

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ESTUDIO PRELIMINAR DE PROCEDENCIAS DE
Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F. Cook
EN TURRIALBA, COSTA RICA

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

Magister Scientiae

por

MILTON SEGUNDO VASQUEZ RUIZ

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Departamento de Recursos Naturales Renovables
Turrialba, Costa Rica
1986

DEDICATORIA

A mi esposa Dalmira y a mi hijo Franck

A mis padres Milton José y Severa Asunción

A mis hermanos Elizabeth, Angela Lívina, Nimia y Carlos

A los pueblos que luchan por un uso racional y sostenido de sus recursos naturales renovables

A la familia forestal internacional

A Costa Rica, República Federal de Alemania y a Perú mi patria

AGRADECIMIENTO

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

A Rodolfo Salazar, Ph. D. de una manera especial, por su constante y excelente orientación en calidad de profesor consejero, así como por su amistad, apoyo y estímulo.

A Gerardo Budowski, Ph. D., ex Jefe del Departamento de Recursos Naturales Renovables, por sus valiosas enseñanzas, atenciones, sugerencias y recomendaciones.

A David Boshier, M.S., por sus valiosas sugerencias, amistad, atención, orientaciones y participación activa como miembro del comité asesor.

A Héctor Martínez, M.S., por su interés y valiosa ayuda en la redacción final de este documento.

A Ricardo Russo, Ph. D. y a José Arze, M.S., por sus valiosas orientaciones, estímulo y amistad.

A José Francisco Di Stéfano, Ph. D., Director del Programa de Posgrado, por su interés, valiosa orientación y ayuda en la redacción final de este documento.

A mis profesores y compañeros de estudio, por sus valiosas enseñanzas y amistad.

Al Proyecto Erythrina CATIE-CIID y Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía por la financiación del trabajo de tesis.

A la Fundación Alemana para el Desarrollo Internacional (DSE) por el apoyo financiero brindado para la realización de mis estudios.

A Valentín Jiménez, Ing. For., por su colaboración en la elaboración de los análisis estadísticos.

A Edgar Viquez, Ing. For., a los señores: Marcelino Montero, Hugo Brenes, Miguel Solano, Walter Zúñiga, Carlos Castro, Guillermo Barrantes y Luis Sánchez por su amistad y apoyo en la ejecución de la investigación.

A la Srta. Rita Aguilar por su gentileza, eficiencia y prontitud en la mecanografía de la tesis.

A todos mis compañeros de estudios de la promoción 1984-1986 por su amistad, colaboración, sugerencias y apoyo moral.

Al personal del Departamento de Recursos Naturales Renovables, de la Oficina de Posgrado del CATIE, de la Biblioteca, de la Oficina de Contabilidad y Finanzas, Reproducción de Documentos, Producción de Medios y Transportes por sus atenciones y cooperación.

A todas las personas que en una u otra forma colaboraron en la ejecución del presente trabajo.

BIOGRAFIA

El autor nació en Tarapoto, Provincia y Departamento de San Martín, Perú. Realizó sus estudios de primaria en la escuela pre-vocacional de varones N° 208 de la misma localidad y sus estudios secundarios en el Instituto Nacional Agropecuario N° 10 de Tarapoto, donde obtuvo el diploma y título de Técnico Agropecuario.

De octubre 1970 a agosto 1975 realizó estudios universitarios en el Programa de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional del Centro del Perú. De 1974 a 1975 desarrolló trabajo de proyección social en el Distrito de Huayucachi, Provincia de Huancayo, Departamento de Junín, como requisito para optar al grado de Bachiller en Ingeniería Forestal, en 1977 obtuvo el título de Ingeniero Forestal.

A partir de 1976 hasta 1977 trabajó como Jefe del Distrito Forestal San Lorenzo (Provincia Alto Amazonas, Departamento de Loreto), dependiente de la Zona Agraria IX-Tarapoto y Dirección General Forestal de Lima, Perú.

A principios de 1977 estuvo encargado de la Subzona Agraria I-Yurimaguas (Departamento de Loreto); a partir de febrero de 1977 hasta 1979 se desempeñó como Jefe del Distrito Forestal de Tarapoto y Subdirector Regional de Forestal y de Fauna de la Región Agraria XI San Martín-Amazonas del Ministerio de Agricultura.


A partir de 1980 hasta 1984 se desempeñó como Director Regional Forestal y de Fauna de la Región Agraria XIII-San Martín del Ministerio de Agricultura.

En marzo de 1984, ingresó al Programa de Estudios de Posgrado UCR-CATIE y el 30 de julio de 1986 obtuvo el grado de **Magister Scientiae** en Recursos Naturales Renovables en la especialidad de Manejo de Bosques y Producción de Madera.


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

Magister Scientiae

COMITE ASESOR


Rodolfo Salazar, Ph. D.

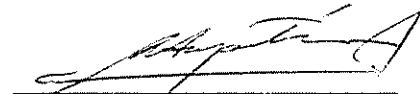
Consejero Principal


Gerardo Budowski, Ph. D.

Miembro del Comité


David Boshier, M. S.

Miembro del Comité


Héctor Martínez, M. S.

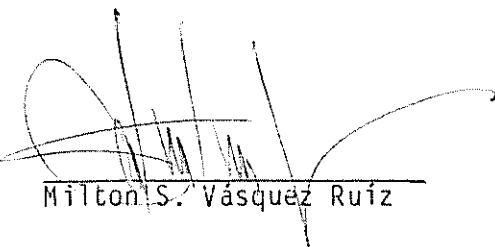
Miembro del Comité


José F. Di Stefano, Ph. D.

Director del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales, UCR-CATIE


Luis Estrada N., Ph. D.

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


Milton S. Vásquez Ruiz

Candidato

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	viii
SUMMARY	x
LISTA DE CUADROS	xii
LISTA DE FIGURAS	xiv
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 La especie	3
2.2 Ensayos de procedencias	7
a. Variación genética debido a la distribución de la especie	7
b. Importancia de ensayos de procedencias	8
c. Mediciones en vivero para correlaciones entre juveniles y adultos	10
d. Variables a medir	11
3. MATERIALES Y METODOS	14
3.1 Selección de procedencias y recolección de semillas	14
3.2 Variabilidad del material	14
3.2.1 Evaluación de semillas	14
3.2.2 Etapa de vivero	18
3.2.3 Etapa de campo	21
4. RESULTADOS Y DISCUSION	28
4.1 Análisis de las semillas	28
4.2 Etapa de vivero	33
4.3 Etapa de campo	49
4.4 Discusión general de resultados	66
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
6. BIBLIOGRAFIA	74
7. APENDICE	83

VASQUEZ R., M.S. Estudio preliminar de procedencias de Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F. Cook en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1986. 86 p.

ESTUDIO PRELIMINAR DE PROCEDENCIAS DE Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F. Cook EN TURRIALBA, COSTA RICA

Palabras claves: E. poeppigiana, variación genética, plántulas, procedencias, variación entre y dentro de procedencias, tendencias clinales.

RESUMEN

Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F. Cook es una Papilionaceae (Fabaceae) nativa de América del Sur. Fue introducida y naturalizada en varios países de América Central. En Costa Rica, es una de las especies preferidas por los finqueros dentro de los sistemas agroforestales.

La presente investigación se realizó entre junio de 1985 y enero de 1986, en las instalaciones experimentales del CATIE, Turrialba, Costa Rica. El objetivo fue: evaluar el grado de variación genética a nivel de semillas y plántulas durante la etapa de vivero y crecimiento inicial (4 meses) en el campo de siete procedencias de E. poeppigiana de Costa Rica y una de Colombia en un sitio en Turrialba, Costa Rica.

La etapa de vivero se evaluó en el vivero forestal del CATIE de junio a agosto de 1985 y se evaluó seis características de las semillas, la germinación y el crecimiento de las plántulas hasta los 75 días en el vivero.

La etapa de campo se realizó de setiembre de 1985 a enero de 1986 y el experimento se estableció en los terrenos del Programa de Producción Animal del CATIE.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones, ocho procedencias y muestras de 25 semillas; en vivero se utilizó ocho procedencias, cinco repeticiones y parcelas útiles de 25 plántulas, mientras que en el campo se utilizó ocho procedencias, cuatro repeticiones y parcelas de 20 plantas con un borde simple.

Las evaluaciones en la etapa de vivero se realizaron a los 30 días después de sembrado, 45, 60 y 75 días, respectivamente; en el campo se efectuaron a los 30, 60, 90 y 120 días después de plantado. Se evaluaron seis variables en semillas, once en plántulas en vivero y diez en plantas en campo.

A excepción del peso de semillas que mostró baja variación dentro de procedencias, las demás variables analizadas en semillas presentaron alta variación entre y dentro de procedencias. Se detectaron algunas ligeras tendencias clinales entre el peso de semillas con la elevación del origen (tendencia positiva). Asimismo, el peso de semillas con la temperatura promedio anual del origen mostró tendencia clinal negativa. Las procedencias Turrialba, Puriscal, Tres Ríos y Juan Viñas (Costa Rica) presentaron las

semillas con las dimensiones mayores y peso mayor. Las procedencias de Colombia, La Lola, San Isidro del General y San Joaquín de Heredia (Costa Rica) mostraron semillas con dimensiones menores y peso menor.

En la etapa de vivero para casi todas las variables evaluadas se detectó mayor variación genética dentro procedencias que entre procedencias. La mayor variación entre y dentro de procedencias se registró en el porcentaje de germinación y la longitud de la raíz principal respectivamente. La menor variación entre procedencias se detectó en el contenido de humedad total de la planta. El porcentaje de germinación mostró la menor variación dentro de procedencias. La procedencia Puriscal mostró los mayores porcentajes de germinación y energía germinativa, en estas mismas variables las procedencias de Colombia y San Joaquín de Heredia registraron los menores porcentajes. La Lola fue la que germinó más rápido, las que demoraron más tiempo en germinar fueron las procedencias de Colombia y San Joaquín de Heredia, respectivamente. No se encontró un agrupamiento claro con respecto a las variables evaluadas en plántulas en vivero y las variables climáticas del origen. Se observó tendencia clinal negativa entre el peso seco radical y total de las plántulas con la elevación del origen; igualmente una ligera correlación entre las dimensiones de las semillas y la mayoría de las variables de vivero.

Se obtuvo un 99 por ciento de supervivencia en las etapas de vivero y campo. A partir de 30 días de plantado en el campo se observó ataque del barrenador del brote terminal de la planta (aproximadamente 5% de las plantas indistintamente entre procedencias), el barrenador pertenece a la familia Pyralidae, orden Lepidoptero. Las larvas fueron controladas con aplicación de metasystox R500SL (oxydemeton-methyl) en concentraciones de 25 cc por bomba de 16 l de agua. En la procedencia La Lola (Costa Rica) se encontraron algunas plantas sin espinas.

En la etapa de campo para todas las variables analizadas se observó mayor variación dentro de procedencias que entre procedencias, aunque los porcentajes fueron menores que los registros en la etapa de vivero. La mayor variación entre y dentro de procedencias se detectó en la altura total a 30 días y la conicidad del tallo, el diámetro basal a 120 días y la altura total a 30 días mostraron la menor variación. Las procedencias San Isidro del General y La Lola mostraron el mejor crecimiento en diámetro basal y altura total; asimismo, el menor número de espinas en el eje principal y en el pecíolo de las hojas, la procedencia de Colombia y San Joaquín de Heredia registraron el crecimiento más bajo en esas mismas variables (altura y diámetro respectivamente). Se observó ligeras tendencias clinales positivas entre la altura total y diámetro basal en plantas con la precipitación y temperatura promedio. Asimismo estas mismas variables (altura y diámetro) mostraron ligeras tendencias clinales negativas con la elevación del origen.

Para obtener mejor crecimiento en el vivero y crecimiento inicial en el campo es importante considerar el uso de semillas con peso y tamaño mayor y forma alargada. De mantenerse sin espinas algunos árboles de la procedencia La Lola se sugiere reproducirlos vegetativamente para mantener la población de árboles sin espinas. Debido a la mayor variación dentro de procedencias observadas en las etapas de vivero y campo un estudio simple de progenies (familias), puede ser de gran valor para identificar genotipos sobresalientes y estimar parámetros genéticos de características importantes de la especie, así como para identificar el tipo de herencia para el carácter espinas.

PRELIMINARY STUDY OF PROVENANCES OF Erythrina poeppigiana
(Walpers) O.F. Cook IN TURRIALBA, COSTA RICA

Key word: E. poeppigiana, genetic variation, seedlings, provenances,
variation between and within provenances, tendencies clinal.

SUMMARY

Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F. Cook Papilionaceae (Fabaceae) is native of South America and was introduced and naturalized in various Central American countries. In Costa Rica, it is a species preferred by farmers for agroforestry systems.

The present research was carried out between June 1985 and January 1986 in the experimental installations of CATIE, Turrialba, Costa Rica. The objective was: to evaluate the amount of genetic variation at the level of seeds and seedlings during the nursery stage and initial growth (4 months) of seven provenances of E. poeppigiana from Costa Rica and one from Colombia on a site in Turrialba, Costa Rica.

The nursery stage was evaluated in the CATIE forest nursery from June to August 1985 and six characteristics of the seeds, germination and seedling growth up to 75 days were measured.

Field work was carried out between September 1985 and January 1986, the experiment being established on land of the CATIE's Animal Production Department.

The design used was a complete randomized block with 5 replicates, 8 provenances and samples of bay 25 seeds; in the nursery 8 provenances, 5 replicates and of 25 seedling were used, while in the field the corresponding figures were 8 provenances, 4 replicates and plots of seedlings with a simple edge.

Measurements were made in the nursery at 30, 45, 60 and 75 days after sowing. In the field measurements were made at 30, 60, 90 and 120 days after planting. Six variables were evaluated for seeds, for seedlings in the nursery and for plants in the field.

With the exception of seed weight, which showed low within-provenance variation, the seed characteristics analyzed were very variable between and within provenances. There were indications of clinal variation in seed weight with increasing altitude of the site of origin (positive relationship). Similarly, seed weight showed a negative clinal tendency along a gradient of increasing mean annual temperature at the site of origin. The Turrialba, Puriscal, Tres Ríos and Juan Viñas provenances (all Costa Rica) had the biggest, heaviest seeds. The Colombian provenance and those from La Lola, San Isidro del General and San Joaquín de Heredia (Costa Rica) had the smallest and lightest seeds.

For almost all the variables evaluated in the nursery genetic variation was greater within than between provenances. Percentage germination of seeds showed the greatest between-provenance variation and length of the leading

root the greatest within-provenance variation. The least between-provenance variation was detected in total plant moisture content. Percentage germination showed the least within-provenance variation. The Puriscal provenance showed the highest percentage germination and germination energy, the Colombian and the San Joaquín de Heredia provenances gave the lowest results for these same variables La Lola germinated the most quickly with Colombia and San Joaquín de Heredia being the slowest to germinate. No clear grouping was found with respect to the variables evaluated for nursery seedlings and climatic conditions at the site of origin. A negative clinal tendency was observed for root dry weight and total seedling weight with increasing elevation at the site of origin. A correlation between seed dimensions and the majority of the variables measured in the nursery was also indicated.

A 99 per cent survivorship was obtained in the nursery and field work. From 50 days after planting in the field shootborer attack was observed on approximately 5% of the plants, with no between provenance variation. The shootborer was identified to the family Pyralidae, order Lepidoptera. The attack was controlled by an application of metasystox R500SL (oxydemeton-methyl) at a concentration of 25 ml in 16 l of water, some plants from La Lola (Costa Rica) seedlings were spineless.

In the field, within-provenance variation was greater than between-provenance variation, although the extent of variation was less than that encountered in the nursery. The greatest between-provenance variation was detected in total height at 30 days and the greatest within-provenance variation in stem tapes. Basal diameter at 120 days and total height at 30 days showed the least variation. The San Isidro del General and La Lola provenances showed the best growth in height and basal diameter, as well as the lowest number of spines on the main axes and petioles. Colombia and San Joaquín de Heredia showed the slowest height and diameter growth slight. Positive clinal tendencies were observed in total height and basal diameter with precipitation and mean temperature. Similarly, total height and elevation at the site of origin.

To obtain growth in the nursery, and better initial growth in the field, it is important to consider the use of bigger, heavier seeds with elongated shape. It is suggested that the thorns trees to the La Lola provenance could be reproduced by vegetative means to maintain this characteristic. Due to the greater within provenance variation observed in nursery and field works a simple progeny trial could be of great value, facilitating the identification of outstanding genotypes and the estimation of genetic parameters of important characteristics of the species, as well as the nature of inheritance of the thorns character.

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Localización y características climáticas de las procedencias	15
2	Fuentes de variación para el análisis de variancia para evaluación de semillas	17
3	Fuentes de variación para el análisis de variancia para evaluación del peso de semillas	18
4	Información climatológica del CATIE para 1985	23
5	Análisis de variancia y prueba de Tukey para las variables analizadas en semillas de ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> , Turrialba, Costa Rica	29
6	Correlación entre seis variables de las semillas de <u>E. poeppigiana</u> y algunas variables geográficas climáticas del origen en Costa Rica	31
7	Comportamiento de semillas en vivero de ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	35
8	Análisis de variancia y prueba de Tukey para cuatro variables analizadas en plántulas de <u>E. poeppigiana</u> en la etapa de vivero, Turrialba, Costa Rica	40
9	Análisis de variancia y prueba de Tukey para siete variables analizadas en plántulas de <u>E. poeppigiana</u> en la etapa de vivero, Turrialba, Costa Rica	40
10	Incremento en altura total (mm) a diferentes edades de ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	41
11	Correlación entre doce variables en plántulas de <u>E. poeppigiana</u> en vivero y algunas variables geográficas y climáticas del origen	44
12	Correlación entre doce variables en plántulas de <u>E. poeppigiana</u> en vivero y seis variables de las semillas	45
13	Sobrevivencia al crecimiento inicial en campo de ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	50
14	Análisis de variancia y prueba de Tukey para las variables altura total (cm) y diámetro basal (mm) en plántulas de <u>E. poeppigiana</u> en la etapa de campo	51

15	Análisis de variancia y prueba de Tukey para ocho variables analizadas en plántulas de <u>E. poeppigiana</u> en la etapa de campo	51
16	Incremento en altura total (cm) a diferentes edades de ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	57
17	Incremento en diámetro basal (mm) a diferentes edades de ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	57
18	Correlación entre nueve variables de crecimiento en plantas de <u>E. poeppigiana</u> en el campo y seis variables de semillas	59
19	Correlación entre nueve variables de crecimiento en plantas de <u>E. poeppigiana</u> en el campo y algunas variables geográficas y climáticas del origen	60
20	Correlación entre doce variables de crecimiento en vivero y nueve variables de crecimiento en caño en plantas de ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u>	61

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Mapa de Costa Rica mostrando la localización de procedencias de <u>E. poeppigiana</u>	16
2	Mapa de América del Sur y América Central mostrando la localización de la procedencia de <u>E. poeppigiana</u>	16
3	Distribución del experimento de <u>E. poeppigiana</u> en vivero	22
4	Localización del ensayo de procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	25
5	Distribución de bloques, procedencias, árboles por parcela y sentido de medición en campo de <u>E. poeppigiana</u>	25
6	Relación entre peso de semilla (g) y elevación (msnm) en ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	32
7	Relación entre peso de semilla (g) y temperatura promedio anual (°C) de ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	34
8	Velocidad de germinación de semillas en ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	36
9	Porcentaje de germinación y energía germinativa de semillas de ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	38
10	Crecimiento de altura total en ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	42
11	Relación entre diámetro basal a 75 días (mm) y precipitación promedio anual (mm) en ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	46
12	Relación entre peso seco radical (g) y elevación (msnm) en ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	48
13	Relación entre peso seco total (g) y elevación (msnm) en ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	48
14	Comportamiento de crecimiento en altura total (cm) y diámetro basal (mm) en ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	55

15	Comportamiento del crecimiento de altura total (cm) en ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	56
16	Comportamiento de crecimiento de diámetro basal (mm) en ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	56
17	Relación entre diámetro basal a 60 días (mm) y precipitación promedio anual (mm) en ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	63
18	Relación entre altura total a 120 días (cm) y precipitación promedio anual (mm) en ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	63
19	Relación entre el número de espinas en el peciolo y temperatura promedio anual (°C) en ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	64
20	Relación entre diámetro basal a 120 días (mm) y elevación (msnm) en ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	64
21	Relación diámetro basal a 120 días (mm) (campo) y altura total a 75 días (mm) (vivero) en ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	67
22	Relación altura total a 120 días (cm) (campo) y altura total a 75 días (mm) (vivero) en ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	67
23	Relación diámetro basal a 120 días (mm) (campo) y altura total a 75 días (mm) (vivero) en ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	67
24	Relación altura total a 120 días (cm) (campo) altura total a 75 días (mm) (vivero) en ocho procedencias de <u>E. poeppigiana</u> en Turrialba, Costa Rica	67
En el apéndice		Página
1A	Descripción taxonómica del perfil del suelo del sitio	84
1A	Características físico-químicas del perfil del suelo del lote experimental, Turrialba, Costa Rica, 1984	86

1. INTRODUCCION

El aumento acelerado de la población en los países en desarrollo, la necesidad de sustituir fuentes energéticas fósiles por renovables. Así como la incesable destrucción de los bosques y el incremento de áreas inapropiadas para agricultura por la pérdida de fertilidad del suelo, están estimulando el desarrollo de técnicas que aumenten la producción con menos uso de insumos. Así, las prácticas agroforestales se presentan como alternativas de uso de la tierra en los países pobres para contribuir a la producción de alimentos, fibras y madera, reduciendo la dependencia de insumos externos y mediante tecnologías relativamente sencillas. El reconocimiento y aprovechamiento adecuado por parte de los agricultores e investigadores de los beneficios múltiples provistos por los árboles, así como el valor de incorporar árboles fijadores de nitrógeno en sistemas agroforestales, han demostrado sus alternativas promisorias.

El poró (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook) leguminosa arbórea de la familia de las Papilionaceae o Fabaceae (54, 63, 80) es una especie nativa de América del Sur y Panamá habiendo sido introducida y naturalizada en varios países de América Central. En Costa Rica, es una de las especies preferidas por los finqueros dentro de los sistemas agroforestales. Esta preferencia se debe a su fácil reproducción vegetativa y por semilla, el rápido crecimiento de rebrotes cuando se poda drásticamente, la habilidad de fijar nitrógeno y el alto contenido y solubilidad proteica de las hojas y ramas. Se usa extensamente como árbol de sombra en cafetales y cacaoales donde, además de otros beneficios produce gran cantidad de abono orgánico.

Existe escasa información silvicultural sobre esta especie, tanto en la zona de origen, como de los lugares donde ha sido introducida. Su amplio uso, así como su importancia en sistemas agroforestales, indican que es necesario realizar investigaciones que maximicen los rendimientos. En consecuencia es importante la identificación de procedencias con características sobresalientes que permitan lograr un mejor aprovechamiento de la especie.

En el presente estudio se pretende evaluar el grado de variación genética a nivel de semillas y plántulas, durante la etapa de vivero y crecimiento inicial en el campo de siete procedencias de E. poeppigiana de Costa Rica y una de Colombia, observándose su comportamiento en un sitio en Turrialba, Costa Rica.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 La especie

Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F. Cook de la familia Leguminosae, sub familia Papilionaceae o Fabaceae, anteriormente denominada Micropeteryx poeppigiana y E. micropteryx (29, 63, 64), es conocida en Costa Rica como "poró gigante" o "poró extranjero" (54, 82). También recibe los nombres de "amasisa" u "oropel" en Perú; "bucare", "bucare amauco", "cachimbo" o "ceibo" en Venezuela; "kofimama" en Surinam; "palo de boyo" en Puerto Rico; "cambulo", "cachimbo" o "poró" en Colombia y "peñón" en Cuba (29, 66, 92). En inglés se conoce generalmente como "immortelle", y a veces ésta, y otras especies de Erythrina reciben el nombre de "coral tree" por el color rojo coral de sus flores (82). E. poeppigiana es una especie pionera (intolerante) de polinización cruzada.

Su distribución natural o espontánea se extiende desde el sur de Panamá hasta Bolivia (54, 80). Hoy día esta distribución ha sido considerablemente ampliada debido a que ha sido extensamente plantada como árbol de sombra de café y cacao en algunos países de América Central, el Caribe, Africa y Malasia (12, 72, 84).

En Costa Rica, es frecuente verlo crecer en zonas tropicales con temperaturas promedio anuales que oscilan entre 18 y 28°C, con precipitación de 1500 hasta 4000 mm (74), desde el nivel de mar hasta 1400 m (12, 74). En Mérida, Venezuela se ha observado que crece arriba de 1800 msnm (66, 74). Generalmente se encuentra en todo tipo de suelos desde los francos arenosos hasta los francos arcillosos y arcillosos limosos, residuales aluviales y coluviales, y en sitios planos, sombreados, fangosos o hasta donde llegan las inundaciones estacionales. Es poco exigente en cuanto a condiciones de suelo; crece bien en suelos pobres y arenosos, sin embargo, prefiere los suelos más profundos y arcillosos (74, 98).

Es un árbol de muy rápido crecimiento que alcanza una altura promedio de 22 m en rodales puros (72) pudiendo en condiciones buenas

de suelo, con lluvia de distribución uniforme durante el año y buen manejo, llegar hasta 30 m de altura entre 8-10 años (12, 66, 84). En La Lola, provincia de Limón, Costa Rica ^{1/} se han observado árboles plantados de hasta 40 m de altura y 1 m de diámetro. En Perú crece en forma natural en rodales mixtos y aislados, asociados con especies, tales como Pterocarpus officinalis, Tabebuia insignis, Triplaris surinamensis, Ficus sp., Cedrela odorata, Swietenia macrophylla, Virola surinamensis, Symphonia globulifera, etc. (92, 98). En plantaciones (sistemas agroforestales) se le ha observado asociada con Cordia alliodora, Inga edulis e I. paterna, etc.

La copa es en forma de cono invertido a redondeado (83). El tronco, aunque raras veces muy recto, suele estar cubierto por espinas en número y disposición variable, especialmente en las ramas jóvenes, lo que dificulta las podas (70). La madera es blanda, por lo que casi no tiene ningún uso en carpintería, asimismo se usa poco como leña (70). Las ramas jóvenes generalmente son huecas con abundantes espinas, las que a veces se presentan hasta el raquis (82); no resisten vientos fuertes y son quebradizas (70). Las hojas son trifoliadas, alternas y con un par de nectarios extraflorales en el pecíolo que tienen apariencia de glándulas grandes (29, 42). El árbol permanece sin hojas durante el período más seco del año y especialmente cuando la estación seca es relativamente larga.

Se reproduce fácilmente por semilla o por estaca (16). Las semillas son reniformes de color pardo rojizo o pardo oscuro, con alta viabilidad y porcentaje de germinación superior al 80 por ciento (66).

