

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
SUBDIRECCION GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA
PROGRAMA DE POSGRADO

"COMPORTAMIENTO INICIAL DE VARIAS FUENTES DE GERMOPLASMA DE
Eucalyptus camaldulensis Dehnh EN AMERICA CENTRAL"

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

MAGISTER SCIENTIAE.

por

PABLO RUIZ MEZA.

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
Turrialba, Costa Rica,
1991

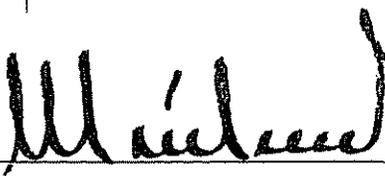
Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

COMITE ASESOR:



Rodolfo Salazar F., Ph.D.
Profesor Consejero

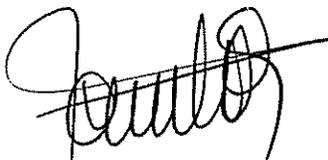


Miguel Angel Musálem, Ph.D.
Miembro del Comité



Francisco Mesén, M.Sc.
Miembro del Comité

Miembro del Comité



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



Pablo Ruiz Meza
Candidato

DEDICATORIA

A mis padres:

Franco

y

Magdalena

A Georgina:

Mi querida esposa

y fiel compañera

A mis hijos:

Pablo Ulises

y

Gabriela

A Mèxico, mi patria querida

A G R A D E C I M I E N T O S

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

A Rodolfo Salazar, Ph.D. profesor consejero, por su apoyo, enseñanza y amistad incondicional.

A Miguel A. Musàlem, Ph.D. por sus oportunos consejos y apoyo durante mi estancia en el CATIE, así como por su intervención en la revisión del presente trabajo.

A Francisco Mesèn, M. Sc. miembro del Comité Asesor por el tiempo y apoyo dedicados en la revisión del presente trabajo.

A mi esposa y mis hijos por su apoyo moral y estímulo constante para cumplir la meta fijada.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México por el apoyo económico brindado para la realización de mis estudios de posgrado.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de México por la oportunidad que me brindaron para continuar con mi desarrollo y formación profesional.

A todo el personal de INRENARE y CATIE en Panamá que participaron en el establecimiento y evaluación de los experimentos analizados en el presente estudio.

Al personal de la Dirección Forestal y CATIE de Costa Rica que participaron en el establecimiento y evaluación del experimento analizado en este país.

Al personal de COHDEFOR y CATIE en Honduras que participaron en el establecimiento y evaluación del experimento analizado en este país.

Al personal de CENREN y CATIE en El Salvador que participaron en el establecimiento y evaluación de los experimentos analizados en este país.

Al personal de DIGEBOS y CATIE en Guatemala que participaron en el establecimiento y evaluación del experimento analizado en este país.

Al personal del Proyecto MADELENA del CATIE en Costa Rica, y en especial a Miguel Solano por el apoyo técnico brindado.

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría

B I O G R A F I A

El autor nació en Reforma de Pineda, Oaxaca, México el 15 de enero de 1958. Realizó sus estudios primarios en la Escuela Primaria Ignacio Zaragoza y los estudios secundarios en la Escuela Tecnológica Agropecuaria No. 178 en Reforma de Pineda.

De 1975 a 1982 realizó estudios de Agronomía en la Universidad Autónoma Chapingo, donde se graduó como Ingeniero Agrónomo Especialista en Bosques.

De 1982 a 1989 laboró como investigador de tiempo completo en el Programa de Plantaciones Forestales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias de México.

En 1989 ingresó al Programa de Estudios de Posgrado del CATIE, donde obtuvo el grado de Magister Scientiae en 1991, en el área de Silvicultura con énfasis en Mejoramiento Genético Forestal.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Resumen	
Summary	
Lista de cuadros	
Lista de figuras	
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	5
2.1 Descripción y distribución de la especie.....	5
2.2 Usos de la especie	6
2.3 Comportamiento de la especie en plantaciones.	7
2.4 Pruebas genéticas de <i>Eucalyptus</i> <i>camaldulensis</i>	8
2.5 Interacción genotipo-ambiente	15
3. MATERIALES Y METODOS	22
3.1 Origen de la semilla	22
3.2 Procedimiento general	25
3.3 Diseño experimental	27
3.4 Análisis de la información	27
4. RESULTADOS Y DISCUSION	32
4.1 Crecimiento y sobrevivencia de procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh por sitio	32
4.1.1 Sitio Sabana Grande, Los Santos, Panamá	32
4.1.2 Sitio Montijo, Veraguas, Panamá	39
4.1.3 Sitio Pesé, Herrera, Panamá	44
4.1.4 Sitio Antón, Coclé, Panamá	48
4.1.5 Sitio San Joaquín, Nicoya, Costa Rica	55
4.1.6 Sitio Caminos Nuevos, Comayagua, Honduras	60

4.1.7	Sitio Hacienda Santa Teresa, Sonsonate, El Salvador	65
4.1.8	Sitio Hacienda La Carrera, Usulután, El Salvador	69
4.1.9	Sitio La Máquina, Suchitepéquez, Guatemala	75
4.2	Comportamiento regional de las procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh	82
4.2.1	Grupo uno	83
4.2.2	Grupo dos	89
4.3	Discusión general	95
5.	CONCLUSIONES	100
6.	RECOMENDACIONES	103
7.	LITERATURA CITADA	105
8.	ANEXOS	111

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Ubicación y características de los sitios de procedencia de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh establecidos en América Central	23
2	Características de los sitios de colecta de las fuentes de semilla de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> en las diferentes pruebas en América Central ..	25
3	Características del diseño experimental por sitio para las pruebas de procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh en América Central	28
4	Procedencias comunes de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh utilizadas en el análisis entre sitios para el grupo uno	29
5	Procedencias comunes de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh utilizadas en el análisis entre sitios para el grupo dos	30
6	Sobrevivencia y crecimiento en altura total y dap de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en Sabana Grande, Los Santos, Panamá	33
7	Análisis de varianza del crecimiento en altura total y dap de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en Sabana Grande, Los Santos, Panamá	34
8	Pruebas de rango múltiple de duncan para el crecimiento en altura total y dap de cuatro procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en Sabana Grande, Los Santos, Panamá	35
9	Sobrevivencia y crecimiento en altura total de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en Montijo, Veraguas, Panamá	40
10	Análisis de varianza del crecimiento en altura total de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en Montijo, Veraguas, Panamá	41
11	Prueba de rango múltiple de Duncan para el crecimiento en altura total de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en Montijo, Veraguas, Panamá	42

