



Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

Departamento de Estudios de Posgrado y Capacitación

**Influencia del tamaño del endocarpo de
Gmelina arborea Roxb. en el crecimiento
inicial-fase de vivero en Pavones,
Turrialba, Costa Rica**

Por

MARTIN FELIX CUADRADO HIDALGO

Estudio desarrollado durante su especialización y entrenamiento en Recursos Naturales Renovables (Silvicultura), estudios a nivel de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza .

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Programa de Silvicultura

Turrialba, Costa Rica

1985

DEDICATORIA

A Clotilde, mi esposa
por su amor, estímulo
y comprensión.

A mis hijos:
Carlos, Griselda,
Ivan y Angela.

A mis padres:
Eugenio y Victoria

A mi hermana:
Felicia y su esposo

A quienes nacen, luchan y
mueren en tierras áridas y
semiáridas.

A Costa Rica, a Alemania
y a Perú mi patria

AGRADECIMIENTO

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

A Héctor Martínez, M.S. Silvicultor, CATIE por su interés, asesoramiento y acertada guía para la culminación del presente trabajo.

A Ben Chang, M.S. Coordinador del BLSF, CATIE por su ayuda y colaboración en el desarrollo de la investigación.

A José Luis Parisí, Ph.D. Jefe del Departamento de Estudios de Posgrado y Capacitación, CATIE por su permanente interés y participación activa en la conclusión del trabajo realizado.

A Gerardo Budowski, Ph.D. Jefe del Departamento de Recursos Naturales Renovables, CATIE por su interés en el desarrollo de la investigación, por sus enseñanzas valiosas y sugerencias atinadas en la revisión del manuscrito.

A Ronnie de Camino, Ph.D. Jefe del Programa de Silvicultura, por sus sugerencias en el desarrollo de la investigación y la revisión del manuscrito.

A Charles Briscoe, Ph.D. Jefe Programa de Silvicultura, CATIE, hasta Abril 1985, Profesor Consejero en la fase inicial del trabajo.

A José Fco. Di Stéfano, Ph.D. Director del Programa de Posgrado UCR/CATIE, por su colaboración y apoyo.

A Francisco Lega, M.S. Gerente de la Empresa Celulosa de Turrialba, S.A., por su cooperación, amistad y correspondiente ayuda económica para el desarrollo de la investigación.

A Dámaso L. Alcántara L. M.S. Décano de la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional del Centro del Perú - Huancayo, por su inmensa colaboración y gran respaldo institucional.

Al Gobierno de Alemania (D.S.A.) por la beca que garantizó mis estudios de entrenamiento.

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) por las facilidades técnicas brindadas para efectuar la especialización.

A la Empresa Celulosa de Turrialba S.A. subsidiaria de la Scott Paper Company de Costa Rica por las Facilidades y ayuda económica.

A Jan Bauer, M.S. Coordinador Proyecto Leña ROCAP/CATIE por su valioso aporte en el desarrollo de la investigación.

A Ricardo Russo, M.S. y Jorge Faustino, M.S. por su colaboración y amistad.

A José Arze, M.S. por sus sugerencias en el desarrollo de la investigación.

A John Palmer, M.S. y Valentín Jiménez, Ing. For. por su colaboración en el proceso del análisis estadístico.

A Ruperto Quezada, Ing. For., Carlos Martínez, Nidia y Elizabeth Martínez y personal de apoyo de la Empresa Celulosa Turrialba, por su colaboración en los trabajos de campo (vivero).

A mis compañeros de estudios: Ing. Nelson Agudelo y esposa, Carlos Nieto y esposa y Alan González y esposa por su colaboración y amistad.

A Felicia Oviedo, Rosemary Garro y Urbana Aguilar por su gentileza, eficiencia y prontitud en el mecanografiado de este trabajo.

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

BIOGRAFIA

El autor nació en Marco-Jauja, Perú. Realizó sus estudios secundarios en la Gran Unidad Escolar San José de Jauja hasta 1968.

Su carrera de Ingeniero Forestal la curso de 1969 a 1973, en la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional del Centro del Perú - Huancayo.

Trabajo desde Abril de 1974 en el Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú como Asistente de Laboratorio de Anatomía de la Madera.

De 1975 a 1977 se desempeño como Asistente Profesional en Silvicultura y Manejo en el Proyecto de Desarrollo Forestal de la FAO "Demostración de Manejo y Utilización Integral de Bosques Tropicales" del Bosque Nacional Alexander von Humboldt - Pucallpa (Dirección General Forestal y de Fauna del Ministerio de Agricultura).

De 1978 a 1983 trabajó como Asistente de Cátedra y luego como Profesor en la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional del Centro del Perú - Huancayo.

En marzo de 1984 ingreso al Programa de Estudios de Posgrado UCR/CATIE hasta Agosto de 1985 y posteriormente pasó a ser alumno especial del CATIE (Departamento de Recursos Naturales Renovables - Programa de Silvicultura) para su especialización y entrenamiento correspondiente hasta diciembre 1985.

INFLUENCIA DEL TAMAÑO DEL ENDOCARPO DE Gmelina arborea Roxb.
EN EL CRECIMIENTO INICIAL - FASE DE VIVERO EN PAVONES
TURRIALBA, COSTA RICA

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el vivero forestal de la finca Pavones, propiedad de la empresa Celulosa de Turrialba, S.A., subsidiaria de Scott Peper Co. de Costa Rica. Los objetivos de la presente investigación fueron: determinar la influencia del tamaño de los endocarpos sobre el crecimiento en altura y diámetro basal de plántulas de Gmelina arborea Roxb. (melina) en las primeras quince semanas de desarrollo en vivero; analizar el efecto de un tratamiento de fertilización completa de NPK en el crecimiento de las plántulas y analizar el grado de correlación existente entre el diámetro y el peso de los endocarpos.

Se clasificaron los endocarpos en tres categorías dimensionales designados como grande (mayor de 12 mm de diámetro), mediano (10-12 mm) y pequeño (menor de 10 mm); para efectos de comparación se utilizó como testigo una cuarta categoría compuesta por semilla comercial sin separar.

La evaluación se efectuó en dos fases: laboratorio y vivero. En el laboratorio se evaluó el diámetro, longitud y peso de los endocarpos. En el vivero se midió, la energía germinativa, el porcentaje de germinación y la sobrevivencia al repique por categoría de tamaño. Además se evaluó el crecimiento en altura y diámetro basal, utilizando un diseño de bloques completos al azar en un arreglo factorial 4 x 2, con cuatro repeticiones; los 2 factores en estudio fueron: tamaño de endocarpos (tres tamaños de endocarpos y el testigo) y fertilización (fertilizado y no fertilizado).

De las tres categorías de endocarpo la de tamaño mediano presentó la mayor proporción por unidad de peso (61 %). Se encontró un alto grado de correlación entre el peso y el diámetro de los endocarpos en las diferentes categorías de tamaño ($r = 0.92$).

La energía germinativa, el porcentaje de germinación y la sobrevivencia al repique fueron influenciados por el tamaño de los endocarpos, presentándose mayor porcentaje para los tamaños grandes y mediano.

Se observó que el crecimiento en altura de las plántulas está notablemente influido por el tamaño de los endocarpos; las plántulas provenientes de endocarpos grandes y medianos se desarrollaron más que los de endocarpos pequeños, durante el período de estudio.

En el crecimiento en diámetro basal el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre los tamaños de endocarpos, aunque un análisis más detallado (prueba de Tukey) mostró que plántulas provenientes de endocarpos pequeños crecieron menos (diferentes estadísticamente a nivel de $P 0,05$) que plántulas provenientes de otros tamaños.

La fertilización influyó positivamente en el crecimiento en altura y diámetro basal de las tres categorías de tamaño, y el testigo; incluso el tamaño pequeño con fertilización superó a todos los tamaños sin fertilización.

Influence of the stone size of Gmelina arborea Roxb. on initial growth - nursery phase, at Pavones, Turrialba, Costa Rica

SUMMARY

The research was carried out in the Pavones nursery property of the Celulosa de Turrialba, S.A. a subsidiary of Scott Paper Co. of Costa Rica. The objectives of this study were to determine the influence of stone size on the height and basal diameter growth of Gmelina arborea Roxb. (melina) seedlings during the first fifteen weeks in the nursery, to analyze the effect of NPK fertilization treatment on the growth of seedlings and to analyze of correlation between diameter and weight of the stones.

The stones were classified in three separate dimensional classes designated as large (diameter 12), medium (10-12 mm) and small (less than 10mm); for comparison bulk commercial seed (without separation) was used as a control.

The evaluation was done in two phases, laboratory and nursery. In the laboratory the diameter, length and weight of the stones were measured. In the nursery the germination energy, germination percentage and transplanting survival by dimensional classes were evaluated. In addition height and basal diameter growth were analyzed by using a complete randomized block design in a 4 x 2 factorial arrangement with 4 repetitions. The factors studied were stone sizes (three sizes and control) and fertilization (with and without fertilization).

The medium stone size presented a large proportion by weight unit (61%). There was an acceptable degree of correlation between weight and diameter of the stones for different size classes ($r = 0,92$).

The germination energy, germination and the transplanting survival percentages were influenced by stone size, the highest percentages resulted from the large and medium ones.

It was observed that seedling height is influenced by the stone size. The seedlings from the large and medium stones grew faster than those from smaller ones. The analysis of variance showed non-significance between the different sizes of the stones for the basal diameter growth. Ne-

vertheless, a further analysis (Turkey's test) showed that seedlings from the small stones grew slower (statistically different $p < 0,05$) than larger sizes.

The fertilization had a positive effect over the height and basal diameter growth in all seed size categories. Furthermore, the small size with fertilization outgrew the other two larger sizes without fertilization.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	v
SUMMARY	vii
LISTA DE ANEXOS.....	xii
LISTA DE CUADROS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xv
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	2
2.1 Descripción de la <u>Gmelina arborea</u> Roxb	2
2.1.1 Distribución natural	2
2.1.2 Descripción	2
2.1.3 Requerimientos ecológicos	4
2.1.4 Establecimiento	4
2.1.5 Rendimientos	4
2.1.6 Usos	5
2.2 Tamaño y peso de las semillas como características estables	5
2.3 Relación entre el tamaño de las semillas y el crecimiento.....	6
2.4 Fertilización en vivero	8
3. MATERIALES Y METODOS	12
3.1 Etapa de laboratorio	12
3.1.1 Material experimental	12
3.1.2 Variables evaluadas por categoría	13
3.2 Etapa de vivero	13
3.2.1 Localización y clima	13
3.2.2 Suelo	13
3.2.3 Diseño experimental y tratamientos	16

	<u>Página</u>
3.2.4 Establecimiento del experimento	18
3.2.4.1. Preparación de los bancales	18
3.2.4.2 Producción de plántulas	18
3.2.4.2.1 Almacigado	18
3.2.4.2.2 Repicado	19
3.2.4.3 Fertilización	20
3.2.4.4 Labores culturales	23
3.2.5 Datos registrados en el vivero	24
3.2.5.1 Altura	24
3.2.5.2 Diámetro basal	24
3.2.6 Análisis estadístico	25
4. RESULTADOS	27
4.1 Etapa de laboratorio	27
4.1.1 Distribución de los endocarpos según tamaño y porcentaje de germinación	27
4.1.2 Diámetro y longitud por categoría de tamaño	30
4.1.3 Regresión y correlación diámetro - peso	32
4.2 Etapa de vivero	33
4.2.1 Energía germinativa y porcentaje de germinación	33
4.2.2 Sobrevivencia al repique	37
4.2.3 Crecimiento de las plántulas en el vivero	39
4.2.3.1 Efecto del tamaño de endocarpo en el crecimiento en altura a las siete, once y quince semanas	39
4.2.3.2 Efecto de la fertilización en el crecimiento en altura a las once y quince semanas	42
4.2.3.3 Diámetro basal a las quince semanas	46
5. DISCUSION	48
5.1 Distribución de los endocarpos	48
5.2 Germinación	48
5.3 Sobrevivencia al repique	49
5.4 Crecimiento de las plántulas	50

	<u>Página</u>
6. CONCLUSIONES	52
7. RECOMENDACIONES	53
8. BIBLIOGRAFIA	54
9. ANEXOS	59

LISTA DE ANEXOS

<u>Anexo</u>	<u>Página</u>
1 Resumen descripción de la especie	59
2 Regresión de la variable LN y contra las variables LNx, X	60
3 Regresión de la variable LN y contra las variables X	60
4 Porcentaje de energía germinativa para las cuatro categorías de tamaño de endocarpo de <u>G. arborea</u> , en Pavones, Turrialba, 1985	61
5 Análisis de variancia de la energía germinativa por categoría de tamaño de los endocarpos de <u>G. arborea</u> (arc. ren %), en Pavones, Turrialba, 1985	61
6 Porcentaje de germinación para las cuatro categorías de tamaño de endocarpo de <u>G. arborea</u> en Pavones, Turrialba, 1985	62
7 Análisis de varianza de los porcentajes de germinación por categoría de tamaño de los endocarpos de <u>G. arborea</u> (arc. ren %) en Pavones, Turrialba, 1985	62
8 Porcentaje de sobrevivencia de plántulas de <u>G. arborea</u> , a los tres días del transplante según tamaño y bloques, en Pavones, Turrialba, 1985	63
9 Análisis de variancia de la sobrevivencia de plántulas de <u>G. arborea</u> a los tres días del transplante (transformación $x = \text{arc ren } \%$) en Pavones, Turrialba, 1985	63
10 Análisis de varianza para la variable altura de las plántulas de <u>G. arborea</u> a 7 semanas para las cuatro categorías de tamaño de endocarpos en Pavones, Turrialba, 1985	64
11 Análisis de variancia para la variable altura de las plántulas de <u>G. arborea</u> a 11 semanas para los ocho tratamientos en Pavones, Turrialba, 1985	64
12 Análisis de variancia para la variable altura de plán- tulas de <u>G. arborea</u> a 15 semanas para los ocho tra- tamientos en Pavones, Turrialba, 1985	65
13 Análisis de variancia para la variable diámetro de las plántulas de <u>G. arborea</u> a quince semanas para los ocho tratamientos en Pavones, Turrialba, 1985	66

LISTA DE CUADROS

<u>Cuadro</u>	<u>Página</u>
1 Tratamientos en estudio	17
2 Características del sustrato utilizado en el experimento en Pavones, Turrialba, Costa Rica, 1985	19
3 Características de los productos químicos aplicados en en los bancales (Bloques)	24
4 Distribución de los endocarpos de <u>G. arborea</u> e impurezas según tamaño en 10 muestras de un kilogramo	27
5 Peso de 100 endocarpos de <u>G. arborea</u> según tamaño, en 10 muestras	29
6 Distribución del número de endocarpos por categoría de tamaño en muestras de un kilogramo de <u>G. arborea</u>	30
7 Peso, diámetro, longitud promedio de 100 endocarpos de <u>G. arborea</u> por categoría	31
8 Energía germinativa de <u>G. arborea</u> según tamaño de endocarpo en Pavones, Turrialba, 1985	33
9 Porcentaje de germinación de <u>G. arborea</u> según el tamaño de endocarpo en Pavones, Turrialba, 1985	35
10 Supervivencia de plántulas de <u>G. arborea</u> , según el tamaño de endocarpo a tres días del repíque, en Pavones, Turrialba, 1985	37
11 Altura promedio a las siete, once y quince semanas de plántulas de <u>G. arborea</u> , por categoría de tamaño en endocarpo, en Pavones, Turrialba, 1985	40
12 Altura promedio de las plántulas de <u>G. arborea</u> a las once y quince semanas, por tratamiento de fertilización en Pavones, Turrialba, 1985	42
13 Altura promedio de las plántulas de <u>G. arborea</u> a quince semanas para los ocho tratamientos en Pavones, Turrialba, 1985	44

Cuadro

Página

14	Diámetro basal promedio a 10 cm de las plántulas de <u>G. arborea</u> a las quince semanas, por tratamiento de fertilización en Pavones, Turrialba, 1985	46
15	Diámetro basal promedio de las plántulas de <u>G. arborea</u> a quince semanas para los ocho tratamientos en Pavones, Turrialba, 1985	47

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
1 Localización de ensayo en la fase de vivero, en Pavones, Turrialba, Costa Rica (hoja cartográfica: Tucurrique 3445 I)	14
2 Precipitación que ocurrió durante el período experimental y comparación con el promedio de 7 años en Pavones, Turrialba, Costa Rica, 1985	15
3 Distribución de tratamientos por bancal en Pavones, Turrialba, Costa Rica, 1985	20
4 Distribución de bloques en el área experimental en Pavones, Turrialba, Costa Rica, 1985	22
5 Distribución del peso de endocarpos de <u>G. arborea</u> según tamaño, en diez muestras de un kilogramo	28
6 Correlación entre el diámetro y el peso de los endocarpos de las tres categorías de tamaño de <u>G. arborea</u> (según análisis de regresión)	34
7 Comparación de la germinación entre categorías de tamaño de endocarpos de <u>G. arborea</u> en Pavones, Turrialba, Costa Rica, 1985	36
8 Comparación de energía germinativa, porcentaje de germinación y sobrevivencia de repique entre categorías de tamaño en endocarpos de <u>G. arborea</u> en Pavones, Turrialba, Costa Rica, 1985	38
9 Crecimiento en altura de las plántulas de <u>G. arborea</u> para las cuatro categorías de tamaño de endocarpos, en Pavones, Turrialba, Costa Rica	41
10 Crecimiento en altura de las plántulas de <u>G. arborea</u> por efecto de la fertilización, en Pavones, Turrialba, Costa Rica, 1985	43
11 Crecimiento en altura de las plántulas de <u>G. arborea</u> para las cuatro categorías de tamaño de endocarpos y efecto de la fertilización en Pavones, Turrialba, Costa Rica	45

1. INTRODUCCION

El tipo de semilla y las condiciones del medio durante las primeras etapas de crecimiento de los árboles, determinan el comportamiento y muchas veces la sobrevivencia de los mismos. Aún suponiendo que la plántula sobreviva y desarrolle hasta alcanzar las dimensiones del árbol adulto, el tiempo que este emplee en alcanzar ciertas dimensiones está notablemente influido por las dificultades iniciales que la semilla tenga durante su germinación y crecimiento inicial (49). De aquí la importancia de conocer el comportamiento y las características de la germinación y el crecimiento inicial de las diferentes especies forestales.

