longitud se viera en el corte transversal la aparición de material leñoso de 1 mm de espesor aproximadamente.

El tallo leñoso también fue cortado en piezas de 3 cm aproximadamente. Cada componente se llenó en bolsas de papel perfectamente identificadas y se pesaron los pesos frescos totales en balanza electrónica con aproximación a un gramo, luego se tomaron alicuotas de cada componente para determinar el peso fresco de la muestra.

Las muestras frescas se llevaron al horno a una temperatura de 60°C y con circulación de aire forzado hasta llegar a pesos constantes, se determinaron los pesos secos de las muestras.

Para determinar el peso de la biomasa de cada familia se empleó el siguiente cálculo:

$$\frac{\text{PSMH} \quad \text{PSTH}}{\text{PHMH} \quad \text{PHTH}}$$

$$\frac{\text{PSMTT} \quad \text{PSTTT}}{\text{PHMTT} \quad \text{PHTTT}}$$

$$\frac{\text{PSMTL} \quad \text{PSTTL}}{\text{PHMTL} \quad \text{PHTTL}}$$

$$\text{PB} = \text{PSTH} + \text{PSTTT} + \text{PSTTL}$$

**DE DONDE:**

**PSMII:** Peso seco de la muestra de hojas

**PFMII:** Peso fresco de la muestra de hojas

**PSTII:** Peso seco total de las hojas

**PFTII:** Peso fresco total de las hojas

**PSMTT:** Peso seco de la muestra de tallo tierno

**PFMTT:** Peso fresco de la muestra de tallo tierno

**PSTTT:** Peso seco total del tallo tierno

**PFTTT:** Peso fresco total del tallo tierno

**PSMTL:** Peso seco de la muestra de tallo leñoso

**PFMTL:** Peso fresco de la muestra de tallo leñoso

**PSTTL:** Peso seco total tallo leñoso

**PFTTL:** Peso fresco total tallo leñoso

**PB:** Peso de la biomasa en base seca.

En esta fase el proyecto AFN decidió hacer acodos sobre cada planta que tubo el tallo leñoso y las dimensiones adecuadas, con el propósito de obtener una réplica de las plantas por medio de la propagación vegetativa, para establecer un ensayo similar y aprovechar el material de la cosecha de biomasa mediante la obtención de un rámet.

La deteminación de la biomasa por cosecha de acodos fue hecha en base a las muestras de los acodos cosechados y pesados.

$$\frac{PSM}{PHM} = \frac{PST}{PHT}$$

**DONDE:**

**P S M:** Peso seco de la muestra.

**P H M:** Peso húmedo de la muestra.

**P S T:** Peso seco total.

**P H T:** Peso húmedo total.

**P S T = P B**

**P B:** Peso de la Biomasa en base seca (gr)

Para estudiar la variabilidad con respecto a las variables evaluadas en la etapa de vivero se empleó el Diseño Anidado.

El modelo estadístico elegido para el presente trabajo es el de Diseño Anidado Anderson y Mc Lean (s/f) debido a que existe restricción en la aleatorización, es decir se aleatorizan las procedencias dentro de cada bloque y solo se pueden aleatorizar las familias dentro de sus procedencias respectivas.

**MODELO:**

$$Y_{ijkl} = U + B_i + P_j + B_i \times P_j + F_{(ij)k} + B_i \times F_{(ij)k} + E_{(ijk)l}$$

**DONDE:**

$Y_{ijkl}$  : es cualquier variable medida.

$U$  : es el efecto de la media poblacional.

$B_i$  : es el efecto del bloque i-ésimo

$P_j$  : es el efecto de la la procedencia j-ésima

$B_i \times P_j$  : es el efecto de la interacción del bloque i-ésimo con la procedencia j-ésima (Error A).

$F_{(ij)k}$  : es el efecto de la familia k-ésima dentro del bloque i-ésimo en la procedencia j-ésima.

$B_{i \times F(ij)k}$  : es el efecto de la interacción del bloque  $i$ -ésimo con la  $k$ -ésima familia dentro del bloque  $i$ -ésimo en la  $j$ -ésima procedencia (Error B).

$E_{(ijk)l}$  : es el error de muestreo.

El primer término de error (Error A), se establece al aleatorizar las procedencias dentro de cada bloque. Por ello es el término apropiado para probar la hipótesis de igualdad de medias en bloque y procedencias.

El segundo término de error (Error B), es consecuencia de anidar las familias dentro de las diferentes procedencias, ya que cada procedencia tiene familias propias y el término apropiado para probar la hipótesis de igualdad de medias entre familias de cada procedencia.

El último término de error, indica la variación entre plantas individuales pertenecientes a cada familia.

Los grados de libertad para el modelo son los que se muestran en el cuadro 3.

### 3.3.2 Estudio de la variabilidad en la fase de Plantación

#### 3.3.2.1 CARACTERISTICAS DEL SITIO EN LA ETAPA DE PLANTACION

##### Localización:

El trabajo se localizó en los terrenos experimentales del MAG en la estación experimental Los Diamantes en Guapiles, Cantón de Pococi, Provincia de Limón.

El área del experimento es de 1.5 ha donde el área útil de plantación es de 1.36 ha.

### Clima:

El sitio experimental se localiza a 249 m.s.n.m. El clima se caracteriza por tener una temperatura media anual de 24.7°C (23 años de registro). La precipitación media anual es de 4581 mm (36 años de registro), distribuido durante todo el año sin época seca, (PP < 100 mm/mes). Humedad relativa media anual de 87% y la evaporación total anual medido en tanque de evaporación tipo A de 1314 mm. Ver figura 5 y 6

Según HOLDRIDGE (1978); el sitio experimental corresponde a una zona de Vida Bosque muy Húmedo-Tropical (bmh-T).

### Suelo:

El suelo de acuerdo a WIELEMAKER (comunicación personal), es un Andosol, suelo derivado de cenizas volcánicas, de textura media, profundo, con pedregosidad superficial e interna de drenaje moderado o deficiente. Se trata de un suelo HAPLUDALF TIXOTROPICO, es decir que almacenan agua por encima de su capacidad debido a que las arcillas guardan agua entre sus placas.

HAPLUDALF se caracteriza por ser de suelos profundos bien desarrollados, el cambio de características entre horizontes del perfil son graduados, suelo bajo, régimen húmedo, nunca están secos por más de 90 días, son suelos de climas húmedos con buena distribución de lluvias.

### Historia del Uso:

Antes de instalar el experimento, el área fue un potrero donde se pastorearon bovinos en manejo rotatorio. En el área predominaron a los gramíneas. El pastizal se trató con soluciones de Herbicida ROUNDUP (Glisofato) y RADEX (Paraquat) hasta eliminar la cobertura vegetal, después de una chapia total del área.

### 3.3.3 PLANTACION

Luego de la cosecha de biomasa en la etapa de vivero, las pseudoestacas fueron preparadas, quitando el área verde, dejando sólo una parte de tallo 25 cm. de longitud sobre el cuello, se excavó el suelo y se cortó la raíz a 25 cm bajo el cuello, obteniéndose de esta manera las pseudoestacas, las que fueron identificadas con cintas plásticas amarradas a cada una de ellas , llevando las respectivas claves numéricas.

Las pseudoestacas se cosecharon un día antes de la plantación 500 cada vez y se acondicionaron en cajas de madera, protegiendo la parte radical con musgo húmedo. En la madrugada del día siguiente se trasladaron al campo para su plantación.

La plantación se hizo en hoyos previamente excavados con dimensiones de 30 X 30 X 30 cm. Las pseudoestacas se plantaron en cada hoyo, tratando de mantener el nivel del cuello al ras del suelo.

En seguida se anotó la clave en un registro conteniendo filas y columnas por cada bloque para poder identificar la exacta ubicación de cada planta en el campo.

El espaciamiento entre planta es de 1.5 X 1.5m, las doce plantas de cada familia se distribuyeron completamente al azar dentro de cada bloque.

Durante esta etapa, la labor principal fue el control de malezas por medio de rodajeas alrededor de cada planta y la aplicación de Paraquat entre las hileras de plantas.

### 3.3.3.1. VARIABLES MEDIDAS EN LA FASE DE PLANTACION

1. **ALTURA TOTAL (cm):** Se midió desde el nivel del suelo hasta el ápice del brote vertical dominante, que hace las veces de eje principal en cada árbol. La medición se hizo a los 90 días después de la plantación.
2. **DIAMETRO BASAL A 5 cm SOBRE EL SUELO (mm):** Se midió a 5 cm sobre el nivel del suelo, con un calibrador con aproximación al décimo de milímetro en cada árbol. La medición se hizo a los 90 días después de la plantación.
3. **NUMERO DE REBROTOS:** Se contó el número de rebrotes que aparecieron sobre la pseudoestaca en cada árbol. El conteo se hizo a los 90 días después de la plantación.
4. **LONGITUD DE REBROTE MAS LARGA (cm):** Se midió desde el inicio en la inserción de la pseudoestaca hasta el ápice del rebrote en cada árbol. La medición se hizo : los 90 días después de la plantación.
5. **NUMERO MAXIMO DE FOLIOLOS EN CADA ARBOL:** Se contó el número máximo de folíolos existente en la hoja compuesta de cada árbol. El conteo se hizo a los 90 días después de la plantación.
6. **PESO DE LA BIOMASA:** Se cosechó toda la biomasa de cada árbol a 90 días, dejando la pseudoestaca. Se separó la biomasa en componente de material comestible (hojas y tallo tierno) y material leñoso, se pesó la biomasa fresca total y se dejó una alícuota para determinar el peso seco, la que se llenó en bolsas de papel perfectamente identificada. La alícuota se pesó y se llevó a horno a 60<sup>o</sup>C con ventilación forzada hasta llegar a peso constante. Se pesó la muestra seca. Para determinar el peso de la biomasa de cada árbol se empleó el siguiente cálculo:

$$\frac{PST}{PHT} = \frac{PSM}{PHM}$$

DONDE:

PST= Peso seco total

PHT= Peso húmedo total

PSM = Peso seco de la muestra.

PHM= Peso húmedo de la muestra

PST= PB

PB= Peso de la Biomasa (gr).

Para el estudio de la variabilidad en esta etapa se empleo del diseño anidado.

Escogiéndose el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = U + B_i + P_{ij} + F_{(ij)k} + E_{(ijk)l}$$

DONDE:

$Y_{ijkl}$  : es cualquier variable medida.

U : es el efecto de la media poblacional.

$B_i$  : es el efecto del bloque i-ésimo.

$P_{ij}$  : es el efecto de la j-ésima procedencia en el bloque i-ésimo.

$F_{(ij)k}$ : es el efecto de la k-ésima familia de la j-ésima familia en el bloque i-ésimo.

$E_{(ijk)l}$ : es el error de muestreo.

Los grados de libertad para el modelo son los que se muestran en el cuadro 4:

Con los datos colectados en las diferentes etapas del estudio se hicieron los respectivos análisis estadísticos empleando el programa SAS (SAS, 1987), en el Centro de Computo de CATIE.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 : Estudio de las Semillas

#### 4.1.1 Análisis de varianza

El análisis de varianza para el peso de semilla detectó diferencias entre procedencias y entre familias dentro de procedencias ( $P \leq 0.001$ ). La variabilidad debido a procedencias fue 76% y debido a familia dentro de procedencias 22% (cuadro 5). La variabilidad debido a procedencias indica que esta fuente de variación genética de mayores posibilidades para elegir material, la variación genética debido a familias ofrece menor posibilidad para elegir material adecuado con fines de mejoramiento.

La prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para la variable peso de semilla muestra que procedencias con mayor peso de semilla son las de México y las semillas livianas son de Costa Rica (cuadro 5) además muestra 9 grupos significativamente diferentes.

La prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para peso de semilla para las familias dentro de procedencias, indicó que la familia 10 de la procedencia Playa Azul, Michoacán, México es diferente a las demás y todas las demás familias de cada procedencia no son significativamente diferentes. (cuadro 31).

#### 4.1.2 Relaciones entre variables del sitio de origen y el peso de semillas.

El peso de semilla mostró relaciones lineales con la variable geográfica latitud y las variables climáticas precipitación y meses secos (cuadro 6),

estas relaciones fueron encontradas mediante el procedimiento de regresiones paso a paso, las que determinarán las variables relacionadas y las ecuaciones de regresión (cuadro 7). La figura 7 muestra relación positiva entre la latitud y el peso de semilla, la figura 8 muestra relación negativa entre la precipitación y el peso de semilla, la figura 9 muestra relación positiva entre los meses secos y el peso de semilla y la figura 10 muestra el peso de semilla relacionado positivamente con meses secos y negativamente con la precipitación de los sitios de origen.

Las regresiones encontradas muestran que las variables de los sitios de origen están relacionadas entre sí directa o inversamente, semillas de mayor peso pertenecen a sitios de mayor latitud, mayor número de meses secos y menor precipitación anual, estas características presentaron las procedencias de México, caso inverso sucedió con las procedencias de Costa Rica y Panamá. Las relaciones lineales encontradas son consideradas como ligeras tendencias clinales.

El estudio de semillas ofreció una idea clara acerca de la variabilidad de G. sepium, el modelo estadístico usado para este estudio no tubo fuentes de variación debido al ambiente, las fuentes de variación fueron genéticas (Procedencias y familias dentro de procedencias), las semillas se estudiaron a través de la variable peso y no fueron sometidas a otros tratamientos, los tratamientos fueron las propias procedencias y familias dentro de procedencias y el error se debió solo a efectos de pesar grupos de semillas.

La variabilidad genética debido a procedencias fue mayor que la variabilidad genética debido a familias dentro de procedencias este

hecho indica que el mayor potencial para selección ofrece procedencias, estas presentan un mayor número de grupos diferentes en esta fase de estudio, las familias presentaron menor número de grupos diferentes dentro de su respectiva procedencia, algunas procedencias no presentaron diferencias entre sus familias.

Las relaciones entre las variables de sitios de origen y el peso de las semillas, mostraron tendencias climáticas, las variables de sitio de mayor interés fueron las relacionadas con la disponibilidad de agua para las procedencias en sus respectivos sitios de origen, procedencias con mayor limitación de agua debido a menor precipitación y mayor número de meses secos produjeron semillas de mayor peso, esta relación indica que plantas sometidas a mayor periodo de déficit hídrico producen semillas más pesadas; estas relaciones encontradas pueden ser útiles para identificar procedencias de sitios secos y sitios húmedos en posteriores estudios.

## 4.2 Fase de vivero

### 4.2.1 Análisis de varianza a los 100 días.

Las variables estudiadas en esta edad; altura, diámetros basales a 1 y 5 cm sobre el suelo y número de hojas mostraron en sus respectivos análisis de varianza diferencias entre bloques ( $P \leq 0.001$ ) diferencias entre procedencias ( $P \leq 0.05$ ) y diferencias entre familias dentro de procedencias ( $P \leq 0.001$ ).

La variabilidad para todas las variables a excepción del número de hojas fue entre 24 y 28% para bloques, entre 4 y 6% para procedencias, entre 3 y 4% para familias dentro de procedencias y entre 40 y 51% para árboles dentro de familias (cuadros 8,9 y 10). La variabilidad para el número de

hojas fue 6% para bloques, 2% para procedencias, 5% para familias dentro de procedencias y 72% para árboles dentro de familia (cuadro 11). A esta edad se puede apreciar que la variabilidad de las fuentes de variación ambiental (bloques e interacciones) son mayores que la variabilidad de las fuentes de variación genética (procedencias y familias dentro de procedencias) y a su vez la variabilidad debido a procedencias es ligeramente mayor a la variabilidad debido a familias dentro de procedencias, a excepción de la variable número de hojas, familias mostraron mayor variabilidad que procedencias.

La variabilidad entre árboles dentro de familias es mayor que la variabilidad genética en conjunto y la variabilidad ambiental.

Las pruebas de TUKEY ( $P \leq 0.05$ ) para comparar procedencias separó tres grupos de procedencias que fueron diferentes a excepción de la variable número de hojas que mostró un sólo grupo. El grupo superior para las variables altura y diámetros basales a 1 y 5 cm sobre el suelo fue la procedencia Masaguara, Intibuca de Honduras y el grupo inferior fue la procedencia Playa Grande, Guanacaste de Costa Rica. Las mismas tendencias se observaron en la variable número de hojas.

Las respuestas dadas por la variable número de hojas fue diferente a las demás variables estudiadas probablemente debido a fuentes de error no controlado como la pérdida de hojas por algunas plantas.

La variabilidad debido a fuentes de variación ambiental fueron mayores que la variabilidad debido a fuentes de variación genética probablemente, por ser una etapa donde las plantas fueron creciendo y adaptándose al ambiente de vivero y no pudieron expresar su potencial genético.

Las pruebas de Tukey ( $P < 0.05$ ) para comparar familias dentro de procedencias para altura detectó diferencias entre las familias 3 y 10 de la procedencia La Garita, Cebadilla, Alajuela, Costa Rica (Cuadro 32); la familia 12 fue significativamente diferente a las demás familias de la procedencia Belén, Rivas, Nicaragua, (Cuadro 33), la familia 3 y 8 de la procedencia Masaguara, Intibuca, Honduras, fueron significativamente diferentes entre ellas (Cuadro 3 y 4), la familia 16 de la procedencia Palmasola, Veracruz, México fue significativamente diferente a las demás (Cuadro 35), y dentro de las demás procedencias no existieron diferencias significativas entre sus respectivas familias.

La prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) para comparar familia dentro de procedencias en la variable diámetro basal a 1 cm sobre el suelo detectó que la familia 16 de la procedencia Palmasola, Veracruz, México, fue significativamente diferente a las demás (Cuadro 36). La variable diámetro basal a 5 cm sobre el suelo Tukey ( $P < 0.05$ ) encontró diferencias significativas entre las familias 3 y 10 de la procedencia La Garita, Cebadilla, Alajuela, Costa Rica (Cuadro 37), entre las familias 3 y 8 de la procedencia Masaguara, Intibuca, Honduras (Cuadro 38); la familia 5 de la procedencia Tzimol, Chiapas, Michoacán, México fue significativamente diferente a las demás familias (Cuadro 39).

Dentro de las demás procedencias no se encontraron diferencias significativas entre sus respectivas familias

La variable número de hojas mostró diferencias significativas entre la familia 16 y 14 de la procedencia Playa Azul, Michoacán, México (Cuadro 40). Las familias pertenecientes a las demás procedencias no presentaron diferencias significativas.

4.2.2 Relaciones entre variables del sitio de origen con las variables de respuesta a los 100 días.

Se encontraron cuatro ecuaciones de regresión cuadráticas entre las variables altura, diámetro basal a 1 y 5 cm sobre el suelo y número de hojas con la variable de sitio de origen, precipitación, mediante el procedimiento de regresión paso a paso con la cual se pudo seleccionar las variables y formular las ecuaciones (Cuadro 12). Las demás relaciones entre variables dependientes e independientes no fueron significativas.

Las figuras 11, 12, 13 y 14 muestran las curvas de regresión cuadráticas, los límites de confianza y los puntos de relación. La variable altura en la figura 11 muestra 25% de los puntos fuera de los límites de confianza, la variable diámetro basal a 1 cm sobre el suelo en la figura 12, la variable diámetro basal a 5 cm sobre el suelo en la figura 13 y la variable número de hojas en la figura 14 muestran, que el 25% de los puntos de relación caen fuera de los límites de confianza.

Se esperó encontrar relaciones con tendencia lineales, pero estas fueron relaciones con tendencias cuadráticas, con coeficientes de determinación bajos  $R^2 \leq 66$ .

Es probable que a esta edad debido a fuentes de error no controlados y la mayor influencia ambiental en inicial por la adaptación de las plantas al ambiente del vivero y la baja expresión de potencial genético de estas, no se dieron los resultados esperados.

Como fuentes de error no controlados se puede mencionar que el repique de las plántulas en los bancales fue hecho por 15 personas diferentes a un mismo tiempo, la heterogenidad en cada bancal y en el área del vivero, este fue hecho sobre suelo de un cafetal abandonado,

transformado a vivero, sin recibir el suelo tratamientos de uniformización.

#### 4.2.3 Análisis de varianza a los 240 días.

Las variables estudiadas en esta edad, altura, diámetros basales a 1 y 5 cm sobre el suelo y biomasa mostraron en el análisis de varianza diferencias entre bloques ( $P \leq 0.05$ ) en la variable altura, ( $P \leq 0.001$ ) en las variables diámetro basal a 1 y 5 cm sobre el suelo y la variable biomasa mostró diferencias no significativas. Todas las variables estudiadas mostraron diferencias entre procedencias ( $P \leq 0.0001$ ) a excepción de la variable biomasa que mostro diferencias ( $P \leq 0.05$ ). Las diferencias entre familias dentro de procedencias ( $P \leq 0.05$ ) fueron mostradas por todas las variables a excepcion de la variable biomasa, las diferencias entre familias dentro de procedencias fueron no significativas. (Cuadros 13, 14, 15 y 16).

La variabilidad debido a bloques fue de 1.9% para la variable altura, 1.3 y 1.4% para diámetros a 1 y 5 cm sobre el suelo y 0.9% para biomasa. La variabilidad debido a procedencias fue 11.4% para altura, 3.7 y 3.8 para diámetros a 1 y 5 cm sobre el suelo y 7.5% para biomasa. La variabilidad debido a familias dentro de procedencias fue 1.7% para altura, 2.3 y 2% para diámetros a 1 y 5 cm sobre el suelo y 4.8% para biomasa. La variabilidad entre árboles dentro de parcelas fue 69% para altura, 85 y 83% para diámetros a 1 y 5 cm sobre el suelo y 87% para biomasa.

Se puede apreciar que la variabilidad debido a fuentes de variación ambientales en conjunto es mayor que la variabilidad debido a fuentes de variación genética entre las fuentes de variación genética entre las fuentes de variación genética la variabilidad debido a procedencias, a

excepción de la variable biomasa que muestra mayor variabilidad en fuentes de variación genética y menor variabilidad en fuentes de variación genética y menor variabilidad en fuentes de variación ambientales y entre las fuentes de variación genética la variabilidad debido a familias dentro de procedencias. La variabilidad debido a árbol dentro de familias es 1 a 5 veces mayor que la variabilidad debido a fuentes de variación ambientales y genéticas en conjunto.

La prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para comparar procedencias mostró cuatro grupos diferentes en la variable altura, tres grupos diferentes en la variable diámetro basal a 1 cm sobre el suelo y diámetro basal a 5 cm sobre el suelo, la variable biomasa mostró un solo grupo.

Las procedencias San Isidro, Cañas, Guanacaste y La Garita, Cebadilla, Alajuela de Costa Rica mostraron ser grupos superiores en las variables altura y diámetro basal a 1 y 5 cm sobre el suelo, en la variable biomasa, dichas procedencias presentaron la misma tendencia. Las procedencias Pedasí, Los Santos, de Panamá, y San Mateo, Oaxaca, de México, ocuparon los últimos lugares del grupo inferior en todas las variables (Cuadros 13, 14, 15 y 16).

La prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para comparar familias dentro de procedencias no detectó diferencias entre familias dentro de procedencias en ninguna variable estudiada.

Comparando la variación a los 100 días y 240 días en las variables altura y diámetro basal a 1 y 5 cm sobre el suelo (Cuadro 17) se pudo observar que la variabilidad debido al ambiente decreció en todas las variables, la variabilidad genética debido a procedencias fue creciente para la variable altura y ligeramente decreciente para las variables diámetro a 1 y 5 cm sobre el suelo y la variabilidad debido a

interacciones fue decreciente en todas las variables y la variabilidad debido a árbol dentro de familia fue creciente en todas las variables. Estas tendencias indicaron que la variabilidad fue cambiante a través del tiempo y en edades iniciales la variabilidad genética no se manifiesta plenamente, permitiendo mayor variabilidad debido a influencia ambiental, en edades avanzadas la variabilidad genética se manifestó con mayor intensidad y la variabilidad debido al ambiente disminuyó para dar paso a la variabilidad genética, la variabilidad debido a árbol dentro de familia fue creciente a través del tiempo. Estas tendencias indicaron que la variabilidad genética requiere de un período adaptatorio de los individuos al ambiente, para poder manifestarse, la variabilidad debido a procedencias tendió a aumentar y la variabilidad debido a familias dentro de procedencias tendió a disminuir, la variación debido a árbol dentro de familias tendió a crecer, esta fuente de variación tiene componentes genéticos y ambientales que no se encuentran separados, por lo que no se puede saber en qué momento la variabilidad genética manifiesta su máxima expresión.

Mediante el procedimiento de regresiones paso a paso se encontró una sola relación significativa entre la variable meses secos y diámetro basal a 1 cm sobre el suelo, de tendencia lineal negativa (Cuadro 18), el 33% de los puntos de relación se encontraron fuera de los límites de confianza  $R^2 = 0.63$  (Figura 15). Las demás variables dependientes e independientes no mostraron relaciones significativas.

Es probable que en esta etapa del estudio la expresión genética comience a manifestarse con mayor claridad, como consecuencia se encontró una relación lineal que fue lo que se esperaba encontrar.

En la fase de vivero la variabilidad genética existió pero el modelo estadístico empleado no separó la variabilidad genética y ambiental en la fuente de variación, error de muestreo; aquel debido a árbol dentro de familia.

#### 4.3 Fase de plantación

##### 4.3.1 Análisis de varianza a los 90 días.

Las variables estudiadas en esta fase, altura, longitud de la rama más larga, biomasa y número de brotes mostraron diferencias entre bloques ( $P \leq 0.001$ ), las variables número de folíolos y diámetro basal a 5 cm sobre el suelo, las diferencias entre bloques fueron no significativas. Las variables estudiadas mostraron diferencias entre procedencias ( $P \leq 0.001$ ) a excepción de la variable diámetro basal a 5 cm sobre el suelo. Todas las variables estudiadas mostraron diferencias entre familias dentro de procedencias ( $P \leq 0.05$ ) a excepción de las variables diámetro basal a 5 cm sobre el suelo y número de brotes que fueron no significativas.

La variabilidad debido a árbol dentro de familias fue mayor del 84% en todas las variables estudiadas; la variabilidad genética en conjunto fue mayor que la variabilidad debido al ambiente en las variables altura y número máximo de folíolos, las otras variables estudiadas mostraron mayor variabilidad debido al ambiente y menor variabilidad debido a fuentes de variación genética; la variabilidad genética debido a procedencias fue mayor que la variabilidad genética debido a familias dentro de procedencias, en todas las variables estudiadas a excepción de las variables, número máximo de folíolos y diámetro basal a 5 cm sobre

el suelo, que mostraron mayor variabilidad genética debido a familias dentro de procedencias (Cuadros 19, 20, 21, 22, 23 y 24).

La prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para comparar procedencias mostró cuatro grupos diferentes para la variable altura, cinco grupos diferentes para la variable longitud de la rama más larga, cuatro grupos diferentes para la variable número de brotes y tres grupos diferentes para las variables biomasa, número máximo de foliolos y diámetro basal a 5 cm sobre el suelo.

Los grupos sobresalientes para las variables altura, longitud de la rama más larga biomasa y diámetro basal a 5 cm sobre el suelo; fueron las procedencias: La Garita, Cebadilla, Alajuela y San Isidro, Cañas, Guanacaste de Costa Rica.

Los grupos sobresalientes para la variable número de brotes fueron las procedencias: Pedasí, Los Santos de Panamá, San Isidro, Cañas, y Playa Grande, de Guanacaste, Costa Rica. La variable número máximo de foliolos muestra como grupos sobresalientes de procedencias de La Garita, Cebadilla, Alajuela de Costa Rica y Masaguara, Intibuca de Honduras.

Los grupos inferiores para las variables altura, longitud de la rama más larga, biomasa y diámetro basal a 5 cm sobre el suelo fueron las procedencias Palmasola, Veracruz y San Mateo, Oaxaca de México. Los grupos inferiores para la variable número de brotes fueron Vado Hondo, Chiquimula de Guatemala y Tzimol, Chiapas de México, los grupos inferiores para la variable número máximo de foliolos fueron las procedencias Playa Azul, Michoacán y San Mateo, Oaxaca de México. (Cuadros 19,20,21,22, 23 y 24).

Los grupos sobresalientes mostraron variables de crecimiento y redimiento relacionados, como se puede apreciar en los cuadros 19, 20 y 24, estas variables son altura, longitud de la rama más larga, diámetro basal a 5 cm sobre el suelo y biomasa (Cuadro 21). En otras variables estudiadas como número de brotes y número máximo de folíolos, mostraron al menos una procedencia con las mismas tendencias que las variables estudiadas en los otros grupos sobresalientes.

Los grupos inferiores mostraron similares relaciones y tendencias.

Las pruebas de Tukey ( $P < 0.05$ ) para comparar familias dentro de procedencias, para la variable longitud de la rama más larga, mostró diferencias entre la familia 3 y 10 de la procedencia La Garita, Cebadilla, Alajuela de Costa Rica (Cuadro 41), entre la familia 14 y 15 de la procedencia Vado Hondo, Chiquimula de Guatemala (Cuadro 42) y entre la familia 13 y 18 de la procedencia Palmasola, Veracruz de México (Cuadro 43).

Las pruebas de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para comparar familias dentro de procedencias, para la variable altura, mostró que la familia 16 de la procedencia Pedasí, Los Santos, de Panamá, fue diferente a las demás familias (Cuadro 44), las familias 18 y 1 de la procedencia Tzimol, Chiapas de México fueron diferentes entre sí (Cuadro 45).

Las pruebas de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para comparar familias dentro de procedencias, para la variable número máximo de folíolos detectó que la familia 4 de la procedencia Masaguara, Intibuca de Honduras fue diferente a los demás. (Cuadro 46).

4.3.2 Relaciones entre las variables de sitio de origen de las procedencias y las variables de respuesta en la fase de plantación a los 90 días.

El procedimiento de regresión paso a paso determinó relaciones significativas entre las variables de sitio de origen meses secos y temperatura con algunas variables de respuesta, estas relaciones fueron lineales, también se determinó una relación cuadrática de la elevación con la longitud de la rama más larga. (Cuadro 25). Los coeficientes de determinación  $R^2$  fluctuaron entre 0.38 y 0.52, estos valores se consideraron bajos y las relaciones se consideraron como ligeras tendencias clinales, a excepción de la relación cuadrática.

Todas las relaciones lineales fueron negativas (figuras 17, 18, 19, 20, 21 y 22) a excepción de la relación cuadrática. Todos los puntos de relación en todas las figuras mostraron estar dentro de los límites de confianza.

En esta etapa las regresiones mostraron que las variables de mayor interés, biomasa, altura de plantas y longitud de la rama más larga, estuvieron relacionadas, además estas se relacionaron inversamente con la variable de sitios de origen meses secos. Es probable que en esta fase los resultados de variabilidad obtenidos, nuevamente estuvieron afectados por influencia ambiental, debido a que las plantas salieron del ambiente de vivero y fueron plantados en campo definitivo, donde iniciaron un nuevo proceso de adaptación. Los grupos sobresalientes de las procedencias mantuvieron la misma tendencia desde los 240 días en vivero hasta la medición en esta fase, con ligeras variaciones. La variable de sitio de origen de mayor relación fue meses secos, para las variables de interés, longitud de la rama más larga, altura y biomasa indicó que hay menor crecimiento y rendimiento de las plantas de

procedencias de sitios con mayor número de meses secos ensayados en las condiciones de plantación y a la respectiva edad, 90 días en vivero.

#### 4.4 ESTABLECIMIENTO DE LA ESTRUCTURA NATURAL DE LAS FAMILIAS DE Gliricidia sepium, MEDIANTE ANALISIS DE AGRUPAMIENTOS.

Uno de los propósitos de establecer ensayos con familias es conocer el comportamiento y la variación de materiales que se prevee están estrechamente relacionados genéticamente. El análisis de agrupamientos ha sido señalado reiteradamente como un instrumento para el establecimiento de estructuras naturales en poblaciones donde no reconocemos a priori los patrones de similitud Anderberg (1976).

Dentro de este orden de ideas, se realizó un análisis de agrupamientos con la información recolectada hasta el momento. Un análisis de correlación mostró que solamente era posible utilizar 10 variables de 14 disponibles (Ver Cuadro 26)

Las estadísticas criterio cúbico Sarle,(1983) y Pseudo F Calinski y Harabasz, (1974) mostraron que el número óptimo de grupos era 8. En el cuadro 27 y 27A se pueden encontrar las familias agrupadas y en la cuadro 28 se pueden observar las características de las variables para cada grupo. Se puede observar como la mayoría de las familias de procedencias costarricenses constituyeron grupos diferentes a distancias superiores a 0.84 y aún constituyendo grupos con un solo miembro, a excepción de las familias 7 y 15 de la Procedencia A1 y la familia 10 de la procedencia A4.

La Cuadro 29 muestra la distribución porcentual de las procedencias entre los grupos señalados. Todas las procedencias de origen no costarricense

concentran en dos grupos consecutivos más del 70% de los individuos, mostrando homogeneidad del material dentro de la procedencia. En las procedencias costarricenses, la procedencia A1 claramente muestra dos grupos a una distancia euclidiana considerable lo que hace pensar que es un material muy variable. La procedencia A4 se distingue de las procedencias no costarricenses, pero el patrón de agrupación es similar al concentrar más del 70% de sus individuos en grupos consecutivos. La procedencia A2 muestra el grupo más compacto del análisis.

Un análisis de varianza considerando como fuente de variación los clusters, mostró que la variable con mayor poder sobre la determinación de los grupos fue la altura a los 100 días en vivero Cuadro 30. En general se ve que las variables correspondientes a la época de vivero fueron las que más influyeron en la conformación de los grupos. Este procedimiento permitió también conocer que la sobrevivencia, que por su naturaleza es difícil de analizar, tiene una baja capacidad para agrupar las familias bajo estudio, confirmando que la variación en esta variable se debe asignar más a fenómenos ajenos a las fuentes de variación consideradas en el ensayo.

El análisis de agrupamiento mostró en este caso ser un herramienta en la búsqueda de la estructura natural de esta familias, pero un ensayo con objetivos diferentes a los de nuestro trabajo y más relacionado con el uso final del material estudiado (por ejemplo alimentación de ganado, fertilizante verde o producción de leña) que permita elegir una estrategia para sopesar a priori las variables disponibles, debe ser de mayor interés, ya que en el presente estudio se asignó peso igual a todas las variables.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye:

1. La metodología empleada en las diferentes fases del experimento fue adecuado para detectar la variabilidad de la especie por medio de las variables analizadas en las semillas, fase de vivero y plantación.

2. Los modelos estadísticos usados para el análisis de los datos en vivero y plantación generaron una fuente de error debido a árbol o dentro de familias, en el cual se encontraron la variabilidad debido al ambiente y la variabilidad genética unida en un solo conjunto. La magnitud de esta variabilidad en la fase de vivero fue mayor a 47% y en plantación fue mayor a 80%, con tendencia creciente, es probable que las relaciones a los 100 días en vivero no mostraron ser lineales debido a que las plantas estuvieron adaptándose al ambiente del vivero y no manifestaron su potencial genético, además las relaciones lineales encontradas presentan coeficientes de determinación bajos, considerados como ligeras tendencias, probablemente debido a la naturaleza de los datos y de fuentes de error no controlados.

4. Las procedencias sobresalientes fueron las de La Garita, Cebadilla, Alajuela y San Isidro, Cañas, Guanacaste, ambas de Costa Rica. Estas procedencias empezaron a manifestar ser sobresalientes a partir de los 240 días en la fase de vivero, a travez de las variables de crecimiento: altura y diámetros basales y tendencia similar en la variable de rendimiento, biomasa. En la fase de plantación se reafirman los mismos grupos de las procedencias sobresalientes a travez de las variables de crecimiento altura, longitud de la rama más larga, diámetro basal a 5 cm sobre el suelo y la variable de rendimiento biomasa. Las demás variables estudiadas mostraron tendencias similares.

5. Las características de las procedencias sobresalientes fueron: Ser de latitudes bajas, alta precipitación y sitios con menor cantidad de meses secos, tener mayores crecimientos en altura, diámetro basal, longitud de la rama más larga y mayor producción de biomasa, a los 90 días en la fase de plantación.

6. Las regresiones de ligera tendencia lineal entre meses secos y las variables de crecimiento, altura y longitud de la rama más larga y la variable de rendimiento, biomasa, mostraron que hay menor crecimiento y rendimiento cuando las procedencias pertenecían a sitios de origen con mayor número de meses secos.

7. Las dos conclusiones anteriores indicaron que las procedencias de sitios de origen con menor limitación hídrica fueron las de mayor crecimiento y rendimiento.

8. La fuente de variación del modelo empleado en cada fase del experimento mostró para la fase de vivero en las primeras edades de las plantas una mayor variabilidad debido al ambiente y menor variabilidad debido a fuentes de variación genéticas, a edades posteriores se hizo notoria una tendencia de cambio, haciéndose mayor la variabilidad genética y disminuyendo la variabilidad debido a fuentes de variación ambiental, también la fuente de variación genética debido a procedencias fue mayor que la fuente de variación genética debido a familias dentro de procedencias en forma general a través del tiempo.

9. En la fase de plantación la fuente de variación debido a la interacción bloques por procedencias se eliminó, debido a la aleatorización de los árboles de las familias y procedencias dentro de bloques, la eliminación de esta fuente de error ambiental probablemente se transfirió a la fuente de error debido a árbol o dentro de familia.

Del presente estudio se vierten algunas recomendaciones:

1. Es necesario dar continuidad al experimento mediante mantenimiento adecuado a la plantación y evaluaciones periódicas, cuyos datos analizados permitan tomar decisiones para elegir las procedencias, las familias y los individuos sobresalientes para su propagación y uso adecuado en sistemas agroforestales.
2. Es necesario estudiar la variabilidad de la especie a través de variables no influenciadas por el ambiente con el fin de conocer la variabilidad con mayor realidad; alguna de estas variables pueden ser: Número de estomas por unidad de superficie en la hoja, espesor de corteza, relación ancho/largo del foliolo impar, aspectos cualitativos de la biomasa dados por el contenido de nutrimentos y sustancias anticualitativas, densidad de la madera de las ramas a una determinada edad, contenido de celulosa y lignina en la madera, contenido de taninos en las hojas y corteza.
3. Establecer experimentos similares en condiciones ambientales diferentes, con la inclusión de un mayor número de procedencias que cubran uniformemente todos los rangos de las variables de los sitios de origen y que permita evaluar la interacción genotipo - ambiente.
4. Completar en el experimento, los espacios vacíos dejados por las plantas que murieron, con otras de la misma edad, debidamente marcadas que no entrarán en las mediciones, sólo servirán para mantener la uniformidad del experimento y evitar las ventajas de algunos individuos por carecer de competencia.

5. Tratar de mantener el experimento libre de plagas, principalmente larvas de lepidópteros y (taltuzas), Geomis sp. que afectan el follaje o destruyen las plantas, introduciendo fuentes de error en las evaluaciones periódicas.
6. Elegir las procedencias, familias e individuos sobresalientes cuando las evaluaciones periódicas muestren estabilidad a través del tiempo para las características deseadas en las plantas, acordes con la necesidad de cada sistema agroforestal que requiera la especie como componente.
7. Con un mayor número de evaluaciones de la variable biomasa en el experimento, es deseable emplear el análisis de agrupamiento tomando como variable discriminante a la biomasa para agrupar familias de interés; también puede darse para la variable número de rebrotes.

## 6. LITERATURA CITADA

- AGUIRRE, V. 1971. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., IICA/CTEI. 138 p.
- AKEN'OVA, M.E.; J.E. SUMBERG. 1986. Observation of the Pollination System of Gliricidia sepium. Nitrogen Fixing Tree Research Reports (Hawaii). 4:29-30.
- ANDERBERG, M. R. 1973. Cluster analysis for applications. New York. Academic Pres Inc. 359 p.
- ANDERSON, V. and R. Mc LEAN. S/F. Design of experiments. A Realistic Approach. Ed. Marcel Dekker, INC. New York. 418p.
- ARGUELLO, H; D. KASS and W. BERMUDEZ. 1987. Nutrient release from pruning of Gliricidia sepium. In Gliricidia sepium (Jacq) Walp. Management and Improvement: Proceeding of a Workshop Held at CATIE, Turrialba, Costa Rica. June 1987. NFTA Special Publication 87-01:73
- ATTA-KRAH, A.N. 1987. Variability in initial growth and leaf coloration in relation to initiation of nodulation in uninoculated accessions of Gliricidia sepium (Jacq) Steud. Nitrogen fixing tree research reports (Hawaii). 5:39-41.
- ATTA-KRAH, A.N. 1987. Research on Gliricidia germplasm evaluation and improvement in West Africa. In Gliricidia sepium (Jacq) Walp. Management and improvement: Proceeding of a workshop held at CATIE, Turrialba, Costa Rica. June 1987. NFTA Special Publication 87-01:146-161.
- BAKER, H. 1972. Seed weight in relation to environmental conditions in California. Ecology 53(6): 997 - 1010.
- BAGGIO, A. 1982. Establecimiento, manejo y utilización del sistema agroforestal cercas vivas en Gliricidia sepium (Jacq) Steud in Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE-UCR. Turrialba, C.R. 91p.
- BEER, J. 1983. Arboles de sombra en cultivos perennes. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 16p.
- BELIARD, C. 1984. Producción de biomasa de Gliricidia sepium en cercas vivas bajo tres frecuencias de poda. Tesis Mag. Sc. UCR/CATIE. Turrialba, Costa Rica. 97p.

- BOSHIER, D. 1984. The international provenance trial of Cordia Alliodora (R & P) Oken in Costa Rica. In Provenance and genetic improvement strategies in tropical forest trees, Mutari, Zimbabwe, April 1984. Eds. R.D. Barnes and G.L. Gibson, Oxford, Commonwealth Forestry Institute and Harare, Forest Research Center. pp 168-185.
- BRITWUM, S. 1988. Evaluation of Gliricidia sepium provenances in Ghana. Nitrogen fixing tree research reports. (Hawaii) 6:57-59.
- BUMATAY, E.C., R.G. ESCALADA and C.R. BUANTE. 1987. Preliminary study on the Gliricidia sepium (Jacq) Walp. Germplasm collection in Visca. In Gliricidia sepium (Jacq) Walp. Management and improvement. Proceeding a workshop held at CATIE, Turrialba, Costa Rica June 1987. NFTA Special Publication 87-01: 162-167.
- BURLEY, J. 1969. Metodología de los ensayos de procedencia de especies forestales. *Unasylva* 23(3):24-28.
- BURLEY, J. 1970. Breeding tropical pines spec. Pap. 2nd Word consult for tree breed, Washington D.C., Pap. FO-FIB. 10p.
- BURLEY, J. Y WOOD, P., comps. Manual sobre investigaciones de especies y procedencias con referencia especial a los trópicos. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1979. Tropical Forestry Papers No. 10. 233p.
- CALINSKI, T. and HORABOSZ, J. 1974. A dendrite method for cluster analisis. *Communication in Statistics*. 3:1-27.
- CALIX, J. 1985. Producción de plántulas de Eucalyptus comaldulinsis, Leucaena leucocephala y Gliricidia sepium en Honduras. Ed. Rodolfo Salazar. In Actas de los simposios sobre: Técnicas de producción de leña en fincas pequeñas y recuperación de sitios por medio de la silvicultura intensiva. CATIE 24 a 28 de junio, 1985. Turrialba, Costa Rica. pp 161-166.
- CALLAHAN, R.Z. 1964. Provenance research: Investigation of genetic diversity asociated with geography. *Unasylva* 18 (2-3) 73-74; 40-50.
- CAMPOS, J. 1985. Variación genética o interacción genotipo-ambiente en procedencias de Calliandra spp en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE-UCR. Turrialba, C.R. 88p.
- CANNET, G. y J. CAMPOS. 1982. Informe técnico preliminar de las especies utilizadas en el Proyecto Leña en Costa Rica, CATIE. San José. Costa Rica. 35p.
- CENTRO AGRONOMICO DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central. Serie Técnica. Informe técnico No. 86. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp 145-158.

- COORPORACION NACIONAL DE INVESTIGACION Y FOMENTO FORESTAL. 1985. Ensayo de procedencias de Cordia alliodora (R & P) Oken, en Tumaco (nariño) y Suatata (Chocó).
- CHADHOKAR, P. 1982. Gliricidia maculata. A promising fodder plant. World animal review. 44:36-43.
- DVORAK, W.S.; BALOCCHI C.E. and R.H. RAYMOND. 1988. Performance and estabily of provenances and families of Pinus tecunumanii in the tropics and subtropic. Central American and México Coniferous Resources Cooperative (CAMCORE) Raleigh, N.C., USA. 13p. (Mimiografiado)
- FALVEY, J.L. 1982. Gliricidia maculata a review. International tree crops journal. 2: 1-14p.
- FERREIRA, M. y ARAUJO. A. DE. 1981, Procedimentos y recomendacões para testes de procedencias. Curitiba, EMBRAPA-URPFCS, 28p.
- FLINTA, C.M. 1960. Prácticas de plantación forestal en América Latina. FAO. ROMA. Cuaderno de fomento forestal No.15. p 154; 227; 337-338.
- GLOVER, N. 1986. Collection, conservation and evaluation of Gliricidia sepium (Jacq) Steud. Germoplasm. M. Sc. Thesis, University of Hawaii, USA. 77p.
- HOLDRIDGE, L.R. 1978. Ecologia basada en zonas de vida. San José, C.R. IICA. 206p.
- HOLDRIDGE, L. y POVEDA. L. 1975. Arboles de Costa Rica. V. 1. San José, Costa Rica. P.372.
- HUGHES, C.E. 1987. International provenance trial of Gliricidia sepium. Trial Protocol. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. 30 p.
- JANZEN, D. 1983. Gliricidia sepium. In Janzen, D. Ed. Costa Rican natural hHistory. University of Chicago Press. pp. 245-246.
- JONES, N.; J. BURLEY. 1973. Seed certification, provenances nomenclature and genetic history in forestry *Silvae Genética*. 22:53-92.
- KANG, B. and K. MULONGOY (1987). Gliricidia sepium as a source of green manure in alley cropping system. In Gliricidia sepium (Jacq) Walp. Management and improvement: Proceeding of a workshop held at CATIE, Turrialba, Costa Rica. June 1987. NFTA Special publication 87-01:44-49.
- KASS, D. 1985. Alley cropping of annual foal crops with woody legumes in Costa Rica. Advances in agroforestry research. In advances in agroforestry research. V.W. BENCH; H.W. FASSBENDER and H. HEUVELDOP, ed. Turrialba, C.R. Serie Técnica. Informe técnico CATIE No. 117 pp. 197-208.