12	Sobrevivencia y crecimiento en altura y dap de seis procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en Pesé, Herrera, Panamá	45
13	Análisis de varianza del crecimiento en altura total y dap de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en Pesé, Herrera, Panamá ..	46
14	Prueba de rango múltiple de Duncan para el crecimiento en altura total y dap de seis procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en Pesé, Herrera, Panamá ..	47
15	Sobrevivencia y crecimiento en altura y dap de seis procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en Antón, Coclé, Panamá	50
16	Análisis de varianza del crecimiento en altura total y dap de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en Antón, Coclé, Panamá ...	49
17	Pruebas de rango múltiple de Duncan para el crecimiento en altura total y dap de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en Antón, Coclé, Panamá	52
18	Crecimiento en altura total, dap, sobrevivencia y bifurcación de diez procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en San Joaquín, Nicoya, Costa Rica	55
19	Análisis de varianza del crecimiento en altura total y dap de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en San Joaquín, Nicoya, Costa Rica	56
20	Prueba de rango múltiple de Duncan para el crecimiento en altura total y dap de diez procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en San Joaquín, Nicoya, Costa Rica .	57
21	Crecimiento en altura total, dap, sobrevivencia y bifurcación de ocho procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en Caminos Nuevos, Comayagua, Honduras	60
22	Análisis de varianza del crecimiento en altura total y dap de ocho procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en Caminos Nuevos, Comayagua, Honduras	61

23	Pruebas de rango múltiple de Duncan para el crecimiento en altura total y dap de ocho procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en Caminos Nuevos, Comayagua, Honduras	62
24	Crecimiento en altura total, dap, sobrevivencia y bifurcación de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en la Hacienda Santa Teresa, Sonsonate, El Salvador	65
25	Análisis de varianza del crecimiento en altura total y dap de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en la Hacienda Santa Teresa, Sonsonate, El Salvador	66
26	Prueba de rango múltiple de Duncan para el crecimiento en altura total y dap de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en la Hacienda Santa Teresa, Sonsonate, El Salvador .	66
27	Crecimiento en altura total, dap, sobrevivencia, bifurcación y fructificación de diez procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en la Hacienda La Carrera, Usulután, El Salvador	69
28	Análisis de varianza de crecimiento en altura total y dap de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en la Hacienda La Carrera, Usulután, El Salvador	70
29	Prueba de rango múltiple de Duncan para el crecimiento en altura total y dap de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en la Hacienda La Carrera, Usulután, El Salvador	71
30	Crecimiento en altura total, dap, sobrevivencia, bifurcación y fructificación de 12 procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en La Máquina, Suchitepéquez, Guatemala	75
31	Análisis de varianza del crecimiento en altura total y dap de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en La Máquina, Suchitepéquez, Guatemala	76
32	Prueba de rango múltiple de Duncan para el crecimiento en altura total y dap de 12 procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a diferentes edades en La Máquina, Suchitepéquez, Guatemala	78

33	Crecimiento en altura total de nueve procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a los 30 meses de edad en tres sitios de América Central	83
34	Análisis de varianza del crecimiento en altura total y dap de nueve procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a los 30 meses de edad en tres sitios de América Central	84
35	Prueba de rango múltiple de Duncan por sitios para el crecimiento en altura total y dap de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a los 30 meses de edad en América Central	87
36	Crecimiento en altura total y dap de seis procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a los 26 meses de edad en dos sitios de América Central	89
37	Análisis de varianza del crecimiento en altura total y dap de seis procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a los 26 meses de edad en dos sitios de América Central	92
38	Prueba de rango múltiple de Duncan por sitios para el crecimiento en altura total y dap de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a los 26 meses de edad en América Central	93

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Ubicación de los sitios de las pruebas de procedencia de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh en América Central	24
2 Crecimiento en altura total de nueve procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a la edad de 30 meses en tres sitios de América Central	85
3 Crecimiento en dap de nueve procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a la edad de 30 meses en tres sitios de América Central .	86
4 Crecimiento en altura total de seis procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a la edad de 26 meses en dos sitios de América Central	90
5 Crecimiento en dap de seis procedencias de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh a la edad de 26 meses en dos sitios de América Central ..	91

RUIZ M., P. 1991. Comportamiento inicial de varias fuentes de germoplasma de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh en América Central. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 118 p.

Palabras claves: *Eucalyptus camaldulensis*, procedencias, crecimiento, América Central, Panamá, Costa Rica, Honduras, El Salvador, Guatemala

RESUMEN

En el presente estudio fueron evaluados nueve ensayos de procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh establecidos en cinco países de América Central (Panamá, Costa Rica, Honduras, El Salvador y Guatemala), entre 1984 y 1988 por el Proyecto MADELEÑA (Proyecto Cultivo de Árboles de Uso Múltiple) del CATIE. Los sitios se ubicaron entre los 50 y 600 msnm, temperaturas medias anuales de 21,1 a 27,6 °C y precipitación de 666 a 2630 mm. Se probó un total de 26 procedencias evaluadas a edades de 30 a 54 meses.

Los objetivos del estudio fueron: 1) Identificar la mejor fuente de germoplasma de *E. camaldulensis* para cada uno de los sitios; 2) Medir el grado de variación genotípica atribuible a las procedencias en cada sitio, y 3) Medir el grado de las posibles interacciones genotipo-ambiente para la especie en América central.

Las variables de respuesta fueron: crecimiento en altura total, diámetro a la altura del pecho (dap), sobrevivencia, porcentaje de árboles con bifurcación y fructificando.

Los resultados indican que las fuentes de semillas provenientes de Australia tuvieron los crecimientos mejores comparados con las procedencias derivadas usadas como comparadores. Las procedencias de Petford, Wrotham Park y Fitz Roy, Australia, fueron las mejores en la mayoría de los sitios y alcanzaron crecimientos promedio anual superiores a 3 m de altura y 3 cm de dap, llegando a ser hasta 40 %

superior a la procedencia derivada de León, Nicaragua. Los mayores porcentajes de bifurcación fueron presentados por las procedencias de Dpry y Cockatoo Creek, Australia, y León, Nicaragua, con 33, 31 y 29 % de árboles bifurcados, respectivamente; la bifurcación se presentó a una altura superior a los 4 metros.