La importancia de los estudios sobre semillas y plántulas debe destacarse cuando se hace mención a trabajos de forestación y/o reforestación (28). Es indudable que, en numerosas ocasiones los fracasos que se han tenido al realizar siembras directas, se han debido al poco conocimiento que se tiene de las características de las semillas, así como las necesidades de éstas para germinar y permitir un desarrollo óptimo de las plántulas.

Uno de los factores que afectan la calidad en términos de poder germinativo, sobrevivencia y crecimiento en altura de diferentes especies forestales es el tamaño de semilla. En la actualidad, la siembra de semilla de diferentes tamaños, ha causado cierta heterogeneidad en términos de vigor y tamaño en las plántulas de especies forestales, con evidente perjuicio en el crecimiento cuando se establecen plantaciones forestales (5).

En muchos países tropicales se han realizado ensayos de introducción y plantaciones comerciales de Gmelina arborea Roxb. "melina" debido al rápido crecimiento, facilidad de establecimiento, bajos costos de plantación y producción de madera de usos múltiples (30, 37).

De hecho esta tendencia ha progresado creandose una fuerte demanda por semillas seleccionadas. En América tropical, sobre todo en Brasil, melina ha sido plantada en forma extensa; alrededor de 60.000 ha en Jari, también existen plantaciones de importancia en Honduras, Belice, Cuba, Venezuela y Costa Rica (10).

Debido a la importancia de esta especie se decidió realizar una investigación sobre la influencia del tamaño en los endocarpos en el crecimiento inicial en vivero.

Los objetivos del estudio fueron:

1. Determinar la influencia de diferentes tamaños de endocarpo, sobre el crecimiento en altura y diámetro basal en las primeras quince semanas de la vase de vivero.
2. Analizar el efecto de un tratamiento de fertilización inorgánica NPK en la etapa de vivero.
3. Analizar el grado de correlación existente entre el diámetro y el peso de los endocarpos.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Descripción de la Gmelina arborea Roxb.

2.1.1 Distribución natural

La especie tiene una área natural de distribución muy amplia; se extiende desde el Río Chenab, al oeste de Pakistán, hacia el este sobre una parte importante de la India, Nepal, Skkim, Bangladesh, Sri Lanka, Birmania hasta Tailandia, Laos, Camboya, Vietnam y Sur de China (10, 37, 44).

Ha sido introducido en muchos países tropicales. en Africa se encuentran plantaciones experimentales e industriales en Nigeria, Sierra Leona, Costa de Marfil, Mali, Gambia, Dahomey, Senegal, República Central Africana, Alto Volta, Gabón, Camerún, Congo, Malawi y Zambia (10, 37). En América Tropical se ha plantado en Brasil; también existen plantaciones de importancia en Venezuela, Belice, Colombia, Cuba y Costa Rica (10).

2.1.2 Descripción

La melina es un árbol caducifolio de tamaño mediano a grande. En plantaciones bien raleadas y bajo condiciones óptimas puede alcanzar alrededor de 30 m de altura y más de 60 cm de diámetro, pero la altura más común es alrededor de 20 m con un tronco limpio hasta los 6-9 m. En lugares abiertos desarrolla ramas bajas y pesadas, copa amplia y alta conicidad del tronco (44).

La floración se produce durante la época en que pierde las hojas o cuando aparecen las nuevas hojas; aparecen ramilletes de flores de color marrón - amarillo, pero en la mayoría de los sitios se pueden encontrar árboles con flores y frutos durante todo el año (44).

2.1.3 Requerimientos ecológicos

Melina crece usualmente entre 0 y 900 m de altitud, aunque se le puede encontrar hasta 1,500 msnm (39, 58). En el área de distribución natural las precipitaciones anuales varían desde 760 mm hasta más de 4600 mm y la temperatura promedio anual varía entre 21º y 28ºC sin heladas (10, 16), con 6 a 7 meses de estación seca (37, 44). Melina tiene bastante plasticidad y sobrevive en un amplio rango de suelos: ácidos, limos calcáceos y suelos lateríticos (44). No resiste inundaciones y su crecimiento se reduce en suelos muy delgados con capas impermeables, suelos ácidos muy lixiviados o arenas secas. Crece mejor en suelos aluviales húmedos, bien drenados y ricos en bases (37, 44).

Se puede plantar en: bosque seco-tropical (bs-T) bosque húmedo tropical (bh-T), bosque muy húmedo tropical (bmh-T), bosque húmedo-premontano (bh-P) y bosque muy húmedo-premontano (bm-P) (16, 19).

2.1.4 Establecimiento

La melina es de fácil establecimiento y manejo. Su silvicultura es algo similar a la de Teca. Puede propagarse por semillas, por estacas o injerto (30). Se han usado ampliamente plántulas producidas en envase, pero en varios países la siembra directa ha demostrado ser más barata y más rápida si la precipitación es confiable.

Se han empleado diferentes espaciamientos de plantación, dependiendo el uso del producto final; en plantaciones para leña se ha usado espaciamientos de 2 m x 2 m, 3 m x 3 m; en sistema Taungya se emplean espaciamientos más amplios (44). En zonas secas, se usan plantas criadas en bolsas de polietileno u otros recipientes (10, 39).

2.1.5 Rendimientos

En sitios óptimos se obtienen incrementos anuales muy altos, superiores a los 30-35 m³/ha (38, 37). Algunos árboles crecen 3m

de altura al año después de plantados y alcanzan 20 m a los 4 ó 5 años. Se han registrado incrementos medios anuales de 5 cm de diámetro. Las rotaciones más frecuentemente usadas son de 5 a 8 años que pueden producir de 20 a 35 m³/ha/año. Para leña se usan generalmente rotaciones por brote de 5 años (44).

2.1.6 Usos

La madera es bastante liviana, de color amarillento hasta blanco cremoso; es una de las mejores maderas de uso general en los trópicos y tiene múltiples aplicaciones. Se utiliza para tableros de partículas y para la capa central de la madera contraenchapada y enchapes (10, 25, 30) para bastidores de apoyo para minería, palitos de fósforo (30, 37, 44) madera de aserrío, para construcciones livianas y carpintería en general, debido a su facilidad de trabajo (10, 25).

La madera de melina produce un rendimiento regular de papel con propiedades superiores a la de la pulpa que se obtiene de la mayoría de las maderas duras (10, 26).

Las flores son fuentes de miel de buena calidad (44). Las raíces, la corteza, los frutos y la savia de hojas jóvenes han sido utilizados como medicamentos. También los frutos sirven para la alimentación de venados y cerdos; las hojas pueden ser cosechados como forraje (30, 39).

El árbol se emplea como ornamental y sombra a lo largo de calles y avenidas (39).

2.2 Tamaño y peso de las semillas como características estables

Woessner (59) trabajando con melina y con cuatro clases de tamaño de endocarpo encontró que la clase mediano-pequeño (7 -9 mm) representa aproximadamente las dos terceras partes del total de endocarpos por kilogramo con 65 %. El porcentaje de germinación fue más alto en las clases de tamaño grande debido a que tienen mayor número de embriones que los en-

docarpas de menor tamaño; sin embargo se ha determinado la relación entre el tamaño del endocarpo y el número de embriones viables, así como la relación directa entre el tamaño del endocarpo y el tamaño de los embriones viables.

Según Palmblad, citado por Salazar (51), el tamaño de las semillas se considera una de las características menos cambiantes de las plantas; por esta razón es a menudo una de las características utilizadas para descubrir variación intraespecífica y en algunos casos en identificación de colecciones de semilla de procedencia desconocida.

Harper et al (32) indican que la gran variación del tamaño de las semillas entre especies, contrasta con la estabilidad del tamaño dentro de la misma especie. A menudo se mantiene tamaño constante de las semillas en un amplio rango de condiciones ecológicas, aún cuando otros órganos de la planta muestran alta variabilidad.

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 lleven frutos iniovulares (32).

Baker (4) 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; también encontró una correlación positiva entre el peso de la semilla y la altitud a la cual ocurren las plantas: existe una disminución en el peso de la semilla con el incremento de la altitud para todas las especies que ocurren en un área, existiendo diferencia entre el peso de las semillas de árboles, arbustos y hierbas. Rockwood (50) que para especies tropicales, los patrones de comportamiento del peso de las semillas, correspondían a los descritos por Baker, encontrando correlación entre el tamaño de la semilla, la zona de vida y ciertos aspectos físicos del ambiente.

2.3 Relación entre el tamaño de las semillas y el crecimiento

El tamaño y peso de la semilla están a menudo relacionados

estrechamente con el crecimiento inicial especialmente en ciertas especies de hierbas, ciertos cultivos y en árboles (9, 33, 48).

Mitchel, citado por Hough (34) reporta que el peso de las semillas ejerce un importante control sobre la acumulación temprana del peso de plántula de Pinus silvestris. Hay evidencia que 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.

El mayor crecimiento inicial está relacionado con el contenido de proteínas en la semilla (52).

Hough (34) indica que semillas con mayor peso total pueden producir plantas de copa más grande y dominancia sobre plantas provenientes de semillas pequeñas. Un incremento de competencia por abajo y por arriba aceleraría el proceso de favorecer los árboles grandes y vigorosos sobre los más pequeños y de más lento crecimiento.

Wakeley (57), señala que debido a mayores reservas alimenticias, la semilla grande produce plántulas mayores y más vigorosas que las semillas pequeñas. Uno de los factores que afectan la calidad en términos de poder germinativo, sobrevivencia y crecimiento en altura de diferentes especies forestales es el tamaño de las semillas según reporta Kramer citado por Basada (5).

En estudios realizados sobre el efecto del tamaño de la semilla en algunas especies del género Eucalyptus se ha reportado un comportamiento similar en relación a la influencia del tamaño de la semilla sobre la germinación (3, 33), mientras que la capacidad germinativa final es escasamente diferente entre semillas de distintos tamaños (1, 2, 13). La energía germinativa resulta, en cambio mayor entre las semillas más grandes (3, 45, 59). La altura de las plántulas de semilla grandes y medianas es mayor que la de semillas pequeñas, pero esta diferencia solo se extiende hasta los primeros 100 días de la siembra, perdiendo toda significación a los 4-6 meses (23, 31, 34, 45, 57). Aguilar (1) reporta que la altura de las plántulas de E.citriodora no fueron afectados por el tamaño de la semilla. Cozzo (22) con E.viminalis tampoco encontró resultados que muestren diferencias.

Cozzo (20, 21) con Araucaria angustifolia encontró diferencias en la capacidad de germinación y en el crecimiento en altura de plántulas provenientes de semillas grandes con respecto a las de semilla pequeña, acentuada en la primera parte del crecimiento (25-30 %); con el correr del tiempo esa diferencia inicial pierde significación porcentual (21).

Ghosh et al (29) reportan para Pinus roxburghii, P caribaea var. hondurensis y P. oocarpa que las semillas de tamaño mediano mostraron una germinación media diaria alta, valor germinativo, biomasa total y crecimiento de las plántulas mayor que los de tamaño de semilla grande o pequeño.

Basada (5) reporta que el tamaño de la semilla afecta significativamente la sobrevivencia y el crecimiento en altura de las plántulas de Shorea contorta pero no el valor germinativo a 60 días después de haber sido sembrado.

En experimentos realizados con Tectona grandis se ha encontrado que hubo mayor porcentaje de germinación con frutos grandes que con frutos pequeños. También se encontró que los frutos grandes produjeron mayor número de plántulas que los frutos pequeños (24, 35, 36).

Jara citado por Salazar (51), encontró que bajo condiciones de invernadero, el peso, el ancho, el largo y el número de cotiledones en semillas de 14 diferentes procedencias de Pinus 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 las semillas mostró una clara separación entre las poblaciones y en muchas de las características de las plantas evaluadas.

2.4 Fertilización en vivero

Entre los factores considerados necesarios para la adecuada producción de plántulas en viveros están las condiciones físicas del sustrato y el mantenimiento de la fertilidad óptima (7, 15).

Cannon Montenegro y Guzmán, en trabajos con Pinus y Eucalyptus en la Meseta de Popayán, Colombia (14), indican que el uso adecuado de fertilizantes es importante en la producción de plántulas para que sobrevivan

y crezcan cuando sean transplantadas al campo definitivo.

En el vivero las plántulas de especies forestales extraen una cantidad considerable de nutrimentos del suelo, los cuales pueden ser determinados por análisis químico de material vegetal. La densidad y las especies afectan también el consumo de nutrimentos (54).

Los requerimientos de nutrimentos de los árboles en viveros se pueden determinar al probar varios tipos de fertilizantes solos o en combinación y registrando las respuestas en términos de incremento en crecimiento, peso, volumen de raíz y comparar estos con el estado de nutrimentos en el suelo antes de la fertilización (54).

El tamaño de la planta y la relación follaje-raíz son algunos de los criterios de tamaño usados en la evaluación de los fertilizantes en el vivero. Pueden utilizarse los promedios de altura de la copa desde el suelo hasta la yema terminal, longitud de las raíces, el diámetro basal, el peso fresco y seco del follaje, el peso fresco y seco de la raíz y la longitud de las hojas aciculares de pino a una edad específica, la longitud del brote terminal o de los brotes laterales, y el número de brotes laterales alrededor del brote terminal como criterio de evaluación del desarrollo y vigor debido a los fertilizantes (54).

Es frecuente encontrar plantas propagadas en viveros forestales con síntomas de deficiencia de elementos nutricionales, tal es el caso de color verde amarillento de los pinos, el cual esta acompañado de una reducción o paralización del crecimiento (15). La deficiencia de nitrógeno provoca un crecimiento lento, hojas cloróticas que en ciertas plantas tienden a caerse.

Lunt mencionado por Stoeckeler (54) encontró que las formas orgánicas de aplicar nitrógeno fueron generalmente más satisfactorios que las formas inorgánicas. Sin embargo el mismo Stoeckeler trabajando con pinos obtuvo respuesta satisfactoria en pruebas de vivero aplicando fórmulas inorgánicas completas, encontrando respuesta aún en la segunda cosecha cuando la primera ya había sido removida.

En fertilización de viveros se han probado una serie de productos como el sulfato de amonio, nitrato de calcio y la cal-nitro (mezcla

de nitrato de calcio y carbonato de calcio) con 15.5 % de nitrógeno (8).

También se ha recomendado sulfato y nitrato de amonio para coníferas y nitrato de amonio para latifoliadas (7, 8, 15, 38). El sulfato de amonio puede influir mucho en la acidificación, en cambio la cal-nitro se recomienda en suelos neutros o próximos a lo neutral (8).

En un ensayo de vivero en Costa Rica (19) se encontró que el uso de abonos completos 10-30-10 ó 12-24-12, usando cinco gramos por plántula fraccionada en dos, la primera a los quince días y la segunda a los treinta días produjo buenas plántulas de melina.

Reyes (47), en un ensayo de vivero encontró que al utilizar fertilizante de la fórmula N-P-K (12-24-12) aplicado en forma diluida sobre plántulas del Pinus oocarpa en bolsas, el elemento fósforo queda en su mayor parte concentrado en los 3 cm de la superficie del suelo. Así mismo se confirmó la conveniencia de usar fertilizantes simples, principalmente en los tipos superfosfato triple (antes de la siembra) y sulfato de amonio, para la producción de P. oocarpa en bolsas y P. caribaea a raíz desnuda.

Pires (46) en fertilización con Eucalyptus citriodora, usó las siguientes fuentes y cantidades de fertilizantes 0,287 g de sulfato de amonio (20 % N), 0,143 g de superfosfato simple (60 % P₂O₅) y 0,2483 g de cloruro de potasio (60 % K₂O) por plántula en dosis simples y doble. Del análisis se obtuvo lo siguiente: el efecto del nitrógeno fue altamente significativo (143 y 213 % de ganancia en altura sobre el testigo); el efecto del fósforo fue significativo al 5 % (7 y 27 % de ganancia en altura sobre el testigo); el efecto del potasio no fue significativo; (menos de 6 y 7 %) las interacciones no fueron significativas.

Veliz (56) en un ensayo con Eucalyptus grandis hizo una serie de ensayos sobre el valor de la aplicación de fósforo y nitrógeno y además el mejor método de aplicarlos para obtener un máximo beneficio. La dosis de 56 g de P más 18 g de N por m² en las eras dió como resultado un crecimiento 3,4 veces mayor que el testigo.

En el vivero, las plántulas de E. saligna crecen más rápido cuando reciben 6.2 g de triple superfosfato; siendo además de gran importancia ya que se logra que la plántula al ser transplantada lleve una reserva

que le servirá para continuar su rápido crecimiento en el campo (41).

En un experimento de fertilización en el vivero con Shorea contorta se encontró respuesta a la aplicación de 2 g/plántula de fertilizante NPK (14-14-14) disuelto en agua; la fertilización fue hecha tres veces: a 38 días después de sembrado, 22 días después de la primera aplicación y 28 días después de la segunda aplicación. La altura, sobrevivencia y diámetro basal fueron significativamente diferentes a 83 días después de la primera aplicación de los fertilizantes (11).