- KASS, M. and G. RODRIGUEZ. 1987. Preliminary studies on silage making from Gliricidia sepium as a source of green manure in alley cropping system. In Gliricidia sepium. (Jacq) Walp. Management and improvement: Proceeding of a workshop. held at CATIE, Turrialba, Costa Rica, June 1987. NFTA Special Publication. 87-01: 201-204.
- KESSEL, C.; ROSKOSKI, J.P.; WOOD, T.; MONTANO, J. 1983. N<sub>2</sub> fixation and H<sub>2</sub> evolution by six species of tropical leguminous tree. *Plant Physiology*. 72:904-910.
- LACAZE, J. 1978. Progreso alcanzado en la selección de especies y de procedencias. *Unasyuva*. 30 (119/120):17-20.
- LANGLET, O. 1959. Cline or not cline: a question of scotch pine. *Silvae Genética*. 8:13-22.
- LITTLE, E. L. Jr. and F.H. WADSWORTH. 1964. Common tree of Puerto Rico and the Virgin Islands. USDA Forest Service. Agricultural hand book. 249:196-198.
- MARTINEZ, A. y ENRIQUEZ, G. 1981. La sombra para el cacao. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie técnica, Boletín técnico No. 5. 93p.
- MORA, E. 1983. Introducción al estudio de la variabilidad fenóptica de Gliricidia sepium (Jacq) Steud. Mimio. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 36p.
- MORENO, A. 1985. Agroforestry Systems with Gliricidia sepium. In *Advances in agroforestry research*. J. W. BEER, H.W. FASSBENDER and J.H. HEUVELDOP, eds. Turrialba, C.R. Serie Técnica. Informe Técnico CATIE No. 117. pp 189.196
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, U.S.A. 1979. Tropical legumes: Resources for the future. Washington, D.C. p. 304.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, U.S.A. 1980. Firewood crops: Shrub and tree species for energy production. Washington, D.C, U.S.A. pp. 44-45.
- NIENSTA EDT, H. 1958. Height growth as indicative of the relative frost resistance of hemlock seed sources. U.S. Forest Service. Lake State Forest Experiment Station. Technical Note No. 525. p.2-16.
- NITROGEN FIXING TREE ASSOCIATION. 1986. Gliricidia. Its names tell its story. Waimonalo, Hawaii. NFTA HIGHLIGHTS. 2p.
- OTAROLA, A. y A. UGALDE. 1983. Productividad y cuadros de biomasa de Gliricidia sepium (Jacq) Steud. en bosques naturales de Nicaragua. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Mimiografiado. 39p.

- PALMBERG, C. 1980. Principios y estrategias para el mejor aprovechamiento de los recursos genéticos forestales. In *Mejora genética de los árboles forestales: Informe sobre el curso de capacitación FAO/DANIDA sobre la mejora genética de árboles forestales*, Mérida, Venezuela, enero-febrero de 1980. FAO, ROMA. Estudio FAO: Montes No. 20. pp. 27-50.
- PICADO, W. 1985. Comportamiento de *Gliricidia sepium* (Jacq) Steud en plantaciones por siembra directa en Guanacaste, Costa Rica. Ed. Rodolfo Salazar. In *Actas de los simposios sobre: Técnicas de producción de leña en fincas pequeñas y Recuperación de sitios degradados por medio de la silvicultura intensiva*. CATIE 24-28 de junio, 1985. Turrialba, Costa Rica. pp. 191-198.
- PICADO, W. y R. SALAZAR. 1984. Producción de biomasa y leña en cercas vivas de *Gliricidia sepium* (Jacq) Steud. de dos años de edad en Costa Rica. *SILVOENERGIA* No. 1. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 4p.
- PROJECT MONITOR OFFICE OF AGRICULTURE DEVELOPMENT SUPPORT BUREAU. 1985. Soil management support services. 2nd Edition. Washington, D.C. USA. AID. Technical monograph No.6. pp. 162-163.
- ROCK WOOD, L. 1982. Seed size as a function of life form and life zone in tropical forest. *Bulletin of the Ecology Society of América* (Program I issue) 63(2): 163.
- RODRIGUEZ, Z.; J. BENAVIDES; C. CHAVEZ y G. SANCHEZ. 1987. Producción de leche en cabras estabuladas alimentadas con foliaje de Madero Negro (*Gliricidia sepium*) y de Poró (*Erythrina poeppigiana*) y suplementadas con plátano pelipita (*Musa* sp. CV. Pelipita). In *Gliricidia sepium* (Jacq) Walp.: Management and improvement. Proceedings of a workshop held at CATIE; Turrialba, Costa Rica, June 1987. NFTA Special Publication 87-01:212-217.
- SALAZAR, R. 1982. Comportamiento juvenil de nueve procedencias de *P. caribaea* var. *hondurensis* Barret y Golfari en Costa Rica. Turrialba, (Costa Rica). 32(4):387-397.
- SALAZAR, R. 1984. Producción de leña en árboles de *Gliricidia sepium* usados como sombra en cafetales en Costa Rica. *SILVOENERGIA* No. 2 CATIE. Turrialba, Costa Rica. 4p.
- SALAZAR, R. 1985. Genetic variation in seed and seedling of ten provenances of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. In *Symposium on "Establishment and productivity of tree plantings in semiarid regions"*. Kingville, U.S.A, Texas University, 1985. 17p.
- SARLE, W.S. 1983. Cubic clustering criterion. SAS Technical Report A-180, Cary, NC: SAS Institute Inc. 51p.
- SAS Institute, Inc. 1987. SAS/STAT. Guide for Personal Computers, Version 6 Edition. Cary, NC, 1028 pp.

- SHELBOURNE, C. 1972. Genotype-environment interaction: Its study and its implication in forest tree improvement. In IUFRO genetics-sahao symposia, Tokio, 1972. Proceedings. TOKYO, 1972. PP. B.1 (I), 28.
- STANDLEY, P. C. and STYERMARK, J. A. 1946. Flora of Guatemala: Leguminosae. Fieldiana Botany 24 (5): 264-266.
- STEEL, R.; J. TORRIE. 1980. Principles and procedures of statistics. A Biometrical Approach. Second Edition. Mc Graw - Hill Book Company. 633p.
- SUMBERG, J.E. 1985. Collection and initial evaluation of Gliricidia sepium from Costa Rica. Agroforestry Systems. (Holanda) 3:357-361.
- VASQUEZ, M. 1985. Estudio preliminar de procedencias de Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F. Cook en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. CATIE-UCR Turrialba, C.R. 86p.
- WIERSUM, K. 1982. Fuelwood as a traditional and modern energy source in the Philippines. Philiphine multiple use forest management project working paper No. 6 FAO. Manila Philippines. 52p.
- WIERSUM, F. and S. DIRDJO SOEMARTO. 1987. Past and current research with Gliricidia in Asia. In Gliricidia sepium (Jacq) Walp. Management and improvement: Proceeding of a workshop held at CATIE, Turrialba, Costa Rica. June 1987. NFTA Special publication 87-01:20-30.
- WILLAN, R. 1980. Ensayo de especies y procedencias. In Mejora Genética de Árboles Forestales: Informe sobre el curso de capacitación FAO/DANIDA sobre la mejora genética de árboles forestales, Mérida, Venezuela, enero-febrero de 1980. FAO, Roma. Estudio FAO: Montes No. 20. pp 141-153.
- WILLIAMS, M. 1987. Establishment and winter survival of Leucaena spp. and Gliricidia sepium in the cold subtropical. Leucaena Research Reports (Hawaii) 8:79-81.
- WITHINGTON, D. 1986. A request for information about pre-germination treatments for important NFT species. Nitrogen Fixing Tree Research Reports (Hawaii) 4:70-71.
- WRIGHT, W. 1976. Introduction to forest genetics. New York, Academic Press. 463p.
- ZOBEL, B. and J. TALBERT. 1984. Applied forest tree improvement. New York, John Willy and Sons. 505p.

## 7. ANEXO

CUADRO 1 DATOS DE SITIOS DE PROCEIDENCIAS DE Giricidia sepium

No. PROCC	LOCALIDAD	PAIS	Lat. N	Long. W	Alt.(m)	pp. (mm)	TempC	h2(1)	m. pp < 100	N.fam
38 85	Playa Azul, Michoacan	MEXICO	18°04'	102°34'	0.30	884	27.5°	bms T	7	20
37 85	Tzumol, Chiapas	MEXICO	16°18'	92°22'	600-700	1029	22.6°	be T	6	20
35 85	San Mateo, Oaxaca	MEXICO	16°13'	94°58'	10.30	1041	27.2°	be T	8	20
34 85	Palma SOLA, Veracruz	MEXICO	19°46'	96°25'	10.50	1130	25.7°	be T	8	20
25 84	Masagüera, Jalisco	HONDURAS	14°16'	87°58'	825	1103	25.4°	be T	6	15
17 84	Montecristo, Santa Rosa	GUATEMALA	13°54'	90°29'	5	1714	27.1°	be T	6	20
16 84	Vado Hondo, Chiquimula	GUATEMALA	14°44'	89°30'	450-500	877	25.6°	bms T	6	17
14 86	Belen, Rivas	NICARAGUA	11°37'	85°48'	75	1156	26.5°	be T	6	15
13 86	Podasi, Los Santos	PANAMA	7°32'	80°04'	5.10	1351	26.7°	be T	5	20
00 A1	Playa Grande, Guanacaste	COSTA RICA	10°18'	85°50'	0.5	2296	25.0°	bh T	5	3
00 A2	San Isidro, Cabañas, Guanacaste	COSTA RICA	10°30'	85°08'	100	1774	27.0°	be T	5	3
00 A4	La Garriga, Cabudilla, Alajuehu	COSTA RICA	9°05'	84°21'	500	1956	21.4°	bh T	4	4

FUENTE: HUGHES (1987)

CUADRO 2 Fuentes de variación para el análisis de variancia para  
evaluación del peso de semillas

No.	FUENTE DE VARIACION	GL	PRUEBA
1	Procedencias	11	1/3
2	Familias dentro de procedencias	165	2/3
3	Error	344	
4	TOTAL	520	

**CUADRO 3** Fuentes de Variación para el análisis de las Variables medidas en la etapa de vivero.

No.	FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	PRUEBA-
1	Bloques	2	1/3
2	Procedencias	11	2/3
3	Error A	22	
4	Familia dentro de procedencias	165	4/5
5	Error B	330	
6	Error	7434	
7	TOTAL	7964	

**CUADRO 4** Fuentes de Variación para el análisis de Varianza de las Variables medidas en la etapa de plantación.

No.	FUENTES DE VARIACION	GL	PRUEBA
1	Bloques	2	1/4
2	Procedencias	11	2/4
3	Familias dentro de Procedencias	165	3/4
4	Error	6194	
5	TOTAL	6371	

**CUADRO 5** Análisis de Varianza para la Variable PESO DE SEMILLA de 12 procedencias de G. sepium de México, Centro América y Panamá.

PESO (g)						
No.	FUENTES DE VARIACION	GL	CM	Prueba	F	Com. de Var%
1	Procedencias	11	0.0475904	1/3	**	76.06
2	Procedencias (Familias)	165	0.0009627	2/3	**	22.09
3	Error	354	0.0000261		**	1.85
4	Total	530				100.00

Prueba de Tukey para la variable Peso de Semilla de 12 procedencias de G. sepium de México, América Central y Panamá.

No.	Procedencias	Peso (gr)	1/
1	35-85	0.215	a
2	38-85	0.178	b
3	34-85	0.170	c
4	14-86	0.144	d
5	37-85	0.139	d e
6	25-84	0.135	e f
7	16-84	0.134	f
8	17-84	0.126	g
9	13-86	0.123	g
10	A2	0.103	h
11	A4	0.101	h
12	A1	0.083	i

\*\* ( $P \leq 0.001$ )

1/ Tukey ( $P \leq 0.05$ ) Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes.

**CUADRO 6** Correlación entre la variable peso de semilla de 12 procedencias de la *G. sepium* de México, Centro América y Panamá, y variables geográficas y climáticas del origen.

Variables geográficas y climáticas del origen	Nivel de significancia	r	R <sup>2</sup>	CV%
Elevación (msnm) 3-825	NS	-0.17	0.03	27.17
LATITUD (N) 7 <sup>o</sup> 32' - 19 <sup>o</sup> 46'	**	0.73	0.54	18.75
TEMPERATURA Promedio Anual (°C)	NS	0.44	0.20	24.74
PRECIPITACION Promedio Anual (mm) 877 - 2296	**	-0.76	0.58	17.87
MESES SECOS (PP < 100 mm/mes)	**	0.90	0.82	11.79

NS no significativo ( $P < 0.05$ )

\*\* significativo ( $P \leq 0.01$ )

**CUADRO 7** Ecuaciones de regresión encontradas entre la variable peso de semilla y variables del sitio de origen en 12 procedencias de Gliricidia sepium de México, Centro América y Panamá.

	R <sup>2</sup>	Sig.
PESO = 0.0420 + 0.0071 (LATITUD)	0.54	**
PESO = 0.219472 - .000059 (PP)	0.58	**
PESO = 0.0256 + 0.0273 (MESES S)	0.82	**
PESO = 0.039460 - 0.000022 (PP) + 0.021518 (MESES S)	0.86	**

\*\* (P ≤ 0.01) Sig.

PESO : Peso de semilla (gr).

LATITUD : Latitud norte (en grados y décimas de grado).

PP : Precipitación (m m/año).

MESES S : Meses secos (PP < 100 mm/mes)

**CUADRO 8** Análisis de Varianza para la variable altura a la edad de 100 días por repique en Procedencias y Familias de Gliricidia sepium procedentes de México, Centroamérica y Panamá.

No.	FUENTES DE VARIACION	GL	CM	Prueba	F	Com. de Var%
1	Bloques	2	59670.83	1/3	***	23.83
2	Procedencias	11	5984.65	2/3	*	5.77
3	Bloques x Procedencias	22	2440.48			11.30
4	Procedencias (Fam)	165	419.92	4/5	***	4.10
5	Bloques x Proc.(Fam)	309	254.54			15.26
6	Error	6278	41.75			39.74
						----- 100.00

Prueba de Tukey para la variable altura a la edad de 100 días por repique en Procedencias y Familias de Gliricidia sepium procedentes de México, Centroamérica y Panamá.

No.	Procedencias	Altura Media (cm)	1/
1	25-84	33.39	a
2	14-86	29.98	a
3	38-85	27.21	a b
4	35-85	27.01	a b
5	17-84	27.00	a b
6	34-85	26.06	a b
7	16-84	25.87	a b
8	A 2	25.70	a b
9	A 4	24.44	a b
10	37-85	23.00	a b
11	13-86	22.87	a b
12	A 1	13.90	b

\*\*\* ( $P \leq 0.0001$ )

\* ( $P \leq 0.05$ )

1/ Tukey ( $P \leq 0.05$ ) Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes.

**CUADRO 9** Análisis de Varianza y para la variable Diámetro a 1 cm. sobre el suelo a la edad de 100 días pos repique en Procedencias y Familias de Gliricidia sepium procedentes de México, Centro América y Panamá.

No.	FUENTES DE VARIACION	GL	CM	PRUEBA	F	Com. de Var%
1	Bloques	2	292076.41	1/3	***	25.56
2	Procedencias	11	18002.75	2/3	*	3.82
3	Bloques x Procedencias	22	6929.09			6.70
4	Procedencias (Fam)	165	1515.92	4/5	***	3.40
5	Bloques x Proc.(Fam)	309	876.58			9.63
6	Error	6278	249.53			50.89

Prueba de Tukey para la variable Diámetro a 1 cm. sobre el suelo a la edad de 100 días pos repique en Procedencias y Familias de Gliricidia sepium procedentes de México, Centro América y Panamá.

No.	Procedencias	Diámetro Basal x a 1 cm. (mm)	1/
1	25-84	7.87	a
2	35-85	7.74	a
3	14-86	7.29	a b
4	17-84	7.29	a b
5	34-85	7.18	a b
6	38-85	6.98	a b
7	A 2	6.96	a b
8	37-85	6.90	a b
9	16-84	6.57	a b
10	A 4	6.38	a b
11	13-86	6.27	a b
12	A 1	5.04	b

\*\*\* ( $P \leq 0.0001$ )

\* ( $P \leq 0.05$ )

1/ Tukey ( $P \leq 0.05$ ) Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes.

**CUADRO 10** Análisis de varianza para la variable diámetro a 5 cm. sobre el suelo a los 100 días posrepique en procedencias y familias de Gliricidia sepium de México, América Central y Panamá.

No.	FUENTES DE VARIACION	GL.	CM	PRUEBA	F	Com. de Var%
1	Bloques	2	272196.66	1/3	***	27.90
2	Procedencias	11	17572.64	2/3	*	4.37
3	Bloques x Procedencias	22	6886.59			7.99
4	Procedencias (Fam)	165	1237.30	4/5	***	3.09
5	Bloques x Proc.(Fam)	309	742.02			9.85
6	Error	6258	196.08			46.80

Prueba de Tukey para la variable diámetro basal a 5 cm. sobre el suelo a los 100 días posrepique en procedencias de G. sepium. de México, Centro América y Panamá.

No.	Procedencias	Diámetro Basal x a 5 cm. (mm)	I/
1	25-84	6.89	a
2	35-85	6.54	a b
3	34-85	6.29	a b
4	14-86	6.28	a b
5	17-84	6.07	a b
6	A 2	5.95	a b
7	37-85	5.90	a b
8	38-85	5.75	a b
9	A 4	5.62	a b
10	16-84	5.33	a b
11	13-86	5.27	a b
12	A 1	4.35	b

\*\*\* (P < 0.0001)

\* (P < 0.05)

I/ Tukey (P < 0.05) Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes.

**CUADRO 11** Análisis de varianza para la variable número de hojas a los 100 días posrepique en Procedencias y Familias de Gliciridia sepium de México, América Central y Panamá.

No.	FUENTES DE VARIACION	GL	CM	PRUEBA F	Com. de Var%
1	Bloques	2	44.65	1/3 ***	5.93
2	Procedencias	11	7.36	2/3 *	2.20
3	Bloques x Procedencias	22	3.09		4.33
4	Procedencias (Fam)	165	1.19	4/5 ***	4.62
5	Bloques x Proc.(Fam)	309	0.65		10.73
6	Error	6272	0.22		72.19

Prueba de Tukey para la variable número de hojas a los 100 días posrepique en procedencias de G. sepium de México, Centro América y Panamá

No.	Procedencias	Número de Hojas x	1/
1	34-85	13.6	a
2	A 2	13.5	a
3	25.84	13.3	a
4	14-86	13.0	a
5	38-85	13.0	a
6	17-84	12.7	a
7	35-85	12.5	a
8	37-85	12.4	a
9	16-84	12.2	a
10	A 4	11.3	a
11	13-86	11.2	a
12	A 1	10.1	a

\*\*\* ( $P \leq 0.0001$ )

\* ( $P \leq 0.05$ )

1/ Tukey ( $P \leq 0.05$ ) Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes.

**CUADRO 12** Ecuaciones de regresión encontradas entre las variables de respuesta y algunas variables del sitio de origen en 12 procedencias de Gliricidia sepium de México, América Central y Panamá a los 100 días de posrepique.

ECUACION

		R <sup>2</sup>	Sig
ALTURA	= 62.542606 + 0.337610 (PP) - 0.000130 (PP) <sup>2</sup>	0.61	*
DB1	= 35.369699 + 0.058091 (PP) - 0.000022 (PP) <sup>2</sup>	0.66	**
DB5	= 24.177620 + 0.057015 (PP) - 0.000021 (PP) <sup>2</sup>	0.57	*
NHOJAS	= 3.003793359 + 0.000931213 (PP) - 0.000000366 (PP) <sup>2</sup>	0.51	*

\* (P < 0.05)

\*\* (P < 0.001)

Altura : Altura de planta (cm)

DB1 : Diámetro basal a 1 cm sobre el suelo (mm)

DB5 : Diámetro basal a 5 cm sobre el suelo (mm)

NHOJAS : Número de hojas por planta transformada a raíz cuadrada.

**CUADRO 13** Análisis de Varianza para la variable altura a los 240 días posrepique en procedencias y familias de Gliricidia sepium de México, América Central y Panamá.

No.	FUENTES DE VARIACION	GL	CM	Prueba	F	Com. de Var%
1	Bloques	2	83513.57	1/3	*	1.88
2	Procedencias	11	114462.12	2/3	***	11.40
3	Bloque x Procedencia (Fam)	22	12959.76			3.14
4	Procedencia (Fam)	165	4774.26	4/5	*	1.69
-5	Bloque x Procedencia	309	3733.78			12.43
6	Error	6254	1108.90			69.46

Prueba de Tukey para la variable altura a los 240 días posrepique en procedencias de G. sepium de México, Centro América y Panamá.

No.	Procedencias	Altura x cm.	1/
1	A 2	143.31	a
2	A 4	108.09	b
3	25-84	88.73	b c
4	16-84	83.34	b c
5	38-85	75.57	b c
6	17-84	75.06	b c
7	14-86	74.90	b c
8	34-85	69.29	c
9	A 1	68.99	c
10	37-85	67.70	c
11	13-86	61.43	c
12	35-85	57.40	c

\*\*\* ( $P \leq 0.0001$ )

\* ( $P \leq 0.05$ )

1/ Tukey ( $P \leq 0.05$ ) Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes.

**CUADRO 14** Análisis de varianza para la variable diámetro basal a 1 cm. sobre el suelo a los 240 días posrepique en procedencias y Familias de *Gliricidia sepium* México, América Central y Panamá.