Se ha reportado que árboles podados a una altura de 2,5 x 3,5 m producen a los seis meses una copa nueva con un diámetro de aproximadamente seis metros (18). Las flores son anaranjado-rojizas y cuando están sometidas a condiciones de podas periódicas cada seis meses, una práctica común en Costa Rica, el proceso de floración no llega a manifestarse por no dar tiempo suficiente para el ciclo

^{1/} Observación personal en la recolección de semillas. La Lola, Costa Rica, 1985.

vegetativo. En cambio, se presenta un abundante follaje, aun en los llamados "meses secos" (82). Suelen hacerse hasta dos podas drásticas cada año ya que, el tronco rebrota con gran facilidad (84). Recientemente el follaje y las ramas tiernas de la especie están siendo investigadas para su utilización en la alimentación animal especialmente de cabras, como un suplemento proteico (83).

Según Beer (8) E. poeppigiana en asocio con pastos se encuentra en potreros en varios lugares del país y por regla general tuvo su origen en viejos cafetales, cuando el agricultor sustituyó el café por la pastura dejando los árboles de poró como sombra sin aplicar prácticas de manejo. Una investigación mostró que cuando el poró se asocia con el pasto Nephelium nlemfluensis, una gramínea, esta última producía 1113 kg/PC/ha/año con 10,1 por ciento de proteína cruda y con una digestibilidad in vitro de la materia seca de 46,9 por ciento. El mismo pasto cuando crecía bajo sombra de otras especies arbóreas no leguminosas como el laurel (Cordia alliodora), sólo produjo 468 kg/PC/ha/año (7,9%) de proteína cruda y 47,3 por ciento de digestibilidad in vitro de la materia seca (15).

El porcentaje de proteína cruda es más alta en las pasturas asociadas con árboles leguminosos y reporta (15) que la producción anual de proteína cruda en las gramíneas asociadas a E. poeppigiana superó en un 70 por ciento a la pastura sin árboles y en un 137 por ciento a la pastura asociada a Cordia alliodora. Además hubo un incremento hasta del 76 por ciento en la producción de biomasa de los pastos asociados con poró en comparación con la pastura sin árboles y un 105 por ciento más que la pastura asociada con C. alliodora.

Russo (84) indica que, en un sistema agroforestal de café con sombra de poró plantado a 6 m x 6 m y sometido a régimen de dos podas al año se producen 13.753 kg/ha/año de materia seca constituida por la biomasa de las podas (cada seis meses) y de las hojas caídas naturalmente y que al desintegrarse enriquece el contenido de materia orgánica y minerales del suelo. Esto equivale a 269,3 kg/ha/año de nitrógeno. De esta biomasa, la tercera parte está representada por

hojas, las cuales tienen un contenido de nitrógeno que varía de 4,2 a 4,6 por ciento, constituyéndose así en un abono verde que enriquece el suelo y mejora sus características físicas y químicas (84).

Otros autores, entre ellos Willey (97), hacen referencia al aporte de ramas y hojas de los árboles de sombra de E. poeppigiana y reportan hasta 5000 kg/ha/año. Budowski (16) y Molleapasa (71), trabajando en un cafetal sombreado por E. poeppigiana con una densidad de 280 árboles/ha y ocho años de edad, indican que la cantidad de biomasa que es recirculada por las ramas y hojas cuando son podadas semestralmente, es del orden de 2892 kg/ha expresado en peso seco y con contenido 76,2 kg/ha de N. Las ramas y las hojas podadas que permanecen por un tiempo (alrededor de seis meses) en el suelo antes de su descomposición, asimismo reducen la evaporación e impiden el desarrollo de malezas (17). Según Budowski (17) después de cada poda mueren una gran cantidad de raíces que al descomponerse dejan canales para aireación por donde pueden penetrar nuevas raíces tanto del poró como del cultivo asociado, el café.

Rachie (79) menciona a Erythrina como un género que potencialmente puede superar a Leucaena por su tolerancia a pH extremos, toxicidad en manganeso y aluminio y bajas temperaturas.

Sánchez (88) indica que el tamaño de la semilla incide positivamente en el crecimiento inicial de la especie. Observó que semillas medianas y grandes producen plantas con altura y biomasa aérea mayor que las semillas pequeñas a los 12 semanas después de germinadas. Esta diferencia se manifiesta a partir de la sexta semana.

En mediciones realizadas semanalmente por Sánchez (88) sobre nodulación en una muestra de 20 plantas obtenidas de semillas, se observó que a la tercera semana se inició la nodulación en 15 por ciento de las plantas. En la décimo cuarta semana el 85 por ciento de las plantas presentaron nódulos. El promedio de nódulos por planta (88) aumentó hasta la novena semana y luego permaneció constante, en cambio el peso seco de nódulos continuó aumentando hasta la décimo cuarta semana.

Russo (82), al estudiar el efecto de la poda sobre la nodulación en E. poeppigiana, concluye que la poda afecta sensiblemente la nodulación. La poda provoca la muerte de raicillas y el desprendimiento de nódulos inmediatamente después de efectuada; el efecto se prolonga hasta los tres meses (menor número y menor peso seco de nódulos). Sin embargo, después de los tres meses de efectuada la poda se produce una notable recuperación y a los seis meses el número de nódulos es otra vez similar al observado antes de la poda.

De acuerdo con la literatura consultada en Costa Rica, el árbol fue introducido en la primera década del siglo presente. Pittier (78) no lo reporta en su obra "Plantas usuales de Costa Rica" publicada en 1903. Krukoff (63) indica que las semillas de dicha introducción procedía originalmente del pedemonte peruano, ubicado en la amazonía, frontera del Perú con Colombia. No obstante Fonseca (45), citando a Mariano Montealegre, menciona que la especie fue introducida a Costa Rica por Napoleón Millet en 1892. Esta introducción fue de la Isla la Reunión (posesión francesa ubicada al este de Madagascar) quien la sembró en sus fincas en La Sabana en la provincia de San José. Cabe mencionar que existen cinco especies nativas de Erythrina en Costa Rica, algunas de ellas muy comunes en cercos vivos (54).

E. poeppigiana es probablemente la especie más usada para sombra de cacao en Costa Rica (70). Se usa como sombra en cafetales a partir de las últimas décadas del siglo pasado en varios países del área centroamericana y en Costa Rica desde las primeras décadas del presente siglo (42, 53, 83). Otra especie común en cafetales y cacaotales es E. fusca (E. glauca) una especie nativa tolerante a condiciones pantanosas y cuyo porte es algo menor que E. poeppigiana.

2.2. Ensayos de procedencias

a. Variación genética debido a la distribución de la especie

Wright (99) reporta que 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 puede ser continua (clinal) o discontinua (ecotípica) (67, 99). Existen evidencias de ciertas tendencias en la variación genética para algunas especies de zonas templadas, las cuales son gobernadas por la latitud, temperatura, precipitación o la elevación del origen de las semillas (99).

Campos (26) en Costa Rica, en un estudio de variación genética en Callianda calothyrsus, detectó una tendencia clinal para el tamaño y el porcentaje de germinación de semillas, disminuyendo éstos conforme aumentó la temperatura promedio anual y mínima promedio del origen de las procedencias. Este mismo autor (26) encontró una tendencia clinal para el crecimiento en la etapa de campo, observando que conforme aumentó la temperatura del origen de las procedencias aumentó el crecimiento de las procedencias. Esto se debe a la plasticidad de las semillas.

Salazar (87), en un trabajo sobre variación genética en semillas y plántulas de procedencias de Gliciridia sepium otra papilionacea, a nivel de vivero, observó una tendencia clinal para el tamaño de las semillas con respecto a la elevación del origen.

Por el amplio ámbito de distribución que presenta E. poeppigiana (Walpers) O.F. Cook en Costa Rica y aunque no se trata de una especie nativa, se puede esperar la presencia de variabilidad genética como respuesta al proceso de adaptación a distintas condiciones ecológicas.

b. Importancia de ensayos de procedencias

Shelbourne (89) menciona que la selección y mejoramiento de árboles y el establecimiento de huertos semilleros estarían muy mal fundamentados si no se conoce la variación dentro de la especie. Wright (99) informa que para algunas especies se han encontrado diferencias entre procedencias hasta de cuatro veces con relación al crecimiento y por lo tanto, el mejorador debe estar seguro que posee la mejor o las mejores procedencias antes de iniciar cualquier trabajo de mejora. Casos similares podrían ocurrir en

especies forestales leguminosas sugeridas para sombra como E. poeppigiana en relación a sus múltiples usos (3, 9, 50, 70) y la no utilización de su madera para aserrío.

Las características que podrían considerarse en la selección de especies para sombra en los sistemas agroforestales son: supervivencia, crecimiento rápido, facilidad de establecimiento, sistema radicular fuerte (9, 70). Asimismo conviene investigar la compatibilidad con el cultivo, la forma de la copa, el tronco; la cantidad o ausencia de espinas para facilitar el manejo y manipuleo, el tamaño y la forma de hojas, la aspereza de la corteza, la tolerancia a las podas repetidas y la capacidad así como el vigor de rebrote (9, 70).

Callahan (25) citando a Langlet, 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. A través de estos estudios es posible identificar aquellas procedencias aptas para la obtención de productos forestales deseados en sitios relevantes (19).

Según Burley (20) los objetivos básicos en estudios de procedencias son los siguientes: determinar la extensión y patrones de variación genética en tantos caracteres como sea posible en material recolectado en el ámbito de distribución de la especie; asimismo, se debe evaluar la respuesta de estos caracteres en diferentes condiciones climáticas y evaluar las interacciones entre el genotipo y el medio.

En especies nativas, las fuentes de semillas locales generalmente son las que se adaptan mejor, pero no necesariamente son las más productivas (19, 25, 44). De este modo el conocimiento completo de las variaciones de adaptación de las distintas procedencias de una especie podría influir en el rendimiento de la plantación (73). No obstante una mayor productividad no siempre lleva consigo un crecimiento rápido, o sea no siempre la procedencia más apropiada es la de mayor crecimiento (19). Criterios tales como

resistencia a heladas o sequías, capacidad para uso en rompientes o rompederos, supervivencia, resistencia a plagas, calidad de la madera, control de erosión o conveniencia para plantar en sistemas agroforestales, y finalmente producción de semillas pueden ser de importancia a la hora de selección (19, 20, 96).

Para identificar la mejor o las mejores procedencias para un determinado lugar o región pueden ser necesarias varias etapas o fases de ensayos de procedencias. La selección depende de la información con que se cuente, del grado de variación natural en la especie, y de la variación entre los posibles sitios de plantación. Tratándose de una serie de distribución amplia, es poco probable que un solo experimento permita identificar la mejor procedencia ni siquiera para un sitio específico. Por tanto, aunque no es regla establecida, la mayoría de los autores reconocen tres fases para los ensayos de procedencia: una primera que incluye procedencias del área natural completa, la segunda que utiliza procedencias selectas, y finalmente, la fase de comprobación o validación de procedencias (25, 75, 96, 99).

c. Mediciones en vivero para correlaciones entre juveniles y adultos

El estudio de la variabilidad genética a nivel de plántula y su posterior asociación con árboles maduros, es una de las técnicas empleadas en el campo forestal para acelerar el proceso de mejoramiento (87). Si se detecta alguna correlación entre las características de la etapa de vivero con el comportamiento en la etapa de campo será factible acelerar el proceso de selección (43, 46, 90).

Roche (1968), citado por Squillace (90), propuso estudios de procedencias a corto plazo como un medio de determinar la adaptabilidad juvenil en ciertos genotipos en ambientes particulares. Según Franklin (46), la intensidad de selección en la etapa juvenil puede ser más alta debido a una mayor facilidad para evaluar

más procedencias y por reducir el costo menor al obtenerse ganancias genéticas en menor tiempo.

d. Variables a medir

Hasta la fecha no se reportan resultados de estudios de procedencias para esta especie.

En la literatura consultada, se citan algunas variables de crecimiento, entre ellas la altura total y diámetro basal en plántulas; la altura total y diámetro a la altura del pecho, se reportan generalmente en la mayoría de los casos como características de interés para estudiar la variabilidad genética en ensayos de procedencias de especies forestales para producción de madera como en los géneros Pinus, Picea, Casuarina, Cupressus, Eucalyptus, Cedrela, Populus, Tectona, Cordia (6, 19, 21, 30, 65).

Campos (26), trabajando con procedencias de Calliandra calothyrsus y C. houstoniana en Costa Rica, indica las dimensiones de las semillas (largo, ancho, espesor y volumen), germinación, longitud del hipocótilo, días para formar hojas verdaderas, altura total, diámetro basal, peso seco total (biomasa) en plántulas, área basal y número de brotes en árboles como parámetros importantes, discriminadores de la variabilidad genética entre y dentro de procedencias.

Salazar (87) reporta características de las semillas (peso, largo, ancho, espesor, largo x ancho), altura total, diámetro del cuello y peso seco total (biomasa) en plántulas en vivero como variables discriminadores de la variabilidad genética en procedencias de Gliricidia sepium (Jacq) Steud.

Boshier (13) reporta la tasa de germinación, altura total, diámetro basal, longitud de la raíz (vivero), supervivencia, altura total, diámetro a la altura del pecho, tipo y espesor de corteza (campo) como variables de interés de variación genética en un

ensayo internacional de procedencias de C. alliodora y C. gerascanthus de América Central.

Venator (93) indica a la variable longitud del hipocótilo en plántulas como parámetro genético cuantitativo en P. caribaea y que su variación también puede ser influenciado por el vigor germinativo de semillas. Este mismo efecto se podría observar en la longitud del epicótilo.

Trabajos realizados por diferentes investigadores parecen demostrar que existe cierta relación entre el tamaño y peso de la semilla, la cual varía con las procedencias. Gran parte de estos estudios que han sido llevados a cabo en árboles, se refieren principalmente al género Pinus (49, 59, 86).

Harper et al (51) indican que la variación del tamaño de las semillas entre especies contrasta con la estabilidad del tamaño dentro de la misma especie. Un alto grado de tamaño constante de la semilla es a menudo mantenido sobre un extremadamente amplio ámbito de densidades de plantas, aun cuando otros órganos de la planta muestran alta plasticidad. El tamaño de la semilla puede variar dentro de la misma planta. Así, las semillas más grandes son producidas primero en la estación reproductiva y en las partes relativamente más cercanas al centro de la inflorescencia en especies que llevan frutos uniovulares (51).

Salazar (86) reporta que, bajo condiciones de invernadero, el peso, ancho y largo de las semillas de catorce procedencias de P. caribaea var. hondurensis fueron los factores principales de la variación de las semillas y del crecimiento inicial de las plantas. Sin embargo, solamente el peso de la semilla mostró una clara separación entre las poblaciones y en muchas de las características de las plantas evaluadas.

Vivar (94), trabajando con naranjillo (Solanum guitoense Lamarck) en Turrialba, Costa Rica, reporta que el carácter "espinas" es hereditario y se manifiesta como dominante. Anubhava (4) comprobó

que en higuera (Ricinus communis) la condición espinosa es dominante y monogénica. Domingues (41) reporta que para el cactus (Opuntia ficus indica), la ausencia o reducción de las espinas ha ocurrido como parte de la variación natural y es un carácter hereditario.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Selección de procedencias y recolección de semillas

La selección de cada sitio para la recolección de semillas se realizó previa exploración geográfica y ecológica del ámbito de distribución de E. poeppigiana en Costa Rica. La selección de los sitios se realizó considerando principalmente diferencias altitudinales, así como zonas de vida de distribución de la especie. Las semillas de cada procedencia fueron recolectadas del suelo de 15 árboles separados por 100 m aproximadamente. La recolección de las semillas se realizó en los meses de marzo y abril de 1985, durante la época más seca del año.

Después de recorrer las distintas zonas de distribución en el país, fue posible identificar siete sitios de recolección (procedencias). Estos sitios fueron complementados con una procedencia de Colombia. El Cuadro 1 resume la información sobre localización y clima de cada una de las procedencias estudiadas. La ubicación de las procedencias de Costa Rica y Colombia se presentan en las Figuras 1 y 2.

3.2 Variabilidad del material

Para estudiar la variación genética entre procedencias y la variación dentro de procedencias se consideraron las siguientes fases:

3.2.1 Evaluación de semillas

La variabilidad de las semillas se realizó a través de un diseño de bloques completos al azar con ocho procedencias, cinco repeticiones y parcelas de veinticinco semillas seleccionadas al azar. En cada semilla se evaluó el largo, ancho y espesor con calibrador^{1/}. Se estableció la relación ancho/largo para determinar la forma aproximada de la semilla. Para determinar el volumen aproximado de la semilla se usó un Vernier Dial Typ 6921 con aproximación al 0,1 mm.

Cuadro 1. Localización y características climáticas de las procedencias

No.	Sitio	Pais	Código	BLSF* No.	Latitud (N)	Longitud (O)	Elev. (msnm)	Temperatura prom. anual (°C)	Precipitación prom. anual (mm)	Meses secos (<100 mm)	Zona de vida **
1.	La Loba, Limón ✓	Costa Rica	LAL	2164	10°06'	83°23'	40	25,1	3 660	1	bmh-T
2.	Turrialba, Cartago	Costa Rica	TUR	2165	09°53'	83°38'	602	21,7	2 661	1-2	bah-P
3.	San Isidro del General, San José ✓	Costa Rica	SIG	2166	09°22'	83°42'	750	24,2	3 092	3-4	bh-P
4.	San Joaquín, Heredia	Costa Rica	SAJ	2167	10°00'	84°09'	960	21,5	2 164	4-5	bh-P
5.	Santiago de Puriscal, San José ✓	Costa Rica	PUR	2169	09°51'	84°19'	1 020	22,2	2 470	4-5	bmh-P
6.	Tres Rios, Cartago	Costa Rica	TRI	2170	09°55'	84°00'	1 350	17,1	2 713	4	bah-MB
7.	Juan Vinas, Cartago	Costa Rica	JUV	2171	09°54'	83°45'	1 210	20,4	4 287	1-2	bmh-P
8.	San José de Apartadó, Antioquia	Colombia	SJA	2172	07°20'	76°37'	25	28,4	2 413	2	bh-T

Fuentes: SMN, 1962 (31); IMH, 1975 (32) y 1981 (33); JIMENEZ, 1985 (57); DELGADO y RODRIGUEZ, 1985 (39)

* Banco Latinoamericano de Semillas Forestales, CATIE, Costa Rica

** Según Holdridge (55). bmh-T = bosque muy húmedo Tropical, bmh-P = bosque muy húmedo Preantano, bh-P = bosque húmedo Preantano
bmh-MB = bosque muy húmedo Montano Bajo, bh-T = bosque húmedo Tropical

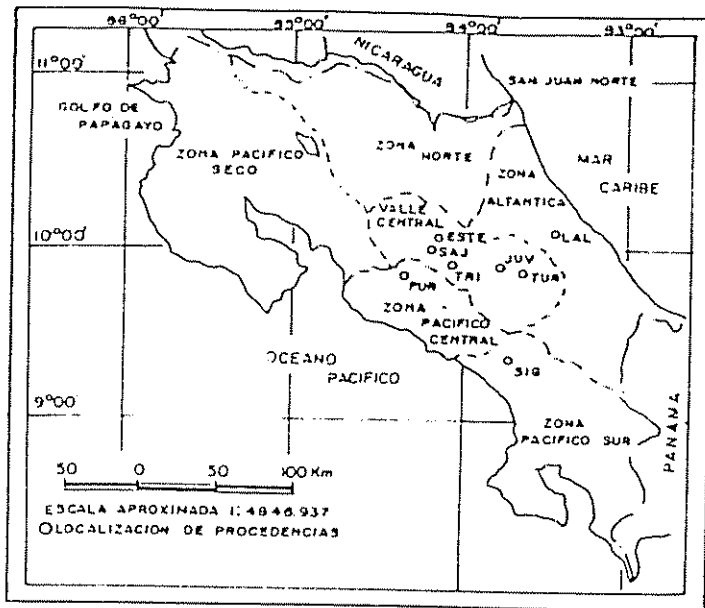


Fig 1 Mapa de Costa Rica mostrando la localizacion de procedencias de *E. poeppigiana*



Fig 2 Mapa de América del Sur y América Central mostrando la localización de la procedencia de *E. poeppigiana*

(El significado de las siglas se observan en el Cuadro 1. de la pagina 15)

multiplicó el largo por el ancho y el espesor. Para evaluar el peso de las semillas se empleó una balanza analítica^{2/}: el número de semillas por kilogramo se determinó con base al peso de 5 muestras de 25 semillas por procedencia.

Los datos fueron analizados utilizando los siguientes modelos matemáticos completamente al azar:

$$a. Y_{ijk} = \mu + P_i + B_j + (PB)_{ij} + E_{ijk}$$

modelo para las variables largo, ancho, espesor, relación ancho/largo y volumen de las semillas, donde:

Y_{ijk} = efecto promedio de la variable Y en k-ésima semilla en j-ésima repetición en la i-ésima procedencia

μ = efecto del promedio

P_i = efecto de i-ésima procedencia; $i = 1, 2, \dots, 8$

R_j = efecto de j-ésimo bloque; $j = 1, 2, \dots, 5$

$(PR)_{ij}$ = efecto de la interacción de i-ésima procedencia con j-ésimo bloque

E_{ijk} = efecto de k-ésima semilla en j-ésimo bloque de i-ésima procedencia; $k = 1, 2, 3, \dots, 25$

El Cuadro 2 presenta las fuentes de variación para el análisis de variancia de acuerdo al modelo descrito.

Cuadro 2. Fuentes de variación para el análisis de variancia para evaluación de semillas

No.	Fuentes de variación	gl	Cuadrados medios esperados	Prueba
1	Procedencia (P)	(P-1)	$V^2 + s V_{PB}^2 + sbV_P^2$	1/3
2	Bloque (B)	(B-1)	$V^2 + s V_{PB}^2 + spV_B^2$	2/3
3	P * B	(P-1)(B-1)	$V^2 + s V_{PB}^2$	3/4
4	Semillas (S) en P en B (residual)	(S-1)PB	V^2	-

2/ Balanza analítica Mettler PC 220 con aproximación al 0,001 g.

$$b. Y_{ij} = \mu + P_i + R_j + E_{ij}$$

modelo para la variable peso de semillas, donde:

Y_{ij} = efecto promedio de la variable Y en j-ésima repetición en la i-ésima procedencia

μ = efecto del promedio

P_i = efecto de i-ésima procedencia; $i = 1, 2, \dots, 8$

R_j = efecto de j-ésima repetición; $j = 1, 2, \dots, 5$

E_{ij} = efecto del error experimental en la media Y_{ij}

El Cuadro 3 presenta las fuentes de variación para el análisis de variancia de acuerdo al modelo descrito.

Cuadro 3. Fuentes de variación para el análisis de variancia para evaluación del peso de semillas

No.	Fuentes de variación	gl	Cuadrados medios esperados	Prueba
1	Procedencia (P)	(P-1)	$V^2 + rV_P^2$	1/3
2	Repetición (R)	(R-1)	$V^2 + pV_R^2$	2/3
3	Error	(P-1)(R-1)	V^2 -	3/3

3.2.2 Etapa de vivero

El estudio de la variabilidad genética a nivel de vivero se realizó en el vivero del Departamento de Recursos Naturales Renovables del CATIE en Turrialba.

Se utilizaron bolsas de 22 cm de largo y 17,5 cm de ancho que fueron llenadas con tierra, arena y compost (1:1:1) y 100 g de abono (10 N-30 P-10 K) por cada 1960 pulsas, las que fueron separadas por 2,5 cm para obtener mayor área por planta. La separación de los cinco

bloques indistintamente fue de 0,5 m para facilitar las labores culturales y evaluación de las variables.

Antes de la siembra directa, se dejaron las semillas en agua a temperatura ambiente durante 24 horas. Luego fueron sembradas en las bolsas plásticas de color negro a razón de dos semillas por bolsa, a 2,5 cm de profundidad. Se aplicó riego por aspersión todos los días cuando no llovía y la eliminación de las "malas hierbas" se realizó cada semana. No se utilizó sombra en vivero.

Para asegurar la disponibilidad de plantas, paralelamente se hicieron germinar semillas de las procedencias en substrato de arena fina esterilizada con formalina, en un cajón de madera de 1 m de largo por 50 cm ancho y 10 cm de espesor. Los materiales de germinación fueron desinfectados con terrazán (pentacloronitrobenzeno) a razón de 1 g por bomba de 16 l de agua.

Durante la germinación de las semillas se presentó ataque de hongos "damping off" que se controló con aplicaciones de M-80 maneb (etileno-bisditiocarbamato de manganeso) a una concentración de 25 g por 8 l de agua. Ocho días después de la germinación se dejó una sola planta por bolsa; en el caso de que no germinara ninguna, se reemplazó con plantas del almácigo. Para estudiar la variación genética a nivel de vivero se utilizó un diseño de bloques completos al azar con ocho procedencias, cinco repeticiones y parcelas cuadradas de 7 m x 7 m, con veinticinco plantas útiles por parcela.

En la etapa de vivero (junio-agosto/85) fueron evaluadas las siguientes variables:

1. Porcentaje de germinación (%): se contó en forma diaria el número de semillas germinadas por parcela durante los primeros 30 días.
2. Longitud del epicótilo (mm): la evaluación se realizó cuando todas las plantas formaron el segundo par de hojas primarias, o sea 30 días después de la siembra.

3. Número de nojas verdaderas: al final de la etapa de vivero se contaron las nojas verdaderas a lo largo del eje principal.
4. Altura total (mm): se midió desde el nivel del suelo hasta el brote terminal de la planta. Las mediciones se realizaron cada 15 días después de los primeros 30 días de la siembra.
5. Diámetro basal (mm): se midió a 1 cm del suelo con calibre^{1/}; la evaluación se realizó al final de la etapa de vivero.
6. Longitud de la raíz principal (cm): fue estudiada en cinco plantas por repetición, seleccionadas y arrancadas al azar y con mucho cuidado al final de la etapa de vivero (90 días); la longitud del mismo se midió desde el cuello de la planta, hasta la parte terminal de la raíz principal utilizando una regla graduada en centímetros.
7. Número de nódulos: de las mismas plantas utilizadas para evaluar el sistema radical se contaron los nódulos mayores a 1 mm de diámetro.
8. Peso seco aéreo (g): de las mismas plantas utilizadas en los puntos 6 y 7 se separó el sistema radical de la parte aérea, los cuales se llevaron para medir peso seco al horno hasta que fuera constante (70 °C) durante 72 horas. El material fue pesado en una balanza analítica^{1/}.
9. Peso seco radical (g): de las mismas plantas utilizadas en los puntos 6 y 7 se separó la parte aérea del sistema radical los cuales se llevaron a peso seco constante (70 °C) durante 72 horas. El material fue pesado en una balanza analítica.
10. Peso seco total (g): variable derivada de las variables 8 y 9.
11. Contenido de humedad total de la planta (%): $\text{humedad (\%)} = \frac{PV - PS}{PV} \times 100$; donde:

^{1/} Vernier Dial Typ 6921 con aproximación al 0,1 mm.

^{1/} Balanza analítica Mettler PC 220 con aproximación al 0,001 g.

PV = peso verde (g)

PS = peso seco al horno (g)

De la sexta a la décimo primera variable se utilizaron cinco plantas por parcela (una por línea seleccionada al azar).

Los datos fueron analizados utilizando los mismos modelos matemáticos completamente al azar anteriormente descritos. El modelo matemático b) se utilizó para analizar la variable peso de semillas.