3. MATERIALES Y METODOS

El estudio se desarrolló en dos etapas: laboratorio y vivero entre los meses de febrero y julio de 1985.

3.1 Etapa de laboratorio

Esta fase se desarrolló entre el 12 y 22 de febrero de 1985, en el Banco Latinoamericano de Semillas Forestales (BLSF) del CATIE, en Turrialba, Costa Rica.

3.1.1 Material experimental

Para el estudio se utilizaron catorce kilogramos de endocarpos de Gmelina arborea Roxb. "melina", pertenecientes a un lote recolectado en junio de 1984 en la Finca La Manila, Siquirres, Costa Rica, por la Empresa Celulosa de Turrialba S.A. procesado y almacenadas en el BLSF.

En base a una muestra de diez kilogramos de endocarpos divididos en diez submuestras de un kilogramo cada uno y con dos separadores de semillas existentes en el laboratorio del BLSF, de agujeros redondeados y diámetros de 10 mm y 12 mm se hizo la separación en tres categorías de tamaño de semilla.

De las categorías resultantes se obtuvo una submuestra, compuesta de 100 endocarpos por categoría para determinar los límites de tamaño de diámetro, longitud y peso.

La muestra se dividió en las siguientes categorías de tamaño:

- a. grande: diámetros mayores de 12 mm
- b. mediano: diámetros entre 10 y 12 mm
- c. pequeño: diámetros menores a 10 mm.

3.1.2 Variables evaluadas por categoría

- a. Se midió el diámetro y longitud de los endocarpos con un calibrador de Vernier en milímetros.
- b. Se pesó los endocarpos con una balanza eléctrica de precisión 0.001 g.
- c. Con los datos de diámetro y peso por endocarpo para cada categoría de tamaño, se realizó un ajuste de regresión para obtener la correlación entre estos dos parámetros.

3.2 Etapas de vivero

3.2.1 Localización y clima

Esta fase se desarrolló en el vivero forestal de la finca Pavones, propiedad de la Empresa Celulosa de Turrialba S.A., subsidiaria de Scott Paper Company de Costa Rica.

La finca se localiza en el distrito de Pavones, cantón de Turrialba de la provincia de Cartago, Costa Rica (Figura 1), a 714 msnm con una temperatura media anual de 22.3°C y precipitación media anual de 3395 mm, los meses de menor precipitación son marzo, abril y mayo. El sitio de estudio se encuentra dentro de la formación bosque muy húmedo premontano (bmh-P) según el sistema de zonas de vida de Holdridge (55).

La época en que se realizó el trabajo se caracterizó por una baja precipitación ya que entre marzo y junio de 1985 se registró una precipitación de 573.4 mm concentrada mayormente en el mes de junio, mientras el promedio para los mismos meses, en los siete años anteriores fue de 896.0 mm (Figura 2).

3.2.2 Suelo

En general los suelos de la zona corresponden a los órdenes inceptisol y ultisol (Andeptic-trophumult y Andic-humitropept) los

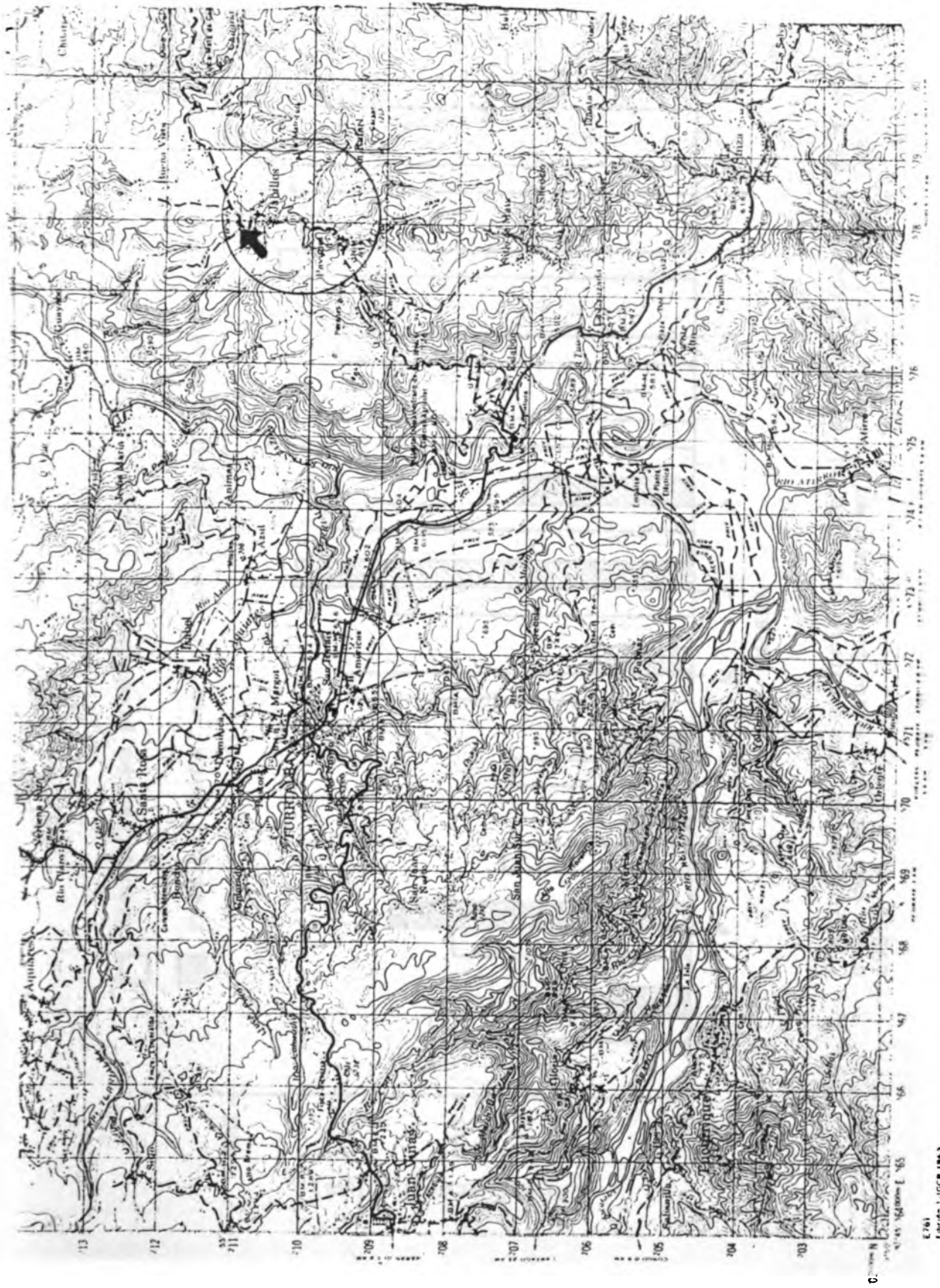


Fig. 1. Localización de ensayo en la fase de vivero, en Pavones, Turrialba, Costa Rica (hoja cartográfica: Tucurrique 3445 I).

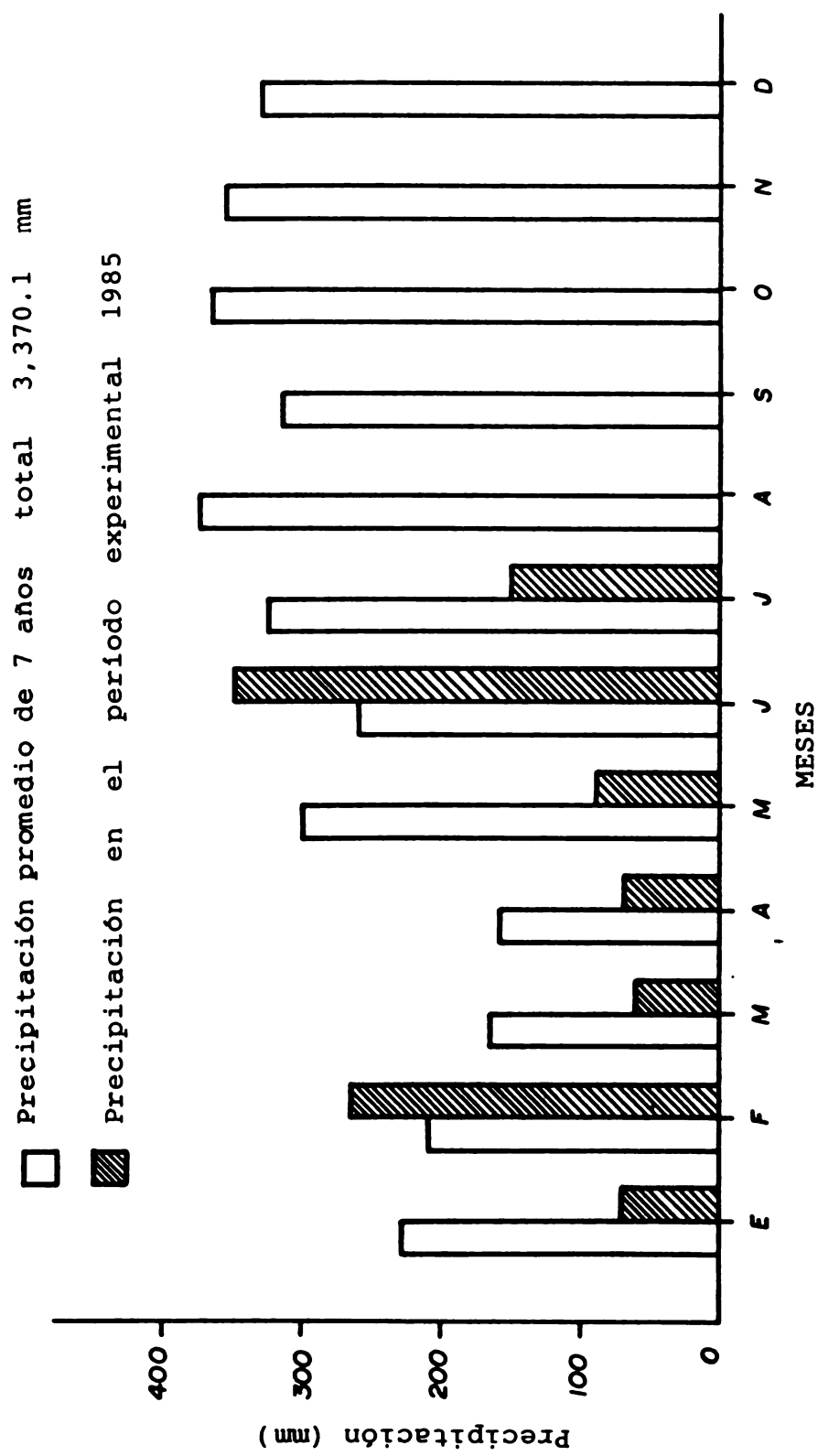


Fig. 2. Precipitación que ocurrió durante el período experimental y comparación con el promedio de 7 años en Pavones, Turrialba, Costa Rica, 1985.

cuales forman perfiles profundos y tienden a ser encontrados en sitios con poca erosión, con acumulaciones coluviales. El valor del pH es 4,6 muy ácido; con alta saturación de aluminio; el contenido de bases intercambiables es bajo así como el de materia orgánica es baja, hay un horizonte argélico y revestimientos arcillosos bien desarrollados. El contenido de óxidos libres de hierro es alto; el contenido de minerales fácilmente alterables, en la fracción de arena tiende a ser bajo. Tiene influencia de cenizas volcánicas*.

3.2.3 Diseño experimental y tratamiento

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en un arreglo factorial 4 x 2 (18, 40, 53). Los factores fueron las categorías de tamaño de endocarpo y la fertilización inorgánica NPK.

El primer factor: tres tamaños de endocarpos y la mezclada

- a. Grande (G)
- b. Mediano (M)
- c. Pequeño (P)
- d. Mezclado (Mz) - Testigo

Segundo factor: dos niveles de fertilización inorgánica NPK:

- a. No fertilizado (Fo)
- b. Fertilizado (F1)

La combinación de estos dos factores, dan origen a ocho tratamientos. en el Cuadro 1 se presenta la descripción de los tratamientos:

* Comunicación personal del Ing. Jorge Núñez.

Cuadro 1. Tratamientos en estudio

Nº	Tratamientos	CLAVE
1	Plántulas de endocarpo grande sin fertilización	GFo
2	Plántulas de endocarpo mediano sin fertilización	MFo
3	Plántulas de endocarpo pequeño sin fertilización	PFo
4	Plántulas de endocarpo mezclado sin fertilización	Mz Fo
5	Plántulas de endocarpo grande con fertilización	GF1
6	Plántulas de endocarpo mediano con fertilización	MF1
7	Plántulas de endocarpo pequeño con fertilización	PF1
8	Plántulas de endocarpo mezclado con fertilización	Mz F1

La fertilización consistió en la aplicación de una dosis de seis gramos por plántula de fertilizante completo N-P-K (12-24-12) fraccionada en dos partes, la primera dosis de 2 g/plántula a 30 días después del repique y la segunda dosis de 4 g/plántula a 60 días del repique. El método de aplicación fue por espeque.

Se estableció bloques rectangulares de 1 x 16 m (16 m²) cada uno. Las parcelas experimentales de forma rectangular de 1 m x 2 m (2 m²) con un espaciamento de repicado de 20 cm x 20 cm.

Los ocho tratamientos se distribuyeron al azar en cada uno de los bloques, con un borde simple, y parcela útil de 24 plántulas (12, 17).

3.2.4 Establecimiento del experimento

3.2.4.1 Preparación de los bancales

En la última semana de febrero de 1985, se efectuó la preparación de un bancal para almácigo de 1 x 21 m (21 m^2), cual fue dividido en cuatro partes para efectuar el almácigo de las tres categorías de tamaño y una mezclada (obtenida de semilla comercial sin separar) de endocarpos de melina.

De igual forma se prepararon cuatro bancales de 1 x 16 m (16 m^2) en los cuales se estableció el experimento, cada bancal corresponde a un bloque rectangular.

Se preparó un bancal de 1 x 4 m para llevar a cabo el control de la germinación de las tres categorías de tamaño de endocarpo y la mezclada.

Para la preparación de los diferentes bancales se utilizó tierra como sustrato. Se hizo el análisis físico y químico del sustrato; el Cuadro 2 muestra las características determinadas.

Para prevenir el ataque de enfermedades fungosas, el suelo (sustrato) fue tratado con pentacloro nitrobenzenu al 75 % (ORTHO-PCNB-75) en dosis de 30 g/galón de agua/ m^2 de bancal, para lo cual se utilizó una bomba aspersora manual.

3.2.4.2. Producción de plántulas

3.2.4.2.1 Almacigado

El 03 de marzo de 1985, se inició el tratamiento pre-germinativo de los endocarpos de las tres categorías de tamaño y una mezclada, el tratamiento consistió en remojar los endocarpos en agua corriente en condiciones ambientales durante 24 horas (44).

El 04 de marzo se hizo el almacigado al voleo (28) en el bancal correspondiente (Figura 3).

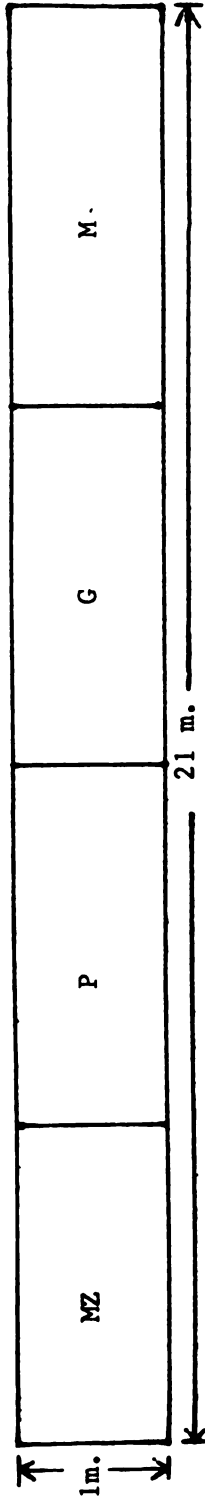
CUADRO 2. Características del sustrato utilizado en el experimento en Pavones, Turrialba, Costa Rica, 1985.

BLOQUE	Profundidad cm	pH	Materia orgáni- ca %	N %	Al meq/100ml	K	Ca suelo	Mg	P ug / ml	Cu	Zn suelo	Mn	Acidez Extraíble	Arena %	Límo %	Arcilla %	Textura ^a
Bloques I-II	0-10	4.1	5.09	0.21	2.3	0.08	1.33	0.25	13.70	16	4	14	4.70	53.4	21.8	24.3	FAa
Bloques III-IV	0-10	4.0	5.16	0.27	2.5	0.10	1.33	0.20	19.70	19	6	13	4.35	63.4	15.8	20.8	FAa

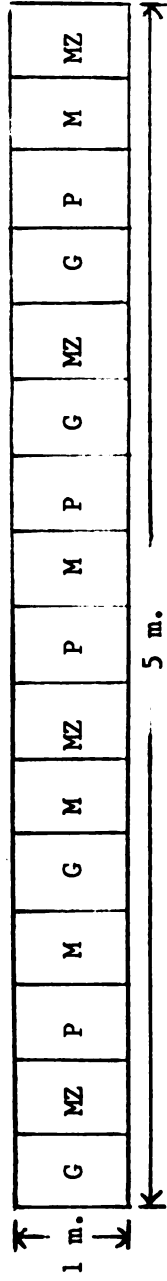
^a FAa = Franco arcilloso-arenoso.