No.	FUENTES DE VARIACION	GL	CM	Prueba	F	Com. de Var%
1	Bloque	2	935.53	1/3	**	1.35
2	Procedencias	11	665.57	2/3	***	3.67
3	Bloques x Proced.	22	93.07			0.90
4	Procedencias (Fam)	165	72.55	4/5	*	2.32
5	Bloques x Proced. (Fam)	309	48.53			7.16
6	Error	6255	22.88			84.60

Prueba de Tukey para la variable diámetro basal a 1 cm. sobre el suelo a los 240 días posrepique en procedencias de *G. sepium* de México, Centro América y Panamá

No.	Procedencias	Diámetro x a 1 cm sobre el suelo(mm)	1/
1	A 2	20.4	a
2	A 4	19.8	ab
3	37-85	18.1	abc
4	25-84	17.6	abcd
5	A 1	17.0	bcd
6	14-86	17.0	bcd
7	16-84	17.0	bcd
8	34-85	16.9	cd
9	38-85	16.8	cd
10	17-84	16.3	cd
11	13-86	16.1	cd
12	35-85	14.9	d

\*\*\* ( $P \leq 0.0001$ )

\*\* ( $P \leq 0.001$ )

\* ( $P \leq 0.05$ )

1/ Tukey ( $P \leq 0.05$ ) Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes.

**CUADRO 15** Análisis de varianza para la variable altura a los 90 días posplantación en Procedencias y Familias de Glicidía sepium de México, América Central y Panamá.

No.	FUENTES DE VARIACION	GL	CM	PRUEBA F	Com. de Var%
1	Bloques	2	17480.32	1/4 ***	1.42
2	Procedencias	11	8181.86	2/4 ***	2.53
3	Familia (Proced.)	148	903.24	3/4 *	0.88
4	Bloques x Fam (Proc)	318	705.45		1.32
5	Error	4995	608.39		93.85
					100.00

Prueba de Tukey para la variable altura a los 90 días pos-plantación en procedencias de G. sepium de México, Centro América y Panamá.

No.	Procedencias	ALTURA MEDIA (CM)	1/
1	A-4	81.46	a
2	A-2	75.48	a b
3	14-86	72.60	a b c
4	16-84	70.57	b c d
5	25-84	70.03	b c d
6	13-86	66.45	c d
7	38.85	64.73	c d
8	37.85	63.98	c d
9	A-1	63.57	d
10	17-84	63.36	d
11	35-85	62.80	d
12	34-85	62.17	d

\*\*\* ( $P \leq 0.001$ )

\* ( $P \leq 0.05$ )

1/ Tukey ( $P \leq 0.05$ ) Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes.

**CUADRO 16** Análisis de varianza para la variable longitud de la rama más larga a los 90 días posplantación en procedencias y familias de Gliricidia sepium de México, América Central y Panamá.

No.	FUENTES DE VARIACION	GL	CM	PRUEBA	F	Com. de Var%
1	Bloques	2	31129.43	1/4	***	2.79
2	Procedencias	11	7140.29	2/4	***	2.38
3	Familia (Proc)	148	821.15	3/4	*	0.91
4	Bloques x Fam (Proc.)	318	633.61			1.16
5	Error	4992	554.87			92.76
						100.00

Prueba de Tukey para la variable longitud de la rama más larga a los 90 días posplantación en procedencias de G. sepium de México, Centro América y Panamá.

No.	Procedencias	Longitud de la Rama más larga (cm)	1/
1	A-4	66.47	a
2	A-2	60.79	a b
3	14-86	58.05	a b
4	16-84	58.03	a b c
5	25-84	56.38	b c
6	A-1	53.45	b c d
7	13-86	51.35	c d
8	37-85	51.16	c d
9	17-84	51.06	c d
10	38-85	50.56	c d
11	35-85	49.65	c d
12	34-85	49.38	d

1/ Tukey ( $P \leq 0.05$ ) Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes.

**CUADRO 17** Análisis de varianza para la variable diámetro basal a 5 cm. sobre el suelo a los 90 días posplantación en procedencias y familias de Gliricidia sepium de México, América Central y Panamá.

No.	FUENTES DE VARIACION	GL	CM	PRUEBA	F	Com. de Var%
1	Bloques	2	1.45	1/4	NS	0.07
2	Procedencias	11	2.09	2/4	**	0.54
3	Familia (Proc.)	148	0.84	3/4	NS	0.87
4	Bloques x Fam. (Proc.)	318	0.68			3.16
5	Error	4990	0.49			95.36
						100.00

Prueba de Tukey para la variable diámetro basal a 5 cm. sobre el suelo a los 90 días posplantación en procedencias de G. sepium de México, Centroamérica y Panamá.

No.	Procedencias	Diámetro Basal a 5 cm sobre el suelo (cm)	1/
1	A-2	2.37	a
2	A-4	2.31	a b
3	14-86	2.28	a b
4	25-84	2.27	a b
5	16-84	2.27	a b
6	17-84	2.24	a b
7	37-85	2.19	a b
8	13-86	2.18	a b
9	38-85	2.17	a b
10	34-85	2.15	a b
11	A-1	2.12	a b
12	35-85	2.09	b

\*\*\* ( $P \leq 0.001$ )

NS No significativo

1/ Tukey ( $P \leq 0.05$ ) Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes.

CUADRO 18 Ecuación de Regresión entre la variable de respuesta DB1 (Diámetro Basal a 1 cm sobre el suelo) y la variable de sitio de origen Meses Secos en 12 procedencias de Gliricidia sepium de México, América Central y Panamá, a los 240 días pos repique.

ECUACION	R <sup>2</sup>	Sig
DB1 = 22.17 - 0.79 (MESES S)	0.40	*

\* Significativo ( $P \leq 0.05$ )

DB1: Diámetro Basal a 1 cm sobre el suelo (cm)

MESES S: Meses Secos (PP < 100 mm/mes)

**CUADRO 19** Análisis de varianza para la variable número máximo de folíolos a los 90 días posplantación en Procedencias y Familias de Gliricidia sepium de México, América Central y Panamá.

No.	FUENTES DE VARIACION	GL	CM	PRUEBA	F	Com. de Var <sup>%</sup>
1	Bloques	2	0.92	1/4	NS	0.05
2	Procedencias	11	2.18	2/4	***	0.72
3	Familia (Proc.)	148	0.64	3/4	*	0.97
4	Bloques x Fam. (Proc.)	318	0.98			0.00
5	Error	4994	0.48			98.26

Prueba de Tukey para la variable número máximo de folíolos a los 90 días posplantación en procedencias de G. sepium de México, Centro América y Panamá. 100.00

No.	Procedencias	V No. Brotes	1/
1	A-4	4.07	a
2	25-84	3.94	a b
3	37-85	3.88	a b
4	A-2	3.88	a b
5	34-85	3.87	a b
6	14-86	3.86	a b
7	A-1	3.86	a b
8	13-86	3.83	b
9	16-84	3.80	b
10	17-84	3.79	b
11	38-85	3.75	b
12	35-85	3.75	b

\*\*\* (P ≤ 0.0001)

NS No significativo

1/ Tukey (P ≤ 0.05) Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes.

**CUADRO 20** Análisis de varianza para la variable biomasa a los 240 días pos repique en procedencias y familias de Gliricidia sepium de México, América Central y Panamá.

No.	FUENTES DE VARIACION	GL	CM	PRUEBA	F	Com. de Var%
1	Bloques	2	6491.52	1/3	NS	0.92
2	Procedencias	11	9138.57	2/3	*	7.49
3	Bloques x Procedencias	22	3092.41			4.81
4	Procedencias (Fam)	165	1722.91	4/5	NS	4.81
5	Error	282	1792.65			86.78
						100.00

Prueba de Tukey para la variable biomasa a los 240 días pos-repique en procedencias de G. sepium de México, Centro América y Panamá.

No.	Procedencias	Biomasa (gr) Peso x	1/
1	A-4	76.79	a
2	37-85	76.48	a
3	A-2	74.67	a
4	25-84	70.55	a
5	16-84	65.14	a
6	14-86	56.00	a
7	A-1	55.20	a
8	17-84	54.53	a
9	38-85	50.19	a
10	13-86	50.18	a
11	34-85	40.76	a
12	35-85	26.33	a

\* ( $P \leq 0.05$ )

NS No significativa

1/ Tukey ( $P \leq 0.05$ ) Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes.

**CUADRO 21** Análisis de varianza para la variable biomasa a los 90 días posplantación en Procedencias y Familias de Gliricidia sepium de México, América Central y Panamá.

No.	FUENTES DE VARIACION	GL	CM	PRUEBA	F	Com. de Var%
1	Bloques	2	301330.21	1/4	***	5.08
2	Procedencias	11	20929.15	2/4	***	1.16
3	Familia (Proc.)	148	4424.39	3/4	NS	0.44
4	Bloques x Fam. (Proc.)	318	3958.69			2.66
5	Error	4882	2968.62			90.66
						100.00

Prueba de Tukey para la variable biomasa a los 90 días posplantación en procedencias de G. sepium de México, Centro América y Panamá.

No.	Procedencias	BIOMASA (gr)	1/
1	A-4	84.94	a
2	A-2	84.35	a
3	25-84	70.49	a b
4	17-84	69.19	a b
5	14-86	69.14	a b
6	38-85	67.76	a b
7	37-85	65.82	a b
8	16-84	65.30	a b
9	A-1	62.66	b
10	13-86	59.72	b
11	34-85	55.99	b
12	35-85	55.57	b

\*\*\* ( $P \leq 0.0001$ )

NS No significativo

1/ Tukey ( $P \leq 0.05$ ) Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes.

**CUADRO 22** Análisis de varianza para la variable número de brotes a los 90 días posplantación en procedencias y familias de Glicidia sepium de México, América Central y Panamá.

No.	FUENTES DE VARIACION	GL	CM	PRUEBA	F	Com. de Var%
1	Bloques	2	41.39	1/4	***	10.34
2	Procedencias	11	3.59	2/4	***	3.44
3	Familia (Proc.)	148	0.24	3/4	NS	0.04
4	Bloques x Fam. (Proc.)	318	0.24			2.34
5	Error	4995	0.18			83.84

Prueba de Tukey para la variable número de brotes a los 90 días posplantación en procedencias de G. sepium de México, Centro América y Panamá. 100.00

No.	Procedencias	V No. Brotes	l/
1	13-86	2.03	a
2	A-2	1.97	a b
3	A-1	1.96	a b
4	17-84	1.95	a b
5	A-4	1.91	a b
6	38-85	1.90	a b
7	14-86	1.90	a b
8	25-84	1.86	b c
9	35-85	1.85	b c
10	34-85	1.82	b c
11	16-84	1.81	b c
12	37-85	1.73	c

\*\*\* ( $P \leq 0.0001$ )

NS No significativo

l/ Tukey ( $P \leq 0.05$ ) Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes.

**CUADRO 23** Análisis de varianza para la variable diámetro basal a 5 cm. sobre el suelo a los 240 días posrepique en procedencias y Familias de Gliricidia sepium de México, América Central y Panamá.

No.	FUENTES DE VARIACION	GL	CM	Prueba	F	Com. de Var%
1	Bloques	2	495.99	1/3	**	1.41
2	Procedencias	11	669.87	2/3	***	3.83
3	Bloque x Procedencia	22	102.57			1.08
4	Procedencia (Fam)	165	70.17	4/5	*	1.99
5	Bloques x Proc.(Fam)	309	50.49			8.39
6	Error	6230	21.68			83.30

Prueba de Tukey para la variable diámetro basal a 5 cm. sobre el suelo a los 240 días posrepique en procedencias de G. sepium de México, Centro América y Panamá.

No.	Procedencias	Diámetro x a 5 cm sobre el suelo (mm)	1/
1	A 2	18.1	a
2	A 4	17.6	a b
3	25-84	15.7	a b c
4	37-85	15.5	a b c
5	14-86	15.2	a b c
6	16-84	15.0	b c
7	34.85	14.9	b c
8	38.85	14.6	b c
9	A 1	14.2	c
10	17-84	14.2	c
11	13-86	14.2	c
12	35-85	12.9	c

\*\*\* ( $P \leq 0.0001$ )

\*\* ( $P \leq 0.001$ )

\* ( $P \leq 0.05$ )

1/ Tukey ( $P \leq 0.05$ ) Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes.

**CUADRO 24** Cambio de la variabilidad a la edad de 100 y 240 en las variables altura, diámetro basal a 1 y 5 cm. (DB-1) y (DB-5) sobre el suelo en procedencias y familias de Gliricidia sepium de México, América Central y Panamá.

Edad 100 días		Edad 240 días	
ALTURA		ALTURA	FV
23.83		1.88	B
5.77		11.40	P
11.30		3.14	B x Pb
4.10		1.69	F (P)
15.26		12.43	B x F (P)
39.74		69.46	E
-----			
100.00%		100.00%	
DB-1		DB-1	
25.56		1.35	B
3.82		3.67	P
6.70		0.90	B x P
3.40		2.32	F (P)
9.63		7.16	B x F (P)
50.89		84.60	E
-----			
100.00%		100.00%	
DB-5		DB-5	
27.90		1.41	B
4.37		3.83	P
7.99		1.08	B x P
3.09		1.99	F (P)
9.85		8.39	B x F (P)
46.80		83.30	E
-----			
100.00%		100.00%	

**CUADRO 25** Ecuaciones de regresión encontradas entre algunas variables de respuesta y algunas variables del sitio de origen en 12 procedencias de *Gliricidia sepium* de México, América Central y Panamá, a 90 días pos plantación en Guápiles.

ECUACION	R <sup>2</sup>	Sig
LRML = 51.08 + 50.92 Eleva - 58.43 (ELEVA) <sup>2</sup>	0.52	*
ALTURA = 90.96 - 3.77 MESES S	0.46	*
LRML = 77.79 - 3.33 MESES S	0.50	*
N MAX F = 17.34 - 0.39 MESES S	0.42	*
BIOMASA = 98.92 - 5.33 MESES S	0.38	*
LRML = 116.97 - 2.38 TEMP	0.38	*
N MAX F = 23.46 - 0.32 TEMP	0.44	*

\* ( $P \leq 0.05$ )

LRML : Longitud de la rama más larga (cm)

ALTURA : Altura de la planta (cm)

N MAX F : Número máximo de folíolos (n)

+  
BIOMASA : Peso de la biomasa en (gr.)

ELEVA : Elevación (m s n m)

MESES S : Meses Secos (PP < 100 mm/mes)

TEMP : Temperatura media anual (°C)

CUADRO 26 Variables involucradas en el análisis de agrupamiento de familias de *Girardinia septium*

VARIABLE	SIMBOLO	ETAPA	UNIDAD
Altura	Altura 1	Vivero	cm
Número de hojas	N Hojas	Vivero	N
Altura	Altura 2	Vivero	cm
Diámetro basal a 1 cm sobre el suelo	DB1 2	Vivero	mm
Altura	Altura	Plantación	cm
Biomasa	Biomasa	Plantación	gr
Número de Brotes	Brotes	Plantación	N
Diámetro Basal a 5 cm sobre el suelo	DB 5	Plantación	mm
Número máximo de folíolos	N Max F	Plantación	N
Sobrevivencia	S	Plantación	%

CUADRO 27

Grupos resultantes del análisis de agrupamiento de familias de Gliricidia sepium de Méxilco, Centro América y Panamá

## GRUPO: 1

---

13-86-02	16-84-09	25-84-08	35-85-20
13-86-03	16-84-10	25-84-19	37-85-01
13-86-05	16-84-11	34-85-02	37-85-02
13-86-10	16-84-12	34-85-03	37-85-03
13-86-14	16-84-13	34-85-05	37-85-04
13-86-15	16-84-15	34-85-07	37-85-06
13-86-16	16-84-20	34-85-11	37-85-12
13-86-17	17-84-01	34-85-14	37-85-13
13-86-18	17-84-02	34-85-15	37-85-17
13-86-19	17-84-03	34-85-18	37-85-20
14-86-05	17-84-04	35-85-02	38-85-01
14-86-07	17-84-08	35-85-03	38-85-02
14-86-08	17-84-09	35-85-04	38-85-03
14-86-10	17-84-10	35-85-05	38-85-04
14-86-15	17-84-11	35-85-06	38-85-07
16-84-02	17-84-12	35-85-07	38-85-09
16-84-03	17-84-13	35-85-10	38-85-10
16-84-04	17-84-14	35-85-11	38-85-11
16-84-05	17-84-15	35-85-12	38-85-13
16-84-06	17-84-16	35-85-15	38-85-15
16-84-07	17-84-17	35-85-16	38-85-19
16-84-08	17-84-18	35-85-19	38-85-20

---

## GRUPO: 2

---

00-A1-07	13-86-11	34-85-08	37-85-07
00-A1-15	13-86-12	34-85-10	37-85-08
00-A4-10	13-86-13	34-85-12	37-85-14
13-86-01	13-86-20	34-85-16	37-85-16
13-86-04	16-84-16	34-85-17	37-85-19
13-86-06	16-84-19	35-85-08	38-85-05
13-86-07	17-84-20	35-85-18	38-85-12
13-86-08	34-85-01	37-85-05	38-85-14
13-86-09	34-85-06		

---

CUADRO 27 A Grupos resultantes del análisis de agrupamiento de familias de Gliricidia sepium de México, Centro América y Panamá

GRUPO: 3

---

14-86-01	17-84-06	25-84-14	35-85-13
14-86-02	17-84-07	25-84-15	35-85-14
14-86-03	17-84-19	25-84-16	35-85-17
14-86-04	25-84-01	34-85-04	37-85-10
14-86-06	25-84-04	34-85-09	37-85-15
14-86-09	25-84-05	34-85-13	38-85-06
14-86-11	25-84-09	34-85-19	38-85-08
14-86-13	25-84-10	34-85-20	38-85-16
14-86-14	25-84-11	35-85-01	38-85-17
16-84-14	25-84-12	35-85-09	38-85-18
17-84-05			

---

GRUPO: 4

GRUPO: 5

GRUPO: 6

---

14-86-12	00-A2-01	00-A4-01
25-84-02	00-A2-10	00-A4-09
25-84-03	00-A2-12	37-85-18
25-84-06		
37-85-09		
37-85-11		

---

GRUPO: 7

GRUPO: 8

---

00-A4-03	00-A1-05
----------	----------

---

Cuadro 28. Características de las variables de grupos generados por el análisis de agrupamientos de familias de *G. sepium*.

GRUPO	N	ALTURA		BIOMASA		PLANTACION 90 DIAS		DBS	$\bar{X}$	S	NMAXF	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S
		$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	BROTOS	$\bar{X}$								
1	88	66.17	5.84	65.02	11.09	3.82	0.54	2.21	0.15	14.70	0.69	96.15	3.50		
2	34	62.09	6.07	56.70	10.96	3.57	0.53	2.08	0.16	14.75	0.89	96.75	5.29		
3	41	67.93	6.36	64.72	10.77	3.77	0.36	2.25	0.17	14.81	0.84	94.63	6.40		
4	6	64.88	4.99	73.97	12.91	3.80	0.39	2.30	0.12	14.85	1.13	95.42	5.39		
5	3	76.19	3.91	76.78	13.90	3.62	0.50	2.30	0.13	14.99	0.83	73.55	3.88		
6	3	84.57	9.64	96.44	24.46	3.64	0.83	2.49	0.25	16.49	1.15	80.24	7.02		
7	1	91.50	.	119.94	.	4.37	.	2.59	.	17.60	.	83.33	.		
8	1	58.59	.	40.74	.	4.35	.	1.81	.	15.94	.	94.44	.		

GRUPO	N	VIVERO 100 DIAS		VIVERO 240 DIAS			
		ALTURA 1	NHOJAS 1	ALTURA 2	DBI 2		
		$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S		
1	88	260.51	18.92	71.62	11.34	16.65	1.31
2	34	196.19	23.73	61.06	12.76	15.94	2.20
3	41	315.28	17.77	79.21	12.01	17.37	1.08
4	6	384.95	27.08	103.94	11.91	20.19	1.35
5	3	257.88	27.39	142.93	7.68	20.29	1.38
6	3	224.01	13.77	96.30	14.78	19.48	0.66
7	1	328.84	.	131.37	.	23.18	.
8	1	96.59	.	53.68	.	15.32	.



**CUADRO 30** Valor F para las variables utilizadas en el análisis de agrupamiento por familias de Procedencias de Gliricidia sepium.

Variables	
<u>Etapa de Vivero 1<sup>o</sup> medición</u>	
	F
Altura	138.72
Número de hojas	18.05
<u>Etapa de Vivero 2da. medición</u>	
Altura	32.85
Diámetro basal a 1 cm sobre el suelo	13.46
<u>Etapa de Plantación</u>	
Altura	10.66
Biomasa	10.88
Número de Brotes	1.36
Diámetro basal a 5 cm sobre el suelo	6.89
Número Máximo de Foliolos	4.29
Sobrevivencia	14.84

CUADRO 31 Prueba de Tukey para la variable Peso Medio de Semilla (gr) entre familias dentro de procedencias en *Gliricidia sepium* de México, Centro América y Panamá.

Procedencia 3885  
Playa Azul, Michoacán, México

FAMILIA	MEDIA	<u>1</u>
10	0.243	A
18	0.216	A
16	0.205	A
17	0.203	A
04	0.193	A
09	0.189	A
06	0.189	A
19	0.186	A
15	0.180	A
12	0.178	A
01	0.170	A
02	0.169	A
07	0.168	A
03	0.167	A
13	0.164	A
20	0.157	A
14	0.157	A
05	0.148	B
11	0.142	B
08	0.138	B

1/ medias con las mismas letras no son significativamente diferentes en la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ )

CUADRO 32 Prueba de Tukey para la variable Altura entre familias dentro de procedencias en Gliricidia sepium de México, Centro América y Panamá, a la edad de 100 días en vivero.

Procedencia A4		
La Garita, Cebadilla, Alajuela, Costa Rica		
FAMILIA	MEDIA	<u>/1</u>
3	32.8	A
1	23.9	A B
9	21.2	A B
10	17.2	B

1/ medias con las mismas letras no son significativamente diferentes en la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ )

**CUADRO 33** Prueba de Tukey para la variable Altura entre familias dentro de procedencias en Gliricidia sepium de México, Centro América y Panamá, a la edad de 100 días en vivero.

FAMILIA	Procedencia 1486	
	MEDIA	<u>1</u>
12	41.2	A
11	32.1	A B
9	31.9	A B
3	31.6	A B
14	31.2	A B
1	30.8	A B
13	30.8	A B
2	29.7	A B
4	29.5	A B
6	29.2	A B
8	29.0	A B
15	26.6	A B
7	25.6	B
10	25.1	B
5	24.0	B

1/ medias con las mismas letras no son significativamente diferentes en la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ )

**CUADRO 34** Prueba de Tukey para la variable Altura entre familias dentro de procedencias en *Gliricidia sepium* de México, Centro América y Panamá, a la edad de 100 días en vivero.