Las procedencias con mayor porcentaje de fructificación fueron Cockatoo Creek y Victoria River, Australia, con 34 y 33 % de árboles fructificando, respectivamente.

Los porcentajes de la variación total atribuida a las procedencias variaron entre 7 y 26 % para la altura total y dap, mientras que la variación atribuible a los sitios varió entre 29 y 37 %. El análisis estadístico indicó que la interacción sitio x procedencia no fue significativa a pesar de que el orden de posición de las procedencias varió de sitio a sitio.

RUIZ M., P. 1991. Initial behavior of various sources of germplasm of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh in Central America. Mag. Sc. Thesis. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 118 p.

Key words: *Eucalyptus camaldulensis*, provenances, growth, Central America, Panama, Costa Rica, Honduras, El Salvador, Guatemala.

SUMMARY

This study evaluated nine provenance trials of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh established in five countries of Central America (Panama, Costa Rica, Honduras, El Salvador and Guatemala), between 1984 and 1988 by the MADELENA Project (Multiple Porpose Tree Species Production Project) at CATIE. The elevation of the sites are between 50 and 600 masl, annual mean temperatures are between 21.1 and 27.6°C and the annual rainfall average is 666 to 2630 mm. A total of 26 provenances were evaluated at ages from 30 to 54 months.

The purposes of this research were: 1) to identify the best germplasm sources of *E. camaldulensis* for each one of the sites; 2) to measure the degree of genotypic variation among the provenances in each site and 3) to measure the degree of possible genotype-environment interaction for the species in Central America.

Response variables were: total height, diameter at breast heigth (dbh), survival, percentage of trees forking and bearing fruit.

The results obtained indicate that seed sources from Australia showed the highest percentages of growth when compared to the other provenances. The provenances from Petford, Wrotham Park and Fitz Roy, Australia were superior

at most of the sites and reached an annual average growth taller than 3 m height and 3 cm of dbh, growing to 40 % taller than the provenance from León, Nicaragua. The provenances from Dpry and Cockatoo Creek, Australia and León, Nicaragua, with 33, 31 and 29 % of forked trees, respectively, showed the highest forking percentages; forking was determined at a height taller than 4 meters.

The provenances with greatest flowering percentages were Cockatoo Creek and Victoria River, Australia, with 34 and 33 % of flowering trees, respectively.

Total variation percentages due to provenance varied between 7 and 26 % for total height and dbh, while variation due to the sites varied between 29 and 37 %. The statistical analysis indicated that site-provenance interaction was not significant, although the ranking of the provenances varied from one site to another.

It is recommended to establish progeny trials with germplasm from Petford, Wrotham Park and Fitz Roy, Australia.

1. INTRODUCCION

Más de un tercio del área centroamericana se encuentra en una situación que se clasifica como crítica o muy crítica en cuanto al abastecimiento de leña; la zonas secas, que cubren el 7 % del total del área, caen dentro de esta categoría y, los recursos forestales disponibles, no permiten el aprovisionamiento sostenido de leña para un futuro inmediato (Martínez, 1985). Se estima que el consumo de leña en la zona seca varía de 0,84 a 0,91 ton/persona/año, el cual se puede considerar alto si se compara con otras regiones del mundo como El Sahel (Martínez, 1985).

El alto consumo de leña en las zonas secas de América Central¹, ha ocasionado un déficit de recursos forestales para cubrir las necesidades de la población. Esto ha provocado que los consumidores tengan que recorrer mayores distancias para obtener dicho producto (Martínez, 1985), ya que éste es obtenido de los pocos recursos forestales que quedan en la región como bosques naturales, cercos vivos o árboles aislados (CATIE, 1985).

1 Para los efectos del presente trabajo, América Central corresponde a los territorios de Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá.

Una opción para aliviar el problema y la presión sobre los escasos recursos forestales, es el establecimiento de plantaciones con especies arbóreas de crecimiento rápido, que han demostrado potencial para la producción de leña y otros productos (CATIE, 1985).

Eucalyptus camaldulensis Dehnh es una especie de uso múltiple con potencial para las zonas de mediana y baja altitud con una época seca definida (Campos, 1989).

En América Central, *E. camaldulensis* fue introducido por primera vez a nivel experimental a mediados de 1970 en Nicaragua; a partir de entonces, se ha venido incrementando su uso en rodales pequeños en toda la región*. Esta especie es considerada de crecimiento rápido y produce leña y otros productos de muy buena calidad para satisfacer las necesidades de las comunidades rurales.

El árbol crece inicialmente bastante bien en una gran variedad de climas, suelos relativamente pobres y áreas con sequías prolongadas; tiene alta capacidad de rebrote, aunque su desarrollo es limitado por suelos compactados o con horizontes endurecidos superficialmente; es susceptible a la competencia con malezas en las etapas de crecimiento inicial (CATIE, 1985; Martínez, 1990).

* Salazar (1990) comunicación personal.

La buena adaptación y aceptación de la especie en la región conducen a la búsqueda y desarrollo de medios para lograr plantaciones con mejores rendimientos. Una de las formas de aumentar la producción es a través del mejoramiento genético de la especie seleccionada.

Para mejorar una especie forestal, uno de los primeros pasos es analizar el comportamiento de distintas fuentes de germoplasma o procedencias. El término procedencia se define como el área geográfica en la cual crecieron los árboles progenitores y dentro de la cual se ha desarrollado su constitución genética por selección natural y/o artificial (Styles, 1979).

La importancia de los estudios de procedencia se fundamenta en que se ha demostrado que las poblaciones de especies forestales de distribución amplia como *E. camaldulensis*, muestran una gran variabilidad (Callahan, 1964) que es necesario explorar para identificar, en cada zona, la fuente de semilla que produce las mejores cosechas (Burley, 1969).

Como el mejoramiento de árboles es, por lo general, a largo plazo, es importante detectar la existencia de correlaciones entre las características juveniles y adultas; esto permitiría una mayor intensidad de selección en la etapa juvenil, lo cual redundaría en ganancias económicas (Franklin, 1978).