ETAPA DE VIVERO

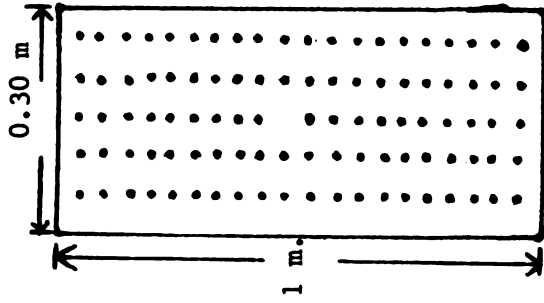
Bancal de almácigo



Bancal control de la germinación



PARCELA



Categoría de tamaño de endocarpo

- G : endocarpos grandes
- M : endocarpos medianos
- P : endocarpos pequeños
- Mz: endocarpo mezclado (testigo)

Fig. 3. Distribución de tratamientos por bancal en Pavones, Turrialba, Costa Rica, 1985.

Para realizar el control de germinación por categoría de tamaño (42, 43) se colocaron 100 endocarpos por repetición con un total de 400 por categoría, dándoles el mismo tratamiento que al resto de los endocarpos (Figura 3), los cuales fueron sembrados de la siguiente forma:

- a. Los endocarpos se sembraron en surcos y por separado cada uno.
- b. Los surcos se trazaron siguiendo el ancho del bancal germinador.
- c. El distanciamiento entre surco fue de 5 cm (Figura 3).

El control de la germinación se hizo desde 10 de marzo hasta el 16 de abril de 1985. La energía germinativa se controló a 20-23 días después del almácigo.

3.2.4.2.2 Repicado

El 23 de marzo se repicaron las plántulas producidas en el almácigo a los banales experimentales, teniendo en cuenta la distribución de los ocho tratamientos de acuerdo al diseño experimental (Figura 4). Se repicaron 1600 plántulas en total (28, 30).

El 26 de marzo de 1985, tres días después del repique se evaluó la sobrevivencia al repique y el 27 de marzo, se hizo la reposición de todas las fallas en las diferentes unidades experimentales, posteriormente tres días después se hizo una nueva reposición de 2 % aproximadamente en todo el experimento.

3.2.4.3 Fertilización

La fuente de nutrientes que se usó fue, un fertilizante inorgánico completo NPK: 12-24-12, usando seis gramos por plántula, fraccionada en dos aplicaciones; la primera dosis de dos gramos se aplicó el 30 de abril de 1985, la segunda dosis de cuatro gramos se le aplicó el 22 de mayo de 1985.

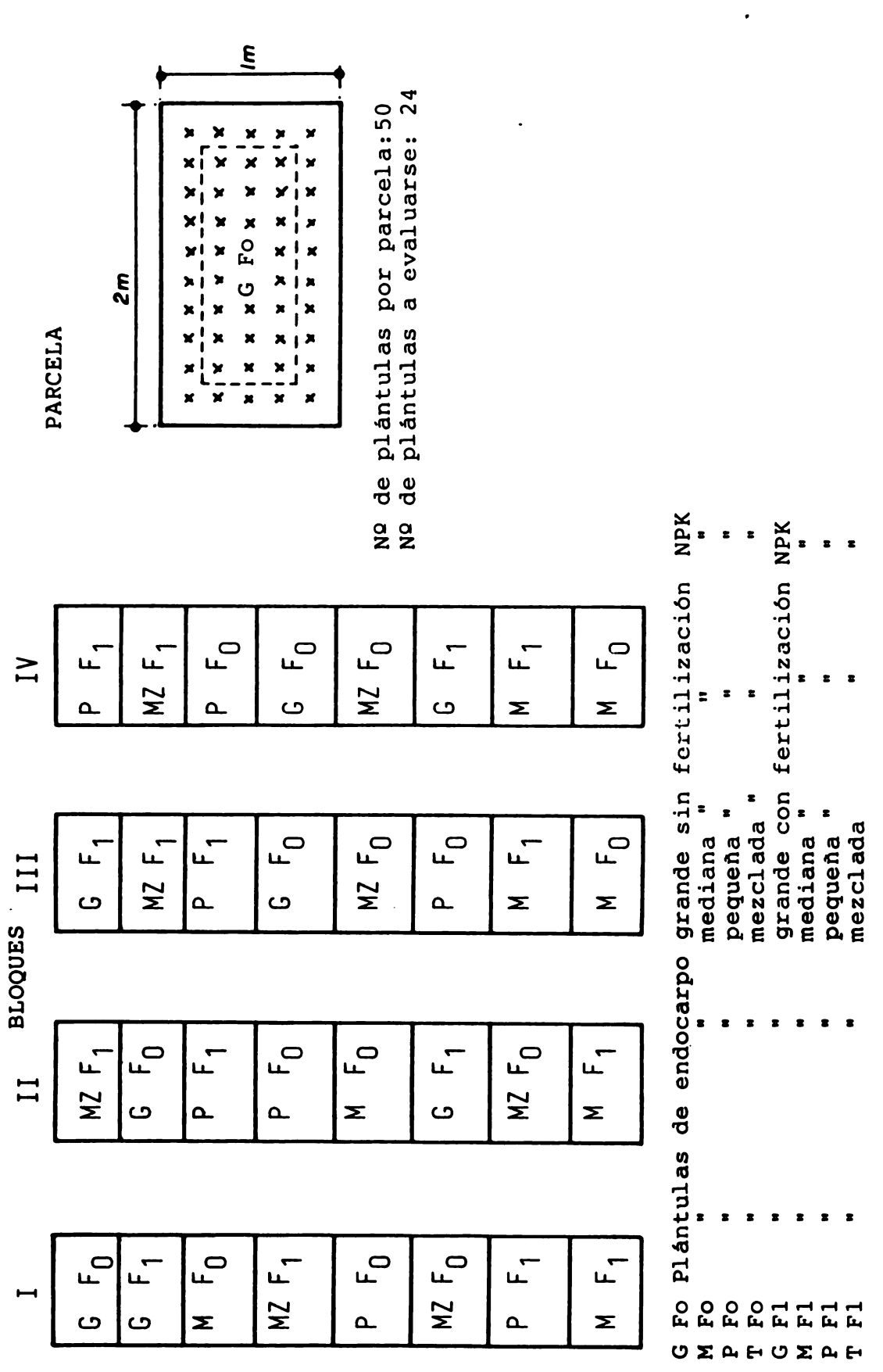


Fig. 4. Distribución de bloques en el área experimental en Pavones, Turrialba, Costa Rica, 1985.

G F ₀	Plántulas de endocarpio	grande sin fertilización	NPK
M F ₀	"	"	"
P F ₀	"	mediana "	"
T F ₀	"	pequeña "	"
G F ₁	"	mezclada "	"
M F ₁	"	grande con fertilización	NPK
P F ₁	"	mediana "	"
T F ₁	"	pequeña "	"
	"	mezclada	"

La aplicación se realizó por el método de espeque que consiste en: hacer un hoyo de 6 a 8 cm de profundidad a 5 cm de la base de la plántula donde se puso el fertilizante y se cubrió con el sustrato.

El tipo de fertilizante, la cantidad y el método de aplicación utilizado en el experimento fue similar al empleado por el Proyecto Leña de Costa Rica (19), dado que el análisis del sustrato utilizado determinó bajos contenidos de nitrógeno y potasio (Cuadro 2).

3.2.4.4 Labores culturales

Debido a la alta acidez del sustrato (pH 4.0), alta concentración de aluminio (2.4 meq/100 g de suelo) y una acidez extraíble de 4.5 meq/100 g de suelo, el 11 de abril de 1985 se aplicó cal (carbonato de calcio) al sustrato de los cuatro bancales para mejorar propiedades químicas, físicas y mecánicas de las mismas.

La aplicación fue de 1,6 kg/parcela (8 ton/ha)* El método de aplicación fue en surcos entre plántulas y entre líneas y cubierta con el sustrato.

El riego de los bancales (28) se hizo con aspersores de gotas finas inicialmente una en la mañana (7 a.m.) y otra en la tarde (4 p.m.), durante los quince primeros días después del repicado y reposición de fallas; luego solo en las mañanas hasta la evaluación final de la etapa de vivero.

Se hizo tres aplicaciones preventivas de tres productos químicos en los bancales del experimento para proteger las plántulas del ataque de insectos y hongos. El Cuadro 3 muestra las características y dosis aplicados de los productos químicos usados.

* Comunicación personal del Dr. Donald Kass.

Cuadro 3. Características de los productos químicos aplicados en los bancales (Bloques).

Productos Químicos	Comercial	Cantidad/ Bomba	Cant. usada por aplicación
Policuprico Maucozeb	Tri-Miltoforte	50 gramos	100 gramos
Metamidafos (Insecticida)	Tamaron 600-SL	25 cc	50 cc
Líquido-adherente-humectante	Pegafix	25 cc	50 cc

Fechas de aplicación: Primera 20-03-85

Segunda 12-04-85

Tercera 21-05-85

Se hicieron desyerbas, dos veces por mes.

3.2.5 Datos registrados en el vivero

El 30 de marzo de 1985 se terminó la instalación del experimento y se inició la toma de los siguientes datos:

3.2.5.1 Altura

Se midió la altura total de las plántulas de melina desde el nivel del suelo hasta la yema terminal, usando una regla graduada y con aproximación al centímetro completo. Esta medición se hizo cada mes por un período de tres meses (siete, once y quince semanas).

3.2.5.2 Diámetro basal

Se midió el diámetro basal del tallo de las plántulas a 10 cm de la superficie del suelo usando un calibrador de Vernier

y con aproximación al milímetro completo. Esta medición se hizo al término de la evaluación de la etapa de vivero, quince semanas (17).

3.2.6 Análisis estadístico

En la presente investigación se utilizó los siguientes análisis:

- a. Varianza de la energía germinativa y porcentaje de germinación.
- b. Varianza de la sobrevivencia al repique.

Para la evaluación del efecto del tamaño de los endocarpos y la fertilización se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial de 2 x 4; con cuatro repeticiones, de acuerdo al modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = u + B_i + \alpha_j + \delta_k + (\beta\alpha)_{ij} + (\alpha\delta)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = variable respuesta

u = Media general

B_i = efecto de bloque i

α_j = efecto de fertilizante j

δ_k = efecto de tamaño de endocarpo k

$(\beta\alpha)_{ij}$ = efecto de la interacción de bloque i con fertilizante j

$(\alpha\delta)_{jk}$ = efecto de interacción de fertilización j con tamaño de endocarpo k

ϵ_{ijk} = residual

Los datos fueron analizados en una computadora IBM 4331-VM.

se utilizó el paquete estadístico Palmer's Statistical Package (PSP)^{1/} y los programas ANOVAR desarrollado en Piracicaba Julio 1975; actualizado - CATIE Mayo 1985, para los análisis de varianza simple y combinado de los factores en estudio.

Para los estudios de correlación en la etapa de laboratorio, se empleó el programa INTOVARS (análisis de regresión de dos variables), de Palmer's Statistical Package (PSP)^{1/}.

1/ Palmer's Statistical Package (PSP), desarrollado por Heather J. Palmer, Programa Británico de Cooperación Técnica.

4. RESULTADOS

4.1 Etapa de laboratorio

4.1.1 Distribución de los endocarpos según tamaño y porcentaje

Se tomó 10 muestras de un kilogramo de endocarpos de un lote de 14 kilogramos para realizar la separación por tamaños, los resultados se presentan en el Cuadro 4 y Figura 5.

El contenido de humedad del lote de endocarpos fue aproximadamente del 12 %, al momento de sacar de la cámara refrigerante del almacenamiento del BLSF.

Cuadro 4. Distribución de los endocarpos de G arborea e impurezas según tamaño en 10 muestras de un kilogramo.

Número muestra	Endocarpo grande (g)	Endocarpo mediana (g)	Endocarpo pequeña (g)	Impurezas (g)
1	120,6	636,8	231,8	10,8
2	138,0	605,5	249,3	7,2
3	107,5	660,8	223,3	8,4
4	106,3	618,2	267,0	8,5
5	131,3	635,6	222,0	11,1
6	129,6	639,4	220,0	11,0
7	162,3	647,3	185,1	5,3
8	113,3	643,8	234,2	8,7
9	129,5	651,3	212,9	6,3
10	110,2	665,8	215,7	8,3
TOTAL	1 248,6	6 404,5	2 261,3	85,6
PROMEDIO	124,9	640,5	236,1	8,6
PROMEDIO %	12,5	64,0	22,6	0,9

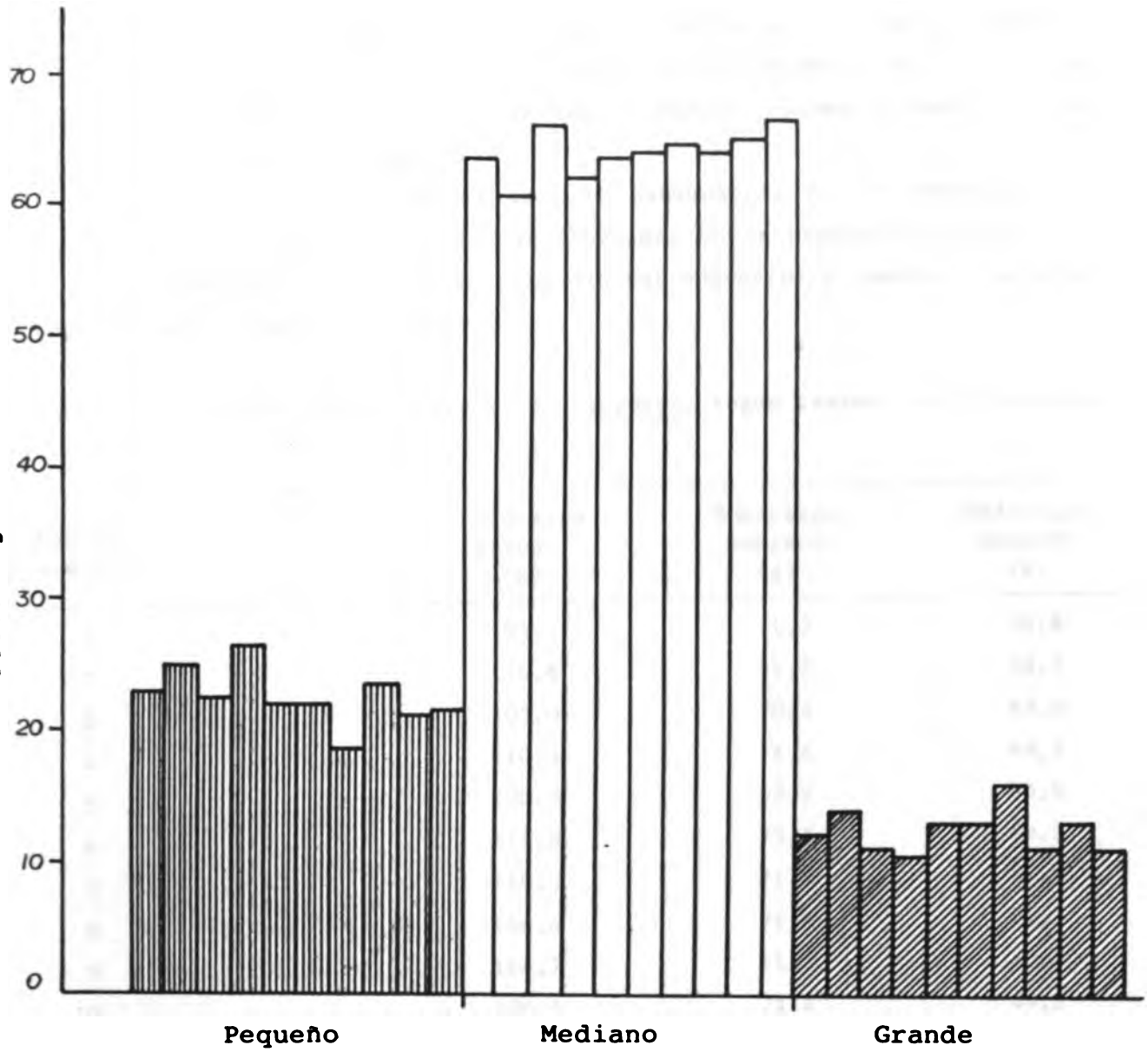


Fig. 5. Distribución del peso de endocarpos de G. arborea según tamaño, en diez muestras de un kilogramo.

De acuerdo al cuadro anterior el 64 por ciento del peso corresponde a endocarpos de tamaño mediano (entre 10 a 12 mm de diámetro), el 22,6 por ciento a endocarpos de tamaño grande (diámetro mayor a 12 mm), el 12,5 por ciento a endocarpos de tamaño pequeño (diámetro menor a 10 mm) y el 0,9 por ciento son impurezas.

Se tomó al azar 10 submuestras de 100 endocarpos por tamaño en cada una de las muestras obtenidas en la separación anterior con el objeto de determinar el peso promedio por endocarpo y tamaño. Los resultados se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Peso de 100 endocarpos de G arborea, según tamaño, en 10 muestras.

Número muestra	Endocarpo grande (g)	Endocarpo mediano (g)	Endocarpo pequeño (g)
1	105,7	71,3	50,8
2	110,6	69,2	48,3
3	105,0	70,3	49,6
4	110,3	74,4	49,3
5	100,8	67,2	50,9
6	111,8	75,3	49,1
7	110,5	71,8	49,8
8	106,4	71,6	49,5
9	104,7	71,3	50,5
10	106,4	71,4	49,5
TOTAL	1 071,4	713,8	497,4
PROMEDIO	107,1	71,4	49,7

Con los datos del Cuadro 5 se obtuvo el peso promedio por endocarpo para cada categoría de tamaño:

- Endocarpo con diámetro menor de 10 mm = 0,5 g
- Endocarpo con diámetro entre 10-12 mm = 0,7 g
- Endocarpo con diámetro mayor de 12 mm = 1,1 g

Con los datos de los Cuadros 4 y 5 se obtuvo la distribución promedio del número de endocarpos por categoría de tamaño en muestras de un kilogramo, tal como se presenta en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Distribución del número de endocarpos por categoría de tamaño en muestras de un kilogramo de G arborea.