El esquema del diseño en vivero, así como el sentido de medición se presentan en la Figura 3.

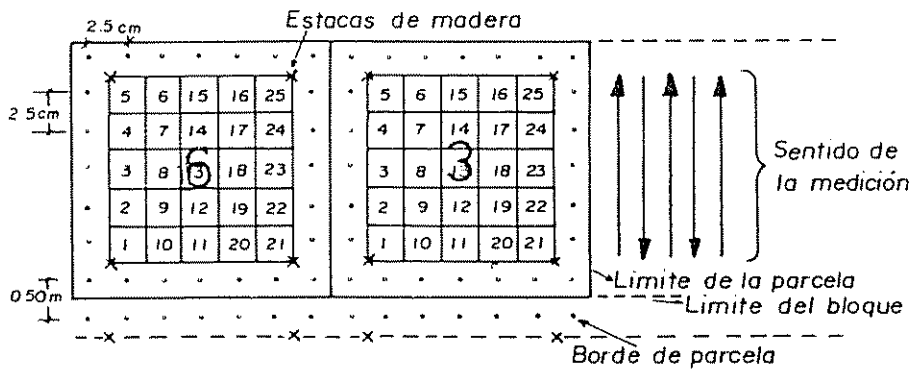
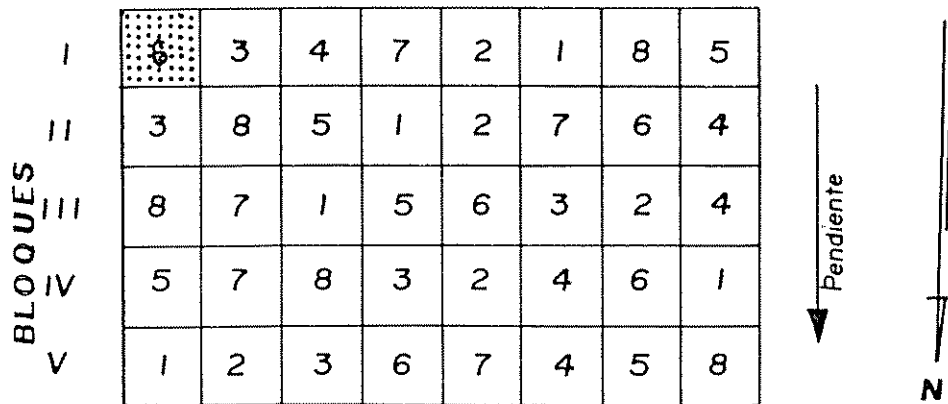
3.2.3 Etapa de campo

Por razones de logística y por limitaciones en la disponibilidad de áreas aptas para establecer el ensayo a nivel de campo de acuerdo a los objetivos planteados, ésta se realizó solamente en un sitio.

El ensayo de campo se estableció en terrenos del Programa de Producción de Animal del CATIE en Turrialba, ubicado a 09° 54' de latitud norte y 83° 41' de longitud oeste y 605 msnm de elevación.

Las características del sitio se describen como sigue:

La estación meteorológica del CATIE localizada a 1 km del experimento, presenta una temperatura media anual de 22°C (promedio de 17 años), una precipitación media anual de 2661 mm, siendo el mes menos lluvioso marzo (con un promedio de 76 mm; según 36 años de datos). El promedio diario de brillo solar es de 4,6 hr (promedio de 17 años), promedio diario de radiación 424 cal/cm (promedio de 17 años), humedad relativa promedio 87 por ciento (promedio de 17 años) y evaporación promedio diaria 3 mm (57). Los datos climáticos durante el periodo experimental en 1985 se presentan en el Cuadro 4. De acuerdo al sistema de clasificación Holdridge (55), la zona de Turrialba corresponde a la formación ecológica bosque muy húmedo Premontano Tropical.



Dentro de la parcela, el sentido de medición se inicia de norte a sur, continua de izquierda a derecha, comenzando en el extremo izquierdo

Fig 3 Distribución del experimento de *E. poeppigiana* en vivero

Cuadro 4. Información climatológica del CATIE para 1985

Mes	Promedio		Temperatura media	Absoluta		Precipitación		Brillo solar		Evaporación	
	máx.	mín.		máx.	mín.	Total mensual	Días de 0,1 mm ó mas	Total mensual	HR (%) prom.diario	tanque total	mensual
Enero	25,4	15,2	20,0	26,5	11,7	38,2	10	181,6	85,6		112,5
Febrero	25,3	16,3	20,3	27,3	13,0	156,3	16	124,6	88,9		88,6
Marzo	26,5	15,9	20,8	28,7	12,4	34,9	14	185,9	87,0		135,9
Abril	27,4	17,0	21,6	29,3	14,0	51,9	11	181,5	87,3		141,5
Mayo	28,4	18,5	22,8	30,0	16,2	100,8	19	162,4	88,2		142,7
Junio	26,9	19,1	22,3	28,8	17,2	291,4	28	75,1	92,1		89,8
Julio	27,0	18,0	21,9	28,8	16,0	115,2	20	121,9	90,2		105,5
Agosto	26,8	18,0	21,5	28,4	16,0	285,6	25	116,1	89,1		97,1
Setiembre	27,4	18,3	22,2	29,1	16,0	294,9	19	146,4	88,5		107,4
Octubre	27,2	18,1	21,9	28,4	16,2	249,5	23	162,3	89,1		107,3
Noviembre	26,0	17,5	21,2	27,7	14,9	232,6	21	128,7	90,3		88,2
Diciembre	25,6	16,4	20,5	28,0	12,2	102,7	19	113,4	90,7		88,2
Total	319,8	208,2	256,8	341,0	175,8	1954,0	225	1699,9	1066,8		1304,7
Promedio	26,7	17,4	21,4	28,4	14,7	162,8	18,7	141,7	88,9		108,7

Estación meteorológica: latitud 09°53' N, longitud 83°38' O y elevación 602 msnm
Fuente: JIMENEZ y SALAS, CATIE 1986 (58)

La Figura 4 presenta la localización del ensayo en el campo. El esquema de distribución de los bloques, procedencias y árboles en el experimento de campo y el sentido de medición se presentan en la Figura 5.

Previo al establecimiento del experimento en el campo, una parte del terreno estuvo dedicado al pastoreo con predominio del pasto estrella (Cynodon plectostachyus) y otra parte a producción de forraje de morera (Morus nigra).

El sitio, con uno por ciento de pendiente es de origen aluvial y pertenece a la serie Juray (1), tiene una permeabilidad moderada y una densidad aparente de media a alta (entre 1,01 y 1,27 g/cc). El contenido de materia orgánica es de medio a alto (de 1,0 a 6,9 %), con un pH moderadamente ácido (entre 4,5 y 5,5), la textura es franco arcillosa y presenta un grado de fertilidad entre mediano y bajo (1, 10).

La descripción del perfil del suelo realizado por Kimble (1984), citado por Yanes (100), se considera consistente y actualizada, válida para la presente investigación, ya que dicho perfil se encuentra contiguo al experimento de campo y dentro de la misma serie Juray. Los detalles se presentan en el Anexo 1A y el Cuadro 1A. De acuerdo a la séptima aproximación el suelo se clasifica como fine mixed isohyperthermic, Typic Dystropept (62).

Treinta días antes de la plantación se realizó la preparación del terreno. En este período se eliminó manualmente la vegetación (morera) y el pasto (estrella). Para controlar la proliferación de malas hierbas se aplicó herbicida de acción sistemática "roundup" (glifosato) a razón de 150 cc por bomba de 16 l de agua. Después del estaquillado se hicieron rodajas de 1 m de diámetro. Se utilizó un espaciamiento de 2,5 m x 2,5 m.

La plantación se realizó el 4 y 5 de setiembre de 1985. Para evaluar el crecimiento inicial durante cuatro meses en el campo se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con ocho procedencias,

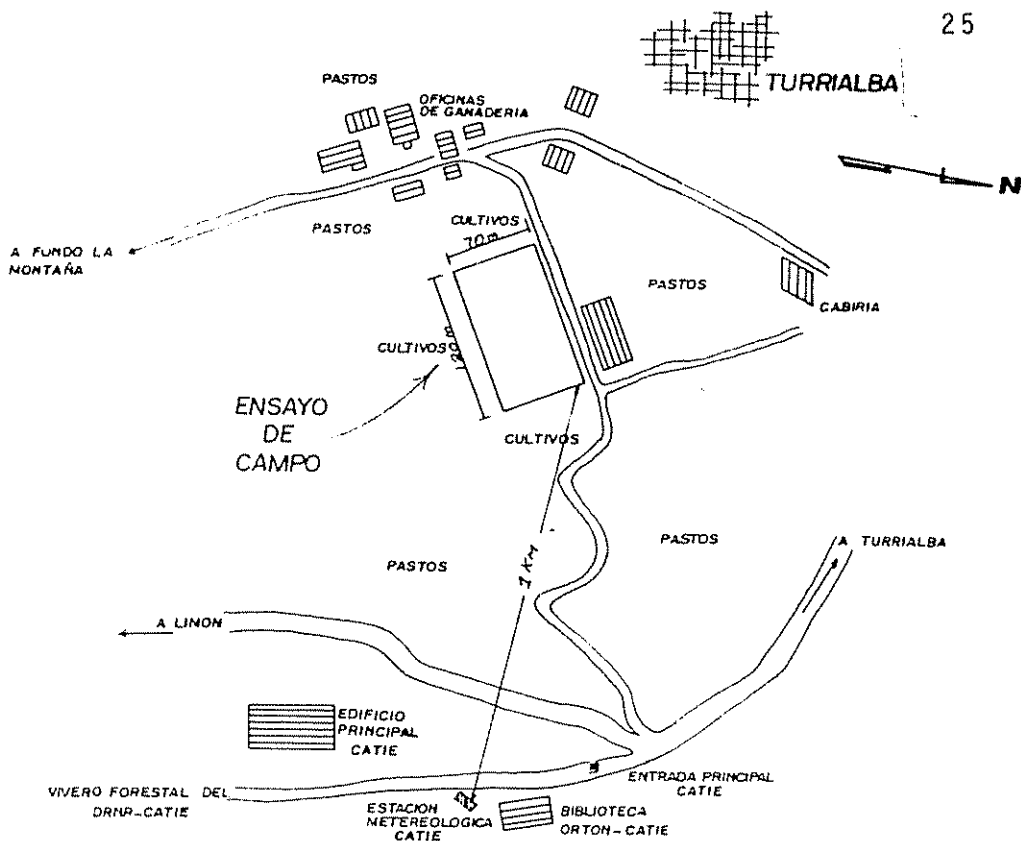


Fig 4. Localización del ensayo de procedencias de *E. poeppigiana* en Turrialba, Costa Rica

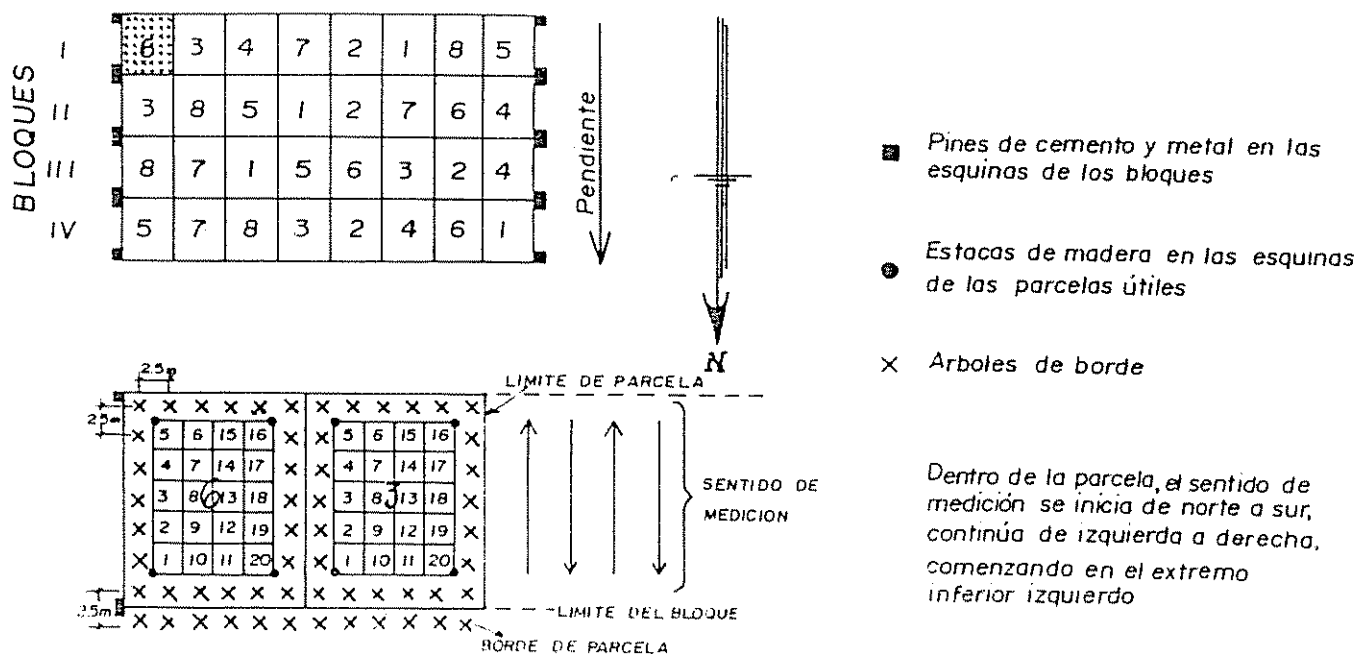


Fig 5 Distribución de bloques, procedencias, árboles por parcela y sentido de medición en campo *E. poeppigiana*

cuatro repeticiones y una parcela útil de veinte árboles (5 x 4) con un borde simple.

Se hicieron dos limpiezas; la primera a los 30 días de plantado con machete a fin de no causar daños en las raíces de los árboles, y la segunda a los 60 días de plantado. A los 90 días se hicieron rodajas de 1 m de diámetro alrededor de los árboles con pala.

Para cuantificar la variabilidad genética entre y dentro de procedencias se midieron las siguientes variables:

1. Altura total (cm): se midió del nivel del suelo al brote terminal de la planta. Las evaluaciones se realizaron a los 30, 60, 90 y 120 días después de la plantación.
2. Diámetro basal (mm): se midió a nivel del suelo y se utilizó un calibrador^{1/}. Las evaluaciones se realizaron a 30, 60, 90 y 120 días después de la plantación.
3. Diámetro a 30 cm de altura (mm): se midió a 30 cm de altura a partir del cuello y se utilizó un calibrador¹. La evaluación se realizó a los 120 días después de plantado.
4. Conicidad: variable derivada de las variables 2 y 3 a los 120 días.
5. Número de espinas en el eje principal: se contó el número de espinas en una sección de 10 cm del eje principal de la planta, a partir de 5 cm hasta 15 cm del brote terminal hacia abajo. La evaluación se realizó a los 120 días de plantado.
6. Largo del pecíolo de la hoja (cm): se tomó la parte central de la copa y se seleccionaron tres hojas para medir la longitud del pecíolo desde la base hasta la inserción de las tres hojuelas. La evaluación se llevó a cabo a los 120 días después de plantado porque el período de vida aproximada de las hojas está entre 110 y 120 días antes de la abscisión, tal como lo comprobó Russo (82).

^{1/} Vernier Dial Typ 6921 con aproximación al 0,1 mm.

7. Largo de la hojuela (cm): en cada una de las tres hojas seleccionadas de la parte central de la copa, se tomó la hojuela central para medir la longitud de la lámina. La evaluación se realizó a los 120 días de plantado.
8. Ancho de la hojuela (cm): en las mismas hojas seleccionadas de la parte central de la copa, se tomó la hojuela central para medir el ancho de la lámina. La evaluación se realizó a los 120 días después de plantado.
9. Relación ancho/largo de la hojuela: con los datos de las mediciones 7 y 8 se estableció la relación ancho/largo. Se evaluó a los 120 días después de plantado.
10. Número de espinas en el pecíolo de las hojas: en las mismas hojas seleccionadas en los puntos 6, 7 y 8 se contó el número de espinas a lo largo del pecíolo. Se evaluó a los 120 días después de plantado.

De la quinta a la décima variable se utilizaron ocho plantas por parcela seleccionada al azar.

Los datos fueron analizados utilizando el mismo modelo matemático completamente al azar descrito en el punto a) en la página 4.

El análisis estadístico de los datos de las etapas de vivero y campo fueron realizados en una computadora IBM 4331, utilizando el PSP^{1/}. Este programa realiza la prueba de Bartlett que establece si existe o no heterogeneidad de las variancias, realiza el análisis de variancia y aplica la prueba de Tukey a los tratamientos. Para los estudios de correlación en las diferentes etapas, se empleó el SAS^{2/}.

1/ Palmer's Statistical Package (PSP), desarrollado por Heather J. Palmer en julio de 1975. Programa Británico de Cooperación Técnica, actualizado en CATIE en mayo/1985.

2/ Statistical Analysis System (SAS). Sistema de Programas de computadora para análisis de datos. SAS Institute Inc. Cary N.C., E.E.U.U.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Análisis de las semillas

Las seis variables analizadas mostraron diferencias altamente significativas entre procedencias (Cuadro 5). Con excepción de la variable derivada, forma de las semillas (relación ancho/largo), que mostró únicamente 18 por ciento de variación entre procedencias, el resto de las variables evaluadas mostraron una variación entre 23 y 88 por ciento, la cual se considera alta. Aparte del peso de la semilla que mostró 88 por ciento de variación entre procedencias en las otras variables más del 50 por ciento de la variación se encontró dentro de procedencias.

El peso promedio del lote de 25 semillas (Cuadro 5) para las ocho procedencias fue de 5,8 g (0,232 g/semilla, 4.310 semillas/g); la procedencia San José de Apartadó de Colombia mostró las semillas más livianas (4,3 g igual a 18,5 semillas), y la procedencia Turrialba mostró las semillas más pesadas (7,2 g igual a 31 semillas), la diferencia fue de 2,9 g, lo que representa una diferencia de 12,5 semillas.

En términos generales, en el Cuadro 5 se puede apreciar claramente que las procedencias Turrialba, Puriscal, Tres Ríos y Juan Viñas presentan semillas con las dimensiones mayores y peso mayor. Las procedencias San José de Apartadó, La Lola, San Isidro del General y San Joaquín de Heredia presentan las semillas con dimensiones menores. La prueba de rango múltiple (Tukey $P \leq 0,05$) considera la procedencia Turrialba como una población estadísticamente diferente del resto de las procedencias con respecto a las variables analizadas. Esta población se caracteriza por presentar semillas más grandes y pesadas. Las procedencias Tres Ríos, Puriscal y Juan Viñas son agrupadas después de la procedencia Turrialba como poblaciones muy similares con respecto a las mismas variables de las semillas. Las cuatro procedencias restantes muestran también un patrón bastante similar de agrupamiento por las dimensiones pequeñas que las caracterizan. La procedencia de

Quadro 5. Análisis de variancia y prueba de Tukey para las variables analizadas en semillas de ocho procedencias de *E. poeppigiana*, Turrialba, Costa Rica

		L a r g o (mm)				A n c h o (mm)				Espesor (mm)				Volumen (LxAxE) (mm ³)				Relación ancho/largo				P e s o (g)				
Fuentes de No. variación		gl	Prueba	CM	F	CO	CM	F	CO	CM	F	CO	CM	F	CO	CM	F	CO	Fuentes de No. variación							
1	Bloque (B)	4	3	4,007	NS	1	0,741	NS	0	0,780	NS	0	36,340	NS	0	0,0066	NS	0	1	Repet. (R)	4	3	0,1498	NS	1	
2	Proc. (P)	7	3	147,000	***	42	27,580	***	44	12,090	***	23	1.057,000	***	42	0,0931	***	13	2	Proc. (P)	7	3	4,024	***	88	
3	B * P	28	4	1,555		0	0,402	NS	1	0,483	*	2	16,090	NS	1	0,0032	NS	0	3	Error	28		0,097		11	
4	Semillas	960				57	0,272		55	0,306		75	10.950,000		57	0,0034		82								

Proc.	CV	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV	\bar{x}	Tukey
TUR	9	14,3		TRI	9	6,3		TUR	9	6,5		TUR	18	596,3		TRI	15	0,46	
PUR	10	13,7		TUR	8	6,4		PUR	11	6,3		TRI	22	568,1		SJA	11	0,46	
TRI	9	13,5		SAJ	11	6,3		TRI	9	6,3		PUR	27	538,3		SAJ	13	0,46	
JUV	10	13,2		JUV	8	5,3		JUV	9	6,1		JUV	21	517,1		JUV	15	0,44	
SAJ	9	12,7		PUR	9	5,1		SAJ	8	6,1		SAJ	23	501,1		SIG	13	0,42	
SIG	10	12,7		SIG	8	5,8		SIG	10	6,0		SIG	23	449,2		PUR	11	0,41	
LAL	11	12,4		LAL	8	5,5		LAL	9	5,7		LAL	21	392,4		TUR	15	0,40	
SJA	7	10,7		SJA	6	5,4		SJA	6	5,6		SJA	14	324,1		LAL	15	0,40	

* (P < 0,05)
 *** (P < 0,001)
 NS no significativa (P > 0,05)

CO (%) = Componente de variancia
 CV (%) = Coeficiente de variación
 Tukey = P < 0,05

(El significado de las siglas se observan en el Cuadro 1 de la pagina 15)

Colombia mostró los valores menores para la mayoría de las variables analizadas en cuanto a semillas. Salazar (86) estudiando características de la semilla en veinte procedencias de P. caribaea var. hondurensis Barr. y Golf. reporta que el peso y el largo de la semilla mostraron un 26 y 18 por ciento de variación entre procedencias, respectivamente.

Las diferencias extremas de las dimensiones de las semillas según el Cuadro 5 son las siguientes: largo (33%), ancho (25%), espesor (17%), volumen (84%), forma (relación ancho/largo) (15%) y peso (69%).

Solamente la variable peso de semillas mostró 11 por ciento de variación dentro de procedencias, las demás variables evaluadas mostraron entre 55 y 82 por ciento de variación, la cual se considera alta. La mayor variación dentro de procedencias se observa en la forma sencilla de semillas (relación ancho/largo) que mostró 82 por ciento, el espesor presentó 75 por ciento, largo y volumen 57 por ciento, y ancho 55 por ciento. Es probable que estas variaciones se deba a la ubicación de los óvulos en la placenta del fruto durante la estación reproductiva, así las semillas más grandes son producidas en las partes más cercanas y centrales de la inflorescencia, en especies de frutos uniovulares ocurre similar variación entre partes de la planta. Es frecuente y evidente encontrar en el período de recolección de semillas, frutos (vainas) de E. poeppigiana conteniendo (2-5) semillas de diferentes dimensiones en árboles de igual o diferente procedencia. Harper et al (51), en Spergularia rubra de la familia Caryophyllaceae reportan que semillas producidas cerca de la base de la cápsula son más largas que aquellas producidas cerca del ápice.

El análisis de correlación (Cuadro 6) indica que existe una correlación positiva aunque baja ($r = 0,15^{***}$) entre la variable independiente elevación del origen de las semillas y la variable dependiente peso. Esta relación indica una tendencia clinal que se observa claramente en la Figura 6. Resultados similares han sido observados en un estudio preliminar de procedencias de Calliandra

Cuadro 6. Correlación entre seis variables de las semillas de E. poeppigiana y algunas variables geográficas climáticas del origen en Costa Rica

Variables geográficas y climáticas del origen de las semillas	Latitud (N)	Elevación (msnm)	Temperatura promedio anual (°C)	Precipitación promedio anual (mm)	Meses secos (<100 mm)
	(07°20' - 10°06')	(25-1350)	(17,1-28,4)	(2164-4287)	(1-5)
Largo (mm)	0,01 NS	0,09 *	-0,32 ***	-0,19 ***	0,14 ***
Ancho (mm)	0,05 NS	0,43 ***	-0,56 ***	-0,53 ***	0,48 ***
Espesor (mm)	-0,07 NS	0,25 ***	-0,38 ***	-0,31 ***	0,29 ***
Peso (g)	-0,0004 NS	0,15 ***	-0,60 ***	-0,33 ***	0,25 ***
Volumen (mm ³)	-0,002 NS	0,30 ***	-0,51 ***	-0,41 ***	0,35 ***
Relación A/L	0,02 NS	0,31 ***	-0,22 ***	-0,31 ***	0,31 ***

* (P < 0,05)

*** altamente significativa (P < 0,001)

NS no significativa (P > 0,05)

Los valores corresponden al coeficiente de correlación (r)

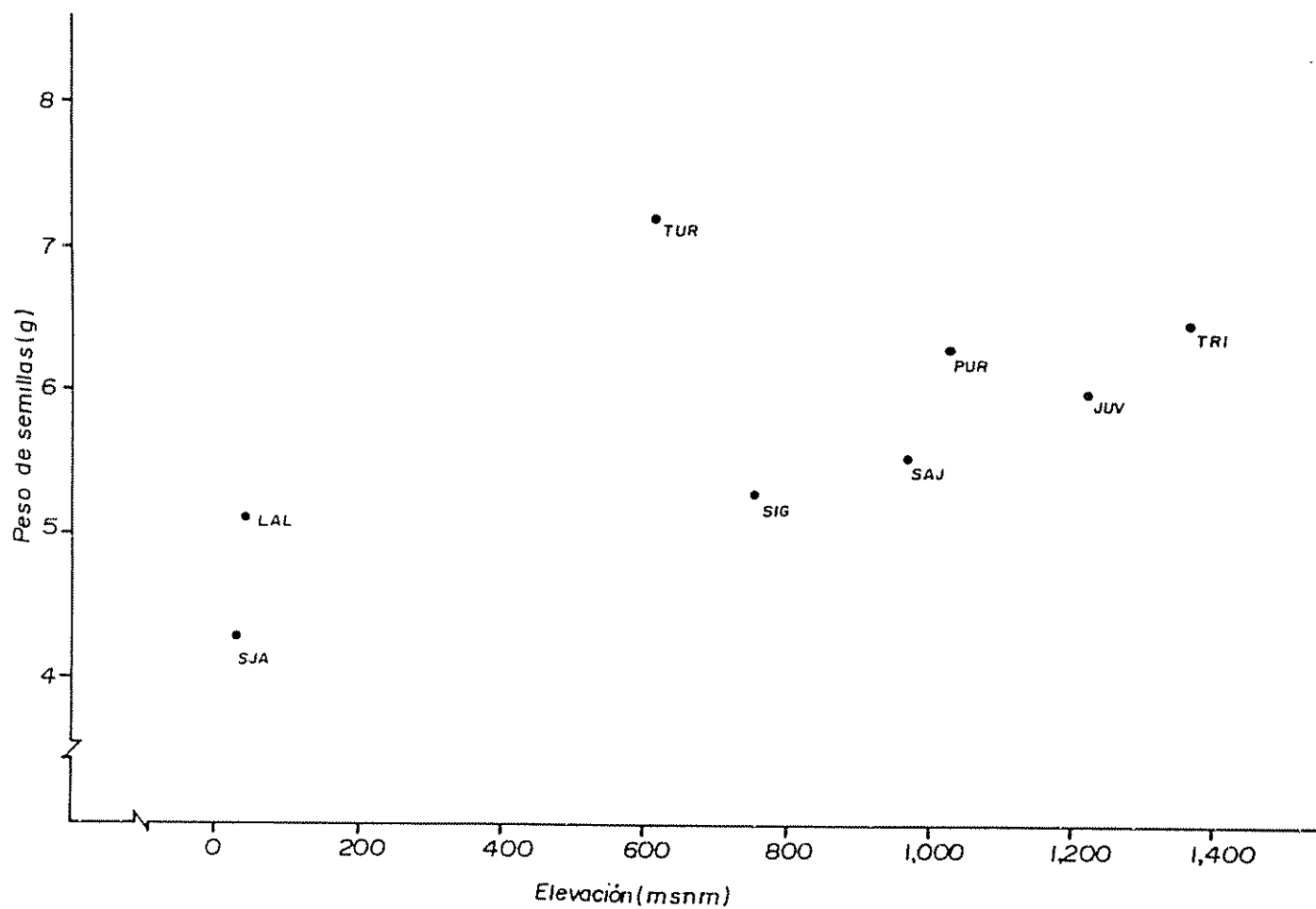


Fig 6. Relación entre peso de semillas (g) y elevación (msnm) en ocho procedencia de *E. poeppigiana*, Turrialba, Costa Rica

(El significado de las siglas se observan en el Cuadro 1. de la pagina 15)

calothyrsus (26) y en procedencias de Gliricidia sepium de Guatemala y Costa Rica (87).