Desde 1980, el Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple (MADELENA) ha venido estableciendo pruebas de especies y procedencias en los diferentes países del área centroamericana (CATIE, 1985). Actualmente, se encuentran establecidos nueve experimentos de procedencias en cinco países de la región, encaminados a identificar las fuentes de semillas con mayor potencial para plantación en diferentes condiciones de sitio

Los objetivos del presente estudio son: 1) Identificar la mejor fuente de germoplasma para cada sitio donde ha sido establecido *E. camaldulensis* en América Central; 2) medir el grado de variación genotípica atribuible a las procedencias en cada sitio, y 3) medir el grado de las posibles interacciones genotipo-ambiente para *E. camaldulensis* en América Central.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Descripción y distribución de la especie

E. camaldulensis es una especie siempre verde que usualmente alcanza alturas entre 24 y 40 m, llegando hasta 50 m en algunas regiones de Australia (FAO, 1981; CATIE, 1985; Martínez, 1990). Información general sobre la morfología y taxonomía de la especie puede ser consultada en CATIE (1985), Gomez (1981) y Martínez (1990).

E. camaldulensis es la especie de eucalipto de mayor distribución en Australia, donde se le encuentra desde los 15°30' hasta los 38°00' de latitud sur; crece en forma natural en todos los estados de este país excepto en Tasmania (FAO, 1981; CATIE, 1985; Martínez, 1990).

En su ámbito natural, se caracteriza esencialmente por ser una especie ribereña (Kube y Price, 1986; Martínez, 1990). Básicamente se han distinguido dos formas, una de áreas meridionales o templadas y otra de áreas tropicales (FAO, 1981; CATIE, 1985; Martínez, 1990), lo que le permite adaptarse a una gran cantidad de condiciones ambientales y ecológicas.

Esta especie, junto con *E. grandis* y *E. globulus*, es una de las más plantadas en los países del Mediterráneo, además de que existen plantaciones extensas en varios países de Africa, Asia y América Latina, principalmente en Uruguay y Argentina (CATIE, 1985; Martínez, 1990).

2.2 Usos de la especie

Por las características de la especie, *E. camaldulensis* tiene una amplia aceptación entre los agricultores y carpinteros de América Central para diferentes usos como son:

Leña: Cuando está completamente seca constituye un excelente combustible, ya que su poder calorífico es de aproximadamente 400 kcal/kg (20.000 kJ/kg); el carbón que produce es de excelente calidad (National Academy of Sciences, 1980; CATIE, 1985).

Uso comercial y familiar: Dado que la madera es moderadamente densa (0,6 g/cm³), en Australia se utiliza para la construcción en general. También ha sido utilizada en la fabricación de durmientes para líneas de ferrocarril, interiores para piso y encofrados. Debido a su fortaleza es utilizada en contrucciones rurales o como postes para cercas, mientras que los fustes de plantaciones jóvenes o los rebrotes pueden utilizarse como soportes en plantaciones de banano y otros cultivos (CATIE, 1985; Martínez, 1990). Es importante mencionar que, en Panamá, El Salvador y Honduras, se ha comenzado a utilizar la madera en la fabricación de sillas, artesanías y otros objetos de pequeñas dimensiones (Martínez, 1990).

Otros usos : Esta especie se utiliza en las zonas secas como barrera rompevientos o cercos vivos a las orillas de los caminos, lo mismo que como ornamental en los parques y jardines en diferentes pueblos de América Central. Sus flores producen miel en abundancia y excelente calidad para el fomento de la apicultura (Martínez, 1990).

2.3 Comportamiento de la especie en plantaciones.

La especie ha mostrado un buen comportamiento fuera de su área de distribución natural y ha llegado a ser uno de los eucaliptos de mayor difusión en el mundo, con áreas de plantación de hasta 500.000 ha (Gómez, 1981). En España es la especie dominante en plantaciones, de las cuales existen alrededor de 114.000 ha, lo mismo que en Marruecos, donde existen 87.000 ha plantadas (National Academy of Sciences, 1980). Otras áreas donde *E. camaldulensis* se cultiva a nivel comercial con éxito son Pakistán, Kenya, Tanzania, Nigeria (FAO, 1975), Uruguay y Argentina (FAO, 1976). En América Central fue introducido a principios de los años 70 y ahora se planta en todos los países a nivel de plantaciones piloto (CATIE, 1985; Martínez, 1990)

Gómez (1981) menciona que en sitios buenos, esta especie muestra incrementos de 2 m en altura y 2 cm en diámetro a la altura del pecho (dap) por año durante los primeros 10 años, reduciéndose a la mitad en sitios pobres y secos. Se ha informado de la obtención de rendimientos de 20 a 25 m³ha⁻¹año⁻¹ y hasta 30 m³ en los mejores sitios de

Nigeria (FAO 1976), aunque Aguirre (1979) citado por Gómez (1981) informó que en la costa de Perú los incrementos alcanzan valores de hasta $34 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$.

En América Central, se han obtenido incrementos medios anuales de $31 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ durante la fase juvenil (Gómez, 1981), el cual es alto si se compara con lo informado por FAO (1976) para Argentina.

2.4 Pruebas genéticas de *Eucalyptus camaldulensis*

Con respecto a las investigaciones sobre mejoramiento genético de *E. camaldulensis*, se han realizado gran cantidad de estudios de procedencias, encaminados a seleccionar la mejor fuente de germoplasma para los programas de plantación en los países donde se cultiva extensamente, y se han encontrado diferencias importantes entre las procedencias estudiadas.

Por ejemplo, en California, USA (Estados Unidos de Norteamérica), la procedencia de Lake Albacutya, Australia, fue superior en producción en volumen que otras 22 procedencias probadas (Emery y Leding, 1987); es importante apuntar que este resultado es consistente con los informados para otros países con climas mediterráneos similares al de California .

En Colombia, Venegas y Bernal (1986) informaron que en un ensayo de especies, *E. camaldulensis* procedente de

Gilbert River fue el de mayor crecimiento en altura, superando en un 23 % a la mejor procedencia de *E. tereticornis* (especie plantada comercialmente) y con un comportamiento similar a ésta en cuanto a forma del fuste y sobrevivencia.

Emery (1987), quien evaluó 23 procedencias de *E. camaldulensis* a la edad de seis años en Concord, California para las características de altura total, dap, rectitud de fuste y bifurcación basal, encontró que la procedencia de Murray River de la región Sur de Australia, presentó las mejores tasas de crecimiento y la menor incidencia de bifurcación basal, y la recomendó para futuras colectas de semilla.