Categoría tamaño de endocarpo	Número de endocarpos	Porcentaje (%)
Menor de 10 mm	455	31
Entre 10-12 mm	898	61
Mayor de 12 mm	116	8
Total	1 469	100

4.1.2 Diámetro y longitud por categoría de tamaño

Para la determinación del diámetro y longitud promedio por categoría de tamaño se tomaron al azar 100 endocarpos por cada categoría y se midió el diámetro y longitud. El Cuadro 7, presenta los resultados obtenidos.

Cuadro 7. Peso, diámetro, longitud promedio de 100 endocarpos de G. arborea por categoría.

Categoría tamaño	Peso (g)			Diámetro (mm)			Longitud (mm)			
	Prom.	Valor min.	Valor max.	Prom.	Valor max.	CV %	Prom.	Valor min.	Valor max.	CV %
Grande	1,3	0,9	2,0	12,6	14,7	5,2	19,2	17,6	21,2	8,4
Mediano	0,8	0,6	1,2	10,8	11,8	4,7	17,3	15,7	18,9	9,4
Pequeño	0,6	0,5	0,9	8,9	9,5	3,7	15,6	14,3	16,9	8,3

La longitud fue afectada por los cortes en uno de los extremos del endocarpo, realizados al momento de la depulpación de los frutos; el Cuadro 7 presenta la distribución de los diámetros y altura de cada categoría de tamaño.

4.1.3 Regresión y correlación diámetro - peso

Los datos de diámetro y peso de 300 endocarpos de las tres categorías de tamaño fueron analizados en una computadora IBM 4331 VM; el análisis de regresión y correlación entre el peso y el diámetro de los endocarpos; se probó 14 modelos del Programa INTOVAR de Palmer's Statistical Package (PSP)^{1/}, obteniendo las mejores correlaciones siguientes: (Anexo 2 y 3).

$$\ln Y = 1,06964 - 2,29702 \ln X + 0,39214X$$

$$R^2 \text{ ajustado} = 0,8412 \quad cv = 89,69 \%$$

(Índice de Furnival = 0,109)

Donde:

Ln = logaritmo natural

Y = peso de endocarpo en gramos

X = diámetro de endocarpo en milímetro

Segundo mejor ajuste:

$$\ln Y = 0,178316X - 2,06087$$

$$R^2 \text{ ajustado} = 0,8360 \quad cv = 91,14 \%$$

(Índice de Furnival = 0,111)

De acuerdo con los resultados anteriores hay una alta correlación entre el peso de los endocarpos y los diámetros de los mismos; sin embargo hay una alta variabilidad entre los valores observados en la muestra.

^{1/} Palmer's Statistical Package (PSP), desarrollado por Heather J. Palmer, Programa Británico de Cooperación Técnica.

La Figura 6 presenta la correlación entre el peso y el diámetro de los endocarpos para el mejor modelo.

4.2 Etapas de vivero

4.2.1 Energía germinativa y porcentaje de germinación

En el vivero se hizo la evaluación de la energía germinativa y el porcentaje de germinación para las tres categorías de tamaño y la mezclada. La Figura 8 presenta los resultados obtenidos.

Para realizar el análisis de varianza se efectuó una transformación de los porcentajes obtenidos a valores arc sen $\sqrt{\text{porcentaje}}$ (19, 40).

El análisis de varianza (Anexos 5, 7), indicó la existencia de diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (tamaño de endocarpo) al nivel de P 0,01.

El Cuadro 8 presenta los resultados de la prueba de Tukey (P 0,05) para los promedios de energía germinativa (Figura 8).

Cuadro 8. Energía germinativa de G. arborea según tamaño de endocarpo en Pavones, Turrialba. Costa Rica, 1985.

Tamaño de endocarpo	Energía germinativa %
Grande	43,5 a*
Mediana	35,0 a
Mezclada	32,0 a
Pequeña	18,5 b

* Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (Prueba de Tukey P 0,05).

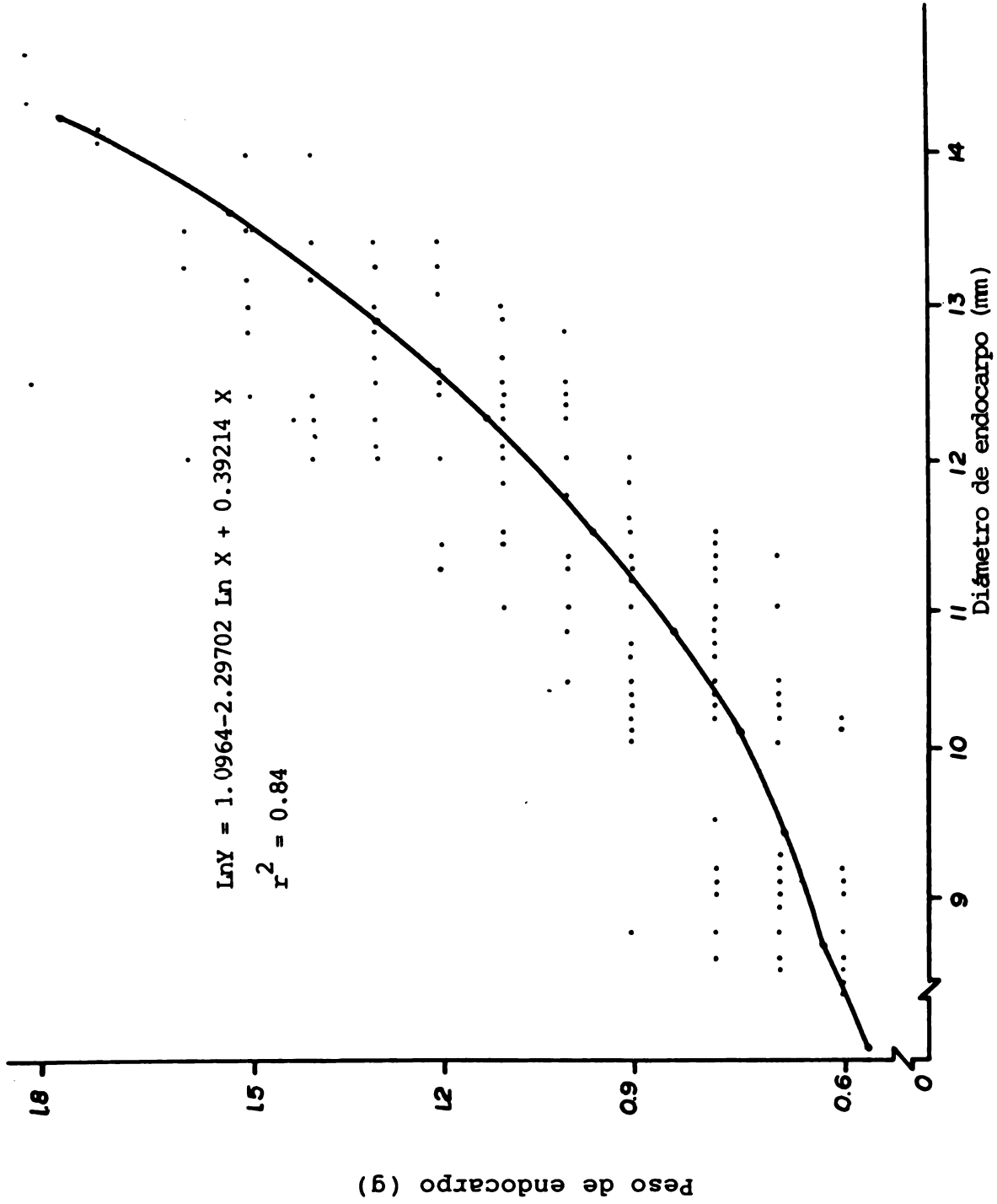


Fig. 6. Correlación entre el diámetro y el peso de los endocarpos de las tres categorías de tamaño y la mezclada de G. arborea (según análisis de regresión). Turrialba, Costa Rica. 1980.

De acuerdo al resultado de la prueba de Tukey no hubo diferencia estadísticamente significativa en la energía germinativa de los endocarpos de tamaño grande, mediano y mezclado, en cambio se encontró diferencia significativa entre la energía germinativa de estos tamaños con la energía germinativa de endocarpos pequeños.

La energía germinativa promedio para todos los tamaños de endocarpos fue de 32,3 % a los 20-23 días después de la siembra; muy similar a la encontrada para la mezclada (testigo).

En cuanto al porcentaje de germinación el Cuadro 9 presenta los resultados obtenidos (Figuras 7 y 8).

Cuadro 9. Porcentaje de germinación de G. arborea según el tamaño de endocarpo en Pavones, Turrialba, 1985.

Tamaño de endocarpos	Porcentaje de germinación %
Grande	74,0 a *
Mediano	60,5 b
Mezclado	56,8 b
Pequeño	38,5 c

* Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (Prueba de Tukey P 0,05).

La prueba de Tukey indicó que hubo diferencias estadísticamente significativas entre los endocarpos de tamaño grande y los otros tamaños; no hubo diferencia entre los tamaños mediano y mezclado. El tamaño pequeño fue diferente a todos los demás. El porcentaje de germinación promedio para todos los tamaños de endocarpos fue de 57,7 %, también similar a lo obtenido con la mezclada (testigo).

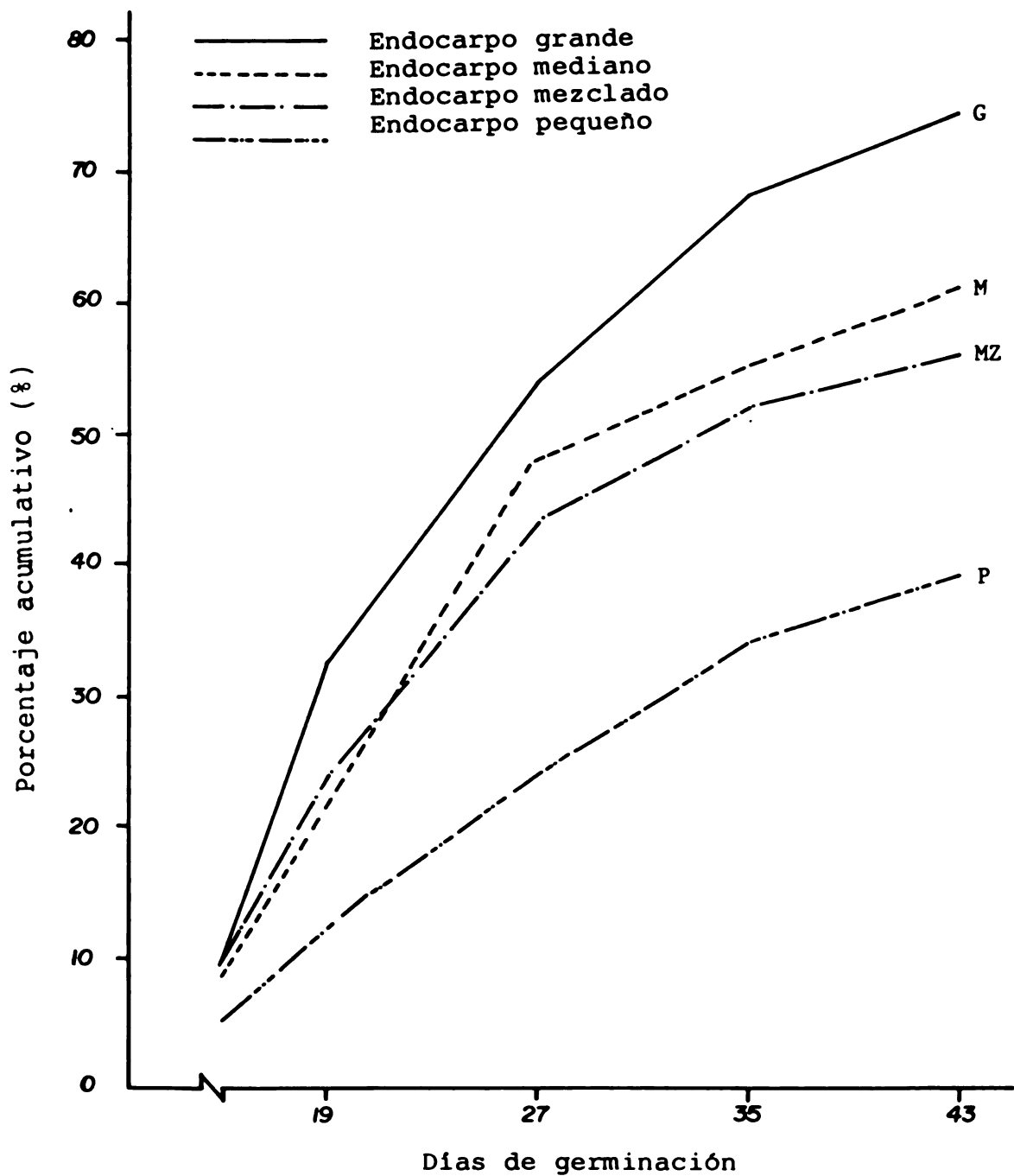


Fig. 7. Comparación de la energía germinativa y el porcentaje de germinación entre tres categorías de tamaño de endocarpo y la mezcla de G arbo
rea en Pavones, Turrialba, Costa Rica, 1985.

4.2.2 Sobrevivencia al repique

Para evaluar la sobrevivencia al trasplante se hizo un conteo por tratamiento de las plantas vivas tres días después del repique a los bancales y luego a seis días se hizo un nuevo control de la sobrevivencia y se encontró una mortalidad aproximada de 2 % de todo el experimento. La Figura 8 presenta los resultados obtenidos.

Para realizar el análisis de varianza se efectuó una transformación de los porcentajes obtenidos a valores $\text{arc sen } \sqrt{\text{porcentaje}}$.

El análisis de varianza (Anexo 9) mostró que hubo diferencias estadísticamente significativas al nivel de P 0,05 entre los bloques. Estas diferencias se debieron posiblemente a la forma irregular del riego con los aspersores instalados en el vivero. Se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos (tamaño de los endocarpos) a nivel de P 0,01.

El Cuadro 10 presenta los resultados de la prueba de Tukey (P 0,05) para los promedios de sobrevivencia de los endocarpos.

Cuadro 10. Sobrevivencia de plántulas de G. arborea, según el tamaño de endocarpo a tres días del repique, en Pavones, Turrialba, 1985.

Tamaño del endocarpo	Sobrevivencia al repique promedio (%)
Grande	91,1 a *
Mediano	88,2 a
Mezclado	87,6 a
Pequeño	75,4 b

* Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (Prueba de Tukey P 0,05).

- Energía germinativa
- ▨ Porcentaje de germinación
- Sobrevivencia al repique

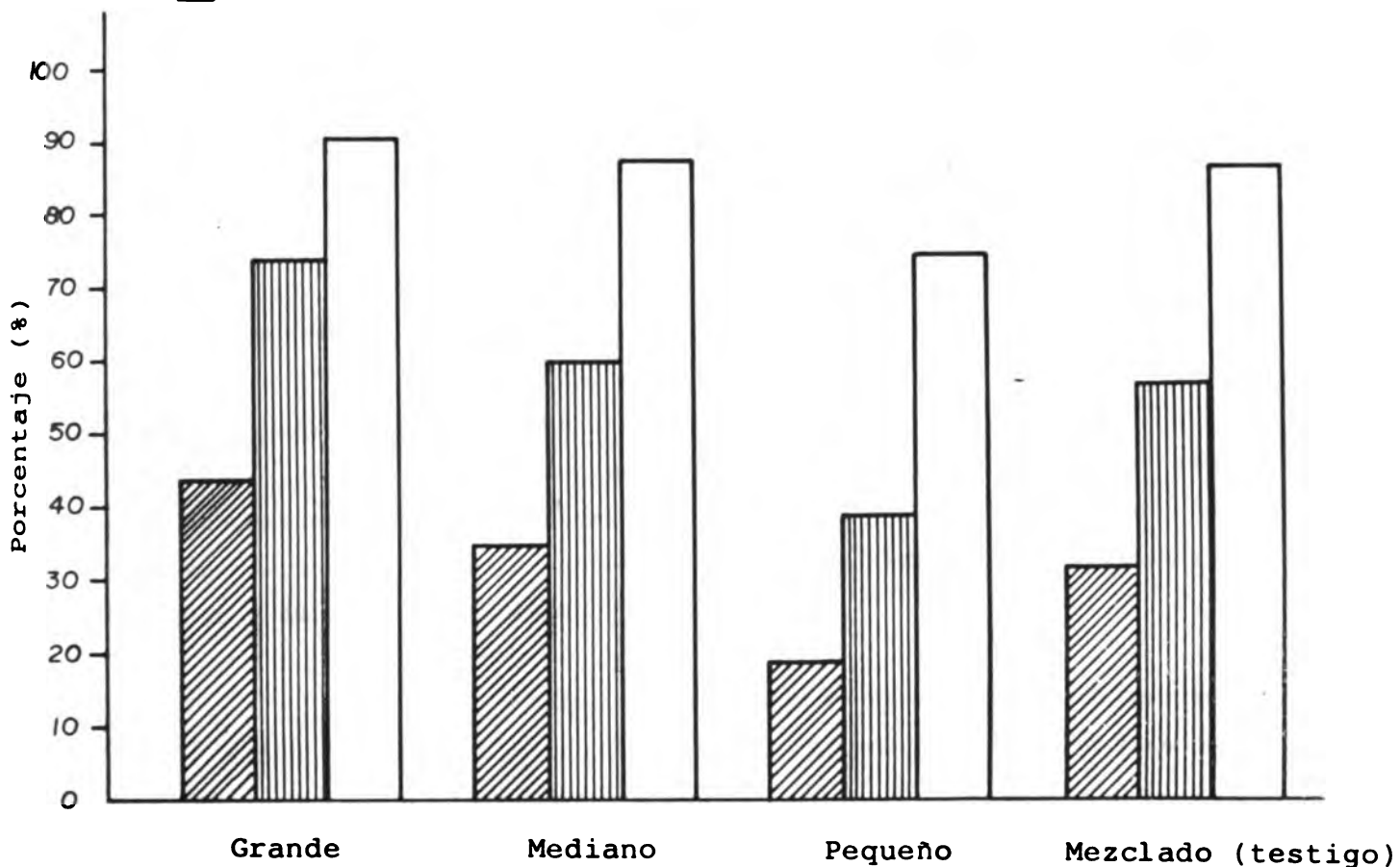


Fig. 8. Comparación de energía germinativa, porcentaje de germinación y sobrevivencia al repique entre categorías de tamaño de endocarpos de G. arborea en Pavones, Turrialba, Costa Rica, 1985.