Baker (5) determinó en zonas templadas que para árboles, la disponibilidad de humedad en el suelo parece ser la característica más importante en relación con el peso de la semilla. Además una correlación positiva entre el peso de la semilla y la altitud en la cual ocurren las plantas. Asimismo reporta diferencias entre el peso de las semillas de árboles, arbustos y hierbas. Rockwood (81) indica que para especies tropicales los patrones de comportamiento del peso de las semillas corresponden a los descritos por Baker (5).

La temperatura promedio anual y la precipitación promedio anual del origen de las semillas mostraron correlaciones negativas ($r = -0,60^{***}$ y $r = -0,33^{***}$) con el peso de las semillas, respectivamente. La primera relación se observa claramente en la Figura 7. Por otro lado para la variable independiente meses secos del origen de las semillas y la variable dependiente peso de semillas se observó una correlación positiva ($r = +0,25^{***}$). Salazar (87) encontró resultados similares para procedencias de Gliricidia sepium de Guatemala y Costa Rica. Palmblad (76) considera el tamaño de semillas como una característica menos plástica. Por esta razón es a menudo una de las características utilizadas para describir variación intraespecífica, y en algunos casos puede ser usado para identificar colecciones de semilla de procedencia desconocida.

4.2 Etapa de vivero

El porcentaje promedio de germinación para las ocho procedencias fue de 75 por ciento, similar al reportado por Payne ^{1/} en cuatro procedencias de E. poeppigiana de Costa Rica, en semillas cosechadas el mismo año, e inferior a los reportados por León (68) (90%) y por Lamprecht y Hueck (66) (85%). Es posible que exista alguna variación

^{1/} Lori Payne. Comunicación personal. Proyecto Árboles Fijadores de Nitrógeno. CATIE-CIID, Turrialba, Costa Rica. 1986.

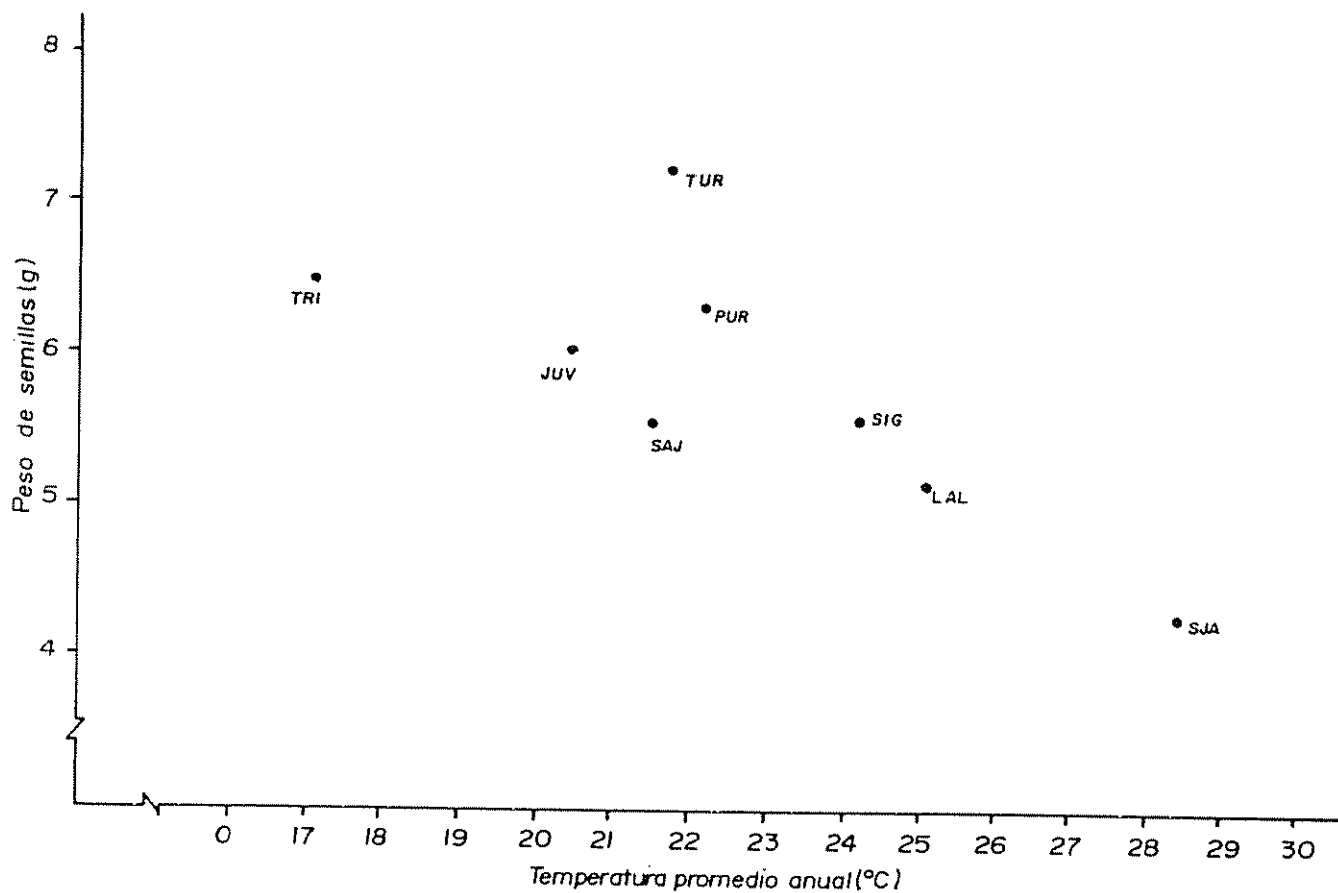


Fig 7. Relación entre peso de semillas (g) y temperatura promedio anual (°C) de ocho procedencias de *E. poeppigiana* en Turrialba, Costa Rica

(El significado de las siglas se observan en el Cuadro 1. de la pagina 15)

en la fertilidad entre años de producción como consecuencia de factores ambientales, aunque es más probable que se deba a diferencias en métodos de recolección, almacenamiento y árboles.

Kramer, citado por Basada (7), indica el tamaño de la semilla como uno de los factores que afectan el porcentaje de germinación en diferentes especies forestales. Akhtar (2), Henson y Layman (52), en especies del género Eucalyptus reportan un comportamiento similar en relación a la influencia del tamaño de la semilla sobre la germinación. Caballero y Toral (24), en Pinus pseudostrobus var. oaxacana, mencionan a las dimensiones de la semilla, así como el substrato en que ésta sea puesta a germinar, como factores determinantes para lograr mayor porcentaje y velocidad de germinación.

La germinación empezó entre el octavo y décimo día después de la siembra (Cuadro 7, Figura 8). El periodo de inicio de germinación es comparable al reportado para la especie por Lamprecht y Hueck (66) (7-12 días) en Mérida, Venezuela y por León (68) (11 días) en Turrialba, Costa Rica.

Cuadro 7. Comportamiento de semillas en vivero de ocho procedencias de E. poeppigiana en Turrialba, Costa Rica

Procedencia	Germinación (%)	Período de germinación (días)	Tiempo para germinar (días)	Energía germinativa (%)	Energía germinativa (días*)
PUR	86	9 - 22	14	62	13
SIG	84	9 - 22	14	39	13
LAL	81	8 - 20	13	47	12
JUV	79	9 - 21	13	45	13
TRI	77	9 - 22	14	52	13
TUR	74	9 - 22	14	21	13
SJA	60	10 - 23	13	17	13
SAJ	57	10 - 23	13	22	13

* Días después de la siembra

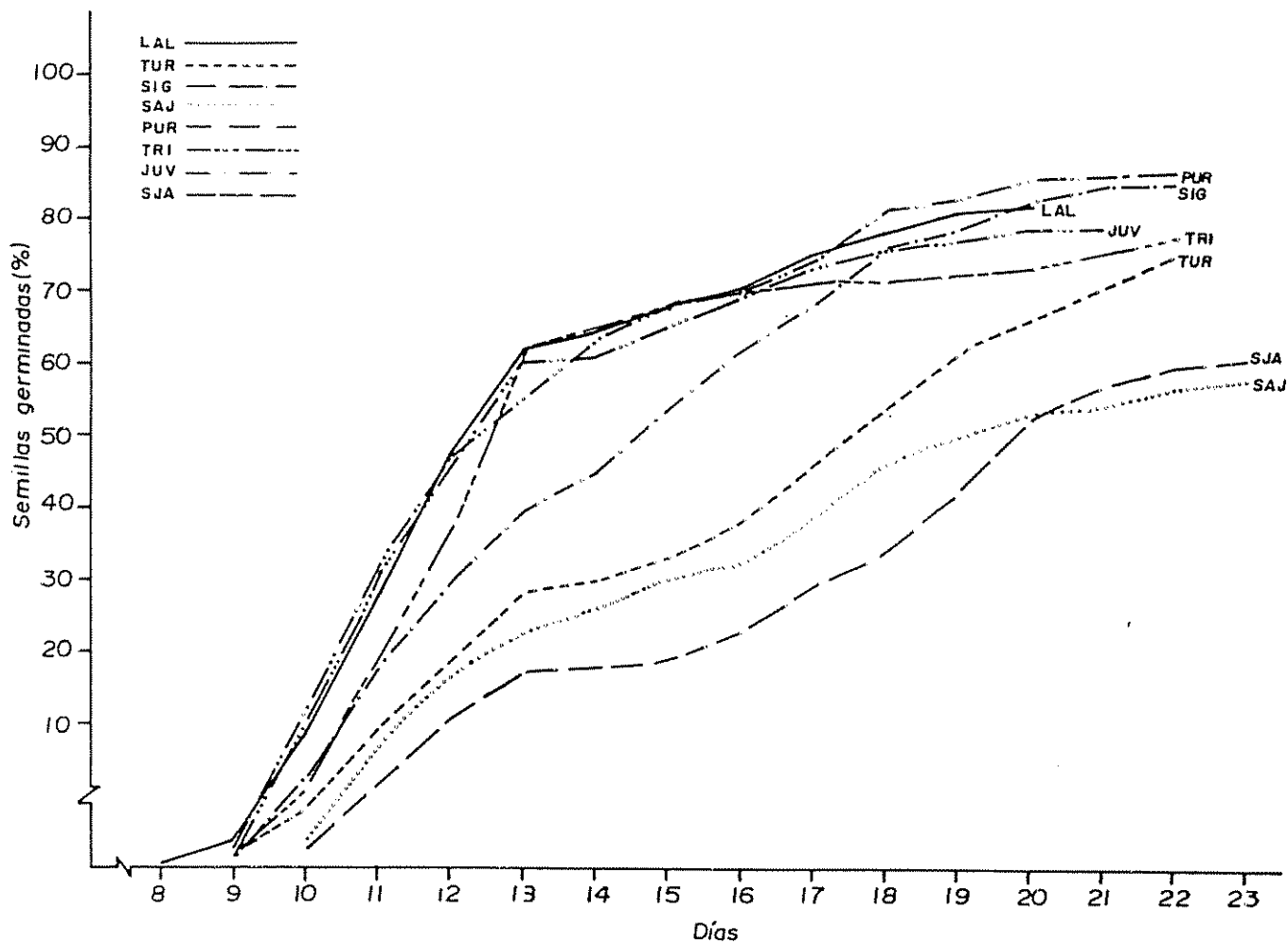


Fig 8 Velocidad de germinación de semillas en ocho procedencias de *E. poeppigiana* en Turrialba, Costa Rica

(El significado de las siglas se observan en el Cuadro 1. de la pagina 15)

Para las procedencias estudiadas más del 70 por ciento de la germinación ocurrió dentro del vigésimo segundo día después de la siembra excepto para las procedencias San José de Apartadó (Colombia) y San Joaquín de Heredia, las cuales alcanzaron menos del 61 por ciento en el vigésimo tercer día. La diferencia entre la primera y última procedencia en germinar fue dos días, la cual se considera una diferencia mínima.

Para todas las procedencias, las semillas germinaron entre los 13 y 14 días siendo las diferencias no significativas. Las procedencias La Lola, Tres Ríos y Puriscal presentaron más del 47 por ciento de energía germinativa en 12 y 13 días respectivamente, mientras que las demás presentaron menos de 46 por ciento en 13 días. Alrededor de 3,6 veces (264,7 %) fue la diferencia observada entre las procedencias que mostraron mayor y menor energía germinativa, la cual es considerablemente alta. Para las procedencias que mostraron mayor y menor porcentaje de germinación se detectó un factor de 1,5 veces (33,7 %) de diferencia, el cual se considera bastante baja. Las diferencias indicadas se observan en el Cuadro 7 y Figura 9, aunque no hay una gradiente de agrupamiento que explique claramente las diferencias detectadas con respecto a las variables climáticas del origen. Probablemente esto se deba al vigor y tamaño de las semillas y efectos mecánicos de vivero. Resultados similares reportan Groce (48) en Eucalyptus maculata Hook y E. sieberiana F., Darus (40) y Keiding (60) con Tectona grandis y Cozzo (34, 35, 36) con Araucaria angustifolia y Pinus elliottii.

Para realizar el análisis de variancia del porcentaje de germinación y contenido de humedad total de la plántula se usó la transformación de los porcentajes obtenidos a valores de arcoseno $\sqrt{\text{porcentaje}}$ (27, 69). Los análisis de variancia para las 14 variables analizadas a nivel de vivero mostró que a excepción del contenido de humedad de la plántula completa, el resto de las variables evaluadas presentaron diferencias significativas entre procedencias (Cuadros 8 y 9).

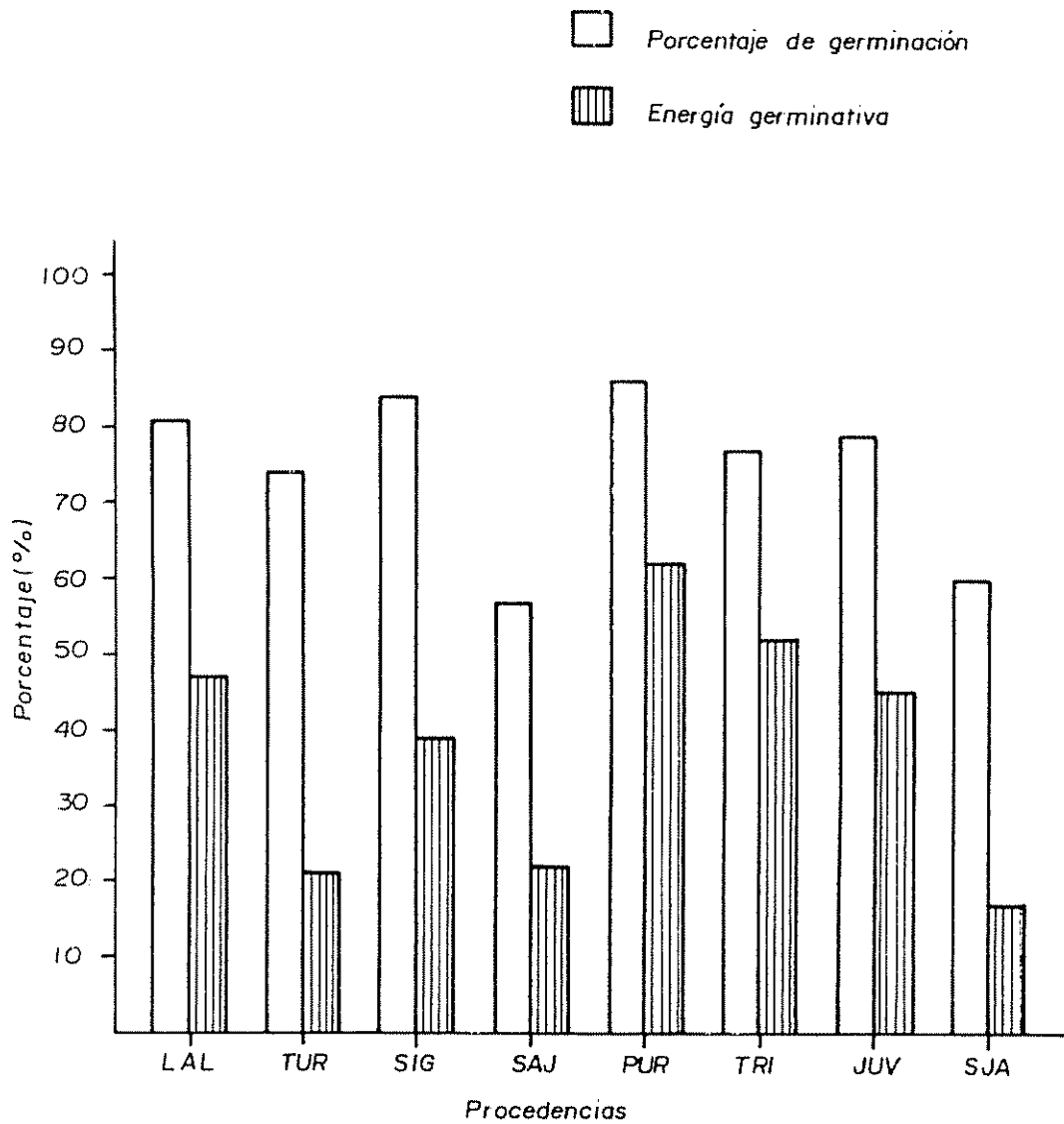


Fig 9. Porcentaje de germinación y energía germinativa de semillas de ocho procedencias de *E. poeppigiana* en Turrialba, Costa Rica

(El significado de las siglas se observan en el Cuadro 1. de la pagina 15)

El contenido de humedad total, longitud de raíz principal y número de nódulos mostraron poca variación entre procedencias, las demás variables evaluadas (Cuadros 8 y 9) mostraron una variación más alta, la cual varió entre 12 y 61 por ciento. La altura total a las distintas edades presentó una variación entre procedencias de 34 a 39 por ciento. La variación del diámetro fue de 24 por ciento. Se encontró diferencias entre bloques; es probable que estas diferencias se deben a que los bloques uno y dos fueron afectados por la sombra de árboles vecinos al experimento. Estos dos bloques presentaron los valores promedios más bajos. La alta significancia de la interacción se podría atribuir al error experimental dentro de los bloques y/o parcelas.

La prueba de rango múltiple (Tukey $P \leq 0,05$) considera las poblaciones Puriscal, La Lola, San Isidro del General, Turrialba, Juan Viñas y Tres Ríos como poblaciones similares y estadísticamente diferentes del resto de las procedencias con respecto a todas las variables analizadas en vivero. Estas poblaciones se caracterizan por presentar los valores promedios más altos en la mayoría de las variables analizadas a nivel de vivero. Puriscal presentó los valores más altos para porcentaje de germinación, longitud del epicótilo, altura total ($340 \text{ mm} \pm 135 \text{ mm}$) y contenido de humedad total. La Lola mostró valores más altos para diámetro basal, longitud de raíz principal, número de nódulos, peso seco aéreo radical y total. Las dos procedencias restantes San Joaquín de Heredia y San José de Apartadó (Colombia) siempre mostraron los valores más bajos, aunque no fueron estadísticamente diferentes. Sin embargo fue evidente el vigor menor en la procedencia de Colombia presentando los valores más bajos para casi todas las variables analizadas.

La variación mayor dentro de procedencias se observó en la longitud de la raíz principal (91 %), seguida del contenido de humedad total (87 %).

Cuadro 8. Análisis de variancia y prueba de Tukey para cuatro variables analizadas en plántulas de *E. poeppigiana* en la etapa de vivero, Turrialba, Costa Rica

Germinación (%)					Longitud del epicótilo (mm)					Número de hojas verdaderas			A l t u r a			Altura total (mm)																	
No. variación	Fuentes de variación	gl	Prueba	CM	F	CO	Fuentes de variación	gl	Prueba	CM	F	CO	30 días			45 días			60 días		75 días												
													CM	F	CO	CM	F	CO	CM	F	CO	CM	F	CO	CM	F	CO						
1	Bloque (B)	4	3	50,24	NS	4	1	Bloque (B)	4	3	1698	**	3	37,09	***	4	2748	**	3	3944	**	3	8292	*	3	37390	*	5					
2	Proc. (P)	7	3	259,70	***	61	2	Proc. (P)	7	3	6295	***	24	70,42	***	15	15790	***	36	26310	***	38	55120	***	39	138600	***	34					
3	Error	28		26,83		35	3	B * P	28	4	323,7	***	4	4,583	*	2	539,8	***	4	904,4	***	4	2186	***	6	9816	***	11					
							4	Arboles	960		137,4		69	2,804		79	193,8		57	295,7		55	578,6		52	1512		50					
Proc.	CV	\bar{x}	Tukey				Proc.	CV	\bar{x}	Tukey				Proc.	CV	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV	\bar{x}	Tukey				
PUR	8	69,2					PUR	17	57,0					SIG	15	11,0			PUR	16	77,2		PUR	16	100,3		PUR	16	140,4		TUR	28	214,0
SIG	3	66,8					JUV	23	56,0					PUR	17	11,9			SIG	21	75,3		SIG	22	96,9		TUR	23	135,7		PUR	19	208,0
LAL	9	64,7					SIG	25	54,3					TRI	15	11,7			JUV	21	71,2		TUR	22	92,8		SIG	22	135,0		SIG	25	204,9
JUV	11	63,3					TUR	24	53,9					TUR	15	11,4			TUR	24	71,0		TRI	21	92,6		TRI	20	134,8		TRI	22	199,4
TRI	8	61,7					TRI	27	49,3					LAL	14	11,1			LAL	24	68,6		JUV	20	88,5		LAL	22	124,9		LAL	23	191,0
TUR	12	60,0					LAL	25	47,7					JUV	16	11,0			LAL	24	63,2		LAL	23	84,1		JUV	19	121,7		JUV	21	173,5
SJA	5	50,8					SAJ	28	43,4					SAJ	18	10,7			SAJ	26	55,5		SAJ	24	72,8		SAJ	23	104,4		SAJ	24	155,2
SAJ	12	49,2					SJA	28	36,4					SJA	15	9,8			SJA	25	43,7		SJA	23	56,4		SJA	23	78,3		SJA	24	115,9

* (P < 0,05)
 ** (P < 0,01)
 *** (P < 0,001)
 NS no significativa (P > 0,05)

CO (%) = Componente de variancia
 CV (%) = Coeficiente de variancia
 Tukey = P < 0,05

Cuadro 9. Análisis de variancia y prueba de Tukey para siete variables analizadas en plántulas de *E. poeppigiana* en la etapa de vivero, Turrialba, Costa Rica

Diámetro basal (mm)					Long. raíz principal (cm)			Número de nódulos			Peso seco aéreo (g)			Peso seco radical (g)			Peso seco total (g)			Contenido de humedad total (%)									
No. variación	Fuentes de variación	gl	Prueba	CM	F	CO	CM	F	CO	CM	F	CO	CM	F	CO	CM	F	CO	CM	F	CO	CM	F	CO					
																									1	Bloque (B)	4	3	509,6
2	Proc. (P)	7	3	5711	***	24	192,8	*	6	8834	***	9	2248	**	15	235,4	**	12	3880	**	15	22,62	NS	2					
3	B * P	28	4	299,2	***	4	72,04	NS	0	1436	NS	0	5097	NS	7	67,17	NS	7	857,4	NS	7	14,47	NS	2					
4	Arboles	960		132,6		72	74,3		91	1329		81	3430		72	45,83		80	587,1		73	12,75		87					
Proc.	CV	\bar{x}	Tukey				Proc.	CV	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV	\bar{x}	Tukey			
LAL	18	7,9					LAL	22	40,0		LAL	66	80,1		LAL	46	48,2		LAL	43	19,4		LAL	44	67,6		PUR	2	67,1
PUR	14	7,9					TUR	26	39,0		SIG	61	73,7		SIG	48	44,9		JUV	52	16,6		SIG	44	61,2		TUR	3	65,8
TRI	17	7,3					JUV	27	38,5		TRI	56	69,2		TUR	54	42,6		TUR	40	16,3		TUR	50	58,9		JUV	3	65,7
TUR	15	7,1					SIG	24	37,3		TUR	47	61,9		TRI	53	39,8		SIG	47	16,3		JUV	59	56,4		SAJ	5	65,7
SIG	16	7,1					TRI	27	35,6		JUV	65	61,2		JUV	64	39,8		PUR	39	16,3		TRI	48	55,9		SJA	4	65,4
JUV	16	6,8					SAJ	21	35,4		PUR	50	58,4		PUR	37	36,3		TRI	46	16,1		PUR	37	52,6		LAL	6	65,2
SAJ	17	6,6					PUR	18	35,3		SAL	70	48,4		SAJ	60	29,4		SAJ	48	12,3		SAJ	49	41,7		TRI	4	65,0
SJA	17	5,8					SJA	24	31,2		SJA	85	19,2		SJA	52	18,6		SJA	50	9,4		SJA	50	28,0		SIG	12	63,7

* (P < 0,05)
 ** (P < 0,01)
 *** (P < 0,001)
 NS no significativa (P > 0,05)

CO (%) = Componente de variancia
 CV (%) = Coeficiente de variancia
 Tukey = P < 0,05

(El significado de las siglas se observan en el Cuadro 1 de la pagina 15)

En general, se observó diferencias muy marcadas entre los valores promedios extremos en la mayoría de las variables analizadas. La mayor variación (Cuadros 8 y 9) fue establecida en número de nódulos. Se detectó una diferencia de 61 nódulos (316 %) entre las procedencias extremas de Colombia (19 nódulos) y La Lola (80 nódulos). El peso seco aéreo también mostró una variación considerablemente alta, la diferencia fue 29,6 g (159 %) entre las procedencias extremas Colombia (18,6 g) y La Lola (48,2 g). Diferencias mayores que 100 por ciento fueron observadas en peso seco radical y peso seco total para las mismas procedencias extremas antes indicadas. Es probable que la plasticidad de las semillas ha influido en estas diferencias.