Donaldson et al. (1988), en una evaluación de especies de *Eucalyptus* en California, encontraron que *E. camaldulensis* fue relativamente tolerante a las heladas (-6°C), presentó buena sobrevivencia y tasas altas de crecimiento, llegando a producir cerca de $59 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$, con diámetros de 12 cm y alturas de 13 m a los 7 años de edad. Por otra parte, Hasey et al. (1988), igualmente en California, informaron que una procedencia derivada de un clon mejorado en España llegó a producir 140 m^3 a la edad de 3,5 años, con dap de 9,9 cm y alturas de 12,9 m. Esto indica que la especie tiene gran potencial y que el mejoramiento genético contribuye en forma significativa a mejorar el rendimiento.

De los resultados informados para el Continente Americano, se destaca que durante el periodo 1972-1979, se realizaron en Nicaragua una serie pruebas de especies y procedencias en las regiones del Pacífico y Central del país, encontrándose que la procedencia de Petford fue la que mostró los mejores crecimientos en altura, ya que a la edad de 24 meses alcanzó una altura promedio de 12 m (Evans, 1977). A partir de esta introducción, se realizaron colectas en una plantación establecida en León, Nicaragua con semilla procedente de Petford, convirtiéndose en la principal fuente de semillas para las plantaciones que actualmente se encuentran en diversas partes de América Central.

Newman (1981a), informó que en el Valle de Cauca en Colombia, después de tres años, una procedencia derivada local de *E. camaldulensis* (Yumbo, Colombia), presentó los mejores crecimientos en altura (10,1 m) y dap (11,3 cm), superando a varias procedencias de Queensland, Australia. Asimismo, al comparar esta especie con otras 29 especies en el Arboretum de La Guachiconá, Newman (1981b), encontró que *E. camaldulensis* fue la que mostro mejor comportamiento, con crecimientos de 10,7 m en altura, 10,4 cm de dap, un incremento medio anual de $15 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ y una sobrevivencia de 100 %.

Por su parte, Ladrach (1980), al analizar las pruebas de especies y procedencias de *Eucalyptus* en seis sitios de Colombia, encontró que *E. camaldulensis* en general fue la

especie que mejor se desarrolló en sitios con elevaciones inferiores a los 1000 m, destacando que las procedencias derivadas localmente (a las cuales llama "razas locales"), fueron las que presentaron los mejores crecimientos a la edad de dos años.

En México, Fierros y Musálem (1978), encontraron que *E. camaldulensis* fue superior a otras 49 especies de *Eucalyptus* en tres ambientes diferentes (templado, tropical y árido), destacando que la procedencia de Wiluna, Australia Occidental, fue la mejor en los tres ambientes, mientras que Petford y Katherine sólo sobresalieron en ambientes tropicales y templados, aunque con crecimientos menores que Wiluna.

Es importante resaltar que, procedencias que tradicionalmente son usadas (y con buenos resultados) en áreas tropicales y de baja elevación como lo son Petford y Katherine, también destacan en climas templados y a elevaciones superiores a los 2000 msnm, como lo informaron Fierros y Musálem (1978); hay que aclarar que sus crecimientos son inferiores en estas zonas que los informados en otras áreas tropicales.

En una prueba realizada en la región de Urbano Santos Maranhão (Brasil), se encontró que las mejores procedencias en orden decreciente fueron Gilbert River, Petford y Katherine, con una variación de 73 a 69 m³ ha⁻¹ a la edad

de tres años y medio. Además, al ser comparado con *E. tereticornis* y *E. alba*, *E. camaldulensis* fue la especie que presentó el mejor comportamiento general (Méndez et al., 1987).

Al analizar los ensayos de procedencias en la zona Central y Sur de Italia, Gemignani (1968) citado por Eldridge (1975), encontró que la procedencia de Lago Albacutya, Victoria, fue la de mejor crecimiento y forma del fuste, seguida por la de Port Lincoln, Sur de Australia. Las procedencias de la región Norte de Australia tuvieron un desarrollo y forma muy pobres.

Otegbeye (1985), al analizar un ensayo de procedencias de *E. camaldulensis* de 13 años de edad en Nigeria, encontró diferencias altamente significativas entre procedencias para las variables altura y dap, las cuales alcanzaron hasta 28 y 27 %, respectivamente, de la variación observada. Las mejores procedencias fueron las de la parte norte de Australia, destacándose las de Petford y Katherine; esto concuerda con lo publicado por Jackson y Ojo (1973) citado por Otegbeye (1985), quienes indicaron que estas dos procedencias son las mejores para las condiciones de la región de Sabana en Nigeria.

En la región de Peshawar, Pakistán, donde *E. camaldulensis* es la principal especie para plantación, un estudio sobre el comportamiento de procedencias a los 10

años, indicó que la fuente de semilla de Port Lincoln fue tres veces superior que las otras en volumen, mientras que la de Alice Springs fue la que presentó el mejor crecimiento en diámetro (Siddiqui, et al. 1979).

Por otro lado, Lacaze (1970), encontró que la procedencia de Lago Albacutya, fue entre 22 y 87 % superior a otras 33 procedencias para las características de altura y dap a los dos años de edad en la región Mediterránea (con lluvias en invierno); por el contrario, para El Congo y Nigeria donde se presentan condiciones de lluvias en verano, las procedencias mas promisorias fueron Petford, Queensland y Katherine, Territorio del Norte.

Kapur y Dogra (1987a), analizaron 18 procedencias, a los tres años y medio de edad en Punjab, y encontraron que un grupo de 8 procedencias no mostró diferencias estadísticas en cuanto a crecimiento en altura y dap. Estos autores destacaron que las procedencias de la región norte de Australia, fueron las que mostraron mejor desarrollo bajo las condiciones del lugar, con crecimientos en altura promedio superiores a los 14 m y dap de 9,5 cm.

Al evaluar una prueba de especies y procedencias en la misma región a la edad de cuatro años, los mismos autores encontraron que *E. camaldulensis* de Gilbert River y Petford fueron superiores a *E. tereticornis*, *E. microtheca* y un

hibrido local, con crecimientos de 14,6 m en altura y 9,1 cm en dap, (Kapur y Dogra, 1987b).