Procedencia 2584		
Masaguara, Intibuca, Honduras		
FAMILIA	MEDIA	<u>1</u>
03	41.9	A
02	37.9	A B
06	35.9	A B
01	35.0	A B
12	34.8	A B
11	34.3	A B
15	33.6	A B
16	33.4	A B
14	33.0	A B
09	32.8	A B
10	31.6	A B
04	31.6	A B
05	30.4	A B
19	28.8	A B
08	24.7	B

1/ medias con las mismas letras no son significativamente diferentes en la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ )

CUADRO 35 Prueba de Tukey para la variable Altura entre familias dentro de procedencias en *Gliricidia sepium* de México, Centro América y Panamá, a la edad de 100 días en vivero.

Procedencia 3485		
Palma Sola, Veracruz, México		
FAMILIA	MEDIA	<u>1</u>
13	32.3	A
19	31.9	A
20	30.0	A B
09	29.9	A B
04	29.9	A B
14	27.8	A B
05	27.8	A B
02	26.7	A B
15	26.6	A B
03	26.5	A B
07	25.9	A B
18	25.2	A B
11	22.5	A B
10	21.7	A B
06	21.4	A B
12	20.6	A...B
01	20.0	A...B
08	19.8	A...B
17	19.6	A...B
16	12.3	B

1/ medias con las mismas letras no son significativamente diferentes en la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ )

CUADRO 36

Prueba de Tukey para la variable Diámetro Basal a 1 cm sobre el suelo entre familias dentro de procedencias en *Gliricidia sepium* de México, Centro América y Panamá, a la edad de 100 días en vivero.

Procedencia 3485		
Palmasola, Veracruz, México		
FAMILIA	MEDIA	<u>1/</u>
13	8.6	A
19	8.2	A
4	7.9	A B
20	7.7	A B
9	7.7	A B
15	7.4	A B
3	7.2	A B
5	7.2	A B
7	7.2	A B
2	7.1	A B
18	7.1	A B
14	6.9	A B
11	6.8	A B
6	6.6	A B
17	6.6	A B
10	6.5	A B
1	6.1	A B
8	6.0	A B
12	5.7	B
16	4.5	B

1/ medias con las mismas letras no son significativamente diferentes en la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ )

**CUADRO 37** Prueba de Tukey para la variable Diámetro Basal a 5 cm sobre el suelo entre familias dentro de procedencias en Giricidia sepium de México, Centro América y Panamá, a la edad de 100 días en vivero.

Procedencia A4

La Garita, Cebadilla, Alajuela, Costa Rica

FAMILIA	MEDIA	<u>1/</u>
03	6.8	A
09	5.5	A B
01	5.0	A B
10	4.5	B

1/ medias con las mismas letras no son significativamente diferentes en la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ )

CUADRO 38

Prueba de Tukey para la variable Diámetro Basal a 5 cm sobre el suelo entre familias dentro de procedencias en *Gliricidia sepium* de México, Centro América y Panamá, a la edad de 100 días en vivero.

Procedencia 2584

Masaguara, Intibuca, Honduras

FAMILIA	MEDIA	<u>1</u>
03	8.5	A
02	7.7	A B
11	7.3	A B
06	7.1	A B
12	7.1	A B
01	7.0	A B
09	7.0	A B
15	6.8	A B
10	6.7	A B
14	6.6	A B
16	6.6	A B
04	6.4	A B
05	6.2	A B
19	6.0	A B
08	5.6	B

1/ medias con las mismas letras no son significativamente diferentes en la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ )

CUADRO 39

Prueba de Tukey para la variable Diámetro Basal a 5 cm sobre el suelo (mm) entre familias dentro de procedencias en *Gliricidia sepium* de México, Centro América y Panamá, a la edad de 100 días en vivero.

Procedencia 3785		
Tzimol, Chiapas, México		
FAMILIA	MEDIA	<u>1</u>
11	9.2	A
15	9.0	A
10	8.8	A
09	8.5	A B
12	6.3	A B
17	6.2	A B
06	6.2	A B
01	6.1	A B
13	6.1	A B
04	6.0	A B
03	5.9	A B
20	5.9	A B
02	5.8	A B
08	5.7	A B
14	5.5	A B
18	5.4	A B
07	5.0	A B
19	4.8	A B
16	4.8	A B
05	3.9	B

1/

medias con las mismas letras no son significativamente diferentes en la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ )

CUADRO 40 Prueba de Tukey para la variable Número de Hojas entre familias dentro de procedencias en Gliricidia sepium de México, Centro América y Panamá, a la edad de 100 días en vivero.

Procedencia 3885		
Playa Azul, Michoacán, México		
FAMILIA	MEDIA	<u>1</u>
16	17.75	A
09	14.47	A B
17	14.45	A B
18	14.21	A B
15	14.16	A B
08	14.11	A B
13	13.90	A B
11	13.51	A B
02	13.41	A B
07	13.35	A B
19	12.86	A B
06	12.74	A B
01	12.54	A B
20	12.31	A B
10	12.19	A B
04	12.00	A B
03	11.38	A B
05	11.15	A B
12	10.88	A B
14	9.67	B

1/ medias con las mismas letras no son significativamente diferentes en la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ )

**CUADRO 41** Prueba de Tukey para la Variable Longitud de la Rama más larga (cm) entre familias dentro de procedencias en *Gliridicia sepium* de México, Centro América y Panamá, a la edad de 90 días en plantación.

Procedencia A4		
Playa Grande, Guanacaste, Costa Rica		
FAMILIA	MEDIA	<u>1</u>
03	77.8	A
09	61.1	A B
10	57.7	B

1/ medias con las mismas letras no son significativamente diferentes en la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ )

CUADRO 42 Prueba de Tukey para la Variable Longitud de la Rama más larga (cm) entre familias dentro de procedencias en *Gliridicia sepium* de México, Centro América y Panamá, a la edad de 90 días en plantación.

Procedencia 1684

Vado Hondo, Chiquimula, Guatemala

FAMILIA	MEDIA	<u>1</u>
14	74.2	A
04	62.5	A B
03	61.6	A B
05	60.7	A B
09	60.7	A B
02	59.9	A B
13	59.8	A B
12	59.3	A B
10	58.7	A B
07	58.3	A B
20	57.9	A B
08	56.0	A B
16	54.2	A B
06	52.9	A B
11	50.1	A B
19	49.7	A B
15	49.3	B

1/ medias con las mismas letras no son significativamente diferentes en la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ )

CUADRO 43

Prueba de Tukey para la Variable Longitud de la Rama más larga (cm) entre familias dentro de procedencias en *Gliricidia sepium* de México, Centro América y Panamá, a la edad de 90 días en plantación.

FAMILIA	Procedencia 3485	
	MEDIA	<u>1</u>
13	63.5	A
02	55.9	A B
19	54.5	A B
09	52.2	A B
03	51.8	A B
20	51.6	A B
04	49.7	A B
07	48.6	A B
14	48.0	A B
15	47.8	A B
01	46.9	A B
05	46.5	A B
11	45.2	A B
06	44.1	A B
08	44.0	A B
18	38.0	B

1/ medias con las mismas letras no son significativamente diferentes en la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ )

CUADRO 44 Prueba de Tukey para la Variable Altura entre familias dentro de procedencias en Gliridicia sepium de México, Centro América y Panamá, a la edad de 90 días en plantación.

FAMILIA	Procedencia 1386	
	Pedasí, Los Santos, Panamá	
	MEDIA	<u>1</u>
16	88.2	A
14	72.9	A B
15	69.4	A B
17	69.1	A B
05	69.1	A B
08	68.5	A B
04	68.0	A B
09	68.0	A B
01	66.9	A B
10	66.2	A B
11	65.3	A B
02	65.1	A B
18	64.9	A B
03	63.8	A B
13	63.3	A B
20	62.3	B
19	62.2	B
12	60.3	B
07	57.8	B
06	56.6	B

1/ medias con las mismas letras no son significativamente diferentes en la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ )

**CUADRO 45** Prueba de Tukey para la Variable Altura entre familias dentro de procedencias en *Gliridicia sepium* de México, Centro América y Panamá, a la edad de 90 días en plantación.

Procedencia 3785		
Tzimol, Chiapas, México		
FAMILIA	MEDIA	<u>1</u>
18	83.1	A
03	65.5	A B
06	65.2	A B
12	64.3	A B
17	63.7	A B
04	63.6	A B
02	61.7	A B
13	61.2	A B
07	60.3	A B
08	59.3	A B
01	58.7	B

1/ medias con las mismas letras no son significativamente diferentes en la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ )

**CUADRO 46** Prueba de Tukey para la Variable Número Máximo de Foliolos transformado a raíz cuadrada entre familias dentro de procedencias en Gliridicia sepium de México, Centro América y Panamá, a la edad de 90 días en plantación.

Procedencia 2584		
Masaguara, Intibuca, Honduras		
FAMILIA	MEDIA	<u>1/</u>
04	5.21	A
15	3.97	B
01	3.93	B
16	3.90	B
02	3.89	B
14	3.89	B
09	3.89	B
19	3.89	B
10	3.83	B
05	3.82	B
11	3.82	B
08	3.78	B
06	3.77	B
03	3.77	B
12	3.74	B

1/ medias con las mismas letras no son significativamente diferentes en la prueba Tukey ( $P \leq 0.05$ )

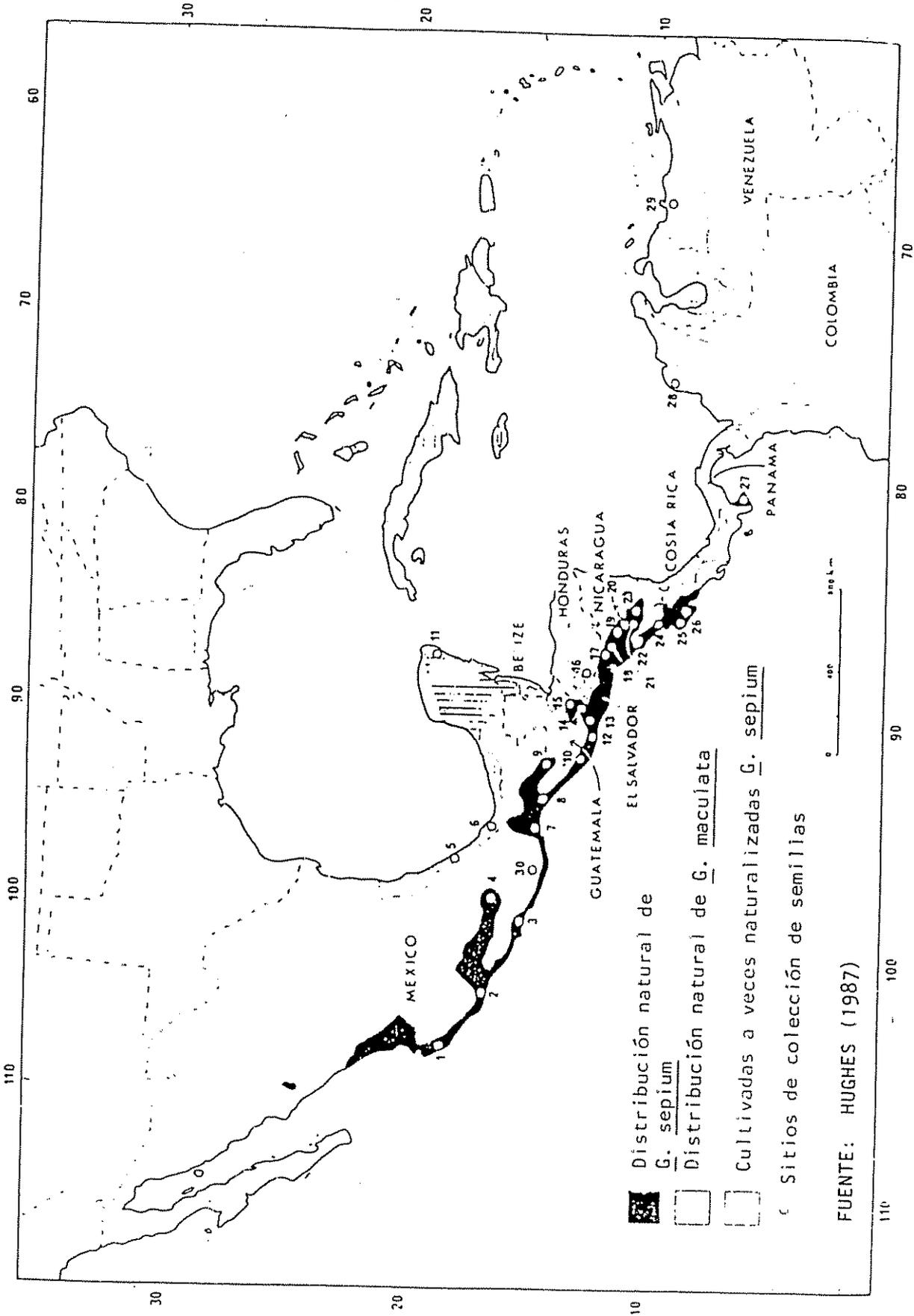


FIGURA 1 DISTRIBUCION TENTATIVA DE GLIPICIDIA SEPIUM Y LOCALIZACION DE SITIOS DE RECOLECCION DE SEMILLAS

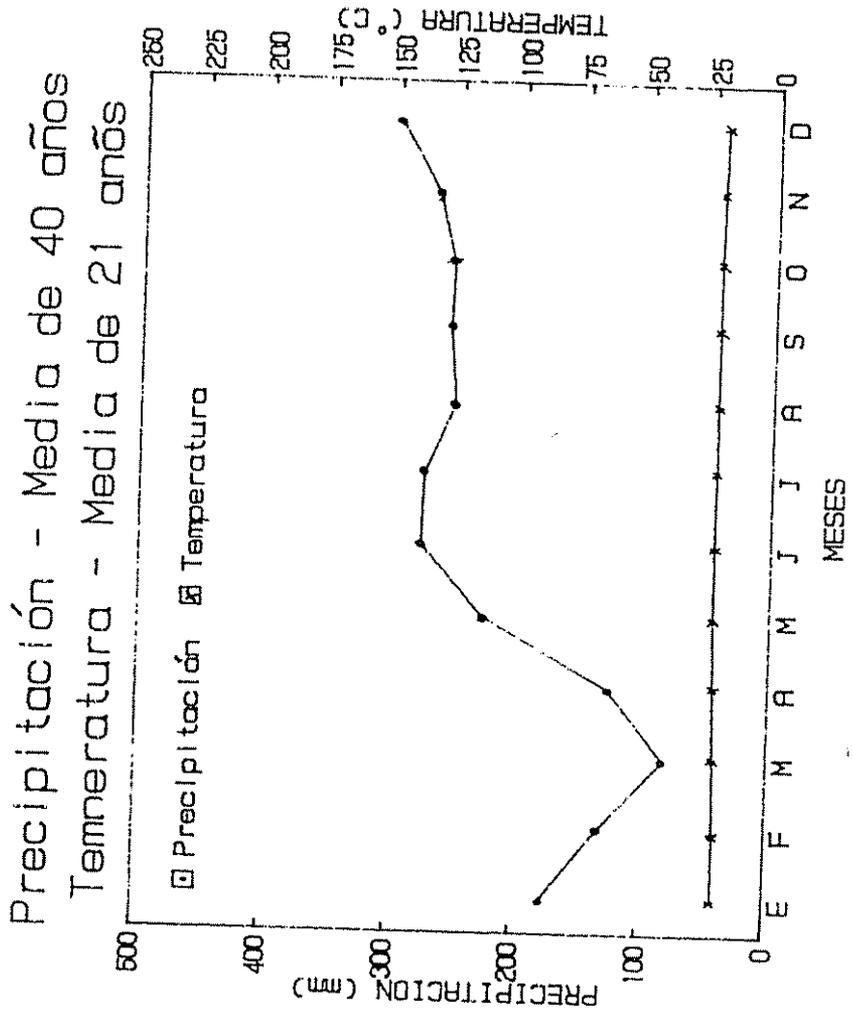


Figura 2 Diagrama climático de la Estación 'CATIE'

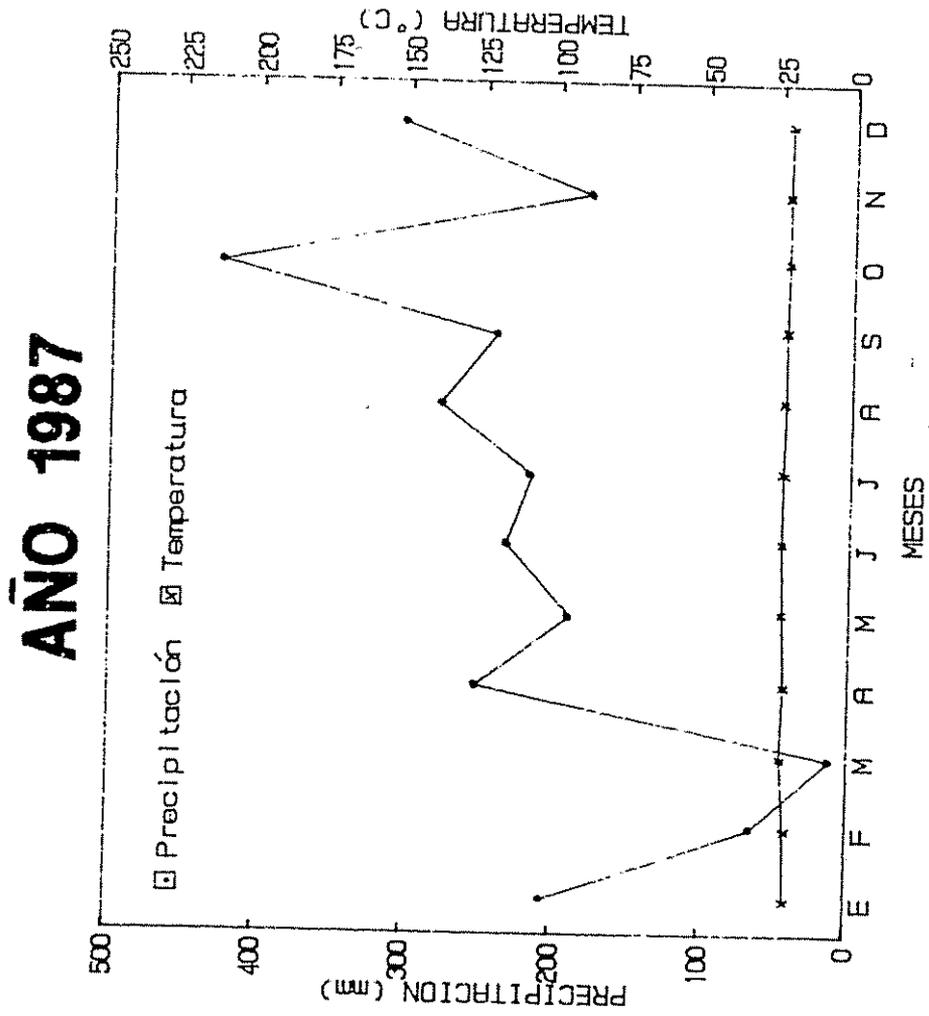


Figura 3 Diagrama climático de la Estación "CATIE"

# AÑO 1988

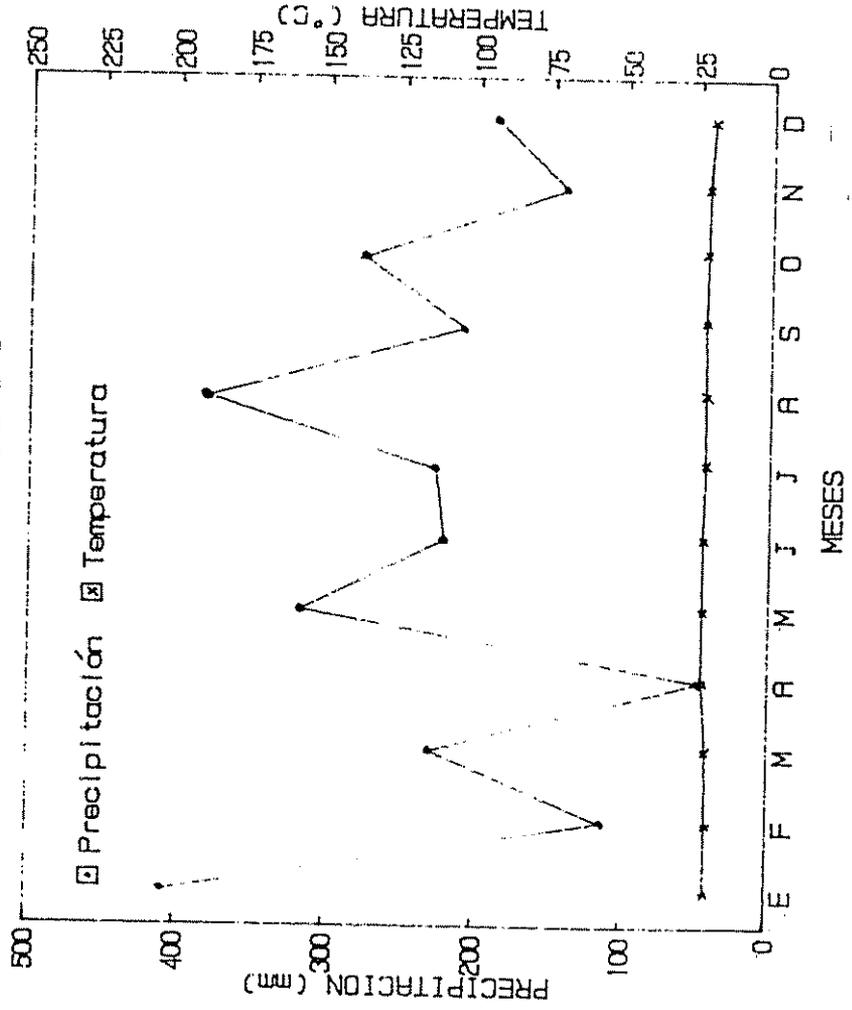


Figura 4 Diagrama climático de la Estación "CATIE"