La altura total a 30, 45, 60 y 75 días de edad mostraron diferencias mayores que 75 por ciento entre las procedencias extremas San José de Apartadó y Puriscal. La Figura 10 muestra los resultados de crecimiento en altura total a 75 días después de sembrado (etapa de vivero). Diferencias mínimas se registraron con relación al diámetro basal.

Los incrementos de altura total en el vivero de las ocho procedencias de E. poeppigiana a diferentes edades se presentan en el Cuadro 10, los cuales muestran que los incrementos mayores en altura total se detectaron a los 60 y 75 días después de sembrado. Asimismo, se observa una variación considerablemente alta entre procedencias.

Cuadro 10. Incremento en altura total (mm) a diferentes edades de ocho procedencias de E. poeppigiana en Turrialba, Costa Rica

Procedencia	Sigla	Incremento en altura total (mm)		
		30-45 días*	45-60 días*	60-75 días*
La Lola	LAL	20,9	40,8	66,1
Turrialba	TUR	21,8	42,9	78,3
San Isidro del General	SIG	21,6	38,1	69,9
San Joaquín de Heredia	SAJ	17,3	31,6	50,8
Santiago de Puriscal	PUR	22,8	40,4	67,6
Tres Ríos	TRI	24,0	42,2	64,6
Juan Viñas	JUV	17,3	33,2	51,8
San José de Apartadó	SJA	12,7	21,9	37,6

* Días después de la siembra directa en bolsas plásticas

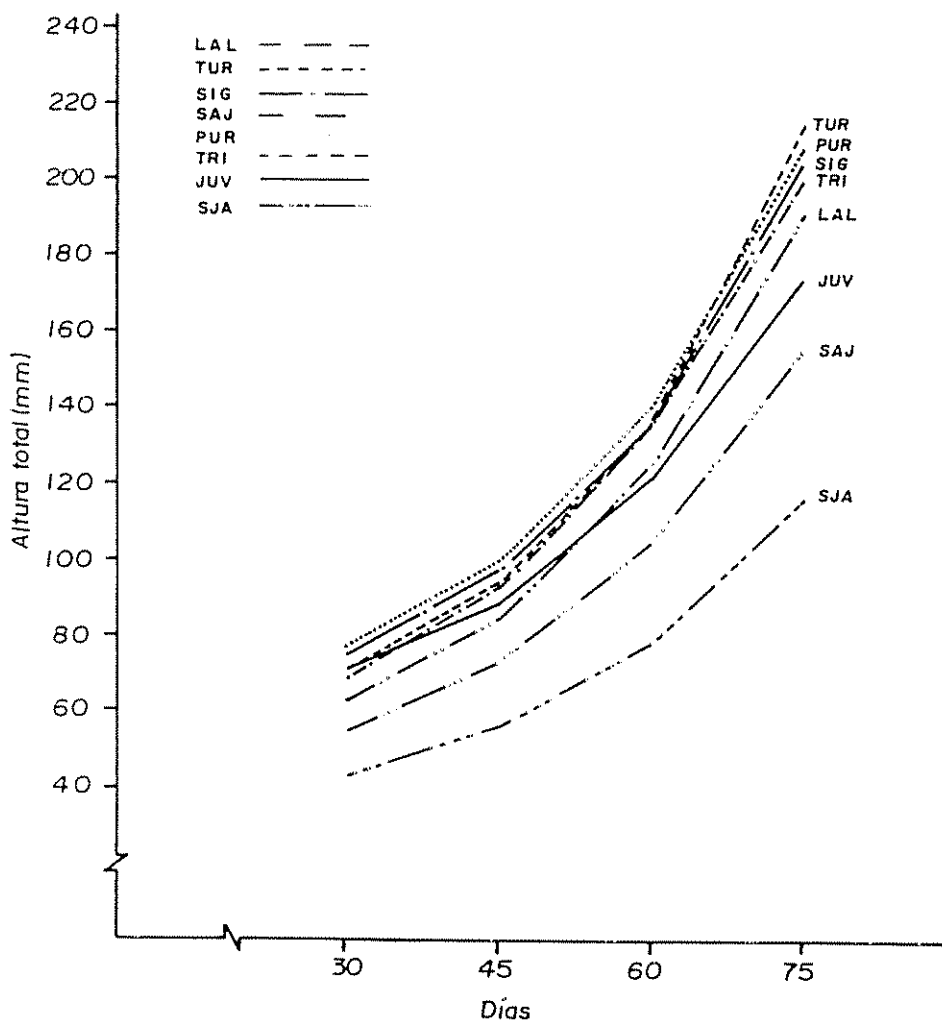


Fig 10 Crecimiento de altura total en ocho procedencias de *E. poeppigiana* en Turrialba, Costa Rica

(El significado de las siglas se observan en el Cuadro 1. de la pagina 15)

Se analizó el grado de asociación entre algunas variables geográficas y climáticas del origen y las variables de semillas con la mayoría de variables evaluadas en plántulas a los 75 días de crecimiento en vivero. Los Cuadros 11 y 12 presentan las matrices de correlación con sus respectivos coeficientes de correlación y niveles de significancia.

Se detectaron correlaciones positivas significativas a los niveles de 0,1 y 1 por ciento entre las variables temperatura promedio anual, precipitación promedio anual y latitud del origen con el crecimiento en diámetro y altura total a nivel de vivero. La precipitación promedio anual no estuvo muy correlacionado linealmente ($r = +0,21^{***}$) con la altura total a 60 días de sembrado; y con el diámetro basal a 75 días ($r = +0,28^{***}$). Las variables dependientes (altura, diámetro) mostraron tendencias clinales positivas. La Figura 11 muestra la relación de la variación en diámetro basal a 75 días con relación a la precipitación promedio anual del origen. Se observa que las procedencias de sitios con mayor precipitación muestran una ligera tendencia a presentar diámetros basales mayores.

Resultados similares, principalmente para relaciones entre precipitación y latitud con el crecimiento en diámetro y altura, respectivamente, fueron reportados por Campos (26) para procedencias de Calliandra calothyrsus en Turrialba, Costa Rica.

El Cuadro 11 muestra también correlaciones negativas entre las variables elevación, latitud y meses secos del origen con la mayoría de las variables en plántulas a nivel de vivero. La elevación muestra la mayor correlación ($r = -0,44^{***}$) con el peso radical y con el peso seco total ($r = -0,40^{***}$). Se observó tendencias clinales negativas entre elevación del origen y peso seco radical y total de plántulas en vivero. Es posible que esto se deba al peso y dimensiones de las semillas y a la fertilidad del substrato utilizado para producir las plántulas en el vivero. Mitchel, citado por Hough (56) reporta que el peso de las semillas ejerce un importante control sobre la acumulación temprana del peso de plántula de Pinus sylvestris. Hay evidencia que

Cuadro 11. Correlación entre doce variables en plántulas de E. poeppigiana en vivero y algunas variables geográficas y climáticas del origen

Variables geográficas y climáticas del origen en vivero	Latitud (N) (07°20' - 10°06')	Elevación (msnm) (25-1350)	Temperatura promedio anual (°C) (17,1-28,4)	Precipitación promedio anual (mm) (2164-4287)	Meses secos (<100mm) (1-5)
Long. epicótilo (mm)	-0,31 ***	0,15 ***	-0,11 *	-0,07 NS	0,14 **
Altura total (mm) 30 días	-0,34 ***	-0,03 NS	0,13 **	0,16 ***	-0,06 NS
Altura total (mm) 45 días	-0,31 ***	-0,07 NS	0,14 **	0,18 ***	-0,09 *
Altura total (mm) 60 días	-0,22 ***	-0,13 **	0,15 **	0,21 ***	-0,15 ***
Altura total (mm) 75 días	-0,19 ***	-0,14 **	0,12 **	0,19 ***	-0,15 ***
Diámetro basal (mm) 75 días	0,08 *	-0,34 ***	0,28 ***	0,33 ***	-0,35 ***
No. nojas verdaderas	-0,33 ***	-0,07 NS	0,23 ***	0,22 ***	-0,11 *
Long. raíz principal (cm)	0,10 *	-0,17 ***	0,12 **	0,14 **	0,17 ***
Peso seco aéreo (g)	0,22 ***	-0,34 ***	0,19 ***	0,26 ***	-0,32 ***
Peso seco radical (g)	0,11 *	-0,44 ***	0,29 ***	0,40 ***	-0,43 ***
Peso seco total (g)	0,20 ***	-0,40 ***	0,23 ***	0,32 ***	-0,38 ***
No. de nódulos	-0,07 NS*	-0,31 ***	0,29 ***	0,35 ***	-0,32 ***

* Significativa (P < 0,05)

** Significativa (P < 0,01)

Los valores corresponden al coeficiente de correlación (r)

*** Significativa (P < 0,001)

NS No significativa (P > 0,05)

Cuadro 12. Correlación entre doce variables en plántulas de E. poeppigiana en vivero y sus variables de las semillas

Variables de las se- millas en vivero	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (g)	Volumen (mm ³)	Relación A/L
Long. epicótilo (mm)	0,36 ***	0,26 ***	0,22 ***	0,35 *	0,33 ***	-0,14 ***
altura total (mm) 30 días	0,35 ***	0,16 ***	0,20 ***	0,43 **	0,27 ***	-0,21 ***
altura total (mm) 45 días	0,35 ***	0,17 ***	0,20 ***	0,45 **	0,27 ***	-0,21 ***
altura total (mm) 60 días	0,36 ***	0,18 ***	0,22 ***	0,50 **	0,29 ***	-0,21 ***
altura total (mm) 75 días	0,33 ***	0,16 ***	0,22 ***	0,52 ***	0,27 ***	-0,19 ***
diámetro basal (mm) 75 días	0,20 ***	0,04 NS	0,09 **	0,21 NS	0,13 ***	-0,18 ***
No. hojas verdaderas	0,25 ***	0,12 ***	0,15 ***	0,30 NS	0,20 ***	-0,16 ***
Long. raíz principal (cm)	0,14 ***	0,08 *	0,08 *	0,06 NS	0,11 ***	-0,07 *
peso seco aéreo (g)	0,24 ***	0,09 **	0,12 ***	0,10 NS	0,17 ***	-0,18 ***
peso seco radical (g)	0,24 ***	0,04 NS	0,10 **	0,02 NS	0,15 ***	-0,21 ***
peso seco total (g)	0,26 ***	0,08 **	0,12 ***	0,08 NS	0,17 ***	-0,20 ***
No. de nódulos	0,19 ***	0,04 NS	0,08 *	0,04 NS	0,12 ***	-0,18 ***

* Significativa (P < 0,05)

** Significativa (P < 0,01)

*** Significativa (P < 0,001)

NS No significativa (P > 0,05)

Los valores corresponden al coeficiente de correlación (r)

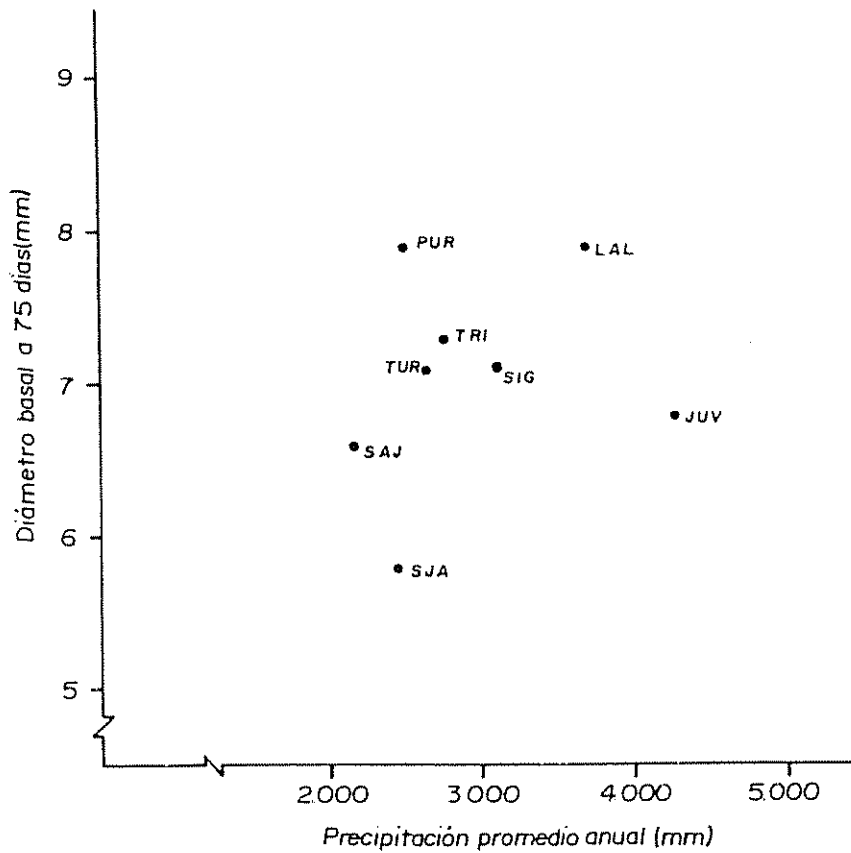


Fig II. Relación entre diámetro basal a 75 días (mm) y precipitación promedio anual (mm) en ocho procedencias de *E. poeppigiana* en Turrialba, Costa Rica

(El significado de las siglas se observan en el Cuadro I. de la pagina 15)

en el cultivo de plantas utilizadas en agricultura, las semillas grandes producen plántulas más grandes y vigorosas que las semillas pequeñas; las semillas de árboles muestran similar comportamiento. Las Figuras 12 y 13 muestran las tendencias observadas en la variación del peso seco radical y peso seco total en plántulas en relación a la elevación del origen de las semillas.

El Cuadro 12 presenta los valores de correlación para seis variables de las semillas y doce variables de crecimiento en plántulas. Aparte de las variables largo, espesor, volumen y relación ancho/largo de semillas con las variables de vivero; ancho y peso con longitud del epicótilo y altura total a 30, 45, 60 y 75 días; y el ancho de semillas con el número de hojas verdaderas, longitud de raíz principal, peso seco aéreo y total de plántulas en vivero que mostraron correlaciones positivas y negativas, en el resto de las variables no se detectaron correlaciones.

Se encontró correlación entre las dimensiones de semillas con altura total de plántulas a diferentes edades, principalmente el peso de semillas con altura total a 75 días ($r = +0,52^{***}$). Se detectó también aumento de los coeficientes de correlación en estas mismas relaciones a partir de 30 días hasta el final de la etapa de vivero (75 días después de sembrada), perdurando la relación hasta los 30 días de crecimiento en el campo, como se discutirá más adelante. Esto indica por lo tanto que el crecimiento inicial en altura de plántulas de E. poeppigiana a nivel de vivero está influido por las dimensiones de semillas, en tal forma que semillas grandes con mayor peso y volumen mayor tienden a dar lugar a plántulas con mayor altura total. Estos resultados concuerdan con los reportados para Tectona grandis (40, 60), algunas especies del género Pinus (21, 44, 86), algunas especies del género Eucalyptus (48, 77), Shorea contorta (7), Araucaria angustifolia (34, 35). El diámetro basal a 75 días mostró correlación más baja (que altura total) con algunas dimensiones de semillas principalmente con el peso de semillas ($r = +0,20^{***}$). Estas relaciones pueden ser de valor en la selección de plántulas para áreas donde hay fuerte competencia de malezas.

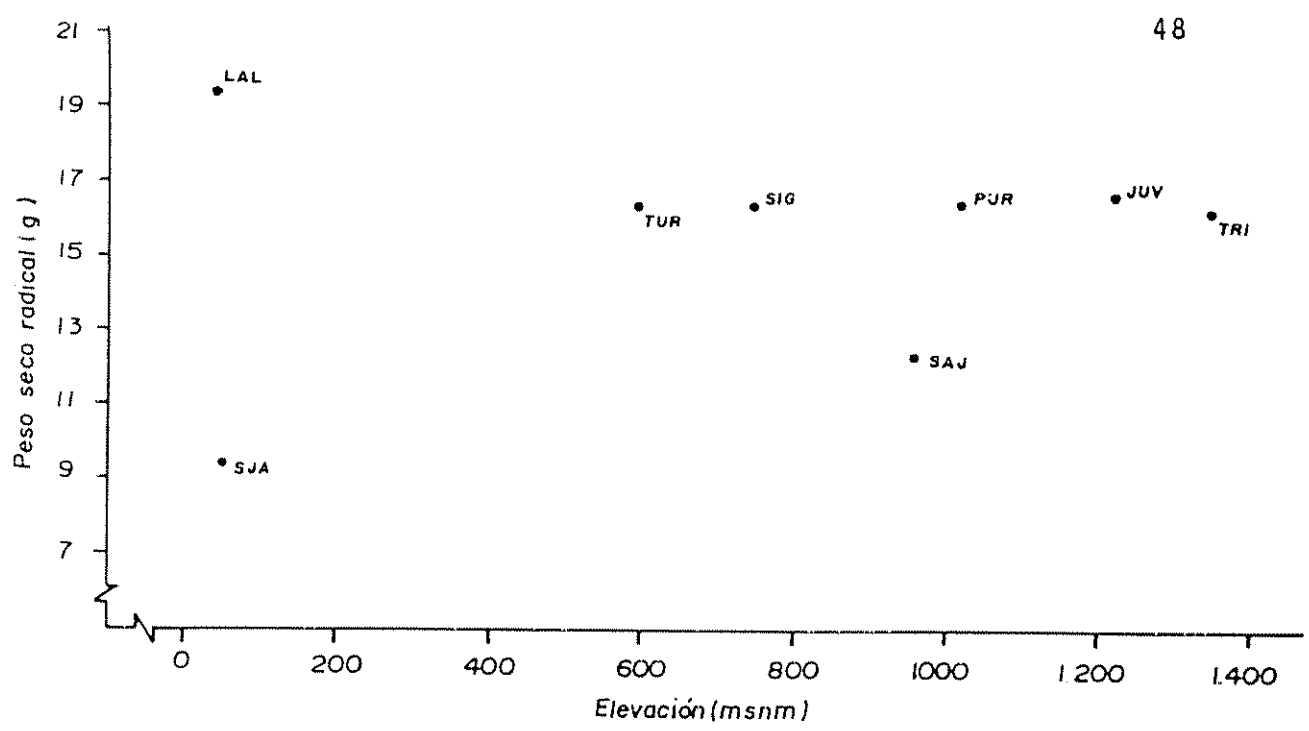


Fig 12 Relación entre peso seco radical (g) y elevación (msnm) en ocho procedencias de E. poeppigiana, en Turrialba, Costa Rica

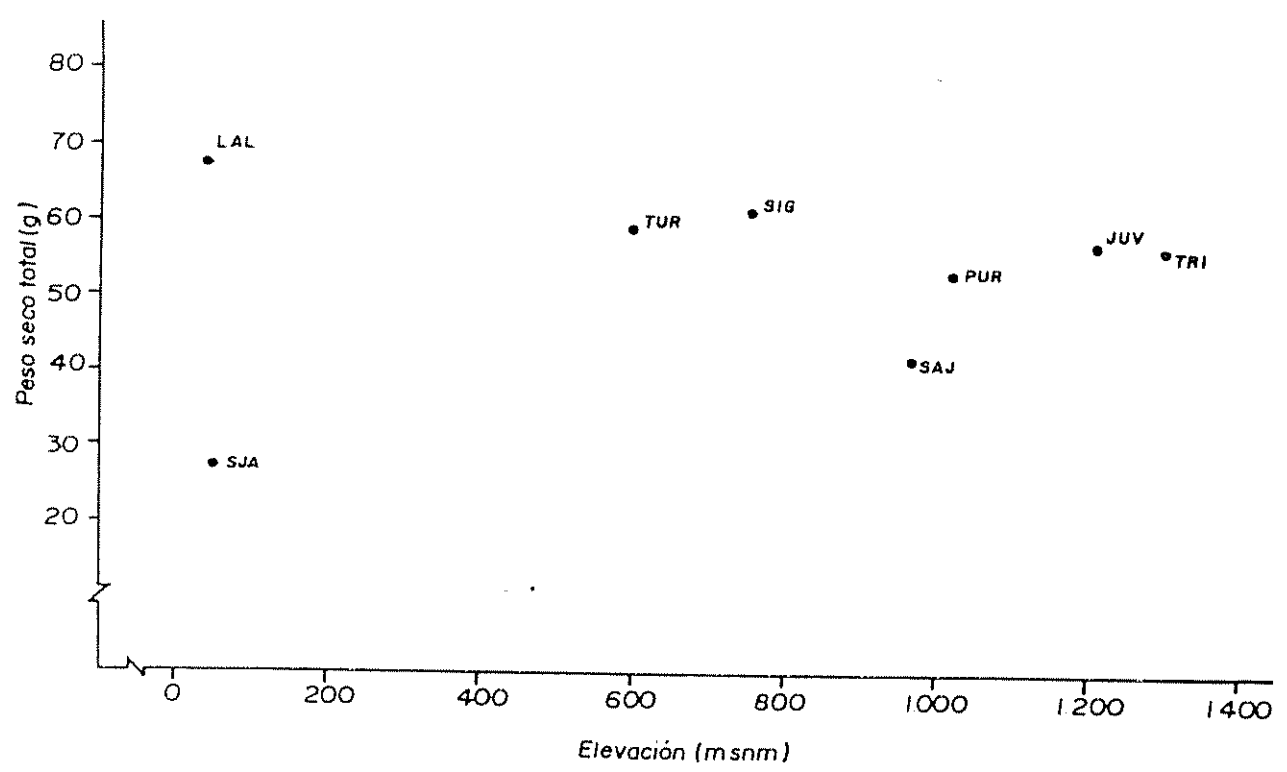


Fig 13 Relación entre peso seco total (g) y elevación (msnm) en ocho procedencias de E. poeppigiana, en Turrialba, Costa Rica.

(El significado de las siglas se observan en el Cuadro 1. de la pagina 15)

Es interesante resaltar que las correlaciones negativas detectadas entre la variable forma de semillas (relación ancho/largo) con las doce variables en plántulas, corrobora aun más las relaciones positivas observadas entre el largo de las semillas con las doce variables en plántulas. No obstante, los valores del ancho de semillas mostraron diferencias mínimas entre y dentro de procedencias que los valores del largo de semillas. Por consiguiente la forma de la semillas (relación ancho/largo) viene a constituirse en otra variable útil, discriminatoria e importante al momento de elegir semillas de diferentes procedencias para producir plántulas más vigorosas de E. poeppigiana en el vivero. Se sospecha que esta correlación probablemente se debe a que la variable relación ancho/largo de la semilla (forma) tiende a ser más constante por procedencia, mientras el resto de las dimensiones de semillas varían entre y dentro de procedencias de la misma especie. Resultados similares reportó Caballero (23) con Pinus pseudostrobus Lindl y Pinus montezumae Lamb.

Merece también destacar que el peso seco total de plántulas mostró correlación con dimensiones de semillas, principalmente con el largo ($r = +0,26^{***}$). Esto porque el resto de las dimensiones de semillas mostraron estrechas diferencias entre los promedios entre y dentro de procedencias. Esta relación puede ser igualmente de gran valor en la selección rápida a partir de plántulas para áreas donde hay fuerte competencia de malezas. Resultados similares reporta Salazar (87) en procedencias de Gliricidia sepium (Jacq) Steud de Guatemala y Costa Rica.

4.3 Etapa de campo

El Cuadro 13 muestra un 99,5 por ciento de supervivencia promedio durante el crecimiento inicial a los 90 días en el campo de E. poeppigiana.

Cuadro 13. Supervivencia al crecimiento inicial en campo de ocho procedencias de E. poeppigiana en Turrialba, Costa Rica

Procedencia	Sigla	Supervivencia (%)			Promedio
		30 días*	60 días*	90 días*	
La Lola	LAL	100	100	100	100
Turrialba	TUR	100	100	100	100
San Isidro del General	SIG	96	96	97	96,3
San Joaquín de Heredia	SAJ	100	100	100	100
Santiago de Puriscal	PUR	100	100	100	100
Tres Ríos	TRI	100	100	100	100
Juan Viñas	JUV	100	99	100	99,7
San José de Apartado	SJA	100	100	100	100
Promedio		99,5	99,4	99,6	99,5

* Días después de plantado

A partir de los 30 días de crecimiento en el campo, se observó ataque del barrenador del brote terminal de algunas plantas de las ocho procedencias (aproximadamente 5% de las plantas indistintamente entre procedencias). El barrenador pertenece a la familia Pyralidae^{1/}, orden Lepidóptero. Las larvas fueron controladas con aplicaciones de metasystox-R500SL (oxydemeton - methyl) en concentraciones de 25 cc por bomba de 16 l de agua.

Los Cuadros 14 y 15 presentan un resumen de los resultados de los análisis de variancia. Se observa que la altura total, diámetro basal a 30 y 60 días en el campo y número de espinas en el pecíolo de las hojas mostraron diferencias significativas (niveles de probabilidad 1% y 5%) entre procedencias. El resto de las variables evaluadas en esta etapa no presentaron diferencias estadísticas significativas entre procedencias. Es posible que estas diferencias se deban a que a estas edades aun perduró el efecto de vivero hasta los 60 días en el

1/ Daniel Coto A. Comunicación personal. Proyecto Manejo Integrado de Plagas. CATIE-RUCAP/IPM, Turrialba, Costa Rica. 1986.

Cuadro 14. Análisis de variancia y prueba de Tukey para las variables altura total (cm) y diámetro basal (mm) en plántulas de *E. poeppigiana* en la etapa de campo

		AL T U R A T O T A L (cm)												D I A M E T R O B A S A L (mm)																			
		30 días 2/				60 días 2/				90 días 2/				120 días 2/				30 días 2/				60 días 2/				90 días 2/				120 días 2/			
Fuentes de No. variación	gl	Prueba	CM	F	CO (%)	CM	F	CO (%)	CM	F	CO (%)	CM	F	CO (%)	CM	F	CO (%)	CM	F	CO (%)	CM	F	CO (%)	CM	F	CO (%)	CM	F	CO (%)				
1 Bloque (B)	3	3	1040	NS	5	1873	NS	3	3912	NS	3	6869	NS	2	4378	NS	2	12510	NS	3	21210	NS	1	97640	NS	5							
2 Proc. (P)	7	3	1657	**	20	2593	*	11	4205	NS	6	6645	NS	5	9722	**	13	20060	*	11	27580	NS	4	45640	NS	2							
3 B * P	21	4	381,3	***	21	924	***	22	2182	***	25	4157	***	27	1841	***	9	5572	***	12	15470	***	19	37370	***	23							
4 Árboles	605 ^{1/}		44,17		54	117,1		64	256,7		66	447,5		66	574,9		76	1276		74	2627		76	4884		70							

Proc.	CV (%)	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV (%)	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV (%)	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV (%)	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV (%)	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV (%)	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV (%)	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV (%)	\bar{x}	Tukey
SIG	21	37,8		SIG	28	52,5		LAL	28	68,5		LAL	30	81,4		LAL	18	14,4		LAL	20	19,7		LAL	22	24,7		LAL	24	31,4	
TRI	23	36,5		LAL	26	50,4		SIG	33	68,2		SIG	37	84,0		JUV	23	12,9		SIG	22	17,5		SIG	27	22,4		SIG	28	29,0	
LAL	22	35,5		TRI	25	49,8		TRI	30	64,0		TRI	33	77,5		SIG	19	12,8		JUV	23	17,4		TRI	22	22,3		TRI	27	28,9	
TUR	24	35,4		TUR	28	46,9		PUR	33	60,4		PUR	34	73,2		TRI	20	12,7		TRI	19	17,4		JUV	24	21,9		JUV	29	28,0	
PUR	25	34,6		PUR	28	46,7		TUR	33	57,7		JUV	29	68,4		PUR	21	12,7		PUR	26	16,8		PUR	30	21,5		PUR	34	27,2	
JUV	22	33,0		JUV	24	44,6		JUV	27	56,7		TUR	38	68,0		TUR	21	12,1		TUR	25	16,2		TUR	31	21,0		TUR	32	26,4	
SAJ	23	28,0		SAJ	27	39,9		SAJ	30	51,1		SAJ	34	61,9		SAJ	19	11,3		SAJ	24	15,0		SJA	24	19,1		SAJ	30	24,6	
SJA	27	24,6		SJA	28	35,5		SJA	30	49,1		SJA	33	61,0		SJA	20	10,7		SJA	22	14,7		SAJ	27	18,2		SJA	29	24,2	

1/ La diferencia entre 608 y 605 se debe a árboles perdidos.