Burley y Hans (1980), al estudiar la variación de la forma de la hoja en los estados juveniles (2 años) y maduros (10 años) de 25 procedencias en Zambia, encontraron que había una evidente separación entre las procedencias de la parte norte de Australia y las que provenían de la parte sur, confirmando lo expuesto por otros autores al evaluar procedencias de *E. camaldulensis* en áreas tropicales; además de encontrar que había correlaciones juvenil-adulto altamente significativas para las variables largo y ancho de la hoja, ya que las mediciones hechas en las hojas de dos años, fueron confirmadas en hojas de árboles de 10 años.

Las temperaturas extremas, tanto alta como baja, inhiben el desarrollo de algunos *Eucalyptus* cuando son plantados fuera de su habitat natural (Australia); esto llevó a Karschon y Pinchas (1971) a estudiar las variaciones que algunos ecotipos de *E. camaldulensis* muestran con respecto a la resistencia al calor, encontrando que dependiendo del origen de la semilla, los valores de resistencia al calor varían de 47 a 50 °C y no tienen relación con la temperatura máxima mensual de la fuente de semilla.

Rudman (1970), al estudiar la influencia del genotipo y el ambiente en condiciones controladas en laboratorio en

Australia sobre las propiedades de la madera de *E. camaldulensis*, encontró una correlación negativa altamente significativa entre el crecimiento en altura y la longitud de la fibra.

En general se resume que las diferentes pruebas de procedencias realizadas en el mundo, coinciden en el hecho de que, para climas tropicales, las mejores procedencias son Petford, Queensland y Katherine, Territorio del Norte, y en menor grado Gilbert River; para las regiones con climas mediterraneos, la mejor procedencia es Lake Albacutya, y para las regiones áridas destaca Wiluma.

2.5 Interacción genotipo-ambiente

En el pasado la atención de mejoradores de plantas se centró en los caracteres finales como el rendimiento de tal o cual variedad. Actualmente, hay conciencia de que las plantas superiores son sistemas dinámicos, en los cuales ocurren cambios constantemente desde la germinación hasta la madurez. El patrón de cambio raramente es el mismo entre genotipos diferentes en un ambiente en particular o para un genotipo en ambientes diferentes. El interés en este aspecto, ha recibido los primeros estímulos con el descubrimientos del código genético en los individuos.

En sistemas altamente organizados como el de las angiospermas, las secuencias en los eventos de su desarrollo son tan complicados que no permiten que las fluctuaciones en

el medio ambiente puedan inducir interacciones en cada uno de los diferentes niveles de organización.

Mientras las consideraciones de la ocurrencia de las secuencias de dichos eventos proporcionan una visión al interior de las causas complejas de la interacción genotipo-ambiente, en la actualidad se han abierto nuevas vías para investigar las causas y sus efectos.

Allard y Bradshaw (1964), afirman que uno de los problemas más importantes se centra en la regulación de la acción génica, y hasta que este problema no sea resuelto, será difícil entender como actúan los genes para proveer la diversidad de patrones de desarrollo sobre los cuales se sustentan las interacciones genotipo-ambiente.

Desde 1964, se han venido realizando varios intentos para explicar la interacción genotipo-ambiente, incluyendo desde estudios bioquímicos de sistemas enzimáticos, a través de estudios de patrones de crecimiento, hasta análisis basados en la separación final de los componentes del carácter, como los realizados por Sarkissian y Huffaker (1962), citados por Allard y Bradshaw (1964).

Finalmente Allard y Bradshaw (1964), señalan que sería muy útil, como ayuda al fitomejoramiento, la identificación de algún componente que pueda ser medido con menos trabajo y error que un carácter final y que además, esté altamente

correlacionado con el caracter final bajo condiciones de campo.

En la actualidad, los intentos son más numerosos y han logrado un gran avance a través de la ingeniería genética. Por medio de ésta, además de haber identificado algunos mecanismos enzimáticos de regulación génica, se ha logrado manipular dicho proceso y cambiar un gen por otro, modificando así la expresión de un caracter de acuerdo con los requerimientos ambientales.

El entendimiento de la interacción genotipo-ambiente implica el conocimiento de los tipos de interacción posible, y debe ser entendida como la respuesta diferencial de los genotipos a los cambios en las condiciones ambientales (Clair y Kleinschmit, 1986).

La interacción puede ser de diferentes clases y magnitudes. Dunlop (1962) citado por Tewolde (1984), señaló cuatro tipos de interacciones que involucran diferencias ambientales y genéticas de distintas dimensiones. Las más importantes son la interacción cuando hay movimientos de genotipos de una región a otra, y la interacción que se da cuando intervienen diferentes genotipos, por lo que es posible que algunos híbridos o procedencias se comporten mejor en algunos suelos aún dentro de las mismas condiciones de determinada zona edafoclimática.

La estratificación de ambientes ha sido usada para reducir la interacción genotipo-ambiente. Dicha estratificación, según Eberhart y Russell (1966), tiene sus inconvenientes, ya que la región para la cual un mejorador está desarrollando variedades mejoradas, frecuentemente puede ser tan subdividida que al final todos los ambientes en la subregión serán muy similares.

Esta estratificación usualmente se basa en diferencias macroambientales como gradientes de temperatura, distribución de lluvias y tipos de suelos. Según dichos autores, dado que es de esperar poco progreso adicional en la reducción de la interacción genotipo-ambiente por estratificación de ambientes, existe la necesidad de seleccionar genotipos que interactúen menos con el medio ambiente en el cual crecen.

A este respecto, Allard y Bradshaw (1964), dividen las variaciones ambientales como predecibles e impredecibles. Las primeras incluyen todos los caracteres permanentes del ambiente, tales como elementos generales del clima y tipo de suelo, así como aquellas características del ambiente que fluctúan de una manera sistemática, tales como duración del día. Aquí también se incluyen aquellos aspectos de ambiente que son determinados por el hombre.

La segunda categoría incluye fluctuaciones en clima como cantidad y distribución de lluvias, temperaturas y

otros factores como densidad de plantas por área. La distinción se debe a que ellas tienen, independientemente, diferentes impactos, no solamente sobre procedimientos operacionales en los estados de selección de programas de mejoramiento, sino también en las etapas de evaluación.

Dentro de la variación ambiental predecible, el primer paso según Allard y Bradshaw (1964), es reconocer la existencia de diferencias, debido a grandes interacciones procedencia x localidad, obtenidas cuando el cultivo es evaluado en una región que indica que ha incluido un número de ambientes diferentes y especiales.

Por otra parte, interacciones localidad x procedencia sugieren que el programa de mejoramiento podría permitir el desarrollo de un número de procedencias particularmente adaptadas a uno de los ambientes especiales.