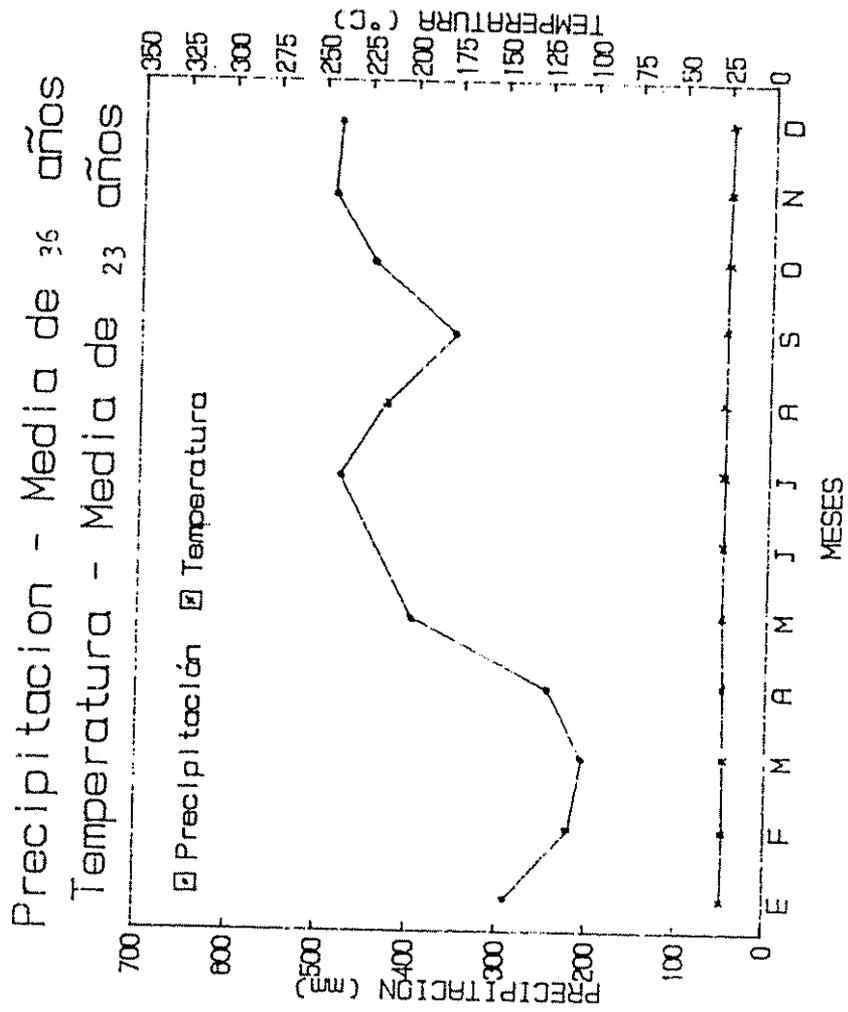


Figura 5 Diagrama climático de la Estación "Los Diamantes"

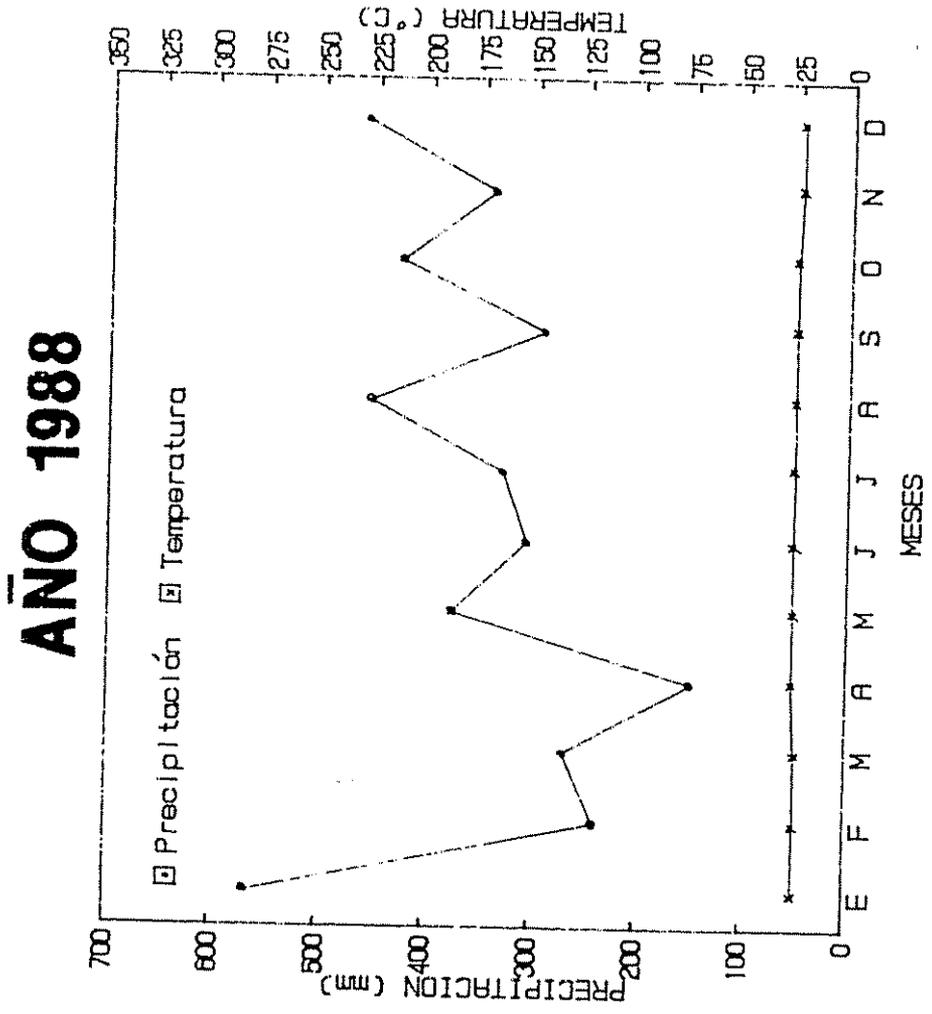


Figura 6 Diagrama climático de la Estación "Los Diamantes"

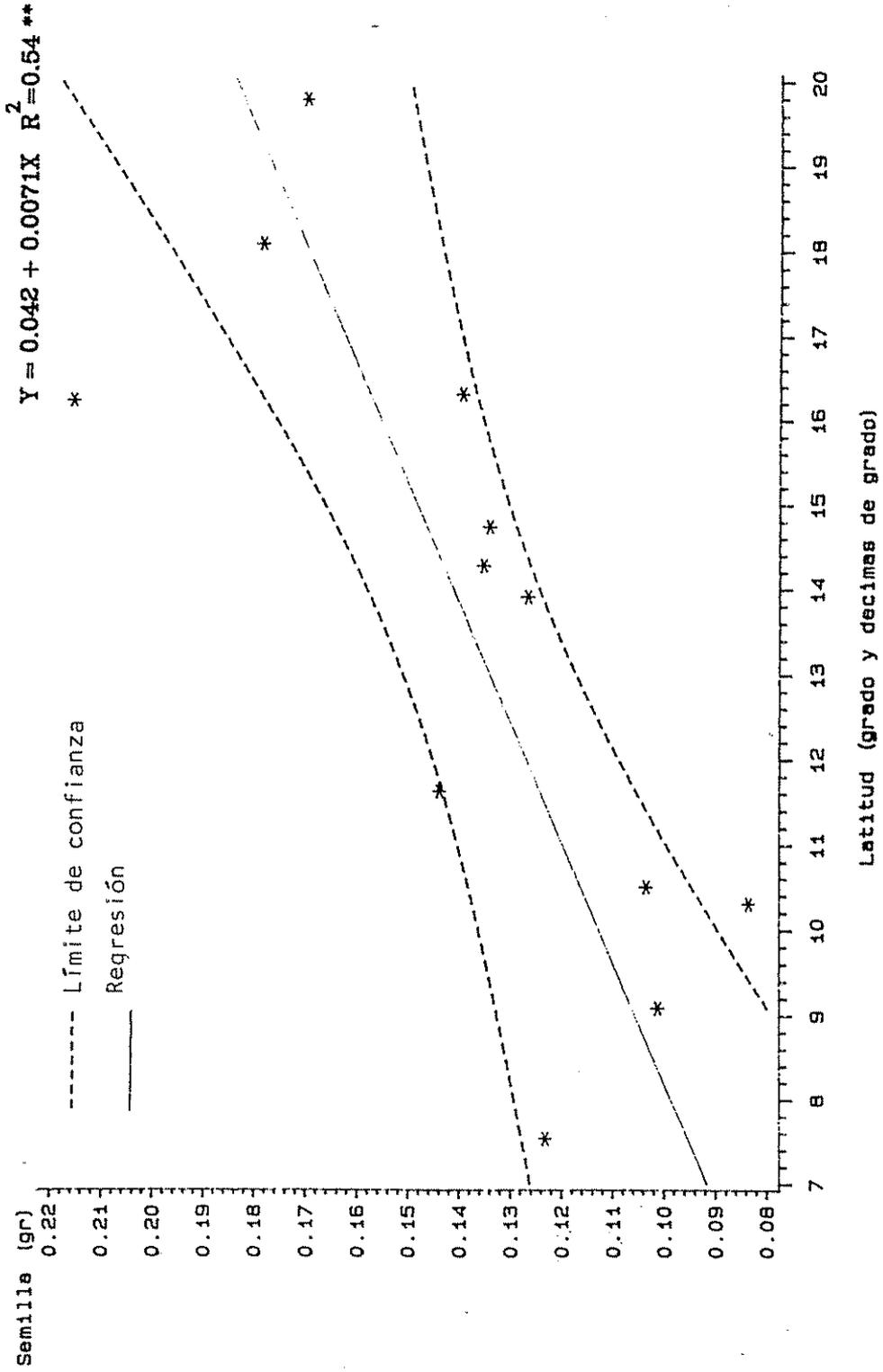


Figura 7 Relacion entre el peso de la semilla y la latitud de 12 procedencias de *Gliricidia sepium* de Mexico, Centro America y Panama.

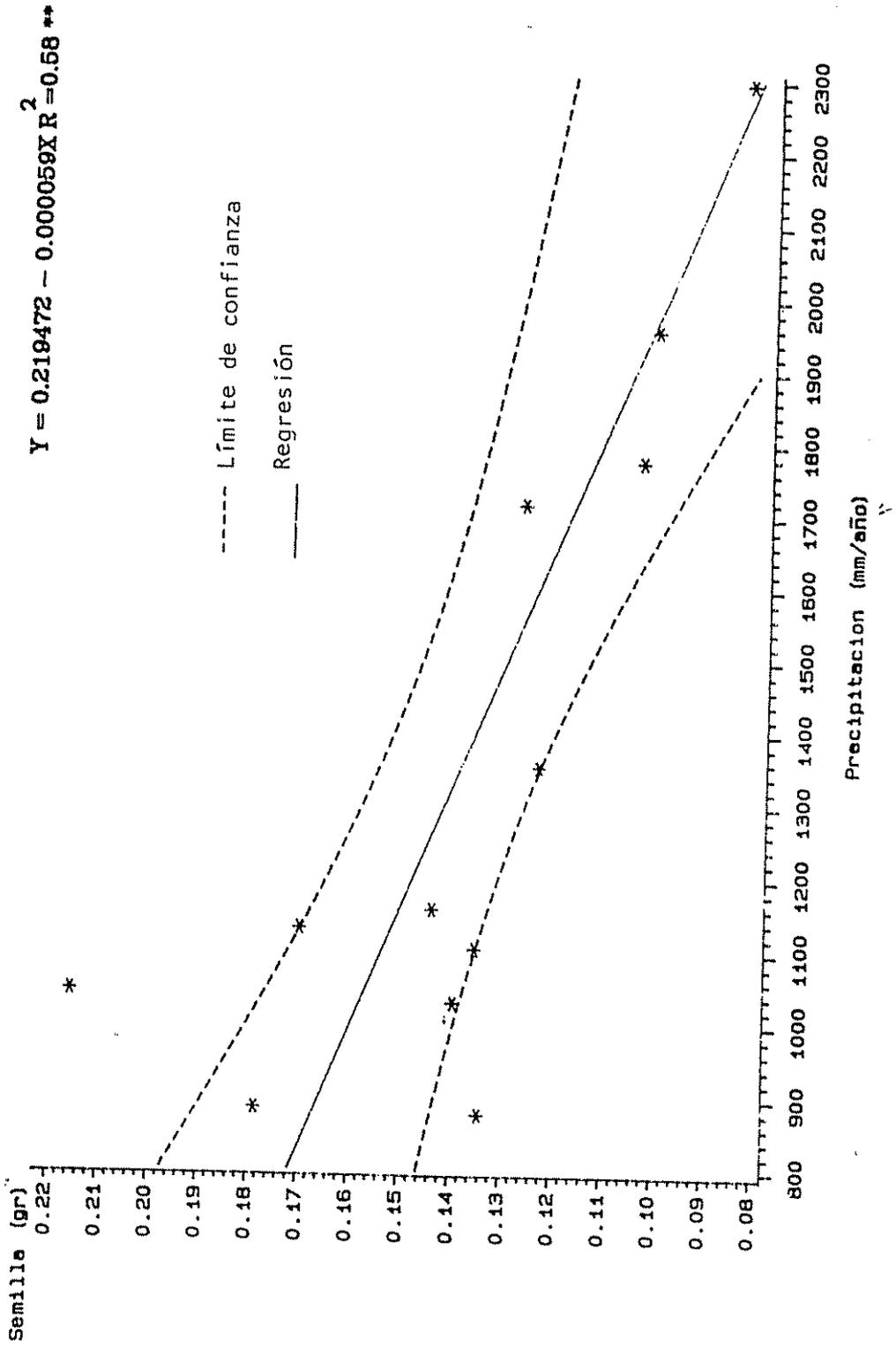


Figura 8 Relacion entre el peso de la semilla y la precipitacion de 12 procedencias de *Gilricidia sepium* de Mexico, Centro America y Panama.

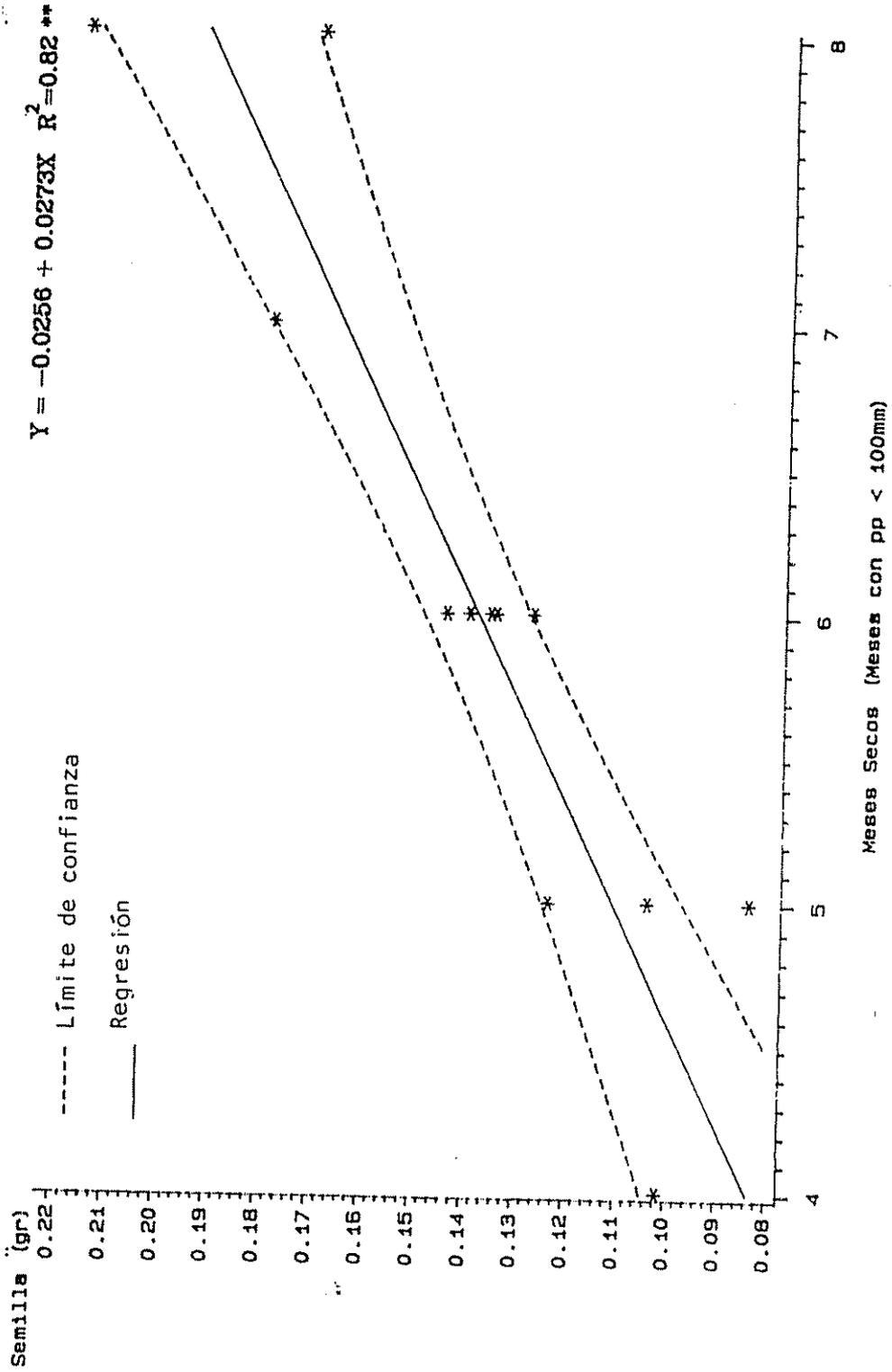


Figura 9 Relacion entre el peso de la semilla y los meses secos de 12 procedencias de *Glicidía sepium* de Mexico, Centro America y Panama.

$$Z = 0.03946 - 0.000022X + 0.021518Y \quad R^2 = 0.86 *$$

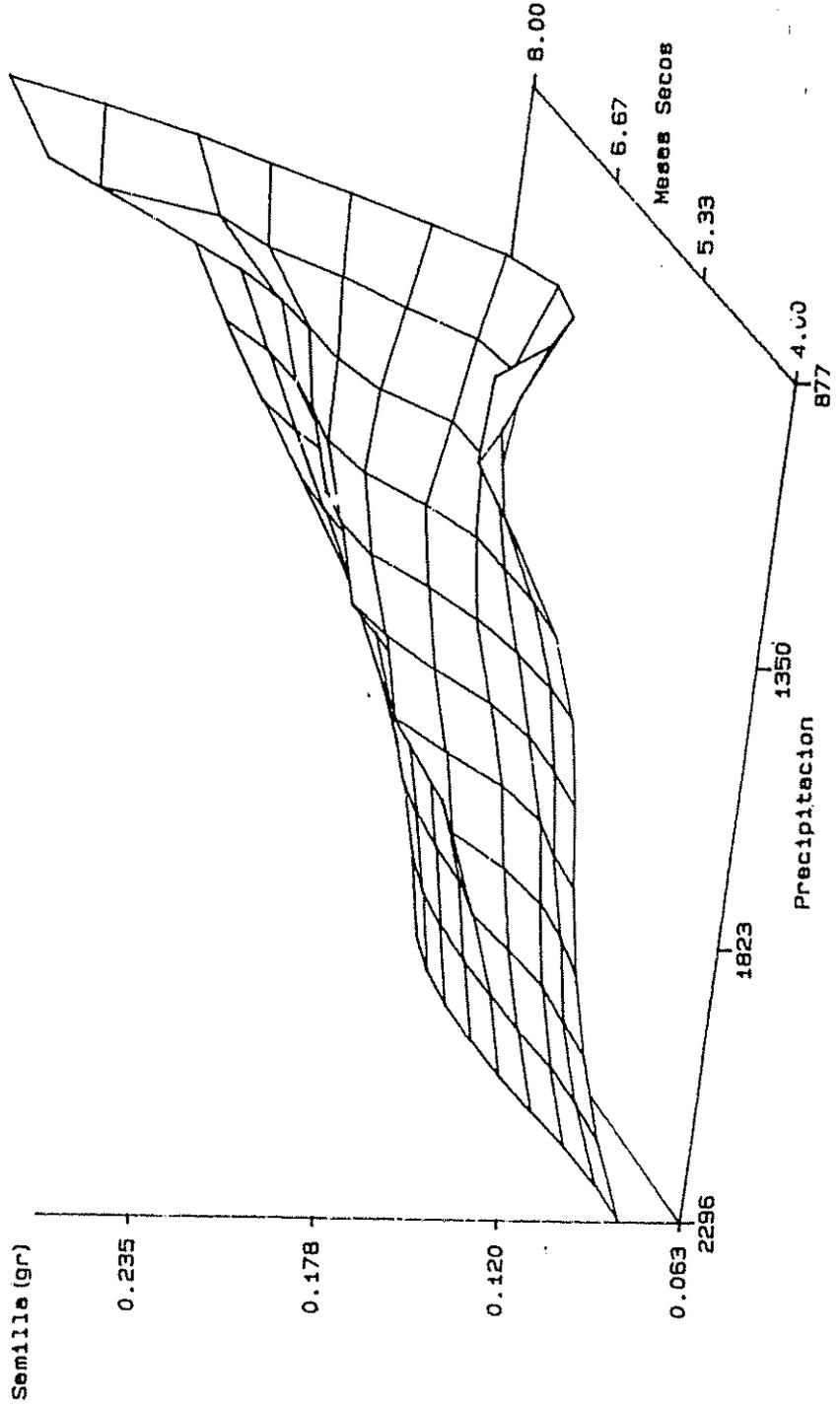


Figura 10 Relacion entre el peso de la semilla, la precipitacion (mm/año) y el numero de meses secos (pp<100 mm/año) de 12 procedencias de *Giricidia sepium* de Mexico, Centro America y Panama.