2/ Días después de plantado

- * (P < 0,05)
- ** (P < 0,01)
- *** (P < 0,001)
- NS: No significativa (P > 0,05)
- CO (%): Componente de la variancia
- CV (%): Coeficiente de variación
- Tukey: P < 0,05

Cuadro 15. Análisis de variancia y prueba de Tukey para ocho variables analizadas en plántulas de *E. poeppigiana* en la etapa de campo

		Diámetro a 30 cm de altura (mm)			Conicidad			No. de espinas en el eje principal			Largo del peciolo de la hoja (cm)			Largo de la hojuela (cm)			Ancho de la hojuela (cm)			Relación ancho/largo de la hojuela			No. de espinas en el peciolo de las hojas			
Fuentes de No. variación	gl	Prueba	CM	F	CO (%)	CM	F	CO (%)	CM	F	CO (%)	CM	F	CO (%)	CM	F	CO (%)	CM	F	CO (%)	CM	F	CO (%)	CM	F	CO (%)
1 Bloque (B)	3	3	59520	NS	5	0,025	NS	0	301,3	NS	0	146,9	NS	0	9537	NS	0	13880	NS	0	0,0392	NS	1	69,24	NS	0
2 Proc. (P)	7	3	18360	NS	0	0,01	NS	0	802	NS	10	19,16	NS	0	9739	NS	0	12690	NS	0	0,0480	NS	4	594,4	*	8
3 B * P	21	4	22710	***	24	0,023	**	6	362,6	***	25	259,5	***	34	25080	***	37	26390	***	38	0,0240	***	11	220	***	15
4 Árboles	590 ^{1/}		2929		71	0,010		94	89,99		65	19,28		66	1692		63	1673		62	0,0056		84	37,99		77

Proc.	CV (%)	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV (%)	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV (%)	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV (%)	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV (%)	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV (%)	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV (%)	\bar{x}	Tukey	Proc.	CV (%)	\bar{x}	Tukey
LAL	28	212,4		SJA	16	0,68		SAJ	37	35,1		TRI	31	16,0		LAL	24	191,7		LAL	25	181,9		SJA	10	0,95		SAJ	44	14,2	
SIG	30	198,8		SAJ	17	0,67		TUR	33	33,1		SJA	33	15,4		TRI	24	187,7		SJA	29	172,9		SIG	9	0,95		PUR	67	11,2	
TRI	33	196,8		SIG	13	0,67		JUV	40	28,7		JUV	27	15,6		SJA	25	180,0		TRI	25	172,2		LAL	7	0,95		TRI	77	10,8	
PUR	35	185,7		TRI	15	0,67		TRI	29	28,0		TUR	39	15,4		TUR	30	176,8		SIG	27	165,0		TRI	3	0,92		SJA	58	9,8	
JUV	33	182,8		PUR	14	0,66		PUR	39	26,8		LAL	30	15,3		SIG	26	173,2		TUR	32	161,4		SAJ	3	0,91		JUV	67	9,1	
TUR	39	176,1		LAL	14	0,66		LAL	53	25,1		SIG	28	15,3		PUR	34	169,3		PUR	31	157,1		PUR	10	0,91		LAL	64	7,8	
SAJ	34	170,4		TRI	16	0,65		SJA	40	24,6		PUR	41	15,1		JUV	26	169,0		JUV	27	151,6		TUR	3	0,91		TUR	74	7,7	
SJA	33	169,2		TRI	14	0,64		SIG	42	19,1		SAJ	37	14,1		SAJ	33	161,5		SAJ	36	148,3		JUV	3	0,90		SIG	94	6,2	

1/ La diferencia entre 608 y 590 se debe a árboles perdidos

- * (P < 0,05)
- ** (P < 0,01)
- *** (P < 0,001)
- NS: No significativa
- CO (%): Componente de la variancia
- CV (%): Coeficiente de variación
- Tukey: P < 0,05

(El significado de las siglas se observan en el Cuadro 1 de la pagina 15)

campo para las variables altura total y diámetro basal, respectivamente, así como a la capacidad de las plántulas para adaptarse en el campo. El efecto de vivero se presentó aun hasta los 180 días de edad en el campo fueron también reportados por Salazar (85) trabajando con nueve procedencias de Pinus caribaea var. hondurensis plantadas en tres sitios de Costa Rica. Asimismo, se encontró que la variación genética entre procedencias fue de veinte por ciento; la cual se considera bastante baja.

La mayor parte de la variación se detectó dentro de procedencias. Dado que las condiciones del sitio son uniformes es posible que la variación dentro de procedencias se deba a variación genética.

Es interesante observar (Cuadro 14) que la variación dentro de procedencias para altura total muestra un incremento desde los 30 hasta 90 días de plantado (54 % a 66% respectivamente), manteniéndose hasta los 120 días (66 %). Estos comportamientos observados en el campo se deben probablemente a efectos mecánicos (ataque de plagas) que han influenciado en los resultados obtenidos, principalmente en la altura total. Por lo tanto, sería interesante seguir observando el comportamiento del crecimiento inicial por un período relativamente más largo y determinar si estas tendencias se mantienen, ya que cuatro meses es un período relativamente corto para determinar con seguridad si realmente no existen diferencias significativas. Sin embargo, la alta variación observada dentro de las procedencias ofrece una buena alternativa para identificar individuos altamente productivos. Resultados similares han sido reportados por Salazar (85) para P. caribaea var. hondurensis en Costa Rica.

Los resultados anteriores son apoyados por la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$) (Cuadros 14 y 15) que tampoco detectó diferencias estadísticas significativas entre procedencias para once de las dieciseis variables analizadas en plántulas en la etapa de campo. Mientras que para las variables altura total y diámetro basal a 30 y 60 días, respectivamente, y número de espinas en el pecíolo de las hojas detectó diferen-

cias significativas a los niveles de 1 y 5 por ciento, respectivamente.

La prueba de rango múltiple Tuckey ($P \leq 0,05$) considera las poblaciones San Isidro del General, La Lola, Tres Ríos, Juan Viñas, Puriscal y Turrialba como poblaciones similares y estadísticamente diferentes del resto de las poblaciones (San Joaquín de Heredia y Colombia) con respecto a las variables altura total y diámetro basal a 30 y 60 días, respectivamente. Estas poblaciones se caracterizan por presentar los valores promedios más altos para estas cuatro variables analizadas a nivel de campo, principalmente San Isidro del General que presentó los valores más altos para la altura total a 30 y 60 días, mientras que La Lola presentó los valores más altos para el diámetro basal a 30 y 60 días.

Para el número de espinas en el pecíolo de las hojas, la prueba de rango múltiple Tukey ($P \leq 0,05$) considera a las poblaciones San Joaquín de Heredia, Puriscal, Tres Ríos, San José de Apartadó, Juan Viñas, La Lola y Turrialba como poblaciones similares estadísticamente diferentes a San Isidro del General. Esta última procedencia (San Isidro del General) mostró el menor valor promedio comparado con el resto de procedencias que mostraron mayores valores promedios con respecto a esta variable. Esto se debe a un mayor número de árboles con menor número de espinas en el eje principal y pecíolo de las hojas. Hay que recordar que el número de espinas en el eje principal y pecíolo de las hojas son muy importantes y podrían tener gran valor al momento de seleccionar procedencias con menor número de espinas. Esta característica muchas veces es un factor limitante en el manejo de la especie en los sistemas agroforestales por parte de los agricultores.

El Cuadro 15 indica que las procedencias San Isidro del General y La Lola muestran menos espinas en el eje principal y pecíolo de las hojas. Merece también destacar el hallazgo de algunas plantas sin espinas en la procedencia La Lola. De mantenerse esta característica por un período más largo sería de gran valor para obtener genotipos

libres de espinas y propagarlos vegetativamente a fin de conservar esta característica.

La altura total a 30 y 60 días (Cuadro 14) muestra diferencias mayores que 47 por ciento entre las procedencias extremas de Colombia y San Isidro del General. Para la variable altura total a 90 y 120 días, las diferencias fueron mayores al 38 por ciento entre las procedencias de Colombia ($121 \text{ cm} \pm 23 \text{ cm}$) y La Lola ($148 \text{ cm} \pm 22 \text{ cm}$). El diámetro basal a 120 días muestra diferencias mayores que 29 por ciento entre las procedencias extremas de Colombia ($41 \text{ mm} \pm 9 \text{ mm}$) y La Lola ($38,4 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$).

La Figura 14 presenta una comparación de resultados del crecimiento en altura total y diámetro basal de las ocho procedencias a 120 días de edad en el campo, donde se observa claramente diferencias en crecimiento de estas variables analizadas. Mientras que las Figuras 15 y 16 muestran el comportamiento presentado en el campo a diferentes edades, las variables altura total y diámetro basal, las cuales indican que las procedencias San Isidro del General y La Lola muestran los mejores crecimientos, seguidas por Tres Ríos, Puriscal, Turrialba y Juan Viñas que presentan un crecimiento intermedio. Los peores crecimientos fueron observados en las procedencias de Colombia y San Joaquín de Heredia respectivamente.

Los Cuadros 16 y 17 presentan los incrementos en altura total y diámetro basal de las procedencias estudiadas a diferentes edades, donde se observa claramente que los incrementos mayores para altura total son detectados entre 60-90 días de edad y para el diámetro basal a 90-120 días de edad.

La procedencia Turrialba (Cuadro 16) presentó el mayor incremento en altura total (20,8 cm) entre 60-90 días de edad, representando una diferencia de 9,6 cm (86 %).

Altura total (cm)
 Diámetro basal (mm)

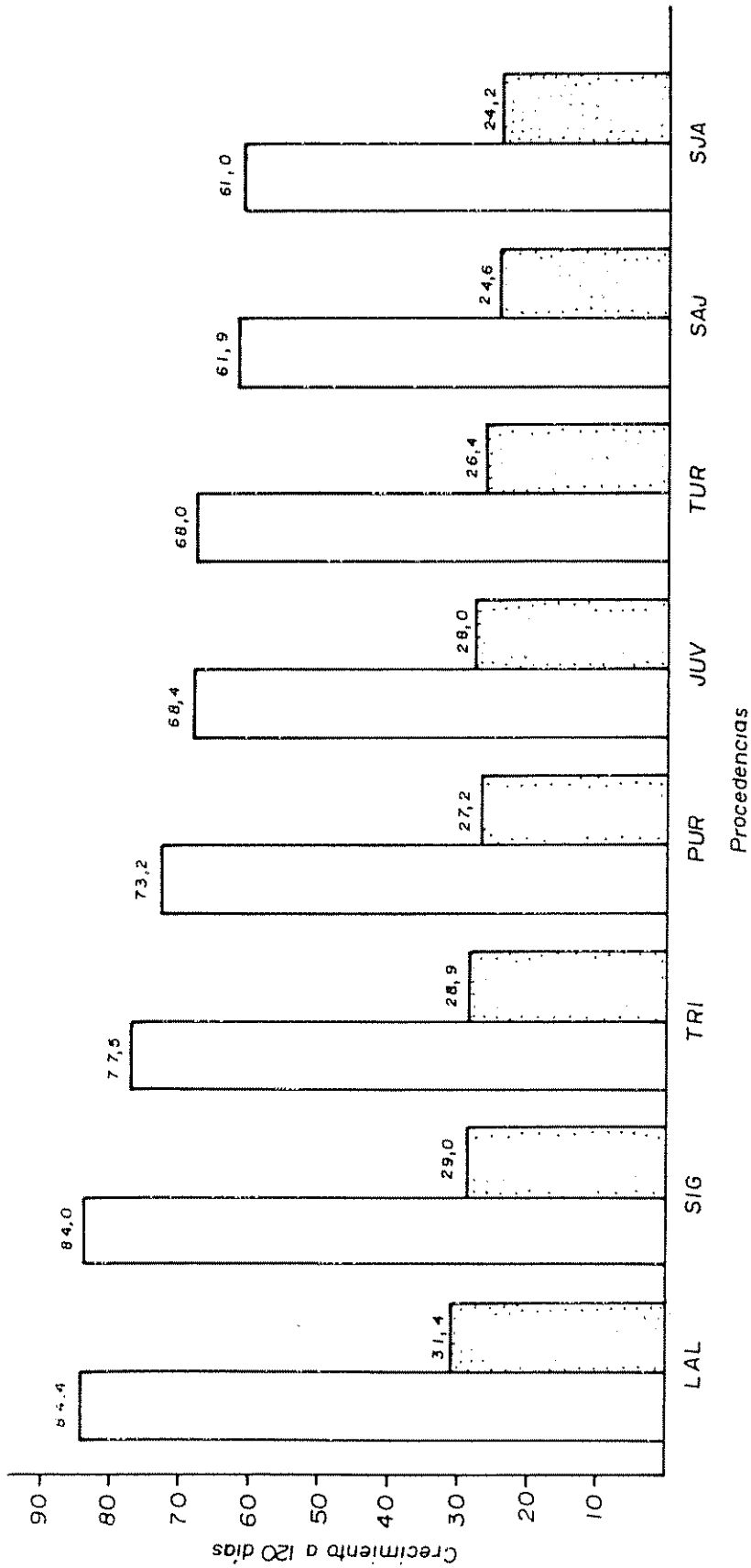


Fig 14. Comparación de crecimiento en altura total (cm) y diámetro basal (mm) en ocho procedencias de E. poeppigiana en Turrialba, Costa Rica
 (El significado de las siglas se observan en el Cuadro 1. de la pagina 15)

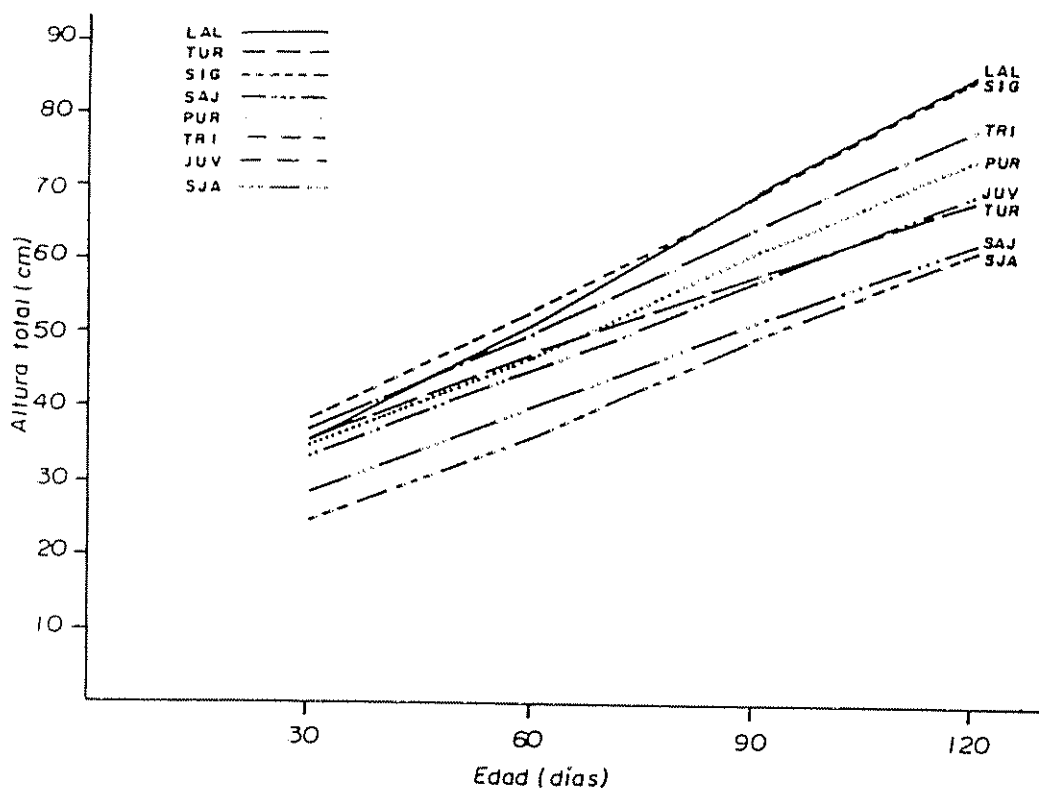


Fig 15 Comportamiento del crecimiento de altura total (cm) en ocho procedencias de *E. poeppigiana* en Turrialba, Costa Rica

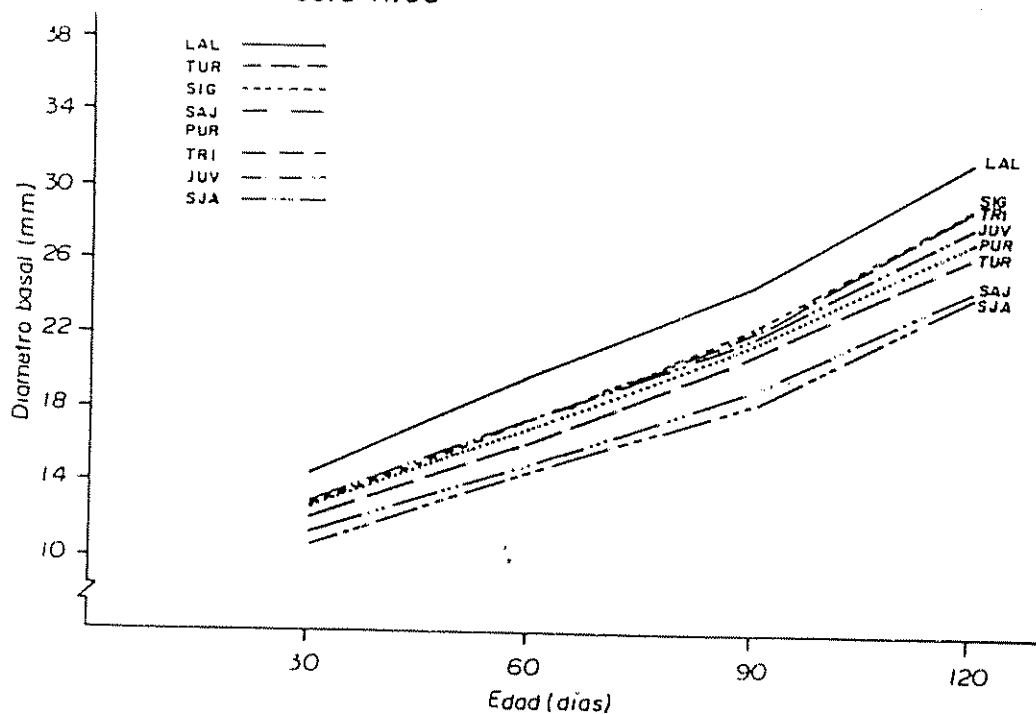


Fig 16 Comportamiento de crecimiento de diámetro basal (mm) en ocho procedencias de *E. poeppigiana* en Turrialba, Costa Rica

(El significado de las siglas se observan en el Cuadro 1. de la página 15)

Cuadro 16. Incremento en altura total (cm) a diferentes edades de ocho procedencias de E. poeppigiana en Turrialba, Costa Rica

Procedencia	Sigla	Incremento en altura total (cm)		
		30-60 días*	60-90 días*	90-120 días*
La Lola	LAL	14,9	18,1	15,9
Turrialba	TUR	11,5	20,8	10,3
San Isidro del General	SIG	14,7	15,7	15,8
San Joaquín de Heredia	SAJ	11,9	11,2	10,8
Santiago de Puriscal	PUR	12,1	13,7	12,8
Tres Ríos	TRI	13,3	14,2	13,5
Juan Viñas	JUV	11,6	12,1	11,7
San José de Apartado	SJA	10,9	13,6	11,9

* Días después de plantado en el campo

Cuadro 17. Incremento en diámetro basal (mm) a diferentes edades de ocho procedencias de E. poeppigiana en Turrialba, Costa Rica

Procedencia	Sigla	Incremento en diámetro basal (mm)		
		30-60 días*	60-90 días*	90-120 días*
La Lola	LAL	5,3	5,0	6,7
Turrialba	TUR	4,1	4,8	5,4
San Isidro del General	SIG	4,7	4,9	6,6
San Joaquín de Heredia	SAJ	3,7	4,1	5,5
Santiago de Puriscal	PUR	4,1	4,7	5,7
Tres Ríos	TRI	4,7	4,9	6,6
Juan Viñas	JUV	4,5	4,5	6,1
San José de Apartado	SJA	4,0	3,5	6,0

* Días después de plantado en el campo

La Lola mostró el incremento mayor (6,7 mm) entre 90-120 días de edad, con relación a la procedencia de Colombia que presentó el incremento menor entre esas edades (6,0 mm) el cual indica una mínima diferencia de 0,7 mm (12%).

La variable que presentó la mayor diferencia entre valores promedios extremos fue el número de espinas en el pecíolo de las hojas. En esta variable las procedencias extremas fueron San Joaquín de Heredia (14 espinas) y San Isidro del General (6 espinas) dando una diferencia de 8 espinas (129 %). La forma (relación ancho/largo de la hojuela) presentó la menor diferencia entre valores promedios extremos de las procedencias de Colombia (0,95) y Juan Viñas (0,90). Esta última variable (forma) según el Cuadro 15 agrupa a las procedencias de Colombia, San Isidro del General y La Lola como poblaciones con hojuelas más redondeadas, mientras que a las demás procedencias (Juan Viñas, Turrialba, Puriscal, San Joaquín de Heredia y Tres Ríos) les identifica con hojuelas más alargadas.

Se analizó el grado de asocio entre seis variables de semillas y algunas variables geográficas y climáticas del origen con la mayoría de las variables de crecimiento de las plantas en el campo, asimismo entre nueve variables de crecimiento de plántulas de vivero con doce variables de crecimiento de plantas en el campo. Los Cuadros 18, 19 y 20 presentan las matrices de correlación con sus respectivos coeficientes de correlación y niveles de significancia los que en la mayoría de los casos son muy bajos.

En general se detectaron (Cuadro 18) correlaciones entre el largo de las semillas con el diámetro basal de las plántulas en el campo a diferentes edades, aunque con ($r = +0,10^*$) que se considera bajo.

El Cuadro 18 muestra que la relación más alta fue entre peso de semillas con la altura total a 30 días de edad que mostró correlación ($r = +0,44^*$), o sea que las procedencias con semillas más pesadas tienden a producir las plantas con altura mayor a los 30 días. Khalil (60), estudió la relación entre características morfológicas del cono, el peso de las semillas y la altura de plantas de Picea glauca durante

Cuadro 18. Correlación entre nueve variables de crecimiento en plantas de E. poeppigiana en el campo y seis variables de semillas

Variables de las semillas		Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (g)	Volumen (mm ³)	Relación A/L
Altura total (cm) 30 días	0,04 NS	0,01 NS	0,02 NS	0,44 *	0,02 NS	-0,03 NS	
Altura total (cm) 60 días	0,05 NS	0,01 NS	0,03 NS	0,29 NS	0,03 NS	-0,04 NS	
Altura total (cm) 90 días	0,04 NS	-0,02 NS	0,02 NS	0,17 NS	0,02 NS	-0,06 NS	
Altura total (cm) 120 días	0,04 NS	-0,03 NS	0,03 NS	0,16 NS	0,02 NS	-0,07 NS	
Diámetro basal (mm) 30 días	0,09 *	-0,01 NS	0,03 NS	0,17 NS	0,04 NS	-0,10 *	
Diámetro basal (mm) 60 días	0,10 *	-0,01 NS	0,04 NS	0,12 NS	0,05 NS	-0,11 **	
Diámetro basal (mm) 90 días	0,10 *	-0,01 NS	0,06 NS	0,11 NS	0,06 NS	-0,11 **	
Diámetro basal (mm) 120 días	0,09 *	-0,003 NS	0,07 NS	0,13 NS	0,07 NS	-0,10 *	
No. espigas en el peciolo	0,17 **	0,17 **	0,15 *	0,11 NS	0,20 ***	-0,02 NS	

* Correlación significativa ($P < 0,05$)

** Correlación altamente significativa ($P < 0,01$)

*** Correlación altamente significativa ($P \leq 0,001$)

NS: No significativa ($P > 0,05$)

Los valores corresponden al coeficiente de correlación (r)

Cuadro 19. Correlación entre nueve variables de crecimiento en plantas de E. Poeppigiana en el campo y algunas variables geográficas y climáticas del origen

Variables geográficas climáticas del origen	Variables geográficas climáticas del origen						
	Varia- bles en plantas en campo	Latitud	Elevación (msnm)	Temperatura promedio anual (°C)	Precipitación anual (mm)	Meses secos	
Altura total (cm) 30 días	0,01 NS	-0,12 *	0,11 *	0,12 *	-0,12 *		
Altura total (cm) 60 días	0,004 NS	-0,13 *	0,14 *	0,15 **	-0,14 *		
Altura total (cm) 90 días	-0,002 NS	-0,17 **	0,19 ***	0,19 ***	-0,18 **		
Altura total (cm) 120 días	-0,02 NS	-0,18 ***	0,22 ***	0,22 ***	-0,20 ***		
Diámetro basal (mm) 30 días	0,07 NS	-0,27 ***	0,25 ***	0,27 ***	-0,27 ***		
Diámetro basal (mm) 60 días	0,06 NS	-0,32 ***	0,31 ***	0,33 ***	-0,33 ***		
Diámetro basal (mm) 90 días	0,03 NS	-0,30 ***	0,30 ***	0,32 ***	-0,31 ***		
Diámetro basal (mm) 120 días	0,004 NS	-0,28 ***	0,30 ***	0,31 ***	-0,30 ***		
No. espigas en el peclolo	0,33 ***	0,16 NS	-0,42 ***	-0,36 ***	0,23 **		

* Correlación significativa ($P < 0,05$)

** Correlación altamente significativa ($P < 0,01$)

*** Correlación altamente significativa ($P < 0,001$)

NS: No significativa ($P > 0,05$)

Los valores corresponden al coeficiente de correlación (r)

Cuadro 20. Correlación entre doce variables de crecimiento en vivero y nueve variables de crecimiento en campo en plantas de ocho procedencias de *L. poaeppigiana*

Variables en vivero	Long. del epicótilo (mm)	Alt. total 30 días (mm)	Alt. total 45 días (mm)	Alt. total 60 días (mm)	Alt. total 75 días (mm)	Diám. basal 75 días (mm)	No. hojas verdaderas	Long. raíz principal (cm)	Peso seco aéreo (g)	Peso seco radical (g)	Peso seco total (g)	No. de nodos
Altura total (cm) 30 días	0,05 NS	0,17 ***	0,19 ***	0,18 ***	0,16 ***	0,11 **	0,10 **	-0,01 NS	0,17 ***	0,13 ***	0,17 ***	0,10 **
Altura total (cm) 60 días	0,06 NS	0,19 ***	0,21 ***	0,20 ***	0,18 ***	0,13 ***	0,11 **	-0,01 NS	0,19 ***	0,14 ***	0,18 ***	0,11 **
Altura total (cm) 90 días	0,07 NS	0,21 ***	0,23 ***	0,23 ***	0,21 ***	0,16 ***	0,11 **	-0,01 NS	0,20 ***	0,16 ***	0,20 ***	0,12 **
Altura total (cm) 120 días	0,07 NS	0,22 ***	0,24 ***	0,25 ***	0,24 ***	0,18 ***	0,12 **	-0,01 NS	0,21 ***	0,16 ***	0,21 ***	0,13 **
Diámetro basal (mm) 30 días	0,10 *	0,24 ***	0,28 ***	0,30 ***	0,27 ***	0,34 ***	0,17 ***	0,04 NS	0,26 ***	0,24 ***	0,27 ***	0,18 ***
Diámetro basal (mm) 60 días	0,12 **	0,25 ***	0,29 ***	0,32 ***	0,29 ***	0,35 ***	0,17 ***	0,03 NS	0,26 ***	0,24 ***	0,27 ***	0,19 ***
Diámetro basal (mm) 90 días	0,12 **	0,25 ***	0,30 ***	0,33 ***	0,32 ***	0,37 ***	0,16 ***	0,005 NS	0,24 ***	0,21 ***	0,25 ***	0,17 ***
Diámetro basal (mm) 120 días	0,13 **	0,25 ***	0,30 ***	0,33 ***	0,33 ***	0,35 ***	0,14 ***	-0,03 NS	0,26 ***	0,18 ***	0,25 ***	0,15 ***
No. espigas en el pectolo	0,17 **	-0,04 NS	-0,04 NS	-0,03 NS	-0,03 NS	-0,02 NS	-0,03 NS	0,05 NS	0,02 NS	-0,03 NS	0,02 NS	0,01 NS

* Correlación significativa ($P < 0,05$)

** Correlación altamente significativa ($P < 0,01$)

*** Correlación altamente significativa ($P < 0,001$)

NS: No significativa ($P > 0,05$)

Los valores corresponden al coeficiente de correlación (r)

los primeros 2-4 años de crecimiento y encontró que solamente el peso de la semilla fue la variable significativa relacionada con la altura de las plantas.