Esto indica claramente la necesidad de realizar evaluaciones de los materiales en condiciones lo más aproximadas posible a las de plantación; de lo contrario, es de esperar errores en los programas de mejoramiento. Lo cual no es una práctica muy común, que se traduce en errores del programa de mejoramiento.

Si a través del mejoramiento genético es posible identificar procedencias o ecotipos adaptados a ambientes específicos predecibles, entonces también será muy importante para el mejorador, lograr identificar

procedencias que se adapten a variaciones ambientales impredecibles no permanentes.

Estas procedencias ajustarán su comportamiento a fluctuaciones impredecibles del medio ambiente. Sin embargo, esto implica preguntarse si la estabilidad está bajo control genético y si ciertos tipos de sistemas genéticos son más propensos que otros a producir estabilidad en la productividad; en caso de resultar cierto, esta deberá ser examinada en detalle por el mejorador.

Para analizar la interacción genotipo-ambiente, existen varias técnicas como la del Análisis de Estabilidad de Eberhart y Russell, la de Componentes Principales y la de Regresión conjunta.

La técnica de regresión conjunta desarrollada por Perkins y Jinks (1968) y que es una ampliación de las técnicas de regresión desarrolla por Yates y Cochran (1938) y mejorada por Filay y Wilkinson (1963), es una de las que se utilizan para analizar la interacción genotipo-ambiente. La regresión conjunta tiene como principio central que el grado de expresión de la GEI (interacción genotipo-ambiente) es una función lineal de la influencia del ambiente (Gibson, 1982).

La innovación más importante de la regresión conjunta, es que divide la suma de cuadrados de la interacción en dos componentes discretos:

a) La heterogeneidad de la regresión con $(p-1)$ grados de libertad y,

b) Un residual con $(p-1) (s-2)$ grados de libertad.

donde p = número de procedencias, y s = número de sitios.

Cada genotipo es regresionado con el valor medio de todos los genotipos en cada sitio, calculando los coeficientes de regresión individual (Gibson, 1982).

La aplicación de ésta técnica a la genética forestal es importante, ya que suele ser sencilla y con precisión similar que otras técnicas como la de componentes principales o el análisis de estabilidad, como lo demostraron Barnes *et al.* (1984).

Esencialmente, en las investigaciones de genética forestal, se asume que cada una de las procedencias es evaluada con respecto a otras candidatas en condiciones de plantación, y el criterio de escogencia dependerá de la característica que se esté considerando (que puede ser de crecimiento o forma); así, se puede seleccionar genotipos que tengan pendiente de regresión $b > 1$ cuando se trata de variables como crecimiento en altura o dap. Si se trata de características no deseables como bifurcación o cola de zorro, se escogerán las procedencias con pendiente $b < 1$ (Gibson, 1982).

3. MATERIALES Y METODOS

Para el desarrollo del presente estudio, se utilizaron experimentos establecidos con anterioridad por el Proyecto MADELENA en fincas de productores cooperantes en cinco países de América Central.

Los experimentos fueron establecidos en nueve sitios diferentes que cubren un rango latitudinal que va de 07°55' en Panamá, a 14°18' en Guatemala y una variación longitudinal desde los 80°12' hasta 91°33'. La elevación varía desde 40 msnm en Antón Coclé, Panamá, hasta los 600 msnm en Caminos Nuevos, Honduras, mientras que la precipitación varía de 666 a 2630 mm y la temperatura media anual de 21,1 °C a 27,6 °C.

En el Cuadro 1 se presenta la información resumida de las características de los sitios de prueba y la Figura 1 muestra la ubicación de los sitios en América Central.

3.1 Origen de la Semilla.

La semilla utilizada en las pruebas de procedencias fue obtenida a través de CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization) de Australia, la cual proporcionó 19 procedencias australianas, 5 procedencias más fueron suministradas por el Banco Latinoamericano de Semillas Forestales del CATIE y las 2 restantes a través de una empresa holandesa comercializadora de semillas. El

Cuadro 1. Ubicación y características de los sitios de las pruebas de procedencias de *Eucalyptus Cambalulensis* Dehnh establecidas en América Central

País	Sitio	No. Emp.	Año Plant.	No. Procs.	Long U	Lat N	Elevación (msnm)	Temp. (°C)	Precip (mm)	Meses secos	Uso anterior	Zona de vida
PAN	Pesé, Herrera	52	1984	6	80°33'	07°55'	60	27,2	1382	5	Cultivo anual	bst
PAN	Antón, Coclé	53	1984	6	80°12'	08°28'	40	27,6	666	5	Cultivo anual	bst
PAN	Montijo, Veraguas	104	1987	4	80°27'	08°39'	60	26,0	2630	4	Pastos	bh-t
PAN	Sabana Grande, Los Santos	100	1987	4	80°21'	07°51'	50	26,7	1162	5	Cultivo anual	bst
GUA	La Máquina, Suchitepequez	136	1986	12	91°33'	14°18'	100	27,4	1860	6	Cultivo anual	bh-s(c)
HON	Caminos Nuevos, Comayagua	138	1988	9	87°42'	13°25'	600	23,1	960	6	Cultivo anual	bs-t
ELS	Hda. Santa Teresa, Sonsonate	95	1988	6	89°28'	13°46'	470	23,8	2140	6	Cultivo anual	bh-st(t)
ELS	Hda. La Carrera, Usulután	82	1986	10	86°56'	13°18'	75	26,6	1756	6	Cultivo anual	bst
COS	San Joaquín, Nicoya	173	1988	10	85°20'	10°07'	50	27,0	1862	5	Pastos	bst