De acuerdo a los resultados de la prueba de Tukey, no hubo diferencias estadísticamente significativas en la sobrevivencia de plántulas provenientes de endocarpos de tamaño grande, mediano y mezclado; si hubo diferencias de sobrevivencia entre plántulas provenientes de endocarpos pequeños y los otros tamaños de endocarpos.

La sobrevivencia promedio para todos los tamaños de endocarpos fue de 84,9 %. Aproximadamente similar al obtenido con el testigo.

4.2.3 Crecimiento de las plántulas en el vivero

Para evaluar el efecto del tamaño del endocarpo y la fertilización en el crecimiento de las plántulas de melina se realizaron mediciones de altura a los siete, once y quince semanas y el diámetro basal a las quince semanas después del transplante.

El análisis de varianza para cada una de las edades mostró la existencia de diferencias significativas entre tratamientos: tamaños de endocarpos a las siete semanas, tamaños de endocarpos y fertilización a las once y quince semanas (Anexos 10, 11 y 12).

4.2.3.1 Efecto del tamaño de endocarpo en el crecimiento en altura a las siete, once y quince semanas.

El análisis de varianza de la altura (Anexos 10, 11 y 12), indicó la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,01$) entre los tratamientos (tamaño de los endocarpos) en cada una de las edades.

El Cuadro 11 presenta los resultados de la prueba de Tukey ($P < 0,05$) para los promedios de altura a las tres edades según tamaño de endocarpos (Figura 9).

A las siete y once semanas la prueba de Tukey ($P < 0,05$) mostró que no se detectó diferencias estadísticamente significativas en

Cuadro 11. Altura promedio a las siete, once y quince semanas de plántulas de G. arborea, por categoría de tamaño en endocarpo, en Pavones, Turrialba, 1985.

Categoría tamaño	Altura promedio (cm)		
	Siete semanas	Once semanas	Quince semanas
Grande	4,7 a *	24,5 a *	93,3 a *
Mediano	4,4 a b	23,2 a b	92,5 a
Mezclado	4,1 b c	21,7 b	89,0 a
Pequeño	3,9 c	17,7 c	78,4 b

* Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (Prueba de Tukey P 0,05).

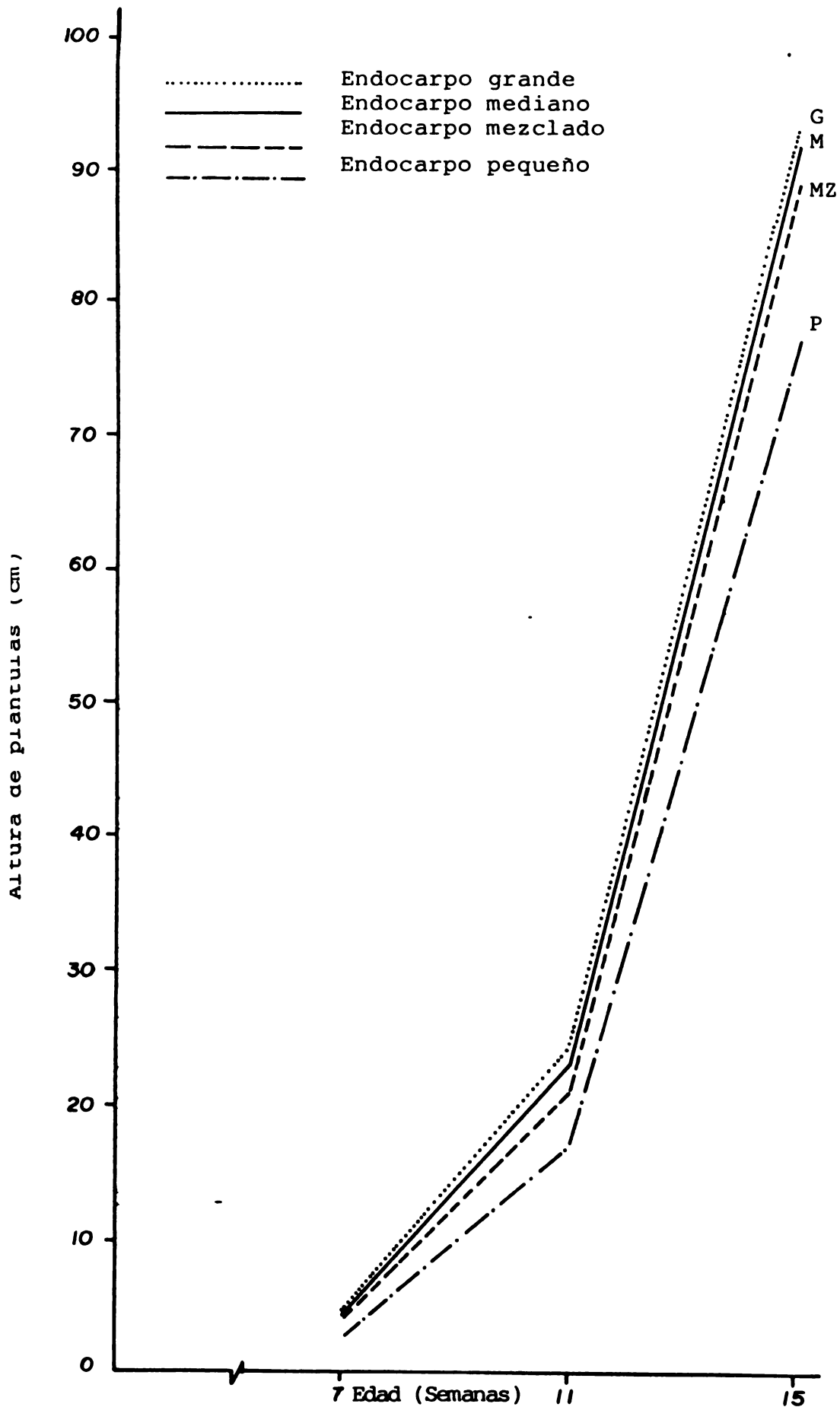


Fig. 9. Crecimiento en altura de las plántulas de G. arborea para tres categorías de endocarpos, y la mezclada en Pavones, Turrialba, Costa Rica.

la altura de plántulas provenientes de endocarpos grandes y medianos, pero sí entre los de mezclado (testigo) y el tamaño pequeño; se observa que los endocarpos grandes produjeron plántulas de mayor tamaño.

A las quince semanas la prueba de Tukey (0,05) indicó que no hubo diferencias en el crecimiento de las plántulas provenientes de endocarpos de tamaño grande, mediano y mezclado, pero si hubo diferencias estadísticamente significativas entre esto y las plántulas provenientes de endocarpos pequeños. Plántulas provenientes de endocarpos grandes y medianos crecieron más que los de otros tamaños, aunque en forma no muy diferente del testigo.

4.2.3.2 Efecto de la fertilización en el crecimiento en altura a las once y quince semanas

El Cuadro 12 presenta los resultados del efecto de la fertilización (Figura 10).

Cuadro 12. Altura promedio de las plántulas de G. arborea a las once y quince semanas, por tratamiento de fertilización en Pavones, Turrialba, 1985.

Tratamiento de fertilización	Altura promedio (cm)	
	Once semanas	Quince semanas
Plántulas con fertilización	23,0	96,3
Plántulas sin fertilización	20,5	80,3

Los resultados mostraron que el crecimiento de plántulas provenientes de endocarpos a los que se aplicó fertilización fue estadísticamente diferente a las plántulas provenientes de endocarpos donde no se aplicó fertilización.

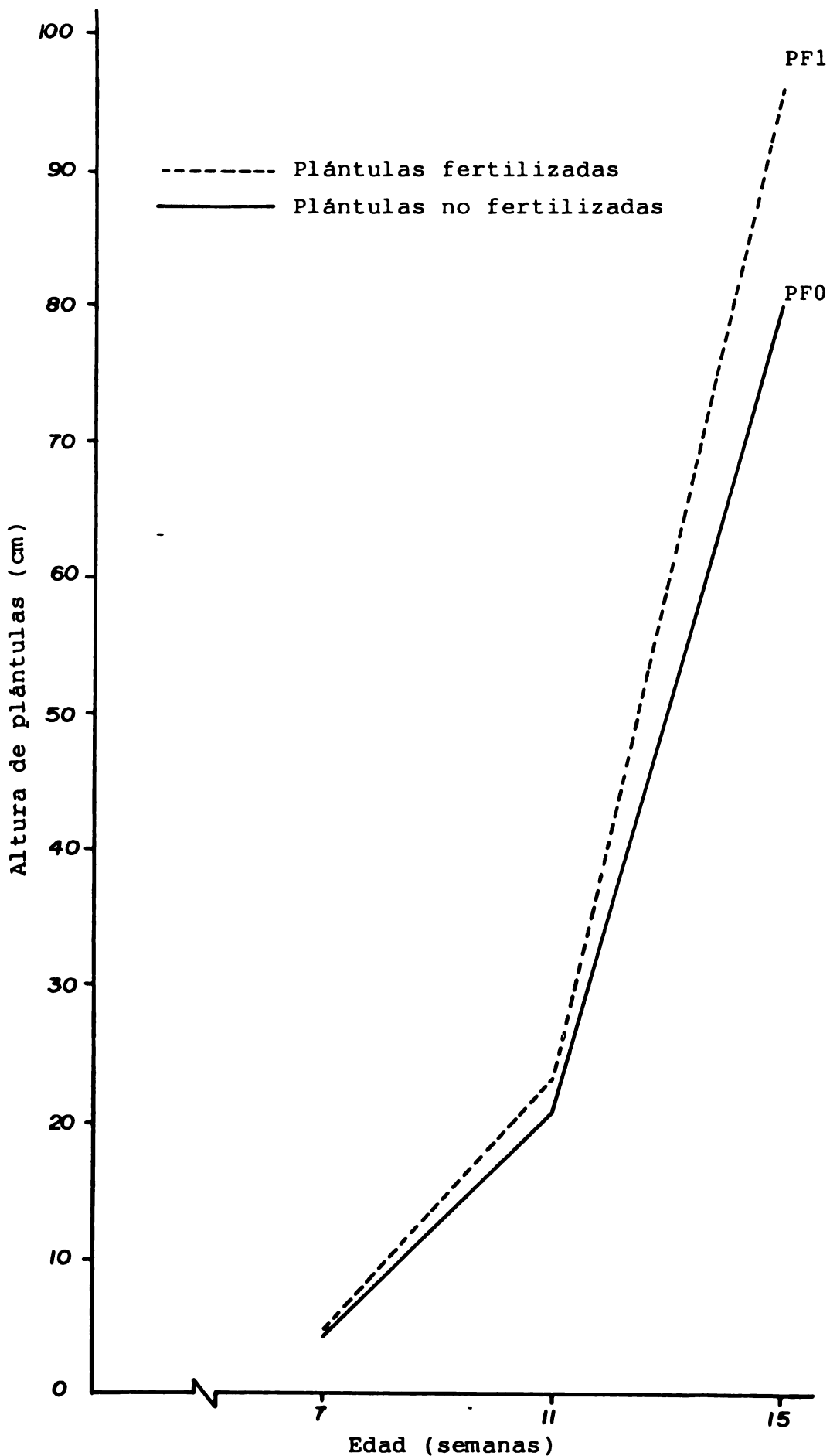


Fig. 10. Crecimiento en altura de las Plántulas de *G. arborea* por efecto de la fertilización, en Pavones, Turrialba, Costa Rica, 1985.

El Cuadro 13 presenta los resultados de la Prueba de Tukey (P 0,05) para los promedios de altura de las plántulas de melina según el tamaño de endocarpos y la fertilización (Figura 11), que permite ver el efecto claro de la fertilización en el crecimiento en altura; todos los tamaños fertilizados crecieron más que los no fertilizados.

Cuadro 13. Altura promedio de las plántulas de G. arborea a quince semanas para los ocho tratamientos en Pavones, Turrialba, 1985.

Tratamientos	Altura promedio (cm)	Prueba de Tukey (P 0,05)
Grande con fertilización	101,4	a *
Mediano con fertilización	98,2	a
Mezclado con fertilización	97,1	a
Pequeño con fertilización	88,3	b
Mediano sin fertilización	86,7	b
Grande sin fertilización	85,1	b
Mezclado sin fertilización	81,0	b
Pequeño sin fertilización	68,5	c

* Letras diferentes indican diferencias significativas al nivel de P 0,05.

La prueba de Tukey (P 0,05) indicó que hubo diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento en altura de las plántulas provenientes de endocarpos de tamaño grande, mediano y mezclado con fertilización respecto de plántulas provenientes de endocarpo pequeño con fertilización y los otros tamaños sin fertilización. El crecimiento del tamaño pequeño sin fertilización fue diferente a todos los demás tamaños.

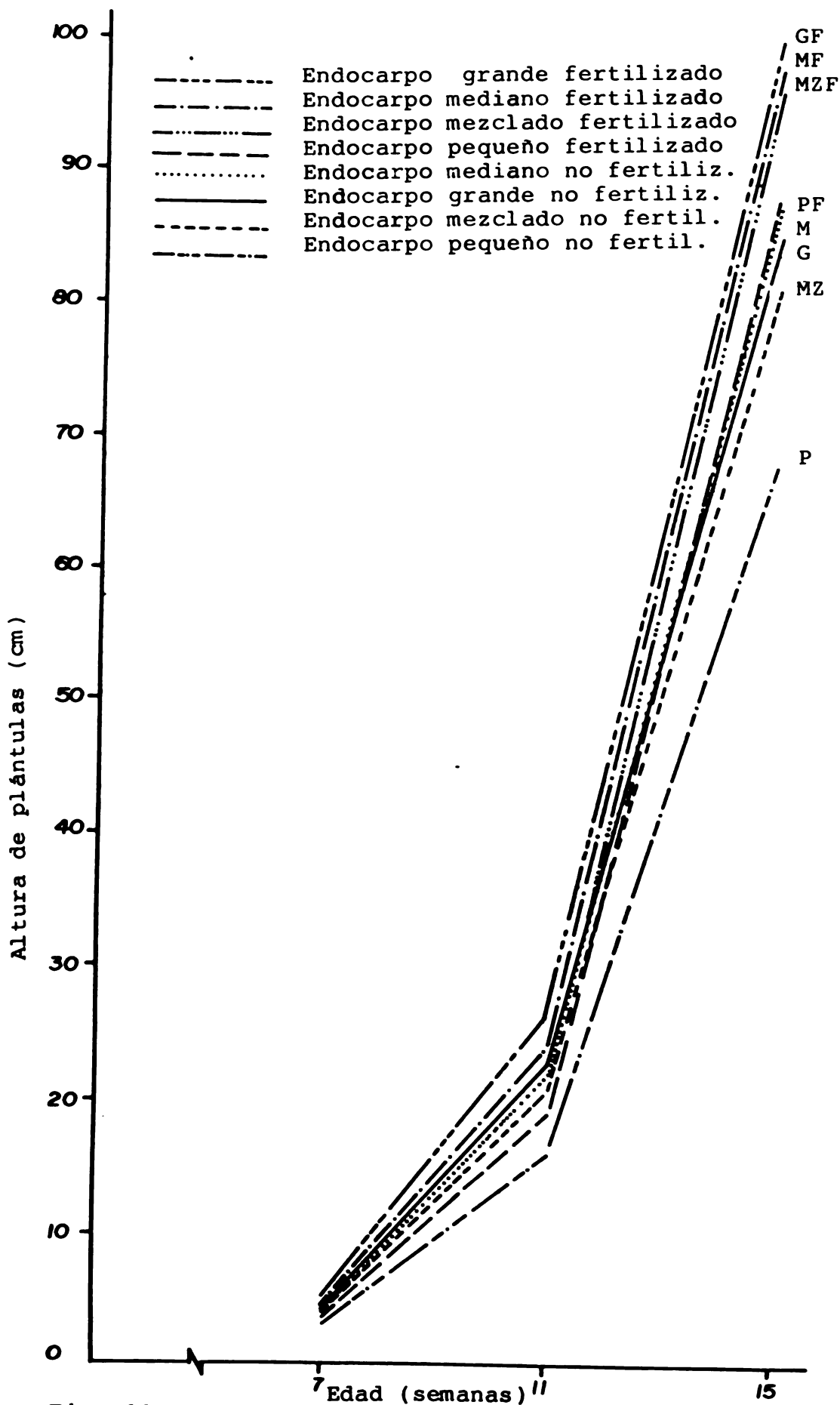


Fig. 11. Crecimiento en altura de las plántulas de *G. arborea* para las tres categorías de tamaño y la mezcla de endocarpos y efecto de la fertilización en Pavones, Turrialba, Costa Rica.