En general, el Cuadro 19 muestra que, con excepción de la latitud que solamente mostró correlación ($r = +0,33^{***}$) con el número de espinas en el pecíolo; el resto de las variables geográficas y climáticas del origen mostraron correlaciones con nueve variables de crecimiento analizadas en plantas en campo. La procedencia de Colombia generalmente presentó los valores promedios más bajos en la mayoría de las variables de crecimiento de las plantas en campo. Esto probablemente influyó en gran parte para encontrar correlaciones entre esas mismas variables del origen con la mayoría de variables de crecimiento en plantas, en campo.

El Cuadro 19 muestra como la mejor tendencia clinal la relación observada entre temperatura promedio anual del origen con el número de espinas en el pecíolo de la hoja que presentó correlación ($r = -0,42^{***}$).

La precipitación promedio anual del origen con el diámetro basal a 60 días de edad presentó correlación ($r = +0,33^{***}$), mientras que esta misma variable precipitación con la altura total a 120 días mostró correlación menor ($r = +0,22^{***}$). Similar correlación ($r = +0,22^{***}$) se observó entre la temperatura promedio anual del origen y la altura total a 120 días de edad de las plantas en el campo. Las Figuras 17 y 18 presentan las tendencias clinales observadas entre la precipitación promedio anual del origen con el diámetro basal a 60 días y con la altura total a 120 días. La Figura 19 muestra la tendencia clinal observada entre la temperatura promedio anual del origen con el número de espinas en el pecíolo de las hojas.

Las variables meses secos y elevación del origen presentaron correlaciones negativas con el diámetro basal y la altura total a 30, 60, 90 y 120 días de edad respectivamente. La relación entre meses secos con diámetro basal a 60 días de edad mostró la correlación mayor ($r = -0,33^{***}$) altamente significativa. Mientras que meses secos con

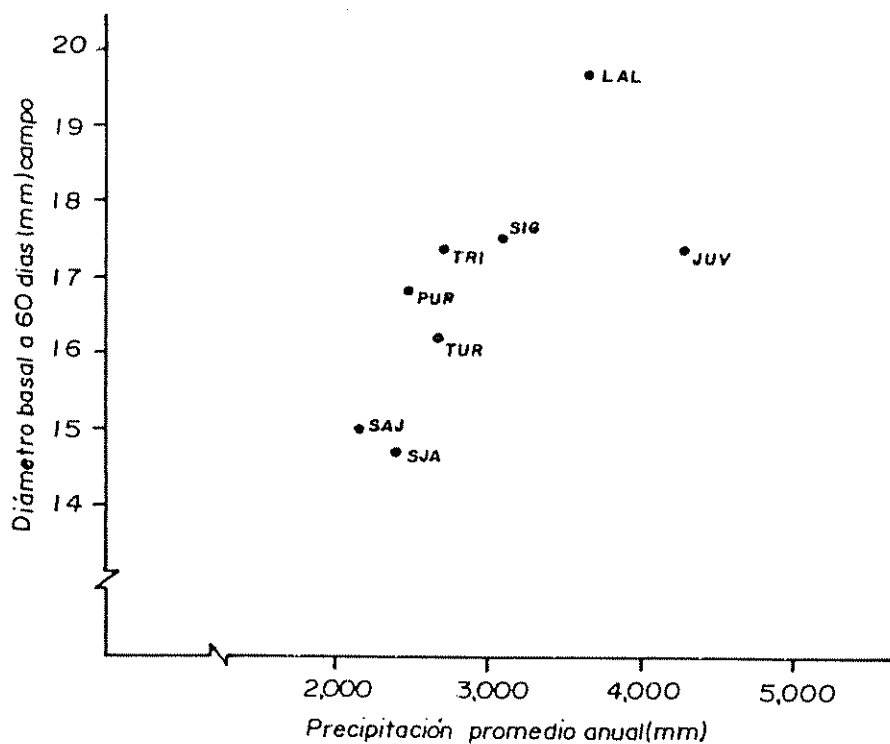


Fig 17. Relación entre diámetro basal a 60 días (mm) y precipitación promedio anual (mm) en ocho procedencias de *E. poeppigiana*, en Turrialba, Costa Rica.

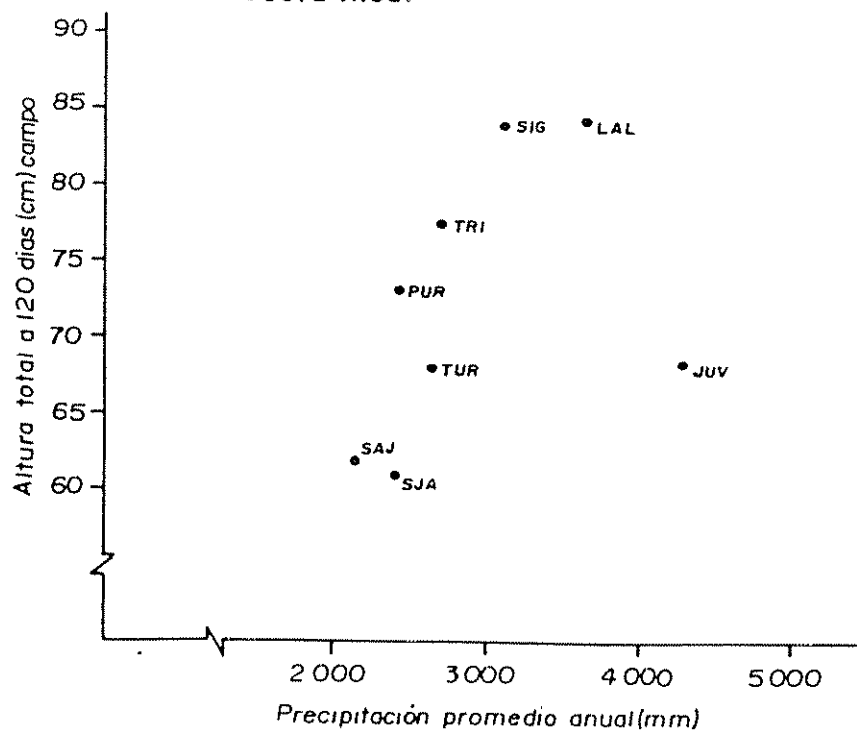


Fig 18. Relación entre altura total a 120 días (cm) y precipitación promedio anual (mm) en ocho procedencias de *E. poeppigiana* en Turrialba, Costa Rica

(El significado de las siglas se observan en el Cuadro 1. de la pagina 15)

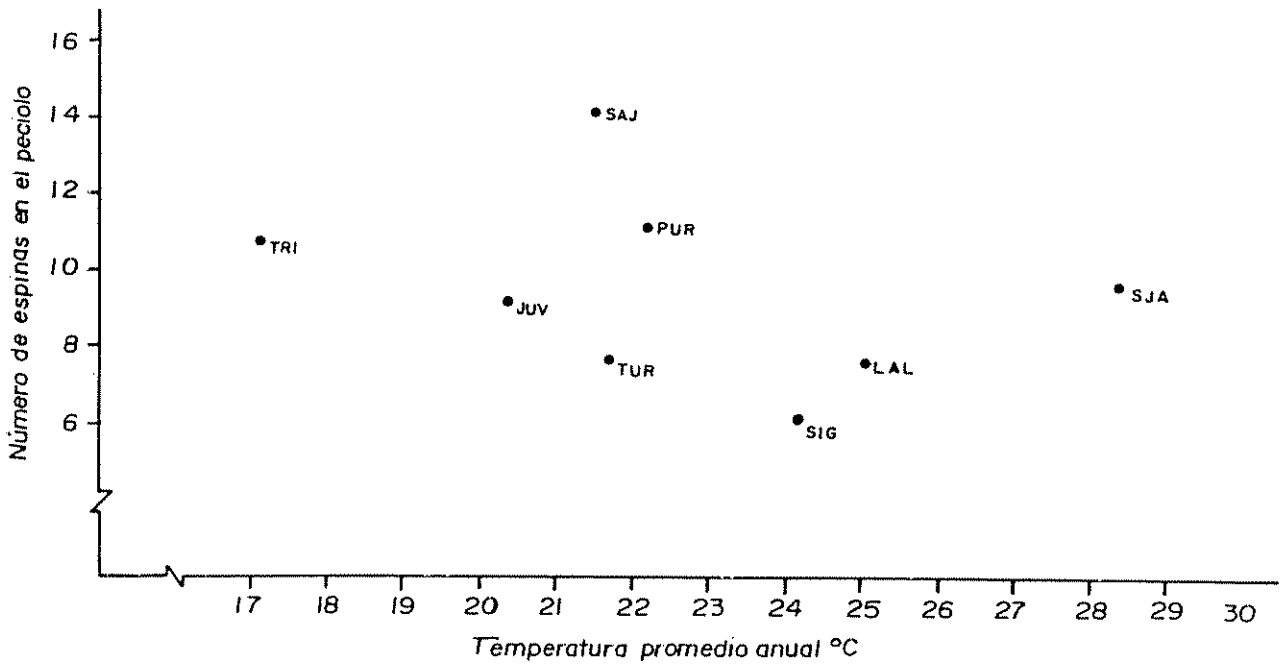


Fig 19. Relación entre número de espinas en el peciolo y temperatura promedio anual (°C) en ocho procedencias de *E. poeppigiana* en Turrialba, Costa Rica.

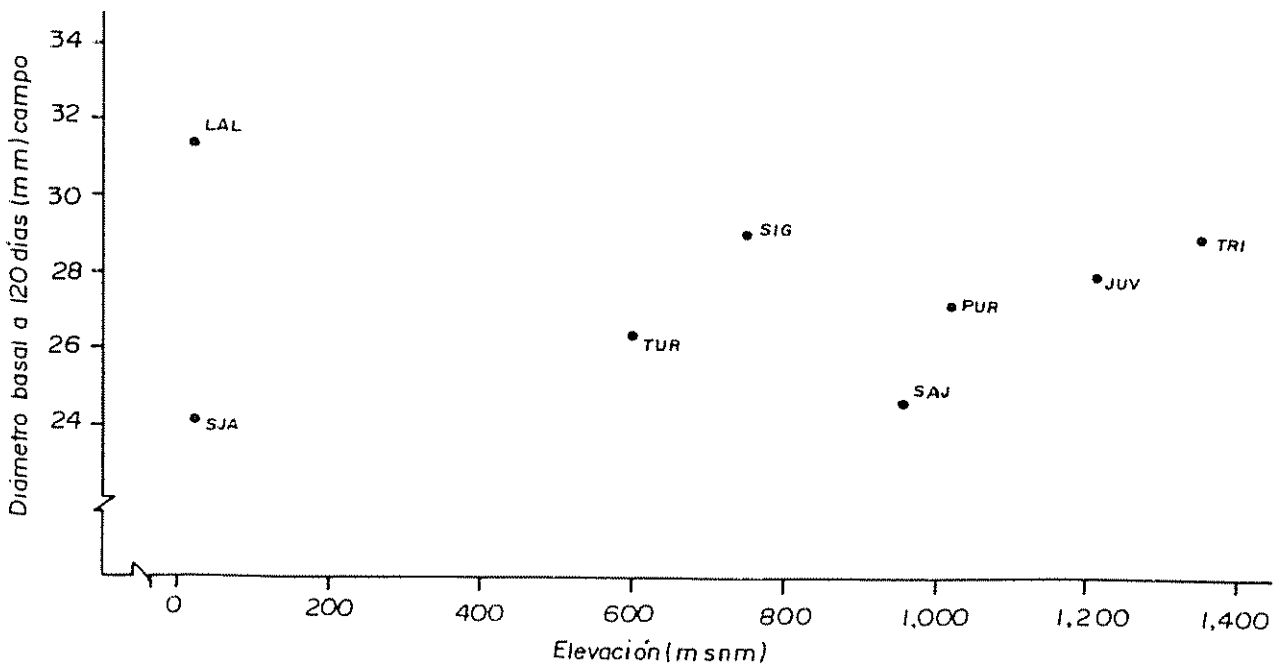


Fig 20. Relación entre diámetro basal a 120 días (mm) y elevación (msnm) en ocho procedencias de *E. poeppigiana* en Turrialba, Costa Rica

(El significado de las siglas se observan en el Cuadro 1. de la pagina 15)

la altura total a 120 días presentó correlación mayor ($r = -0,20^{***}$). La elevación con la altura total a 120 días mostró correlación negativa ($r = -0,18^{***}$). Barros de y Brandi (6) trabajando con procedencias de Pinus kesiya y Pinus mercuri en Viçosa, Brasil reportan correlaciones bastante similares entre elevación con la altura total ($r = -0,41^{***}$) y con el diámetro basal ($r = -0,22^{***}$) pero en un periodo más largo de 18 meses. Resultados bastante similares se observó también en la etapa de vivero, donde la elevación del origen correlacionó negativamente con la altura total y el diámetro basal a 75 días de edad ($r = -0,14^{***}$ y $r = 0,31^{***}$, respectivamente). La Figura 20 presenta la relación observada entre la elevación del origen con diámetro basal a 120 días de edad en el campo.

El análisis de correlación (Cuadro 20) muestra correlaciones positivas entre la mayoría de las variables de crecimiento estudiadas en plantas a nivel de vivero y campo. No se descarta la sospecha de que estas correlaciones, probablemente se deban porque la procedencia San José de Apartadó (Colombia) presenta los valores promedios más bajos en casi todas las variables en plantas, analizadas a nivel de vivero y campo.

Es interesante observar en el Cuadro 20 que la mayoría de las relaciones entre las variables de crecimiento en plantas a nivel de vivero y campo muestran mejores correlaciones a medida que aumenta la edad en el campo. Especialmente, se observa esta tendencia en las variables altura total, diámetro basal y peso seco total de plantas en vivero que correlacionaron positivamente con la altura total y diámetro basal de plantas en campo. Probablemente esto se deba a la capacidad de las plántulas para adaptarse y mejor disposición de fijación radical en el suelo. Estas tendencias observadas pueden ser de gran valor en la selección de las mejores procedencias a partir de plántulas en vivero para obtener mejores resultados de crecimiento inicial en el campo, donde la competencia de malezas muchas veces puede ser fuerte. Asimismo, podría influir en la toma de decisiones desde los primeros meses (crecimiento inicial) acelerando de esta manera el proceso de mejoramiento de la especie. Blake et al (11)

citando a Walter y Kozac (1965); Blair y Cecku (1974) y Clifford (1965), indica que la mayoría de experimentos a la fecha indican que cuando es estudiada la variación dentro de poblaciones las mayores plántulas en el vivero producen los mayores árboles en el campo.

La altura total a 75 días en vivero con el diámetro basal a 120 días en campo presentó correlación ($r = +0,33^{***}$) mientras que esta misma variable de vivero con la altura total a 120 días en campo mostró correlación menor ($r = +0,24^{***}$).

Las Figuras 21, 22, 23 y 24 presentan las mejores relaciones entre las variables altura total, diámetro basal y peso seco total en plántulas en vivero con la altura total y diámetro basal en plantas en campo para las ocho procedencias de E. poeppigiana, donde se observa claramente que éstas muestran patrones de crecimiento bastante similar, es decir cuando aumentan las variables independientes (variables en plántulas en vivero) aumentan las variables dependientes (variables en plantas en campo).

4.4 Discusión general de resultados

Según la literatura aparentemente hubo dos introducciones de E. poeppigiana a Costa Rica (Cook (29) y Pittier (78)). Ellos afirman que la semilla de la especie fue introducida del pedemonte de Perú (ubicada en la Amazonía, cerca de la frontera de Perú con Colombia) en la primera década del presente siglo. La otra introducción según Fonseca (45), es de la Isla de Reunión, de posesión francesa ubicada al este de Madagascar en el año 1892. No se reportan más detalles sobre las introducciones.

Por otro lado los resultados obtenidos en el presente estudio indicaron la presencia de dos grupos de poblaciones diferentes en cuanto se refiere a las variables de crecimiento considerados en la etapa de vivero y campo. El primer grupo de procedencias son La Lola, Turrialba, San Isidro del General, Puriscal, Juan Viñas y Tres Ríos y el segundo está conformado por la procedencia de Colombia y San

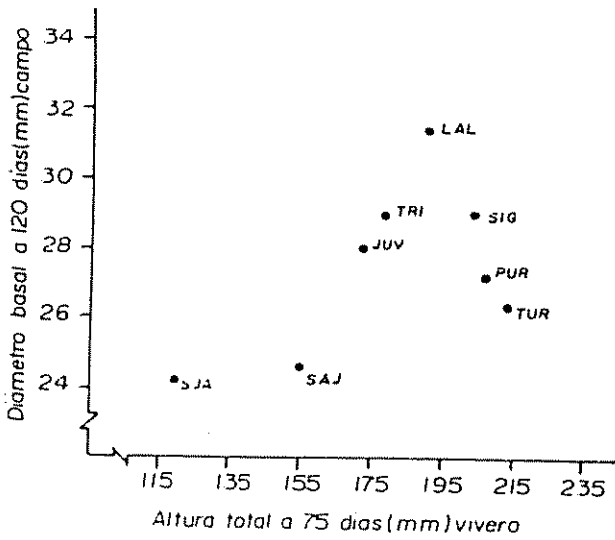


Fig 21 Relación diámetro basal a 120 días (mm)(campo) y altura total a 75 días (mm)(vivero) en ocho procedencias de *E. poeppigiana* en Turrialba Costa Rica

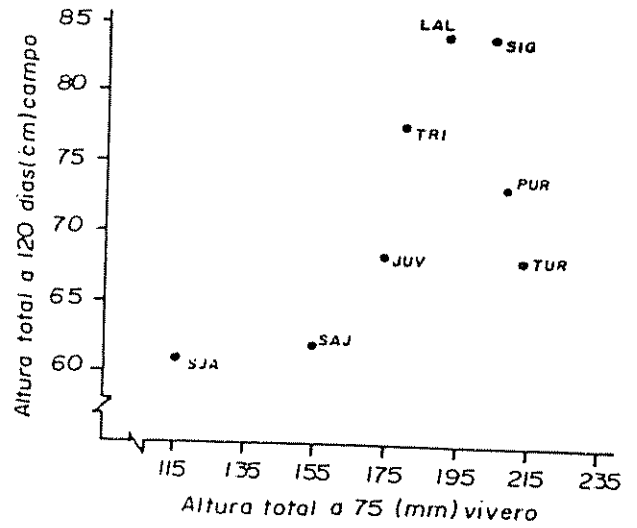


Fig 22. Relación altura total a 120 días (cm)(campo) y altura total a 75 días (mm)(vivero) en ocho procedencias de *E. poeppigiana* en Turrialba, Costa Rica

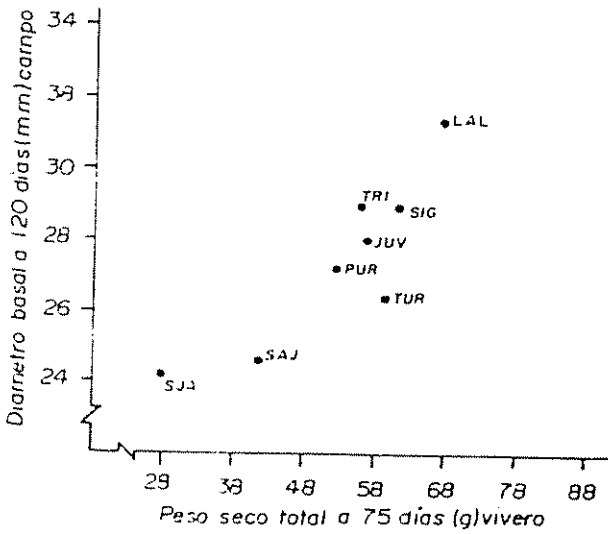


Fig 23 Relación diámetro basal a 120 días (mm)(campo) y altura total a 75 días (mm) (vivero) en ocho procedencias de *E. poeppigiana* en Turrialba, Costa Rica

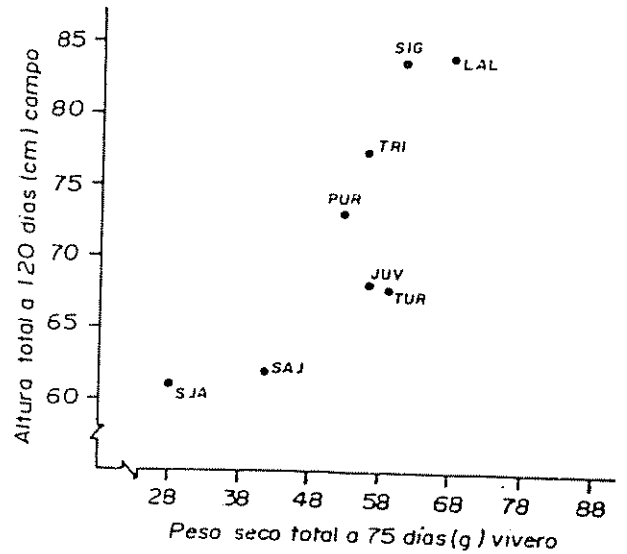


Fig 24 Relación altura total a 120 días (cm)(campo) y altura total a 75 días (mm)(vivero) en ocho procedencia de *E. poeppigiana* en Turrialba, Costa Rica

(El significado de las siglas se observan en el Cuadro 1. de la pagina 15)

Joaquín de Heredia. Pensando sólo en las procedencias de Costa Rica es posible que estas agrupaciones correspondan a dos introducciones iniciales.

El buen comportamiento y adaptabilidad a diferentes climas de una introducción en comparación con la otra pudiera haber llevado a una mayor utilización de esa introducción y su mayor difusión en el país. Sin saber más sobre la fuente original de los árboles en la posesión francesa no es posible especular más sobre la fuente original de E. poeppigiana que se encuentra más difundida en Costa Rica. Sin embargo, sería de utilidad tratar de establecer por estudios izoencimáticos a través de electroforesis, las relaciones genéticas entre las poblaciones en Costa Rica y las nativas, así también se podría identificar el grado de heterocigocidad que existe en las poblaciones.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos en este estudio se concluye:

1. A excepción del peso de semillas que mostró baja variación dentro de procedencias, las demás variables analizadas en semillas presentaron alta variación entre y dentro de procedencias. También se detectaron algunas ligeras tendencias clinales entre el peso de las semillas con la elevación sobre el nivel del mar del origen (tendencia positiva). Asimismo, esta misma variable (peso de semillas) con la temperatura promedio anual del origen (tendencia negativa).
2. Las procedencias Turrialba, Puriscal, Tres Ríos y Juan Viñas (Costa Rica) presentaron las semillas con las dimensiones mayores y peso mayor, mientras que San José de Apartadó (Colombia), La Lola, San Isidro del General y San Joaquín de Heredia (Costa Rica) mostraron semillas con dimensiones menores.
3. En la etapa de vivero para casi todas las variables evaluadas se detectó mayor variación genética dentro de procedencias que entre procedencias. La mayor variación entre y dentro de procedencias se registró en el porcentaje de germinación y la longitud de la raíz principal. Mientras que el contenido de humedad total de la planta y el porcentaje de germinación mostraron la menor variación genética entre y dentro de procedencias, respectivamente. Es probable que parte de la variación entre y dentro de procedencias que se observa en la plántulas se deba a la variación observada en las características de las semillas.
4. La procedencia Puriscal (Costa Rica) mostró los mayores porcentajes de germinación y energía germinativa. La Lola (Costa Rica) fue la que germinó más rápido, mientras que las procedencias San Joaquín de Heredia (Costa Rica) y San José de

Apartadó (Colombia) fueron las que registraron los menores porcentajes de germinación y demoraron más tiempo en germinar. La procedencia San José de Apartadó (Colombia) mostró el menor porcentaje de energía germinativa.