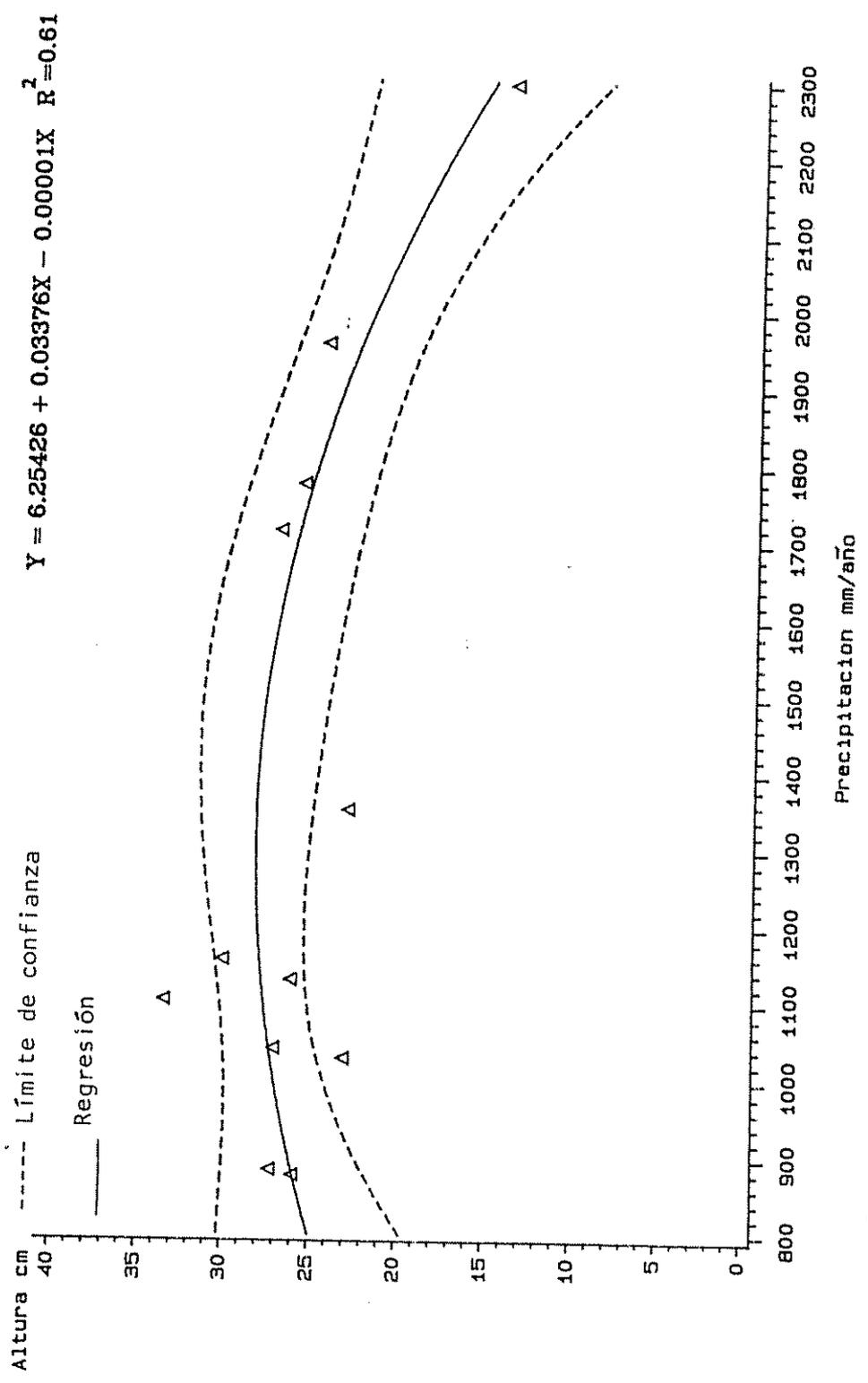


Figura 11 Relación entre altura de la planta a la edad de 100 días postrepique (vivero) y la precipitación de 12 Procedencias de *Glicíndia sepium* de México, Centro America y Panama

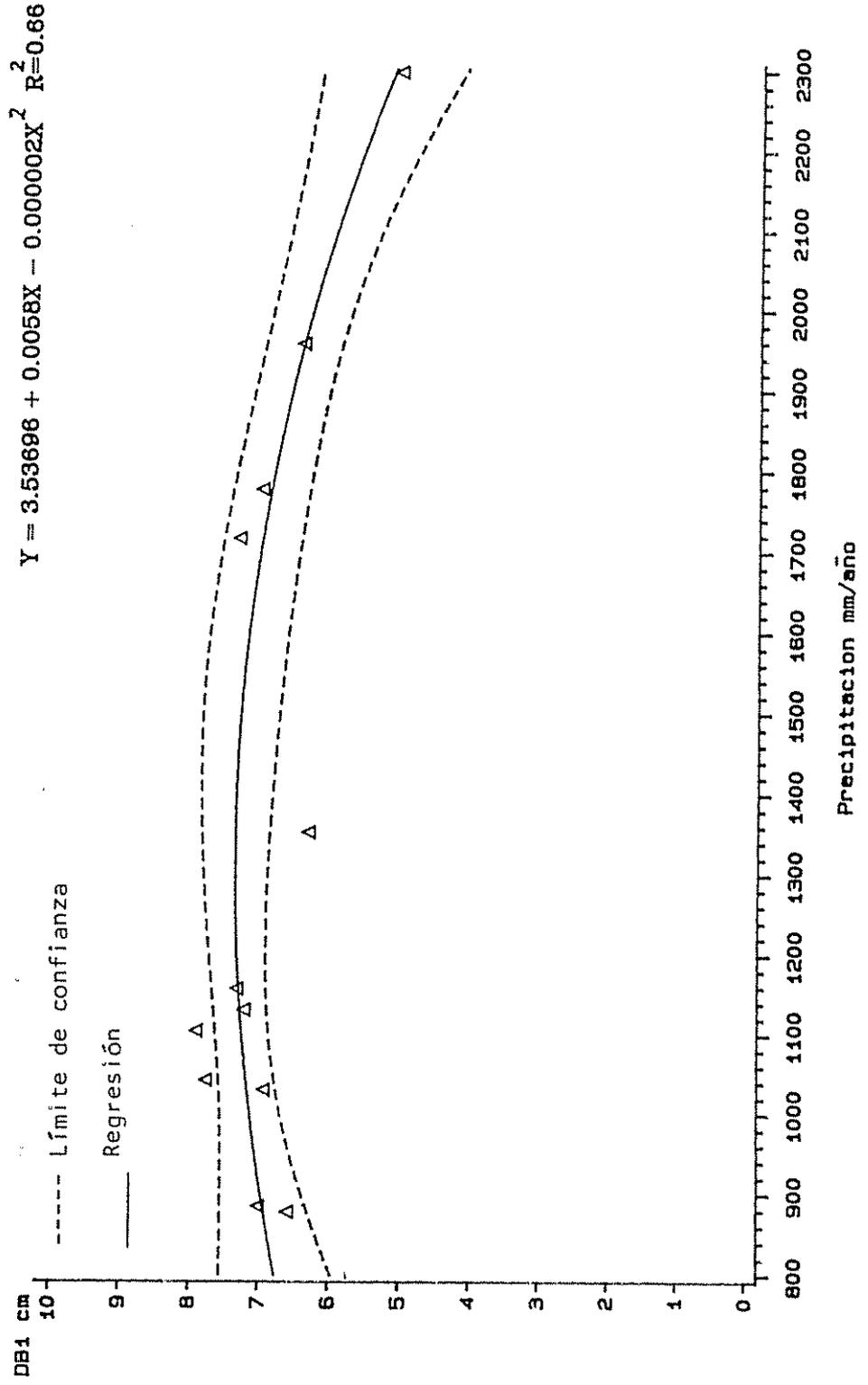


Figura 12 Relacion entre el diametro basal a 1 cm sobre el suelo (DB1) a la edad de 100 dias postrepique (vivero) y la precipitacion de 12 Procedencias de *Gliricidia sepium* de Mexico, Centro America y Panama

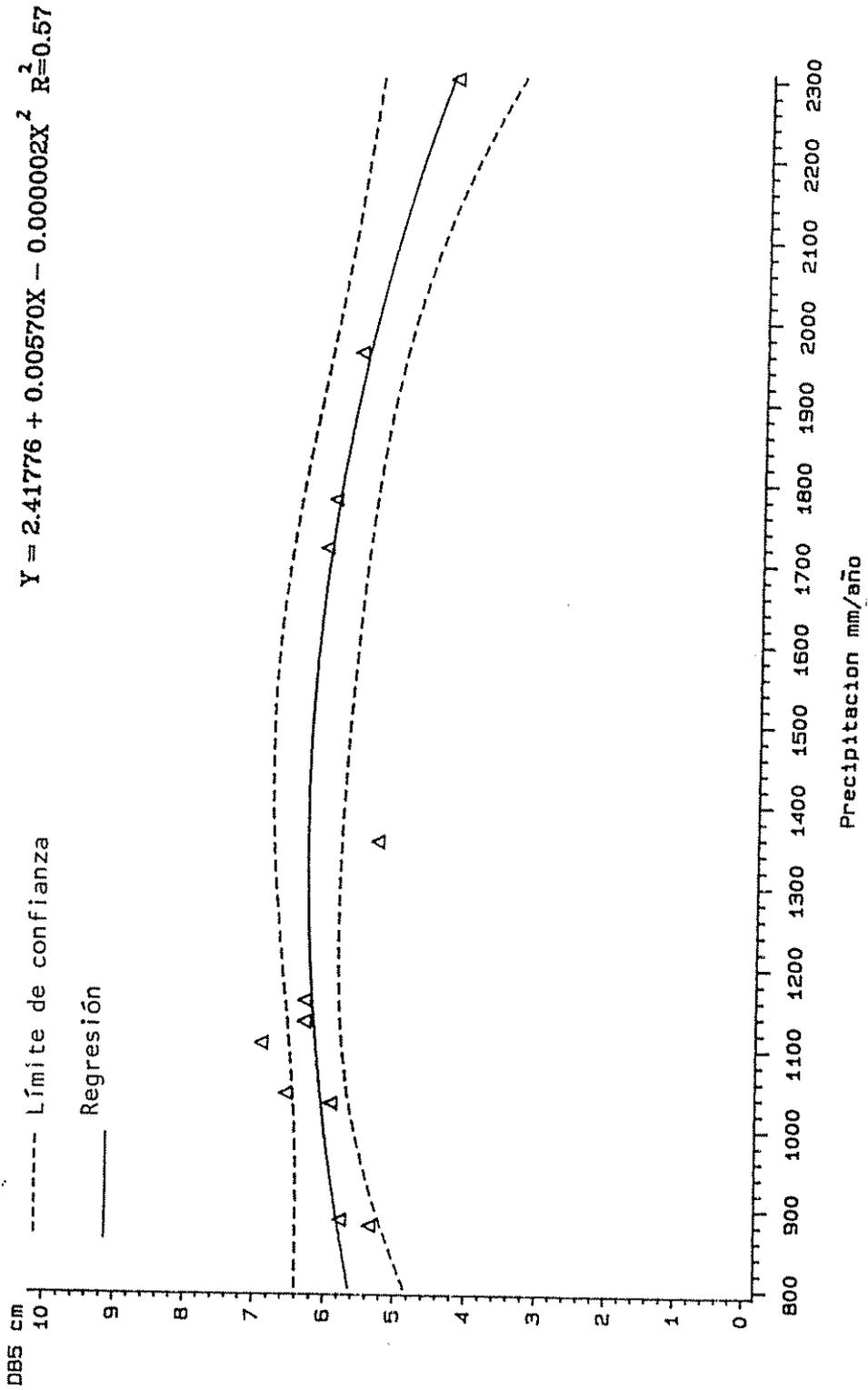


Figura 13 Relacion entre el diámetro basal a 5 cm sobre el suelo (DB5) a la edad de 100 días postrepique (vivero) y la precipitación de 12 Procedencias de *Glicicidia sepium* de Mexico, Centro America y Panama

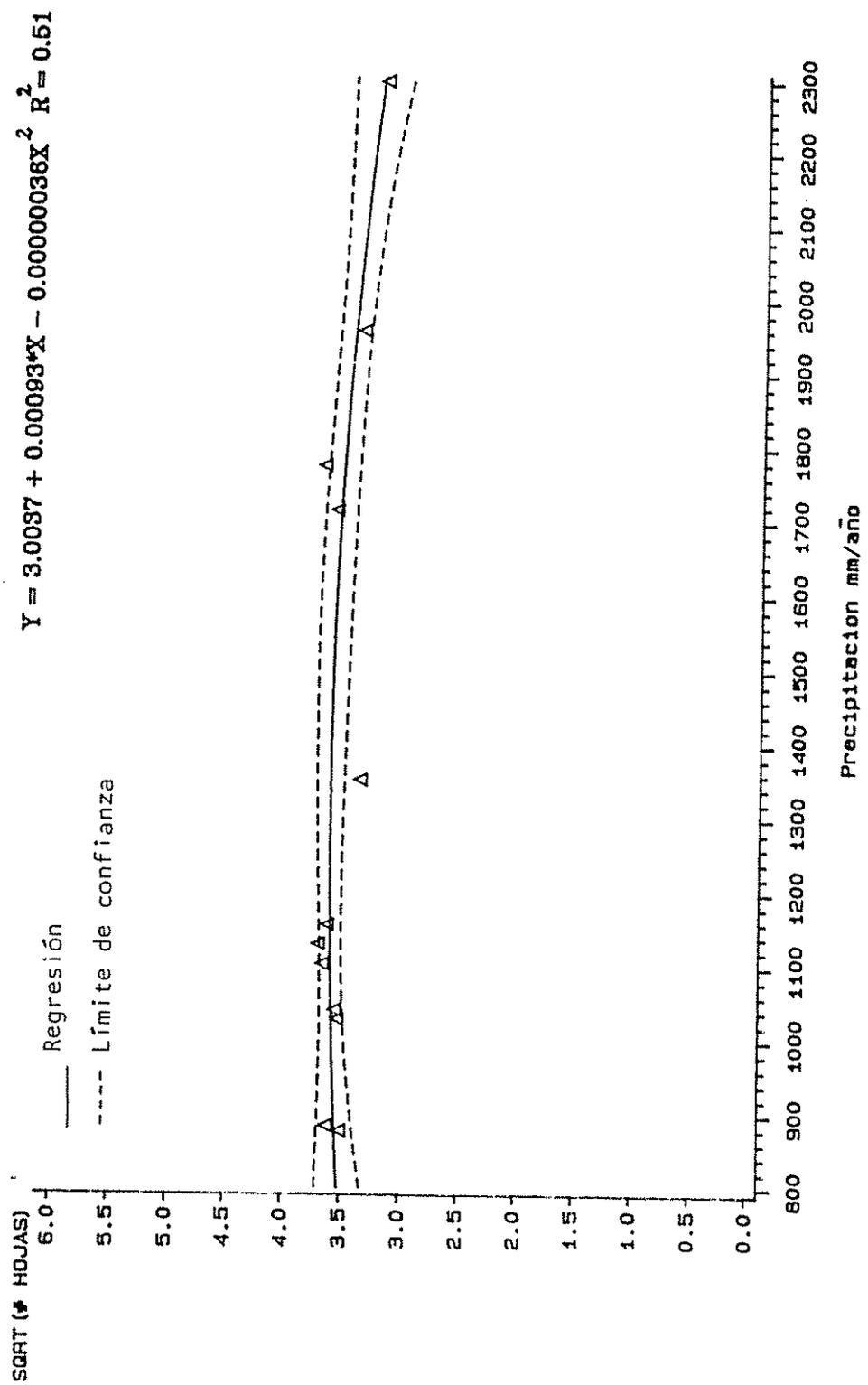


Figura 14 Relación entre la raíz cuadrada del número de hojas por planta (SQRT (# HOJAS)) a la edad de 100 días postrepique (vivero) y la precipitación de 12 Procedencias de *Gliciridia septium* de México, Centro América y Panamá

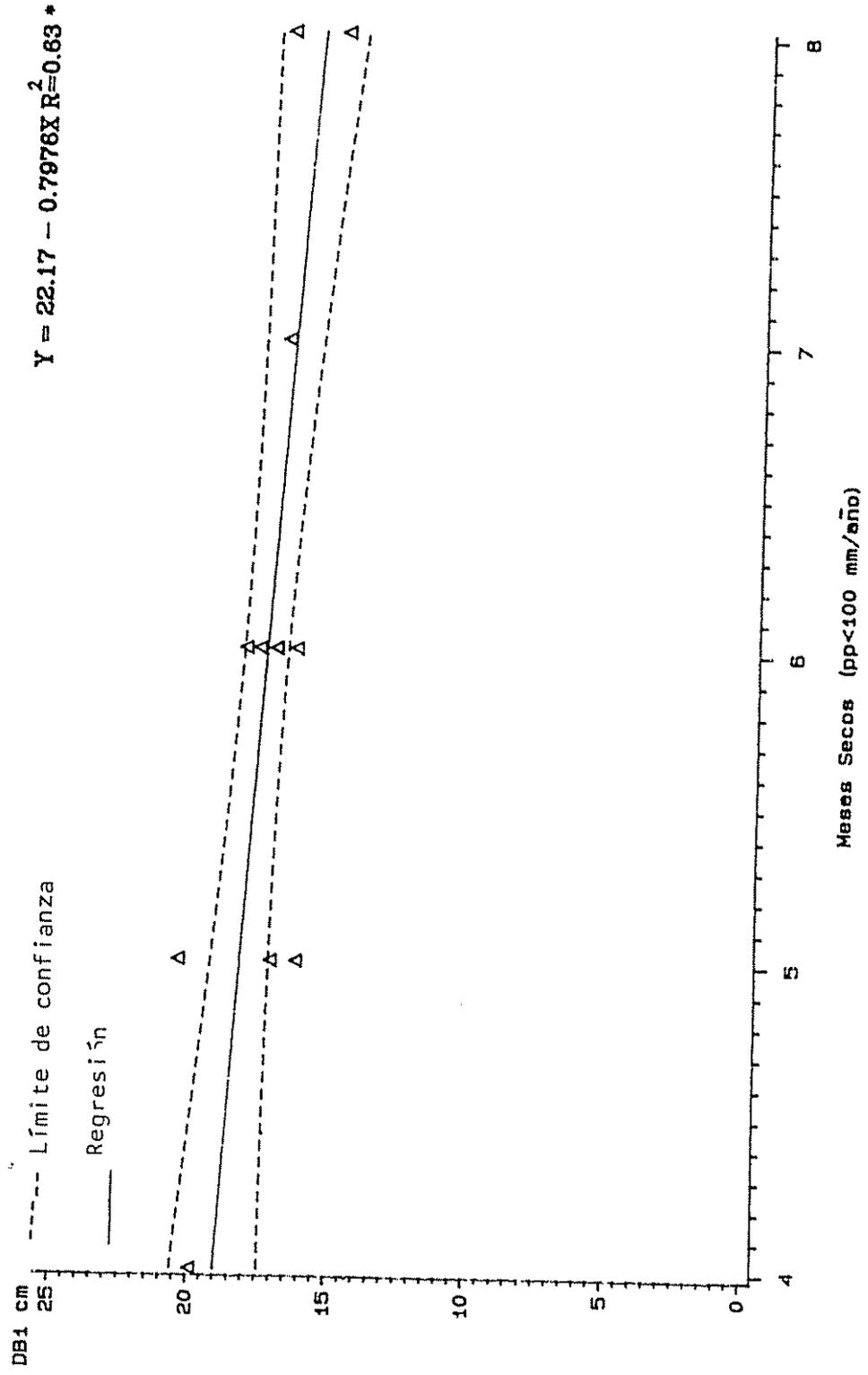


Figura 15 Relacion entre el diametro basal a 1 cm sobre el suelo (DB1) a la edad de 240 dias postreplique (vivero) y numero de meses secos de 12 procedencias de *Gilricidia sepium* de Mexico, Centro America y Panama

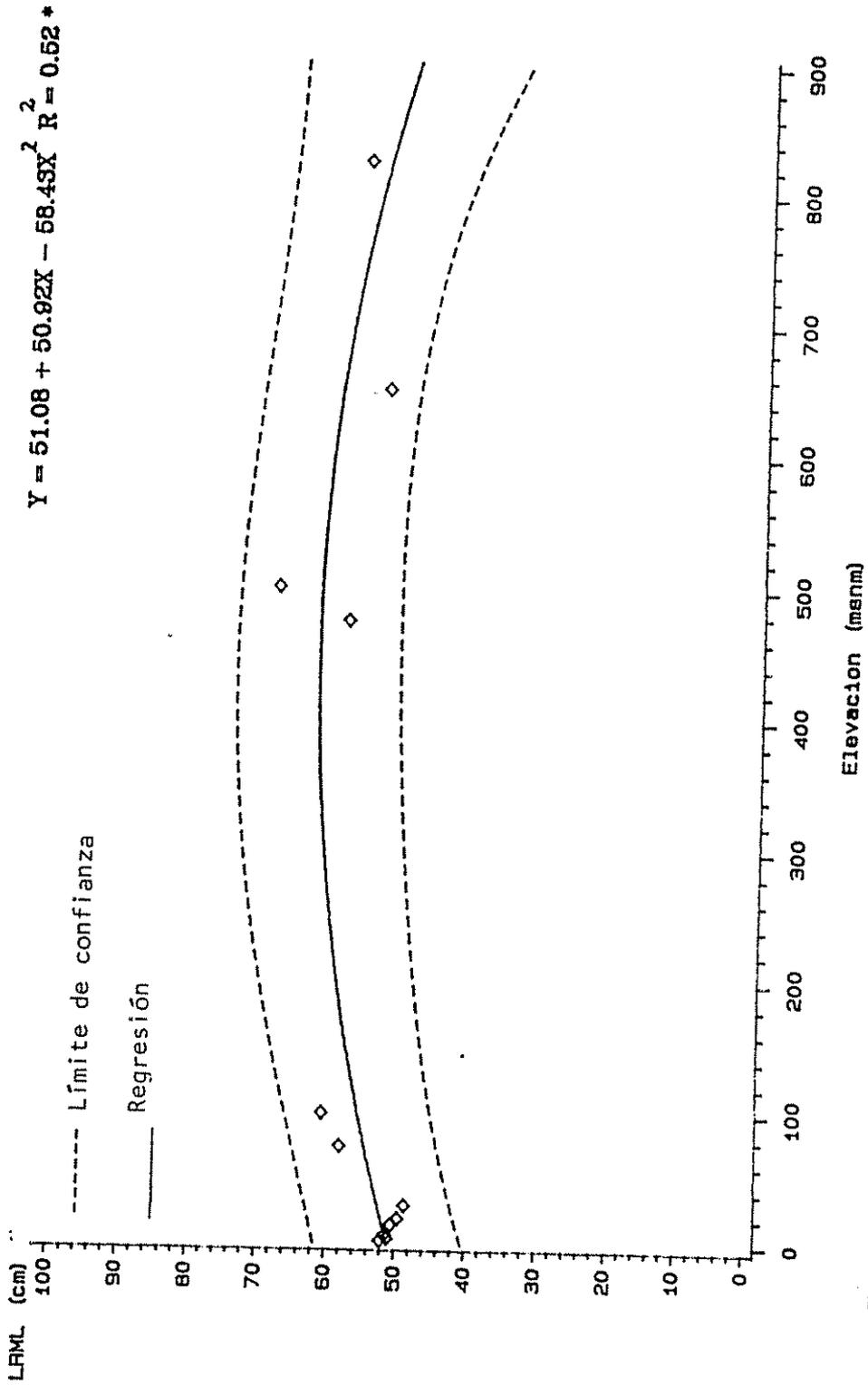


Figura 16 Relación entre la longitud de la rama mas larga (LRML) a la edad de 90 días postplantación y la elevación de 12 procedencias de *Glicidlia sepium* de Mexico, Centro America y Panama