4.2.3.3 Diámetro basal a las quince semanas

El análisis de varianza (Anexo 13) mostró que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tamaños de endocarpos a nivel de $P 0,05$, pero si hubo efecto de la fertilización en el crecimiento del diámetro basal de las plántulas.

El Cuadro 14 presenta los resultados del crecimiento basal promedio para el efecto de la fertilización, de las tres categorías de tamaño y el testigo.

Cuadro 14. Diámetro basal promedio a 10 cm de las plántulas de G. arborea a las quince semanas, por tratamiento de fertilización en Pavones, Turrialba, 1985.

Tratamiento de fertilización	Diámetro basal promedio (mm)
Plántulas con fertilización	10,06
Plántulas sin fertilización	8,67

El Cuadro 15 presenta los resultados de la Prueba de Tukey ($P 0,05$) para los promedios de diámetro basal de las plántulas según el tamaño de endocarpos y la fertilización.

Cuadro 15. Diámetro basal promedio de las plántulas de G. arborea a quince semanas para los ocho tratamientos en Pavones, Turrialba, 1985.

Tratamientos	Diámetro basal promedio (mm)	Prueba de Tukey (P 0,05)
Grande con fertilización	10,7	a *
Mezclado con fertilización	10,2	a
Mediano con fertilización	9,8	a b
Pequeño con fertilización	9,5	a b
Grande sin fertilización	9,1	a b
Mediano sin fertilización	9,0	a b
Mezclado sin fertilización	8,7	a b
Pequeño sin fertilización	7,7	b

* Letras diferentes indican diferencias significativas al nivel de (P 0,05).

Se observa que todos los tamaños de endocarpos a los que se les aplicó la fertilización tuvieron un mayor crecimiento en el diámetro basal de las plántulas que aquellos a los que no se aplicó. Los tamaños grande y mediano con fertilización no presentaron diferencias, mientras que el tamaño pequeños sin fertilización fue diferente a los demás.

Es notorio que en cada uno de los grupos (fertilizado y no fertilizado), las plántulas provenientes de endocarpos pequeños fueron estadísticamente diferentes de los provenientes de endocarpos grandes.

5. DISCUSION

5.1 Distribución de los endocarpos

El análisis de número de endocarpos según el tamaño; mostró una distribución aproximadamente normal con un mayor porcentaje (61 %) en el tamaño mediano, este resultado concuerda con el obtenido por Wossner y McNabb (59) en Brasil con la misma especie, que encontraron un 65 por ciento de los endocarpos en la categoría mediano-pequeño (7-9 mm diámetro).

Los resultados obtenidos para el peso de 100 endocarpos por categoría de tamaño indicaron la tendencia lógica de mayor peso en los endocarpos grandes, decreciendo los pesos a medida que disminuye el tamaño. El tamaño grande mostró el doble del peso que el tamaño pequeño. Estos resultados concuerdan a los obtenidos con semillas de algunas especies del género Eucalyptus (1, 27, 31) y Pinus elliottii(23).

Se observó un alto grado de correlación entre el diámetro y el peso de los endocarpos ($R^2 = 0,84$), indicando mayor peso para los mayores volúmenes por endocarpo.

5.2 Germinación

La energía germinativa (34 %) obtenida en el vivero, fue baja para todas las categorías de tamaño de endocarpos comparada con la obtenida por Muñoz (43) de 50 %.

Se encontró diferencias en la energía germinativa entre la categoría de tamaño pequeño y las otras categorías. La categoría grande tuvo una energía germinativa de 2,4 veces mayor comparada con la categoría pequeña; para las categorías mediano y mezclado fue de 1,9 y 1,7 veces mayor, respectivamente comparada con la categoría pequeña; estas diferencias en la energía germinativa en la melina se debieron a que el tamaño del endocarpo ejerce una influencia considerable, en tal forma que los endocarpos de tamaño grande y mediano, se obtuvieron mayor energía germinativa. Estos resultados son similares a los trabajos realizados con muchas especies del género Eucalyptus (1, 2, 22, 27, 32, 45) y Cozzo (23) con Pinus elliottii.

El porcentaje de germinación para todas las categorías de tamaño (57 %) obtenido en el vivero fue bajo en comparación a la obtenida por Muñoz (43) quién obtuvo 70 % para la misma especie, pero similar a la obtenida por el Proyecto Leña en Costa Rica (19) con 40-50 % para endocarpos de la misma procedencia.

Dentro de las categorías de tamaño, los endocarpos grande y mediano tuvieron mayores porcentajes de germinación de 1,9 y 1,6 veces mayor respectivamente comparada con la categoría pequeña; para la mezclada (testigo) fue de 1,5 veces mayor comparada con la pequeña; a medida que disminuye el tamaño de los endocarpos, también disminuye el porcentaje de germinación; estos resultados concuerdan con los obtenidos por Woessner y McNabb (59) en Brasil. Resultados similares se han obtenido con Tectona grandis (24, 35) y con algunas especies del género Eucalyptus (3, 13, 31) así como con Pinus elliottii (23) y con Araucaria angustifolia (20, 21). Grosh (29) determinó que los mayores porcentajes de germinación se presentaron en el tamaño mediano de semillas de Pinus roxburghii y P. caribaea var. hondurensis.

5.3 Sobrevivencia al repique

La sobrevivencia obtenida (84,9 %) para todas las categorías de tamaño, si bien es aceptable y alta fue menor que la determinada por el Proyecto Leña en Costa Rica (18). Hubo diferencias entre la categoría de tamaño pequeño y otras dos categorías grande y mediano, así como también con la mezclada usada como testigo.

Las categorías de tamaño grande, mediano y la mezclada (testigo) tuvieron una sobrevivencia aproximada de 1,2 veces mayor comparado con la categoría pequeña. Los resultados demostraron que el tamaño de los endocarpos ejerce una influencia notablemente en la producción de plántulas más vigorosas; de los endocarpos grande, mediano y la mezclada (testigo) se obtuvo mayor proporción de plántulas que en los endocarpos pequeños. Resultados casi similares se han obtenido con otras especies forestales, tales como Tectona grandis (23, 36), Shorea contorta (5), Pinus caribaea var hondurensis (29) y algunas especies del género Eucalyptus (31, 45).

5.4 Crecimiento de las plántulas

A quince semanas de evaluación el crecimiento en altura de las plántulas provenientes de endocarpos grandes fue mayor; comparado con las plántulas provenientes de endocarpos pequeños; en general hubo un aumento de la altura de las plántulas con el aumento del tamaño de los endocarpos; resultados similares se han obtenido con Tectona grandis (24, 45) con especies del género Pinus (23, 29, 34, 57), algunas especies del género Eucalyptus (31, 45) con Shorea contorta (5) y con Araucaria angustifolia (20, 21).

Se encontró influencia de la fertilización completa N-P-K sobre el crecimiento en altura y diámetro basal de las plántulas provenientes de las diferentes categorías del tamaño de endocarpo. Las plántulas fertilizadas tuvieron mayor altura y diámetro basal con relación a los no fertilizados; estos resultados son similares a los trabajos realizados con G. arborea por el Proyecto Leña en Costa Rica, (19) también se han encontrado resultados similares con algunas especies del género Eucalyptus (14, 41, 46, 56), así como con Shorea contorta (11) y algunas especies del género Pinus (14, 47).

Los resultados obtenidos entre los tratamientos (tamaño de endocarpos y fertilización) indican que la fertilización completa N-P-K influyó sobre el crecimiento en altura de las plántulas provenientes de las tres categorías de tamaño y la mezclada. Comparando los crecimientos en altura entre los tratamientos se encontró que el tamaño pequeño con fertilización superó a los de tamaño grande, mediano, pequeño y mezclado sin fertilización. Cabe indicar también en los resultados obtenidos entre los tratamientos en estudio, se observó que hubo influencia de la fertilización sobre el crecimiento en diámetro basal de las plántulas provenientes de las tres categorías de tamaño de endocarpos y la mezclada. Se observó un ligero aumento en el crecimiento del diámetro basal de las plántulas de melina de los tres tamaños y el testigo debido al efecto de la fertilización, en cambio no se encontró, en forma general, efecto del tamaño de endocarpo en el crecimiento diamétrico, aunque plántulas provenientes de endocarpos pequeños crecieron menos que las provenientes de los otros tamaños.

La serie de análisis anteriores vienen a confirmar, con Gmelina

arborea Roxb. lo que otros ensayos experimentales y autores ya habían obtenido en otras especies forestales; en el sentido de que el tamaño de la semilla influye notablemente en la producción de plántulas grandes y vigorosas. Ya desde hace más de 40 años Righter (48), al trabajar con varias especies e híbridos de pino, hizo saber que el tamaño inicial de las plántulas estaba relacionado con las dimensiones de la semilla y que la relación se hace menos evidente cada año hasta desaparecer en el tercer año.



6. CONCLUSIONES

El análisis de los resultados obtenidos en este estudio permite llegar a las siguientes conclusiones:

1. Los endocarpos de G. arborea se pueden agrupar en tres categorías de tamaño. El mayor número de endocarpos se presenta en la categoría de tamaño mediano.
2. La energía germinativa, porcentaje de germinación así como el porcentaje de sobrevivencia al repique fueron afectados por el tamaño de los endocarpos, especialmente aquellas de las categorías mayores (grande y mediano) que presentaron mayores porcentajes que los endocarpos de tamaño pequeño y el testigo.
3. El crecimiento inicial en altura de las plántulas de G. arborea en la fase de vivero está notablemente influenciado por el tamaño de los endocarpos; endocarpos mayores (grande y mediano) dan origen a plántulas más altas y vigorosas que los provenientes de endocarpos pequeños. El crecimiento del diámetro basal estuvo poco influenciado por el tamaño de los endocarpos.
4. El crecimiento en altura y diámetro basal de las plántulas de melina en las tres categorías de tamaño y la mezclada (testigo) se vio influenciado por la fertilización. Esta influencia se observó con el aumento del crecimiento; incluso el tamaño pequeño con fertilización superó a todos los tamaños sin fertilización.

7. RECOMENDACIONES

Para las condiciones similares en los que se realizó el experimento, se propone las siguientes recomendaciones:

1. En el vivero; para obtener plántulas de G. arborea de crecimiento homogéneo, conviene clasificar previamente los endocarpos por tamaño en dos grupos; con un separador (taniz-zaranda) de abertura de 10 mm de diámetro y posteriormente utilizar solo los endocarpos de mayor tamaño.
2. En plantaciones forestales con melina por el método de siembra directa se sugiere utilizar solo los endocarpos de tamaños mayores a 10 mm de diámetro, para obtener mejores resultados en la forestación y/o reforestación establecida.
3. Cuando se desea emplear los endocarpos de melina de tamaño menor a 10 mm de diámetro para la producción de plántulas en el vivero se sugiere: primero almacigar aproximadamente con 3-4 semanas de anticipación respecto a los endocarpos mayores; segunda, aplicar fertilización con dosis adecuada previo análisis físico-químico del sustrato a utilizarse, de esta manera incrementar su crecimiento inicial.
4. Se recomienda ampliar la investigación en cuanto a dosis y tipos de fertilizantes para los dos grupos de tamaños de endocarpos recomendados en el estudio.
5. Se recomienda seguir evaluando en la fase de campo, el presente estudio por más tiempo para obtener conclusiones concretas referente a la influencia de los endocarpos en el crecimiento de las plantas de G. arborea Roxb.

8. BIBLIOGRAFIA

1. AGUIAR, I. B. y TOSHIMORI, N. J. Tamanho de sementes de Eucalyptus citriodora Hook. Influencia sobre a germinação e o vigor. *Brasil Florestal* 53:25-28. 1983.
2. AGUIAR, N. C. y MAIMONI, R. D. Influencia do tamanho sobre a germinação e o vigor de sementes do eucalipto. *Revista Brasileira de Sementes* 1(1):53-58. 1979.
3. AKHTAR, S. Germination responses of some common eucalyptus. *Pakistan Journal of Forestry* 23(1):48-57. 1973.
4. BAKER, H. G. Seed weight in relation to environmental conditions in California. *Ecology* 53(6):997-1010. 1972.
5. BASADA, M. R. Effect of seed size on germination seedling survival and height growth of white lanau (Shorea cortorta Vidal). *Sylvatrop; Philippine Forest Research Journal* 4(2):77-80. 1979.
6. BAUER, J. Especies con potencial para la forestación en Honduras, Resúmenes. Tegucigalpa, Honduras, COHDEFOR, 1982. 42 p.
7. BAULE, H. y FRICKER, C. The fertilizer treatment of forest trees. Munich, Alemania, B.L.V., 1970. 228 p.
8. BENZIAN, B. Nutritious problems in forest nurseries. *Journal Science Food Agriculture* 10(12):637-644. 1959.
9. BLACK, J. N. The influence of seed size and depth of sowing on preemergence and early vegetative growth of subterranean clover (Trifolium subterraneum L.). *Aust. Journal Agricultural Research* 7:98. 1956.
10. BOULET-GERCOURT, M. Monographie du Gmelina arborea. Bois et Forêts des Tropiques. No. 172:3-23. 1977.
11. BRUZON, B. J. Fertilization of potted white lanau (Shorea contorta Vidal) seedlings in the nursery of the Dipterocarp Forest Research Center, FORI. *Sylvatrop; Philippine Forest Research Journal* 7(1):21-25. 1982.
12. BURLEY, J. y WOOD, P. comps. Manual sobre investigaciones de especies y procedencias con referencia especial a los tropicos. Londres, Commonwealth Forestry Institute, Department of Forestry. Tropical Forestry Paper No. 10, 1976. 226 p.

13. CANDIDO, J. F. Efeito do tamanho da semente e do meio sobre a germinação de Eucalyptus citriodora Hook. Revista Ceres 17 (91):77-85. 1970.
14. CANNON, P. G., MONTENEGRO, H. y GUZMAN, F. Fertilización en el vivero. In Cartón de Colombia S.A. Fertilización forestal en el Valle y el Cauca. Octavo Informe Anual. Investigación Forestal Cali, 1983. pp. 121-126.
15. CARDENAS, M. Semillas y viveros forestales. Siguatepeque, Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales, 1973. 244 p.
16. CEDEÑO, S. O. y VILLAS, A. B. La Gmelina arborea, posible solución a las plantaciones en el trópico mexicano. Ciencia Forestal 3(13):19-29. 1978.
17. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Normas para la investigación silvicultural de especies para leña. Turrialba, Costa Rica, Departamento de Recursos Naturales Renovables, 1984. 110 p.
18. COCHRAN, W. y COX, M. Diseños experimentales. México, Trillas, 1965. 661 p.
19. COSTA RICA. DIRECCION GENERAL FORESTAL Y CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Proyecto leña y fuentes alternas de energía. Informe técnico anual 1983. San José, 1984. 181 p.
20. 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 Argentina 5(3):67-75. 1961.
21. _____. 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 Argentina 4(4):99-107. 1962.
22. _____. Ensayo de relación entre tamaño de semillas y alturas de plantas de Eucalyptus viminalis. Revista Argentina 7 (4):101-105. 1963.
23. _____. Relación entre clases de tamaño de semillas y alturas de plantas de Pinus elliottii. Revista Argentina 11(1):16-19. 1967.

24. DARUS, H. A. Effect of fruit size upon germination of teak (Tectona grandis). Malaysian Forester 43(3):396-397. 1980.
25. DAUGAY, J. Gmelina arborea Roxb.; Monographie. Bois et Forêts des Tropiques no. 48:25-37. 1956.
26. DOAT, J. Caracteristiques papetieres d' une essence tropicale de reboisement: le Gmelina arborea. Bois et Forêts des Tropiques no. 168:47-63. 1976.
27. DONI FILHO, L. Influencia do beneficiamento em algumas características de um lote de sementes de Eucalyptus grandis Hill, baseado na separação pelo tamanho e peso específico. Piracicaba, Brasil, EASLQ-USP, 1974. 92 p.
28. EVANS, J. Plantation forestry in the tropics. London, Oxford, University Press, 1982. 472 p.
29. GHOSH, R. C., SINGH, B. y SHARMA, K. K. Effect of seed grading by size on germination and growth of pine seedlings. Indian Forester 102(12):850-858. 1976.
30. GREAVES, A. Gmelina arborea. Commonwealth Forestry Bureau. Forestry Abstracts 42(6):237-258. 1981.
31. 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. Bulletin Forestry Commonwealth Victoria no. 9, 1958. 10 p.
32. HARPER, J., LOVELL, P. y MOORE, K. The shapes and size of seeds. Ann. Rev. Ecol. Syst. 1:327-356. 1970.
33. HENSON, P. y LAYMAN, L. Seed weights of varieties of birdsfoot trefoil as affecting seedling growth. Crop Sci. 1:306. 1961.
34. HOUGH, A. F. Relationships of red pine; seed source, seed weight and height growth in Kane test plantation. Northeastern Forest Experiment Station, Forest Service, Station Paper no. 50. USDA, 1952. 14 p.
35. KEIDING, H. Teak, Tectona grandis, Linn. f. Dinamarca. Danida Forest Seed Centre. Seed Leaflet no. 4, 1985. 21 p.
36. KUMAR, A. Effect of fruit size and source on germination of teak (Tectona grandis Linn. f.) Seeds. Sri Lanka Forester (1-2): 58-63. 1979.