5. A los tres meses de vivero las procedencias Puriscal, San Isidro del General, La Lola y Turrialba (Costa Rica) registraron los promedios más altos en porcentaje de germinación, longitud del epicótilo, número de hojas verdaderas, longitud de la raíz principal, número de nódulos, peso seco aéreo, radical y total. San José de Apartadó (Colombia) y San Joaquín de Heredia (Costa Rica) mostraron los valores más bajos en estas mismas variables. Un agrupamiento similar se observó para las variables altura total y diámetro basal en la etapa de vivero. Los agrupamientos que se encuentran en las diferentes características no muestran un agrupamiento claro con respecto a las variables climáticas evaluadas.
6. En la etapa de vivero se detectaron ligeras tendencias clinales entre la altura total, diámetro basal, peso seco radical y total de las plántulas con la precipitación promedio anual del origen (tendencias positivas). Se observó tendencia clinal (tendencia negativa) entre el peso seco radical y total de las plántulas con la elevación sobre el nivel del mar del origen. Igualmente se encontró una ligera correlación entre las dimensiones de las semillas y la mayoría de las variables evaluadas a nivel de vivero. Es probable que el crecimiento inicial de las procedencias en vivero está fuertemente influido por las dimensiones de las semillas.
7. No se detectaron diferencias significativas (al nivel de probabilidad de 5%) entre procedencias estudiadas con relación a la supervivencia; casi el 100 por ciento de supervivencia se obtuvo en las etapas de vivero y durante cuatro meses de crecimiento inicial en el campo.

8. En la etapa de campo para todas las variables analizadas se observó mayor variación dentro de procedencias que entre procedencias. Sin embargo, los porcentajes de los componentes de la variancia fueron menores a los observados en la etapa de vivero. La mayor variación entre procedencias se detectó en la altura total a 30 días, mientras que la menor se observó en el diámetro basal a 120 días. La mayor variación dentro de procedencias se observó en la conicidad del tallo y la menor se detectó en la altura total a 30 días. La variación entre procedencias no fue significativa al nivel de cinco por ciento para las variables diámetro a 30 cm de altura, conicidad del tallo, largo del pecíolo de la hoja, largo y ancho de la hojuela central.
9. Las procedencias San Isidro del General, La Lola (Costa Rica) mostraron el mejor crecimiento en diámetro basal y altura total en el campo. San José de Apartadó (Colombia) y San Joaquín de Heredia (Costa Rica) registraron el crecimiento más bajo para estas mismas variables. Estas mismas procedencias (Colombia y San Joaquín de Heredia, Costa Rica) mostraron el menor número de espinas en el eje principal y en el pecíolo de las hojas. Las dos últimas variables indicadas podrían tener gran valor al momento de seleccionar procedencias con o sin espinas para manejar la especie en sistemas agroforestales.
10. Se detectaron correlaciones significativas entre algunas variables de semillas, geográficas, climáticas del origen y vivero con algunas variables en plantas durante cuatro meses de crecimiento en el campo. Las siguientes variables mostraron tendencias clinales positivas: la altura total y diámetro basal en plantas con la precipitación y temperatura promedio anual del lugar de origen. Mientras que las tendencias clinales negativas fueron entre la altura total y diámetro basal de las plantas con la elevación del origen; asimismo entre el número de espinas en el pecíolo de las hojas con la precipitación y temperatura promedio anual del origen.

11. Para predecir el crecimiento inicial (4 meses) en el campo, especialmente en altura total, diámetro basal y número de espinas en el pecíolo de las hojas, algunas características de las semillas, entre ellas el peso, volumen y forma (relación ancho/ largo) pueden considerarse como variables indicadores. Mientras que en vivero las variables indicadores para el crecimiento inicial en el campo fueron las variables altura total, diámetro basal, número de nódulos y peso seco total de las plántulas.

Algunas recomendaciones del estudio:

1. Los resultados preliminares registrados en este estudio indican la necesidad de darle continuidad al experimento por un tiempo tal que permita evaluar el comportamiento de los árboles de E. poeppigiana bajo un sistema de manejo que se ajuste a los sistemas agroforestales.
2. El crecimiento rápido de la especie en el vivero establece temprana competencia entre plántulas reduciendo así el desarrollo de las hojas y de la plántula completa. Por lo tanto, se recomienda como alternativa en ensayos de vivero el uso de espaciamientos mayores de 2,5 cm entre bolsas.
3. Para futuros trabajos de mejoramiento en condiciones similares a Turrialba, Costa Rica con esta especie se sugiere prestar atención a las procedencias de Costa Rica de elevaciones bajas (menores que 750 msnm) con precipitaciones y temperaturas promedias altas por ser las que mostraron mayor crecimiento.
4. Para obtener mejor crecimiento en el vivero y crecimiento inicial en el campo, es importante considerar el uso de semillas con peso y tamaño mayor y forma alargada. "
5. Establecer experimentos similares en condiciones climáticas diferentes para evaluar la interacción genotipo-ambiente en E. poeppigiana.

6. De mantenerse sin espinas algunos árboles de la procedencia La Lola, se sugiere reproducirlos vegetativamente para aumentar la población de árboles con esta característica deseable.
7. Se recomienda realizar estudios para detectar alguna relación entre la presencia y/o ausencia de espinas y el crecimiento de la especie.
8. Debido a que se observó mayor variación dentro de procedencias, un estudio simple de progenies (familias) puede ser de gran valor para identificar genotipos sobresalientes y estimar parámetros genéticos de características importantes de la especie. Asimismo, se podría identificar el tipo de herencia para el carácter espinas.

6. BIBLIOGRAFIA

1. AGUIRRE ASTE, V. Estudio de los suelos del área del Centro de Enseñanza e Investigación, IICA-CTEI-Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 139 p.
2. AKHTAR, S. Germination responses of some Eucalyptus. Pakistan Journal of Forestry 23(1):48-57. 1973.
3. ANANTH, B.R., IYENGAR, B.R.V. and CHOKKANNA, N.G. Studies on the seasonal variations of plant foods under different shade trees. Indian Coffe 24:347-361. 1960.
4. ANUBHAVA, N. Inheritance of spininess of capsula in Ricinus communis. Indian Journal of Genetics and Plant Breeding 20(3):223-226. 1960.
5. BAKER, H.G. Seed weight in relation to environmental conditions in California. Ecology 53(6):997-1010. 1972.
6. BARROS, N.F. DE e BRANDI, R.M. Variacoes no crescimento de procedencias de Pinus kesiya Royle ex Gordon e Pinus merkusii Jungh et De Vriese, em Viçosa, MG. Revista Arvore (Bra.) 4(2):124-133. 1980.
7. BASADA, M.R. Effect of seed size on germination seedling survival and height growth of white lanau (Shorea contorta Vidal) Sylvatrop. Philippine Forest Research Journal 4(2): 77-80. 1979.
8. BEER, J.W. et al. A case study of traditional agroforestry practices in the wet tropical zone the "La Suiza" project. In Simposio Internacional sobre las Ciencias Forestales y su Contribución al Desarrollo de la América Tropical. Editado por M. Chavarría. San José, Costa Rica, CONICIT-INTERCIENCIA-SCITEC. 1981. pp. 191-289.
9. _____. Arboles de sombra en cultivos perennes. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 16 p. 1983.
10. BERLANGA Z., I.M. Estudio de la fertilidad de los suelos del área de ganadería IICA-CTEI, Turrialba. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. 99 p.
11. BLAKE, J.; ROSERO, P. and LOJAN, L. The interaction between phenology and rainfall in the growth of Cordia alliodora (R & P) Oken in a plantation at Turrialba, Costa Rica. Commonwealth Forestry Review 55(1):37-40. 1976.
12. BORCHERT, R. Phenology and ecophysiology of tropical trees: Erythrina poeppigiana O. F. Cook. Ecology 61(5):1065-1074. 1980.

13. BOSHIER, D.H. The international provenance trial of Cordia alliodora (R & P) Oken in Costa Rica. In Provenance and genetic improvement strategies in tropical forest trees, Mutare, Zimbabwe, April 1984. Eds. R.D. Barnes and G.L. Gibson, Oxford, Commonwealth Forestry Institute and Harare, Forest Research Centre. 1984. pp. 168-185.
14. BRONSTEIN, G. Producción de pasto asociado con poró (Erythrina poeppigiana) con laurel (Cordia alliodora), y sin árboles. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1983. 5 p.
15. _____. Producción comparada de una pastura de Cynodon plectostachyus asociada con árboles de Cordia alliodora con árboles de Erythrina poeppigiana y sin árboles. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1984. 110 p.
16. BUDOWSKI, G. Sistemas agroforestales en América Tropical. In Curso corto sobre técnicas agroforestales para el trópico húmedo. Turrialba, Costa Rica, Diciembre 8-16, 1980. 9 p.
17. _____. Cuantificación de las prácticas agroforestales tradicionales y de las parcelas de investigación controlada en Costa Rica. In Reunión consultativa sobre investigación en plantas y agroforestería. Nairobi, Kenya, ICRAF. 1981. 26 p.
18. _____, KASS, D.C.L. y RUSSO, R.O. Leguminous trees for shade. A paper presented at Symposium on Nitrogen Fixing Trees for the Tropics, 19-24 September, 1983, Rio de Janeiro, Brazil. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1983. 33 p.
19. BURLEY, J. Metodología de los ensayos de procedencia de especies forestales. Unasyuva 23(3):24-28. 1969.
20. BURLEY, J. Breeding tropical pines spec. Pap. 2nd. World Consult for Tree Breed, Washington D.C., Pap. F0-F1B, 1970. 10 p.
21. _____ y WOOD, P.J., comps. Manual sobre investigaciones de especies y procedencias con referencia especial a los trópicos. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1979. 233 p. (CFI Tropical Forestry Papers no. 10).
22. _____. Selection of species for fuelwood plantations. Commonwealth Forestry Review 59(2): 133-147. 1980.
23. CABALLERO D., M. Estudio comparativo de dos especies de pinos mexicanos (Pinus pseudostrabus Lindl. y Pinus montezumae Lamb.) con base en características de plántula y semilla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, México. Boletín Técnico no. 20. 1967. 40 p.

24. _____ y TORAL CH., J. Efectos de tres tipos de semilla y de tres tipos de substrato en la germinación y desarrollo inicial de Pinus pseudostrobus var. oaxacana Martínez. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, México. Boletín Técnico no. 23. 1967. 35 p.
25. CALLAHAN, R.Z. Provenance research: investigation of genetic diversity associated with geography. *Unasylya* 18(2/3):40-50. 1964.
26. CAMPOS A., J.J. Variación genética e interacción genotipo-ambiente en procedencias de Calliandra spp en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1985. 88 p.
27. COCHRAN, W. y COX, M. Diseños experimentales. México, Trillas, 1965. 661 p.
28. COMBE, J. Técnicas agroforestales para los trópicos húmedos: conceptos y perspectivas. *In* Simposio Internacional sobre las Ciencias Forestales y su Contribución al Desarrollo de la América Tropical. Editado por Manuel Chavarría. San José, Costa Rica, s.e. 1981. pp. 117-124.
29. COOK, O.F. Shade in coffee culture. Washington, D.C., U.S. Department of Agriculture, Division of Botany, 1901. 79 p.
30. CORPORACION NACIONAL DE INVESTIGACION Y FOMENTO FORESTAL, COLOMBIA. Ensayo de procedencias de Cordia alliodora (Ruiz & Pavon) Oken, en Tumaco (Nariño) y Sautatá (Chocó). Elaborado por Hugo Martínez Higuera, Jairo Silva Herrera y Luis Venegas Tovar. Bogotá, 1985. 21 p. (CONIF Serie Técnica no. 13).
31. COSTA RICA. SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL. Boletín meteorológico año 1960. San José, Costa Rica, 1962. 42 p.
32. COSTA RICA. INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL. Anuario meteorológico año 1972, San José, Costa Rica, 1975. 333 p.
33. _____. Anuario meteorológico año 1980. San José, Costa Rica, 1981. 243 p.
34. COZZO, D. Resultados de un ensayo para determinar la relación entre tamaño y pesos de las semillas de Araucaria angustifolia con su capacidad germinativa y con la altura de las plantas resultantes. *Revista Forestal Argentina* 5(3):67-75. 1961.

35. _____. Repetición de un ensayo para determinar la relación entre tamaños y pesos de las semillas de Araucaria angustifolia con su capacidad germinativa y con la altura de las plantas resultantes. Revista Forestal Argentina 4(4):99-107. 1962.
36. _____. Relación entre clases de tamaño de semillas y alturas de plantas de Pinus elliottii. Revista Forestal Argentina 11(1):16-19. 1967.
37. DACCARETT, M. La influencia de los árboles leguminosos sobre el forraje que crece bajo ellos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1967. 34 p.
38. _____ y BLYDENSTEIN, J. La influencia de los árboles leguminosos y no leguminosos sobre el forraje que crece bajo ellos. Turrialba (Costa Rica) 18(4): 405-408. 1968.
39. DELGADO R., F.A. y RODRIGUEZ T., L.A. Factibilidad técnica y económica para abarco (Cariniana pyriformis Miers), roble (Tabebuia rosea Bertol) y teca (Tectona grandis L.F.) en el Urabá Antioqueño. Tesis Ing. For. Bogotá, Colombia. Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", Convenio CONIF-HOLANDA, 1985. 272 p.
40. DARUS, H.A. Effect of fruit size upon germination of teak (Tectona grandis). Malaysian Forester 43(3):396-397. 1980.
41. DOMINGUES, O. Origen e introducao da palma forrageira no nordeste. Recife, Pernambuco, Brazil. Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais, 1963. p. 73. (Compendiado en Plant Breeding Abstracts 35(2):266. 1965).
42. DWYER, J.D. and D'ARCY, W.G. Erythrina. In Flora of Panamá Part V. Annals of the Missouri Botanical Garden 67(3):686-697. 1980.
43. FARGE, T. LA. Correlations between nursery and plantations heith growth in slash and loblolly pine. Forest Science 21(2):197-200. 1975.
44. FERREIRA, M. y ARAUJO, A.J. DE. Procedimentos y recomendacões para testes de procedencias. Curitiba, EMBRAPA-URPFCS, 1981. 28 p.
45. FONSECA, M.T. El poró. Revista de Agricultura (Costa Rica) 40(6/7):102, 104, 106, 108, 110, 112. 1968.

46. FRANKLIN, E.C. Juvenile-mature. In Progress and Problems of Genetic Improvement of Tropical Forest Trees. Joint workshop of the IUFRO working parties S2. 02-08 tropical species provenances and S2. 03-01 breeding tropical species, Queensland, Austria, 1977. Proceedings. Edited by D.G. Nikles, J. Burley and R.D. Barnes. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1978. v. 1 pp. 205-212.
47. GHOSH, R.C.; SINGH, B. y SHARMA, K.K. Effect of seed grading by size of germination and growth of pine seedlings. Indian Forester 102(12):850-858. 1976.
48. GROSE, R.J. and ZIMMER, W.J. Influence of seed size on germination and early growth of seedlings of Eucalyptus maculata Hook and Eucalyptus sieberiana F. Forestry Commonwealth Victoria Bulletin no. 9. 1958. 10 p.
49. HADDERS, G. Some causes of variation in the initial development of scots pine (Pinus sylvestris L). In Proceedings of the world consultation on forest genetics and tree improvement. Stockholm, Sweden, FAO, 1973. pp. 2a/8.
50. HARDY, F. Cacao soils III. The problem of shade for cacao. Gordian 62:685-690. 1962
51. HARPER, J.; LOVELL, P. y MOORE, K. The shapes and sizes of seeds. Annual Review Ecology and Systematics 1:327-356. 1970.
52. HENSON, P. y LAYMAN, L. Seed weights of varieties of birdsfoot trefoil as affecting seedling growth. Crop Science 1:306. 1961.
53. HOLDRIDGE, L.R. Arboles de sombra para el cacao. In Manual del curso de cacao. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1967. pp. 113-117.
54. _____ y POVEDA, L. Arboles de Costa Rica v. 1. San José, Costa Rica, 1975. pp. 154-162.
55. _____. Ecología basada en zonas de vida. Traducido por Humberto Jiménez. San José, Costa Rica, IICA. 1978. pp. 29-53.
56. HOUGH, A.F. Relationships of red pine, seed source, seed weight and height growth in kane test plantation. USDA. Northeastern Forest Experiment Station, Forest Service. Station Paper no. 50. 1952. 14 p.
57. JIMENEZ O., F. Resumen acumulado de datos agroclimáticos. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1985. 1 p.

58. _____ y SALAS, A. Resumen de datos meteorológicos año 1985. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1986. 1 p.
59. KANDYA, A.K. Relationships among seed weight and various growth factors in Pinus oocarpa shiede seedlings. *Indian Forester* 104(8):561-567.
60. KEIDING, H. Teak, Tectona grandis, Linn F. Dinamarca. Danida Forest Seed Centre. Seed Leaflet no. 4. 1985. 21 p.
61. KHALIL, M. Correlation of juvenile height growth with cone morphology and seed weight in white spruce. *Silvae Genética* 30(6):179-181. 1981.
62. KIMBLE, J. Soil survey no. S83 FN-295-C15. Lincoln, Nebraska, National soil survey laboratory, 1984. 6 p.
63. KRUKOFF, B.A. The american species of Erythrina. *Brittonia* 3(2):205-337. 1939.
64. _____. Notes on the species of Erythrina. *Physiología* 33(5):342-356. 1976.
65. LACAZE, J.F. Progreso alcanzado en la selección de especies y de procedencias. *Unasylyva* 30(119/ 120):17-20. 1978.
66. LAMPRECHT, H. y HUECK, K. Estudios morfológicos y ecológicos sobre la germinación y el desarrollo de la primera juventud de unas especies forestales en Venezulea. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación, Mérida, Venezuela. Boletín no. 3. 1959. 37 p.
67. LANGLET, O.A. Cline or not cline: a question of scoth pine. *Silvae Genetica* 8:13-22. 1959.
68. LEON S., R.E. Estudio de algunas especies tropicales con especial atención a su comportamiento en el vivero. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1955. pp. 104-108.
69. LITTLE, T.M. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Traducido del inglés por Anatolia de Paula Crespo. México, Trillas, 1983. 270 p.
70. MARTINEZ, A. y ENRIQUEZ, G. La sombra para el cacao. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1981. 93 p. (Serie Técnica, Boletín Técnico no. 5)
71. MOLLEPAZA, J.E. Producción de biomasa de poró (Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F. Cook) y del laurel (Cordia alliodora (Ruíz & Pavón) asociado con café (Coffea arabica L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. s.p. (en borrador)

72. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, EE.UU. Tropical legumes: resources for the future. Washington, D.C., 1979. pp. 5-9, 258.
73. NIENSTAEDT, H. Height growth as indicative of the relative frost resistance of hemlock seed sources. U.S. Forest Service. Lake States Forest Experiment Station. Technical Note no. 525. 1958. p. 2-16.
74. NITROGEN FIXING TREES ASSOCIATION. Erythrinas provide beauty and more. Waimanalo, Hawaii, 1986. 2 p. (NFT HIGHLIGHTS).
75. PALMBERG, C. Principios y estrategias para el mejor aprovechamiento de los recursos genéticos forestales. 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. Roma, FAO, 1980. (Estudio FAO: Montes no. 20). p. 27-50.
76. PALMBLAD, I.G. Competition in experimental populations of weeds with emphasis on the regulation of population size. *Ecology* 49(1/3):26-34. 1968.
77. PEREIRA, J.C.O. y GARRIDO, M.A.O. Influencia do tamanho das sementes de Eucalyptus grandis Maiden sobre la germinacao e o desenvolvimento inicial das plantas. *Silvicultura em Sao Paulo (Bra.)* 9:117-124. 1975.
78. PITTIER, H. Ensayo sobre plantas usuales de Costa Rica. 2 ed. rev. San José, Costa Rica, Editorial Universitaria, 1957. 186 p. (Serie Ciencias Naturales no. 2).
79. RACHIE, K. Intercropping tree legumes with annual crops. In Huxley, P.A., ed. Consultative Meeting. Plant Research and Agroforestry. Nairobi, Kenya, ICRAF. 1983. pp. 103-116.
80. RAVEN, P.H. Erythrina (Fabaceae): Achievement and opportunities. *Lloydia* 37: 321-331. 1974.
81. ROCKWOOD, L. Seed size as a function of life form and life zone in tropical forests. *Bulletin of the Ecology Society of America (Program Issue)* 63(2):163. 1982.
82. RUSSO A., R.O. Efecto de la poda de Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F. Cook (Poró), sobre la nodulación, producción de biomasa y contenido de nitrógeno en el suelo en un sistema agroforestal "Café-poró". Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1983. 108 p.
83. _____. Descripción de Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F. Cook. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 7 p. 1983.

84. _____. Erythrina: Un género versátil en sistemas agroforestales, revisión bibliográfica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1984. 14 p. (Mimeogr).
85. SALAZAR, R. Genetic variation in P. caribaea var. hondurensis Barret and Golfari. Thesis Ph D., Oxford, Inglaterra, Wolfson College, 1981. 271 p.
86. _____. Comportamiento juvenil de nueve procedencias de P. caribaea var. hondurensis Barret y Golfari en Costa Rica. Turrialba (Costa Rica) 32(4):387-397. 1982.
87. _____. Genetic variation in seeds and seedlings of ten provenances of Gliricidia sepium (Jacq.) Steud. In Symposium on "Establishment and productivity of tree plantings in semi-arid regions". Kingsville, U.S.A., Texas University, 1985. 17 p.
88. SANCHEZ, G.A. y RUSSO, R.O. Propagación de Erythrina spp, género de uso múltiple para sistemas agroforestales. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1986. 10 p.
89. SHELBORNE, C.J.A. Genotype-environment interaction: Its study and its implications in forest tree improvement. In IUFRO genetics-sahao joint symposia, Tokio, 1972. Proceedings. Tokyo, 1972. pp. B.1 (I), 1-B.1 (I), 28.
90. SQUILLACE, A.E. y GANSEL, CH.R. Juvenil nature correlations in slash pine. Forest Science 20(3):225-229. 1974.
91. SUAREZ DE CASTRO, F. Experimentos sobre la erosión de los suelos. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Chinchiná, Colombia. Boletín Técnico no. 6. 1951. 44 p.
92. TEUNISSEN, P.A. Notes on the vegetative. I. vegetation changes in a dammed up fresh water swamp in NW Suriname. Acta Amazonica (Brasil) 6(2):117-150. 1976.
93. VENATOR, C.R. Hypocotyl length in Pinus caribaea seedlings: A quantitative genetic variation parameter. Silvae Genetica 23:130-132. 1974.
94. VIVAR F., H.E. Algunos estudios citológicos y genéticos sobre la naranjilla (Solanum quitense Lamark). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1968. 53 p.
95. WAKELEY, P.C. Loblolly pine seed production. Journal of Forestry 42:676-677. 1947.

96. WILLAN, R.L. 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. Roma, FAO, 1980. pp. 141-153. (Estudio FAO:Montes no. 20).
97. WILLEY, R.W. The use of shade in coffee, cocoa and tea. Horticultural Abstracts 45(12):791-798. 1979.
98. WILLIAMS, L. Exploraciones botánicas en la Guayana Venezolana. I. El medio y bajo Caura. Caracas, Venezuela, Ministerio de Agricultura y Cría. 1942. pp. 252-253.
99. WRIGHT, J.W. Introduction to forest genetics. New York, Academic Press, 1976. 463 p.
100. YANES M., H.R. Manejo del suelo, rastrojo y su influencia sobre sus propiedades físicas de un Dystropept de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1985. 118 p.

7. APENDICE

Anexo 1A. Descripción taxonómica del perfil del suelo del sitio

Según Yanes (100) citando a Kimble (62) el perfil del suelo tiene las siguientes características:

Fisiografía: terraza; uno por ciento de pendiente; profundidad del nivel freático 1,24 m; drenaje ligeramente pobre; pedregosidad clase 2; material aluvial de toba ácida sobre material de ceniza básica transportada por el viento (material parental); clasificada como fine, mixed, Isohyperthermic Typic Dystropept.

Horizontes Ap a BA (entre 0 cm a 48 cm); franco, café grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo; bloques subangulares gruesos que al dividirse tienen una estructura granular fuerte de muy fina a media, friable, no pegajoso a ligeramente pegajoso, no plástico, muy pocas raíces finas a medias y muchos poros tubulares intersticiales de finos a muy finos; fragmentos de roca al tres por ciento mayor de 2mm y al diez por ciento mayor de 19 mm y proveniente de roca piroclástica; pH fuertemente ácido; límite abrupto, claro y uniforme.

Horizontes Bw1 a Bw2 (entre 48 cm a 106 cm); franco arcilloso (48 cm a 80 cm), franco (80 cm a 106 cm), café rojizo (5 YR 4/4) en húmedo; bloques angulares y subangulares de moderadamente medias a gruesas que al dividirse presentan estructuras en bloques subangulares y granular blocosa de fina a media, friable a muy friable, no pegajoso a ligeramente pegajoso, no plástico; discontinuidades comunes de pocos moteamientos finos distintivos de café amarillento (10 YR 5/6) a negros (10 YR 2/1) de maganeso a hierro-manganeso que cubren las caras de los peds; muchos poros tubulares intersticiales y discontinuos; muy pocas raíces finas (48 cm a 80 cm); fragmentos de rocas, al tres por ciento mayores de 2 mm y al 15 por ciento mayores de 8 cm y provenientes de rocas piroclástica; pH fuertemente ácido (5,0); límite claro y uniforme.

Horizonte Bw3 (entre 106 cm a 150 cm); franco pedregoso, rojo amarillento (5 YR 4/6) en húmedo; con poco moteamiento café amarillento (10 YR 5/6); bloques angulares medios que al dividirse presentan una estructura en bloques angulares de finos a medios; friable, no pegajoso, no plástico; moteamientos negros (10 YR 2/1) muy discontinuos de manganeso o hierro-manganeso que cubren las caras de los peds; muchos poros tubulares discontinuos de finos a medios y muchos poros tubulares intersticiales; de pocas a altas concentraciones de hierro-manganeso; fragmentos de roca, al 30 por ciento es mayor de 8 cm y provenientes de rocas piroclásticas; pH fuertemente ácido (5,0); fragmentos gruesos mayores de 10 pulgadas, provenientes de rocas piroclásticas y que pueden ser cortados con un cuchillo.

Cuadro 1a. Características físico-químicas de perfil del suelo 1/ del lote experimental. Turrialba, Costa Rica, 1984

Horizonte	Textura del suelo		Densidad aparente 1/3 de bar. (g/cm ³)	Contenido de agua		meq/100 g de suelo		de bases	Al extra	Capacidad de intercambio catiónico		Sat. Al (%)	pH agua 1:1					
	arena	limo arcilla		1/3 báres	15 báres	Ca	Mg			Nú	K			OH ⁺	OH ⁻ + AL			
Ap	37,5	37,6	24,9	1,05	45,7	31,3	5,7	1,5	Tr.	0,6	7,8	31,5	1,1	39,3	32,6	8,9	12,0	4,8
Ba	37,5	32,4	30,1	1,20	35,7	30,7	3,5	1,2	Tr.	0,5	5,2	15,7	Tr.	20,9	20,9	--	--	5,3
Bw1	36,0	31,6	32,4	1,20	35,5	26,0	3,5	1,3	Tr.	0,2	5,0	13,5	--	18,5	16,9	--	--	5,3
Bw2	33,1	34,4	32,5	1,11	40,9	26,5	2,2	1,0	0,1	Tr.	3,3	14,0	0,3	17,3	15,3	3,6	8,0	5,2
Bw3	22,5	36,7	40,8	1,05	47,3	25,6	1,6	1,2	0,1	0,1	3,0	14,2	0,6	17,2	14,2	3,6	17,0	5,1

1/ National Soil Survey Laboratory
Lincoln, Nebraska 68508-3866

Fuente: Yanes (91) citando a Kimble (51)