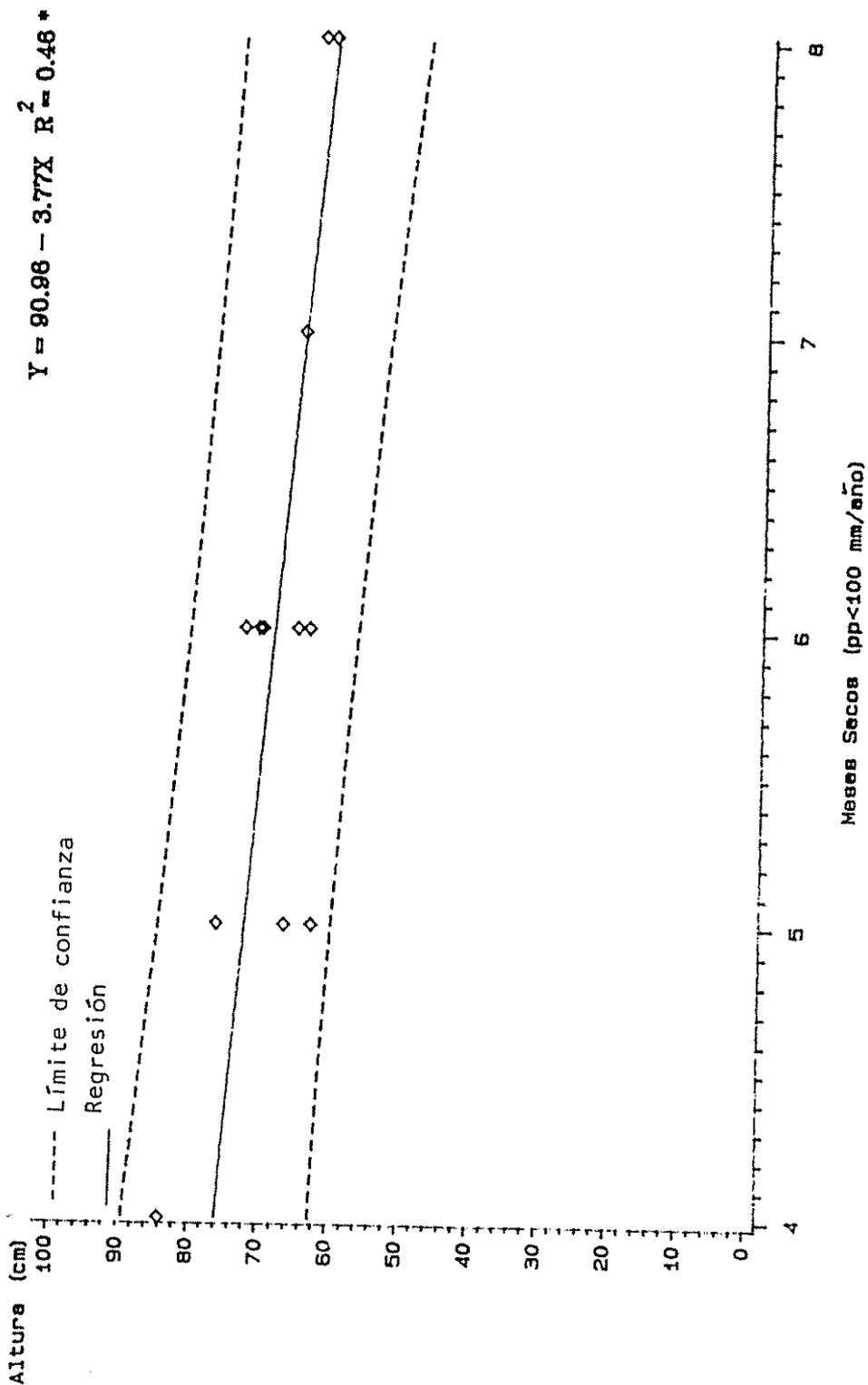


Figura 17. Relación entre la altura de la planta a la edad de 90 días postplantación y meses secos de 12 procedencias de *Gliricidia sepium* de México, Centro América y Panamá

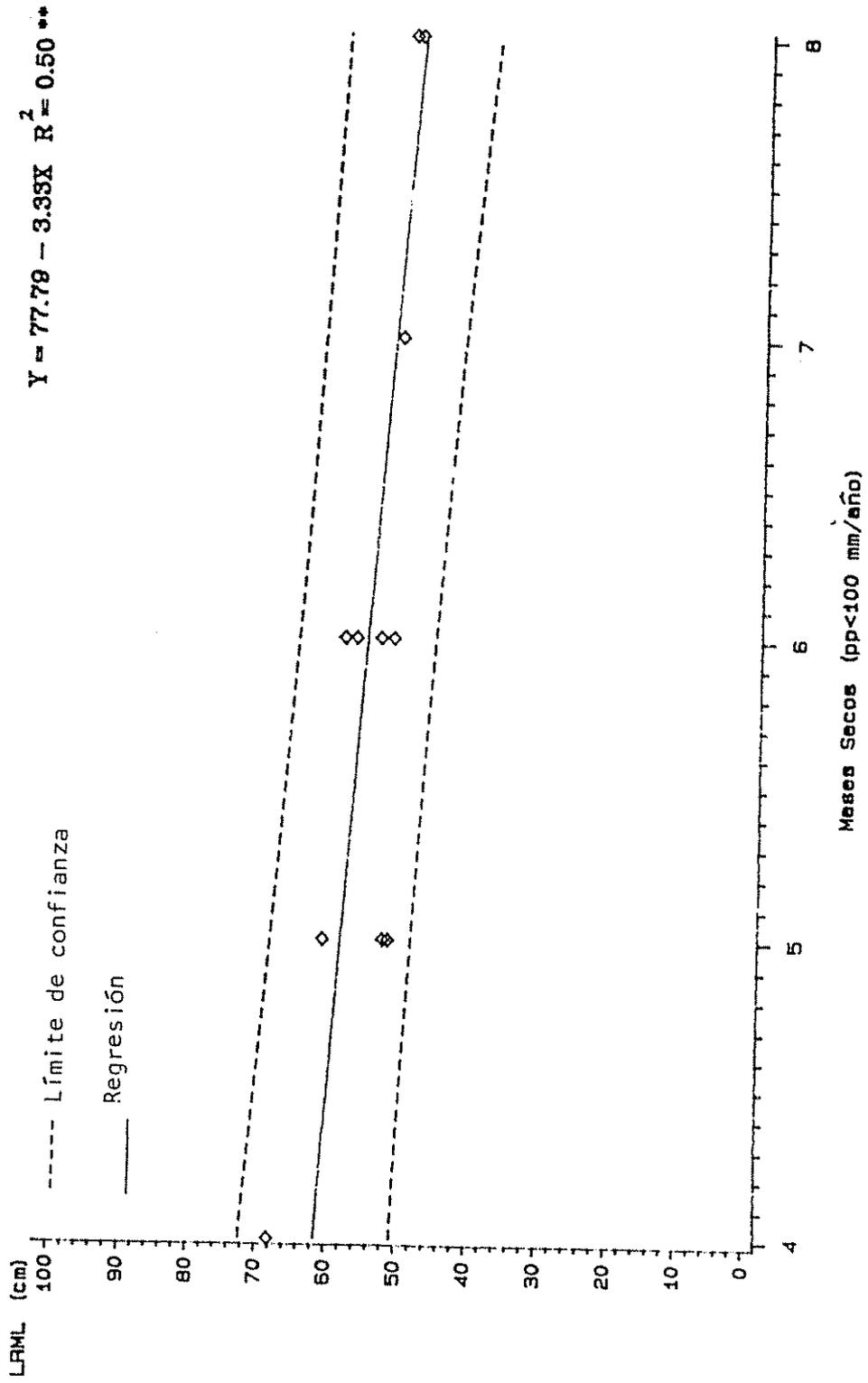


Figura 18 Relacion entre la longitud de la rama mas larga (LRML) a la edad de 90 dias postplantacion y meses secos de 12 procedencias de *Gliciridia sepium* de Mexico, Centro America y Panama

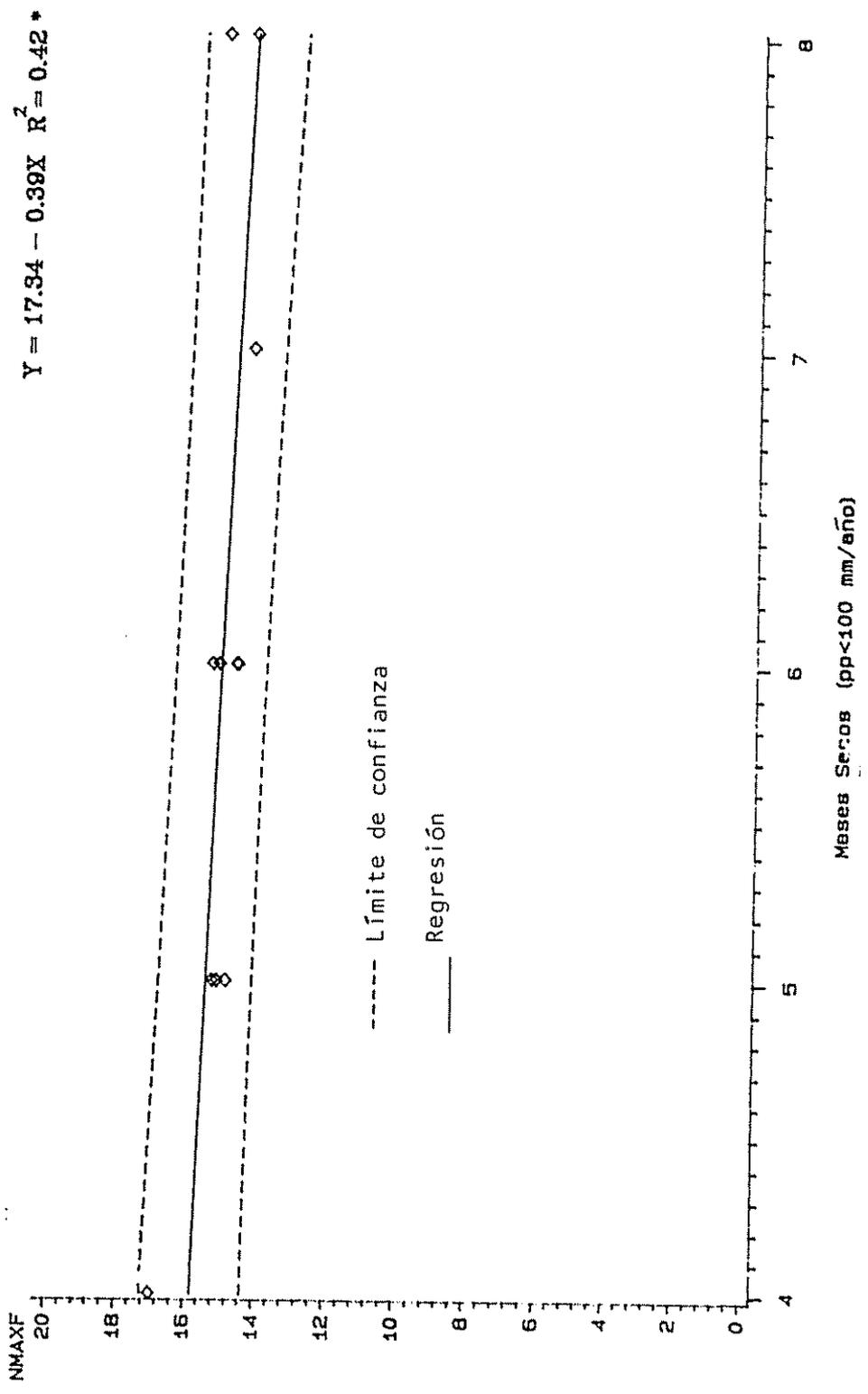


Figura 19 Relacion entre el numero maximo de foliolos (NMAXF) a la edad de 90 dias postplantacion y meses secos de 12 precedencias de Gliricidia sepium de Mexico, Centro America y Panama

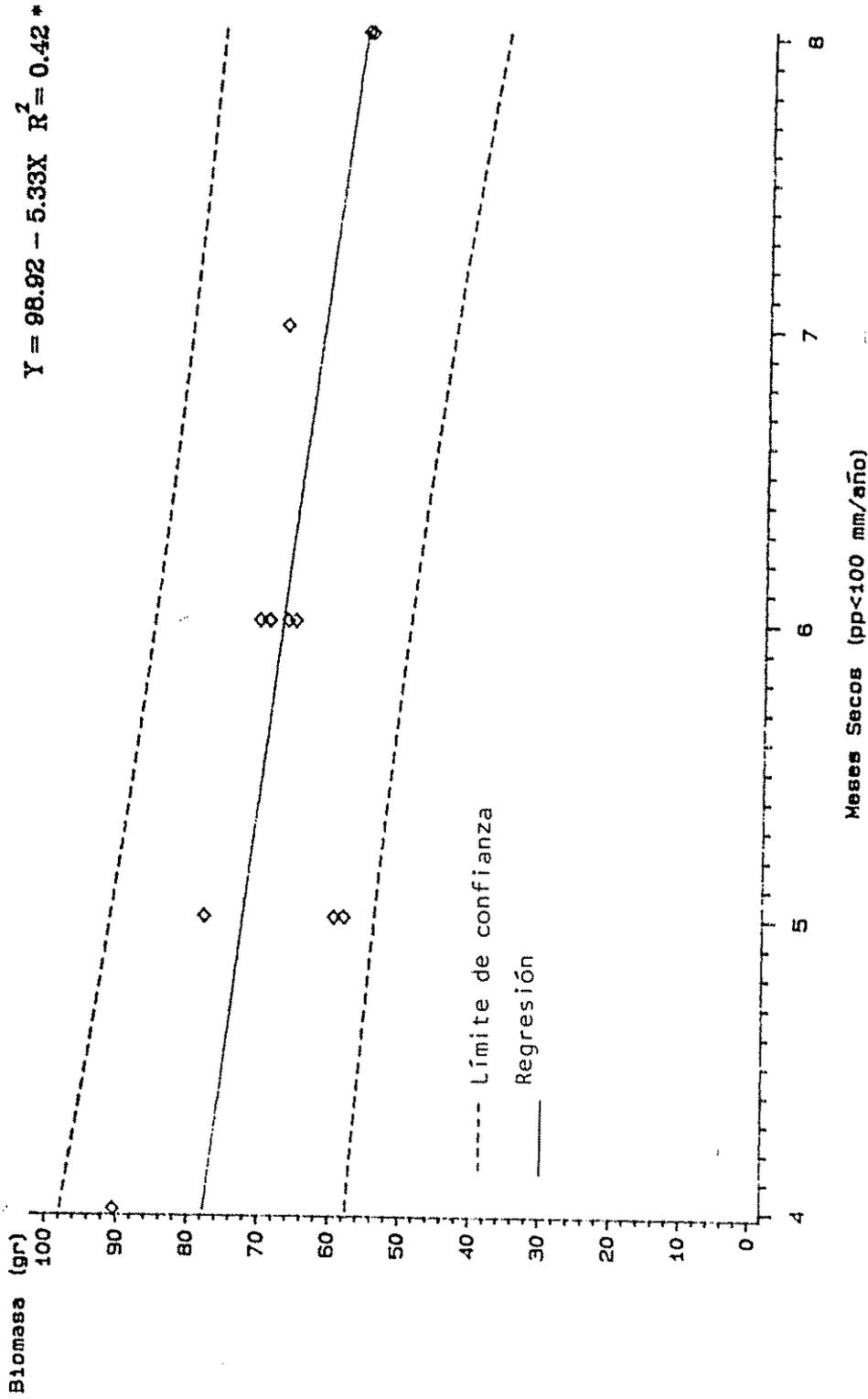


Figura 20 Relacion entre el peso de biomasa a la edad de 90 dias postplantacion y meses secos de 12 precedencias de *Giricidia sepium* de Mexico, Centro America y Panama

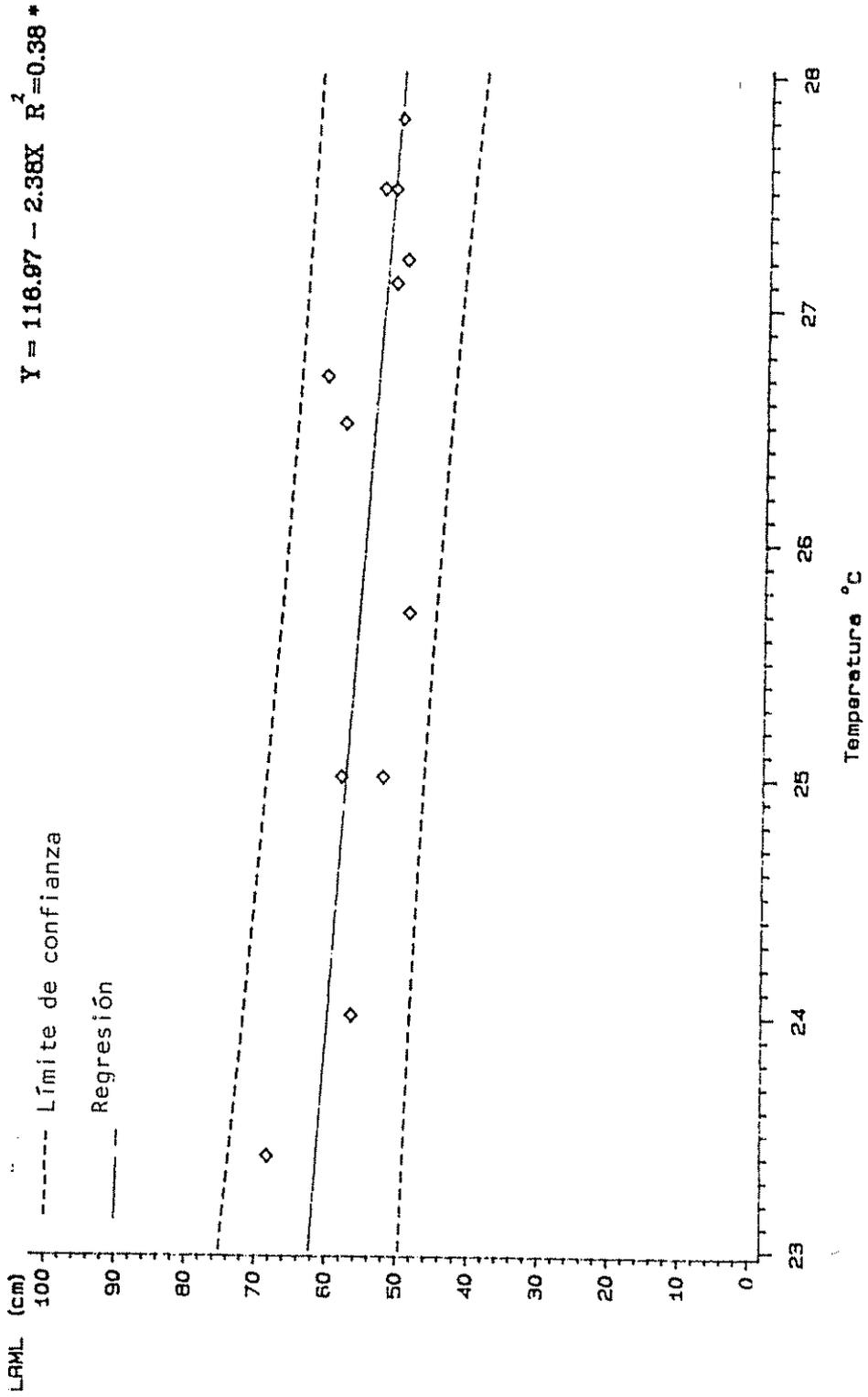


Figura 21 Relación entre la longitud de la rama mas larga (LRML) a la edad de 90 días postplantación y temperatura de 12 procedencias de *Gilricidia sepium* de Mexico, Centro America y Panama

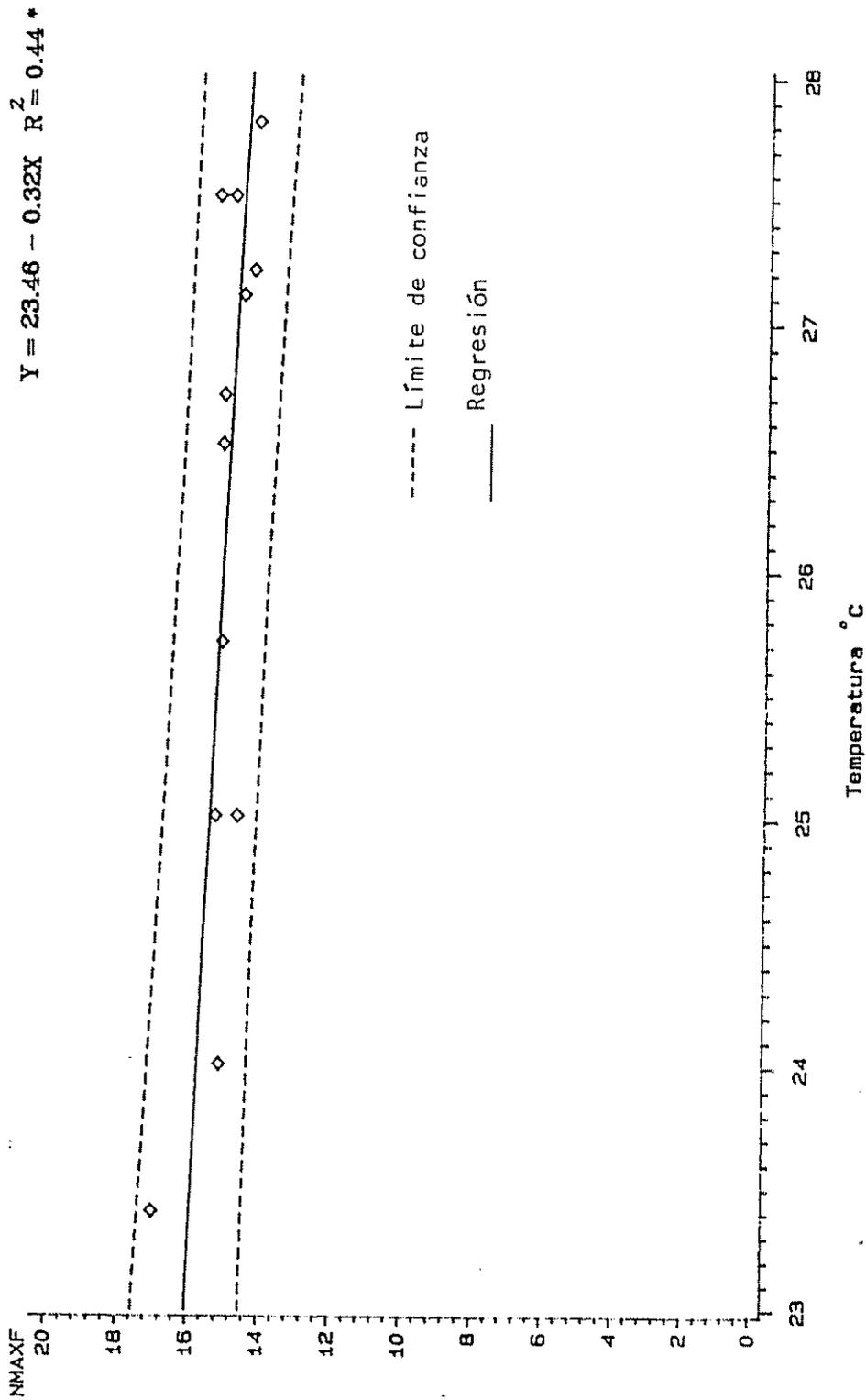


Figura 22 Relación entre el número máximo de folíolos a la edad de 90 días postplantación y temperatura de 12 procedencias de *Gliricidia sepium* de México, Centro América y Panamá