37. LAMB, A. F. A. Especies maderables de crecimiento rápido en la tierra baja tropical: Gmelina arborea Roxb. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. Boletín 33/34:21-51. 1968.
38. LEMKERT, J. D. Instalación y manejo de viveros forestales. San José, Costa Rica, UNED, 1978. 37 p.
39. LITTLE, Jr., E. L. Common fuelwood crops. Morgantown, West Virginia, Communi-Tech. Associates, 1982. 354 p.
40. LITTLE, T. M. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Traducido del inglés por Anatolia de Paula Crespo. México, Trillas, 1983. 270 p.
41. MALAVOLTA, E. et al. La nutrición mineral de algunas cosechas tropicales. Berna, Suiza, Instituto Internacional de la Potasa. pp. 127-140. 1969.
42. MELANA, D. M., MELANA, E. E. y ARROYO, A. C. Germination study of selected mangrove species. Sylvatrop: Philippine Forest Research Journal 5(3):207-211. 1980.
43. MUÑOZ, C. R. Ensayos de siembra directa y tratamientos pre-germinativos para siete especies forestales recomendadas para leña: Informe de Práctica de Especialidad. Cartago, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica, 1984. 155 p.
44. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Especies para leña, arbustos y árboles para la producción de energía. Trad. de la edición inglesa por Vera Argüello de Fernández y Tradinsa. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1984. 344 p.
45. PEREIRA, J. C. O. y GARRIDO, M. A. O. Influencia do tamanho das sementes de Eucalyptus grandis Maiden sobre a germinação e o desenvolvimento inicial das plantas. Silvicultura em São Paulo 9:117-124. 1975.
46. PIRES, C. L. DA SILVA. Ensaio de adubação em mudas de Eucalyptus citriodora Hook acondicionadas em terrão paulista. Silvicultura em São Paulo (Brasil) 1(2):107-115. 1962-1963.
47. REYES CHIRINOS, J. A. Uso de fertilizantes en los viveros forestales de Honduras. In Jornadas de Reforestación 3a, Tegucigalpa, Honduras, 1981. Actas. Tegucigalpa, COHDEFOR, 1981. pp. 92-107.
48. RIGHTER, F. I. Pinus: the relationship of seed size and seedling size to inherent vigor. Journal of Forestry 113(2):131-137. 1945.

49. ROBBINS, A. M. Biología de las semillas forestales. In Curso sobre Organización y Técnicas de Programas Semilleros. Honduras, COHDEFOR, ESCANACIFOR, 1980. pp. 42-47.
50. ROCKWOOD, L. Seed size as a function of life form and life zone in tropical forests. Bulletin of the Ecological Society of America, Program Issue, 63(2):163. 1982.
51. SALAZAR, R. Genetic variation in Pinus caribaea var. hondurensis Barret and Golfari. Tesis Ph.D. Wolfson College, Oxford, Inglaterra, 1981. 271 p.
52. SCHWEIZER, C. J. y RIES, S. Protein content of seed: increase improves growth and yield. Science 165:73-75. 1969.
53. STEEL, R. G. D. y TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics with special reference to the biological sciences. McGraw Hill Book Co., Inc., Nueva York, 1960. 481 p.
54. STOECKELER, J. H. and ARMAN, F. Fertilizers in forestry. Advances in Agronomy. New York, Academic Press, 1960. pp. 127-195.
55. TOSI, J. Mapa ecológico de Costa Rica. San José, Costa Rica, Centro Científico Tropical, 1965. Esc. 1:500,000. Color.
56. VELIZ, E. Optimización de fertilizantes en P. patula y E. grandis y el efecto de la densidad aparente del suelo en E. grandis en el vivero La Florida de Popayán. Informe de Investigación 71. Cartón de Colombia, S.A. 1981. 16 p.
57. WAKELEY, P. C. Loblolly pine seed production. Journal of Forestry 42:676-677. 1947.
58. WEBB, D. Guía y clave para seleccionar especies en ensayos forestales de regiones tropicales y subtropicales. Londres, Overseas Development Administration, 1980. 270 p.
59. WOESSNER, R. A. and MCNABB, K. L. Large scale production of Gmelina arborea Roxb. seed; a case study. Commonwealth Forestry Review 58(2):117-121. 1979.

9. ANEXOS

9. ANEXOS

CARACTERÍSTICAS DE ESPECIES ARBÓREAS

TAXONOMIA

1. Nombre científico: Gmelina arborea Roxb. Código 050
 2. Familia: Verbenaceae Código _____
 Sinónimos: -----
 3. Nombres vulgares: melina, yemane, gumhar (India)
 Países/región de origen: India, Nepal, Pakistán, Bangladesh, Sur este Asiática
 Distribución en Centroamérica: Guatemala, Honduras, Nicaragua, Belice y Costa Rica

AMBIENTES DE LA PRODUCCION COMERCIAL

4. Temp Med An: 21 a 28 °C 5. Prec Med An: 760 a 4,600 mm
 6. Rango altitudinal: 0 a 900 m 7. Rango latitudinal: 5°N a 30°N
 8. Meses secos, No.: 2 a 7 9. Tolera escarcha: 1 = sí = no 3 = Pocos
 10. Zonas de Vida (Holdridge): 1 = bp-T = bmh-T = bh-T = bs-T 5 = bms-T
 6 = me-T 7 = bp-S 8 = bmh-S 9 = bh-S 10 = bs-S 11 = me-S 12 = bp-MB
 13 = bmh-MB 14 = bh-MB 15 = bs-MB 16 = ee-MB 17 = bp-M 18 = bmh-M
 19 = otros
 11. Asociación: 1 = Climática 2 = Edáfica 3 = Atmosférica 4 = Hídrica
 5 = Ribereña 6 = Fuego
 12. Sucesión: 1 = Climax 2 = Secundaria 3 = Aberturas

SUELOS

	Profundidad			Textura				Drenaje Int.				Fertilidad			pH		Sal		
	P	R	S ^{1/}	P	R	L ^{2/}	B	R	M	SE ^{2/}	B	R	P ^{4/}	Ac	Al ^{5/}	A	P	N ^{6/}	
13. Preferido	<input checked="" type="checkbox"/>	2	3	1	<input checked="" type="checkbox"/>	3	<input checked="" type="checkbox"/>	2	3	4	<input checked="" type="checkbox"/>	2	3	<input checked="" type="checkbox"/>	2	1	2	3	
14. Tolerado	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	1	2	<input checked="" type="checkbox"/>	1	<input checked="" type="checkbox"/>	1	2	3	

ARBOL

15. Raíces: 1 = Contrafuertes 2 = Zancos 3 = Neumatóforos 4 = Envuelvandas
 5 = Chupadores 6 = Aéreas
 16. Base: 1 = Cilíndrica = Ensanchada 3 = Acanalada
 17. Fuste: 1 = Excurrente 2 = Simpódico 3 = Múltiple
 18. Tamaño máximo: 60 cm x 30 m
 19. Forma: 1 = Excelente 2 = Bueno = Regular = Malo
 20. Copa: 1 = Redonda 2 = Cónica 3 = Tabular = Densa 5 = Abierta
 21. Corteza: = Lisa 2 = Lenticular 3 = Escamosa 4 = Fisurada 5 = Espinosa
 6 = Verrugosa
 22. Savia : 1 = Clara 2 = Blanca 3 = Amarilla 4 = Fragante 5 = Resinífera
 23. Ramas : 1 = _____ Ordenes 2 = Espinas 3 = Plagiótropa 4 = Pendulosa 5 = Horizontal
 24. Hojas : 1 = Siempreverdes = Decíduas
 25. Flor : = Perfecta 2 = Monoica 3 = Dioica
 26. Fruta : 1 = Valva 2 = Cápsula 3 = Baya = Drupa 5 = Nuez
 6 = Cono 7 = Sámara
 27. Semilla: 1 = Alada = Hueso/Frijol 3 = Aquenio 4 = Castaña 5 = Discolde
 28. Semilla/fruta: 1-4

1/ P = Profundo R = Regular S = Superficial 2/ P = Pesada L = Leve
 3/ B = Bueno M = Malo SE = Saturación Estacional 4/ B = Bueno P = Pobre
 5/ Ac = Acido Al = Alcalino 6/ A = Alto P = Poco N = Nada

MADERA

28. Gravedad esp: 0.42 a 0.64 30. Poros: 1 = Fino = Medio 3 = Grande
 29. Grano: = Recto 2 = Sinuoso/Espiral 3 = Enredo 4 = Raja = Olor 6 = Sabor
 32. Figura: 1 = Decorativa = Inconspicua
 33. Color duramen: 1 = Rojo 2 = Pardo 3 = Blanco = Amarillo 5 = _____
 34. Durabilidad: 1 = Buena 2 = Regular = Poco 4 = Duradera
 35. Interior: 1 = Silice 2 = Calcio Hueco: 3 = Frecuente 4 = Ocasional
 36. Preservación^{7/} = F 2 = R 3 = D Serrar: = F 2 = R 3 = D
 Secar: = F 2 = R 3 = D Acabar: = F 2 = R 3 = D

USOS

37. 1 = Fija nitrógeno 2 = Forraje 3 = Comestible 4 = Apicultura
 = Ornamental 6 = Conservación 7 = Fija dunas 8 = Tapaviento
 9 = Cerca viva 10 = Sombra
 38. 1 = Ebanistería = Carpintería = Contrachapada 4 = Moldura
 5 = Modelo 6 = Tallado 7 = Tornería 8 = Aglomerado
 = Pulpa = Caja = Fósforo 12 = Constr. pesada
 13 = Piso 14 = Durmiente 15 = Tonel 16 = Mango
 17 = Bote 18 = Pilote 19 = Poste 20 = Rústica
 = Leña = Carbón 23 = Resina 24 = Goma
 25 = Aceite 26 = Tanino = Otro Producción de miel

SILVICULTURA

39. = Pleno sol 2 = Tolerante joven 3 = Tolerante
 Tolera: 4 = Fuego 5 = Viento fuerte 6 = Viento del mar
 40. Regeneración artificial = Rebrote = Siembra directa = Raíz desnuda 4 = Envase
 = Tocón 6 = Vegetativa = Defoliada
 41. Semillas/Kg: 1400 - 1500
 42. Almacenaje: 1 = Seco = Frio 3 = Lata 4 = Abierto _____ Años
 43. Pretratamiento: 1 = Escarificación 2 = Agua caliente/frío = Agua fría 4 = Secar/mojar
 44. Estratificación: _____ días a _____ °C 45. Sombra inicial _____
 46. Germinan en 8-12 días 47. Planta en 4-6 meses
 48. Poda: = Necesario 2 = Deseable 3 = Natural
 49. Entresaque: = Necesario 2 = Deseable 3 = Natural
 50. Rendimiento:

Edad, años	m ³ /ha/año	Dap, cm	h.m	País	Condiciones
5-8	30-35				2x2 3x3

51. Plagas: = Común 2 = Ocasional 3 = Raro Zompopas
 52. Recomendaciones y Notas: No resiste a fuego
 53. Referencias: 10, 16, 19, 25, 26, 30, 37, 59

CBB/kaz

Ejecutor: Martín Cuadrado Hidalgo
 Fecha : 15/10/85

7/ F = Fácil R = Regular D = Difícil

ANEXO 2. Regresión de la variable LN y contra las variables LNX, X.

FUENTE VARIACION	GL	SC	CM	FC	Sig (P 0.001)
Regresión	2	25.1438	12.5719	792.80	***
Residual	297	4.7096	0.1587		
Total	299	29.8534			

*** indica diferencia significativa a 0.1%

ANEXO 3. Regresión de la variable LN y contra las variables X.

FUENTE VARIACION	GL	SC	CM	FC	Sig (P 0.001)
Regresión	1	24.974	24.974	1525.239	***
Residual	298	4.879	0.0164		
Total	299	29.653			

*** indica diferencia significativa a 0.1%

ANEXO 4. Porcentaje de energía germinativa para las cuatro categorías de tamaño de endocarpo de G. arborea, en Pavones, Turrialba, 1985.

Categoría de tamaño de endocarpo (%)			
Grande	Mediano	Pequeño	Mezclado
50	30	18	25
80	32	19	41
35	44	18	35
38	34	19	27
174	140	74	128
\bar{x} 43.50	35.00	18.50	32.00

ANEXO 5. Análisis de variancia de la energía germinativa por categoría de tamaño de los endocarpos de G. arborea (arc. ren \sqrt{x}), en Pavones, Turrialba, 1985.

FUENTE VARIACION	GL	SC	CM	FC	Sig. (P 0.01)
Tratamiento	3	518.449	172.816	12.13	**
Residual	12	170.922	14.244		
TOTAL	15	689.372			

** indica diferencia significativa a 1%

$$cv = \frac{3.77}{34.32} \times 100 = 10.98\%$$

ANEXO 6. Porcentaje de germinación para las cuatro categorías de tamaño de endocarpo de G. arborea en Pavones, Turrialba, 1985.

Categoría de tamaño de endocarpo (%)			
Grande	Mediano	Pequeño	Mezclado
84	66	42	42
78	60	40	63
65	62	36	52
69	54	36	70
296	242	754	227
\bar{X} 74	60.50	38.50	56.75

ANEXO 7. Análisis de varianza de los porcentajes de germinación por categoría de tamaño de los endocarpos de G. arborea (arc. ren $\sqrt{\%}$) en Pavones, Turrialba, 1985.

FUENTE VARIACION	GL	SC	CM	FC	Sig. (P 0.01)
Semilla	3	916.14	305.38	12.68	**
Residual	12	288.98	24.08		
Total	15				

** indica diferencia significativa a 1%

$$cv = \frac{4.907}{49.49} \times 100 = 9.9\%$$

ANEXO 8. Porcentaje de sobrevivencia de plántulas de G. arborea, a los tres días del transplante según tamaño y bloques, en Pavones Turrialba, 1985.

Bloque \ Tamaño	PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA %			
	Grande	Mediano	Pequeño	Mezclado
I	93	91	85	93
II	90	88	80	89
III	92	85	70	87
IV	89	86	65	83
TOTAL	364	350	300	352
\bar{x}	91.0	87.50	75.0	88.0

ANEXO 9. Análisis de variancia de la sobrevivencia de plántulas de G. arborea a los tres días del transplante (transformación $x = \arcsen \sqrt{x}$) en Pavones, Turrialba, 1985.

FUENTE VARIACION	GL	SC	CM	FC	Sig. (P 0.01)
Bloque	3	132.066	44.022	7.9	*
Tratamiento	3	345.234	115.078	20.7	**
Residual	9	50.115	5.568		
Total	15	527.415			

* indica diferencia significativa a 5%
 ** indica diferencia significativa a 1%

$$cv = \frac{2.36}{68.05} \times 100 = 3.47\%$$

ANEXO 10. Análisis de varianza para la variable altura de las plántulas de G. arborea a 7 semanas para las cuatro categorías de tamaño de endocarpos en Pavones, Turrialba, 1985.

FV	GL	SC	CM	FC	Sig. (P 0.01)
Bloque	3	0.24307	0.08012	1.48	ns
Endocarpo	3	2.42301	0.80767	14.71	**
Residual	9	0.49431	0.05492		
Total	15	3.16039			

ns= no significativo

** = indica diferencia significativa a 1%

$$cv = \frac{0.2343}{4.1917} \times 100 = 5.59\%$$

ANEXO 11. Análisis de varianza para la variable altura de las plántulas de G. arborea a 11 semanas para los ocho tratamientos en Pavones, Turrialba, 1985.

FUENTE VARIACION	GL	SC	CM	FC	Sig.	CV% (P 0.01)
Bloques	3	2.5663	0.8542	0.30	ns	0.0
Fertilización	1	51.9100	51.9100	18.25	**	21.65
Endocarpo	3	206.100	68.6900	24.15	**	58.12
Bloq x fertiliz	3	3.681	1.227	0.43	ns	0.0
Fertiliz x eudocarp	3	8.785	2.928	1.03	ns	0.15
Residual	18	51.1900	2.844	-	-	20.08
Total	31	324.200				

ns= no significativo

** = indica diferencia significativa a 1%

$$cv = \frac{1.686}{21.7693} \times 100 = 7.74\%$$

ANEXO 12. Análisis de variancia para la variable altura de plántulas de G. arborea a 15 semanas para los ocho tratamientos en Pavones, Turrialba, 1985.

FUENTE VARIACION	GL	SC	CM	FC	Sig.	CV (%) (P.O.01)
Bloques	3	44.50	14.83	0.64	ns	0.0
Fertilizac.	1	2031.00	2031.00	87.29	**	65.07
Endocarpo	3	1128.00	376.00	16.16	**	22.87
Bloq x Fertiliz.	3	49.53	16.51	0.71	ns	0.0
Fertiliz x Endoc.	3	67.78	22.59	0.97	ns	0.0
Residual	18	418.70	23.26	-	-	12.07
Total	31	3739.00				

ns= no significativa

** = indica diferencia significativa a nivel de 1%

$$CV = \frac{4.8228}{88.2927} \times 100 = 5.46\%$$

ANEXO 13. Análisis de variancia para la variable diámetro basal de las plántulas de C. arborea a quince semanas para los ocho tratamientos en Pavones, Turrialba, 1985.

FUENTE VARIACION	GL	SC	CM	FC	Sig.	CV% (P.O.OI)
Bloque	3	4.238	1.413	1.79	ns	3.82
Fertilizac.	1	16.260	16.260	20.61	**	47.35
Endocarpo	3	7.366	2.455	3.11	ns	10.20
Bloqxfertiliz	3	0.1304	0.044	0.06	ns	0.0
Fertilizxeudoc.	3	1.4610	0.487	0.62	ns	0.0
Residual	18	14.2000	0.789	-	-	38.64
Total						

ns= no significativo

** = indica diferencia significativa a nivel de 1%

$$cv = \frac{0.888}{9.350} \times 100 = 4.90\%$$