PAN= Panamá GUA: Guatemala HON: Honduras ELS: El Salvador COS: Costa Rica

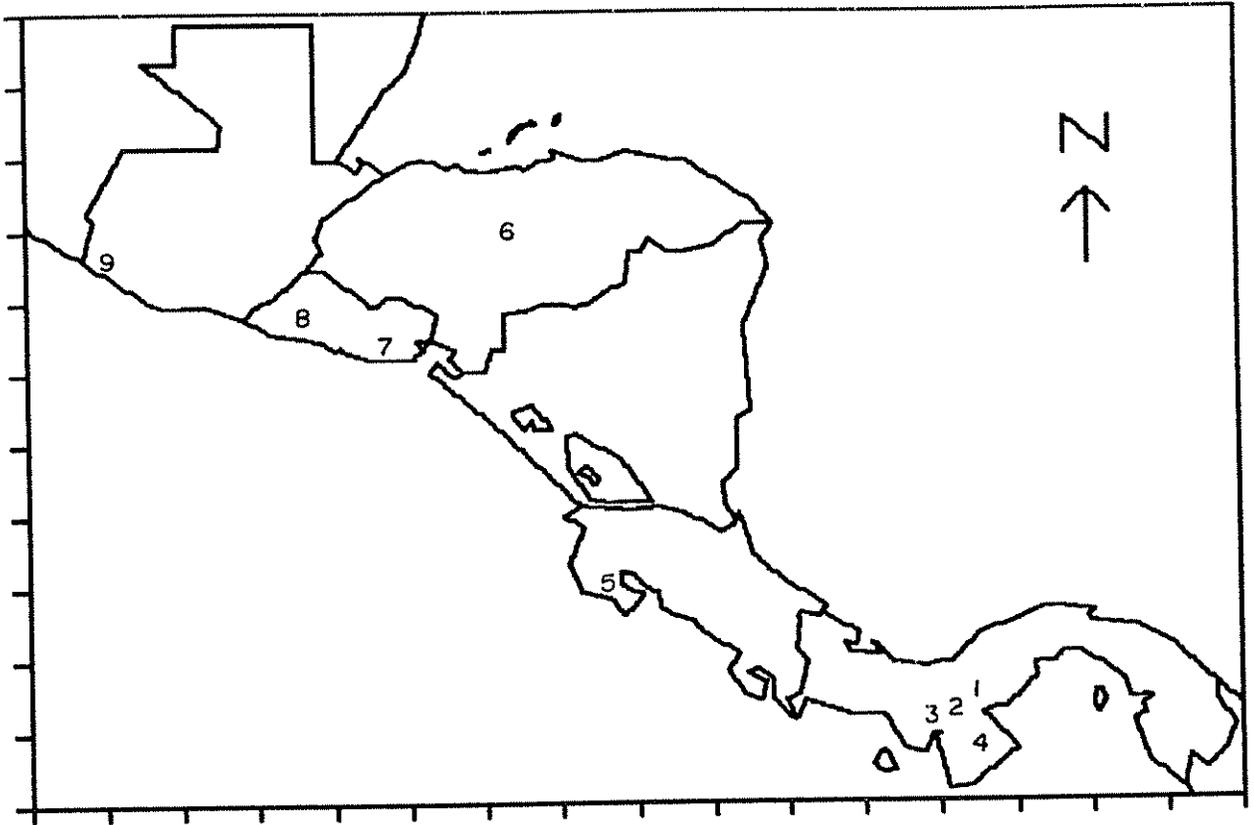


Figura 1. Ubicación de los sitios de las pruebas de procedencia de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh en América Central.

1. Pesé, Herrera.
2. Antón, Coclé.
3. Montijo, Veraguas.
4. Sabana Grande, Los Santos.
5. San Joaquín, Nicoya.
6. Caminos Nuevos, Comayagua.
7. Hacienda La Carrera, Usulután.
8. Hacienda Santa Teresa, Sonsonate.
9. La Máquina, Suchitepéquez.

Cuadro 2. Características de los sitios de colecta de las fuentes de semilla de *Eucalyptus candulensis* Dehnh utilizadas en las diferentes pruebas en América Central.

No. BLSF	Reg. CSIRO	PROCEDENCIA	SIGLAS	LONGITUD	LATITUD	ALTITUD (msnm)	PRECIPM (mm)	TEMPM (°C)
1202		Matagalpa, Nic.	MAN	86° 00' 0"	12° 51' N	450	1374	25.7
1220		Zimbabwe, via Hol.	ZIM	31° 00' E	20° 30' S	nr	nr	nr
1403		León, Nic.	LEN	87° 00' 0"	12° 30' N	100	1159	27.9
1565		León, Nic.	LEN	87° 00' 0"	12° 30' N	110	1159	27.9
1649		Holanda	HOL	nr	nr	nr	nr	nr
1825	13801	Katherine, Aust.	KTA	132° 16' E	14° 27' S	110	907	27.0
1826	13662	Petford, Aust.	PTA	144° 58' E	17° 20' S	460	694	22.8
1827	13663	Urothan Park, Aust.	UPA	144° 02' E	16° 40' S	190	876	25.5
1828	13692	Gilbert River, Aust.	GRR	144° 13' E	18° 17' S	150	726	26.0
1829	12346	Kimberly, Aust.	KBA	126° 30' E	16° 08' S	430	844	25.3
1830	13928	Victoria River, Aust.	VRA	131° 02' E	15° 35' S	35	756	27.3
1831	13929	Cockatoo Creek, Aust.	CCA	129° 01' E	15° 38' S	50	822	28.2
1832	13954	Tennant River, Aust.	TRA	134° 30' E	19° 47' S	300	336	25.7
1833	13931	Ord River, Aust.	ORA	127° 50' E	17° 28' S	280	558	26.8
1834	13933	Fitz Roy, Aust.	FRA	125° 42' E	18° 06' S	110	493	28.0
2118		Guararé, Pan.	GUP	80° 16' 0"	07° 45' N	50	1145	26.7
2796		Petford, Aust.	PTA	145° 02' E	17° 24' S	590	673	21.8
4009		Ferguson River, Aust.	FER	171° 59' E	14° 04' S	213	860	27.0
4010	10517	Petford, Aust.	PTA	145° 59' E	17° 17' S	457	860	21.8
4011		Petford, Aust.	PTA	145° 02' E	17° 24' S	590	673	21.8
4012		Dimbulah, Aust.	DIA	144° 56' E	17° 10' S	420	725	23.1
4013		Dprl, Aust.	DPA	nr	nr	nr	nr	nr
4014		Inglewood, Aust.	IIR	151° 05' E	28° 25' S	260	602	18.6
4015		Petford, Aust.	PTA	145° 00' E	17° 25' S	520	840	21.8
s/n		Australia	AUS	nr	nr	nr	nr	nr
s/n		La Misquina, Guat.	MAG	91° 33' 0"	14° 18' N	100	1860	27.4

M promedio anual

Cuadro 2 muestra la información resumida de las características de los sitios de colecta de las procedencias.

Las procedencias utilizadas en cada sitio se presentan en Anexo 1.

3.2 Procedimiento general.

Para estudiar el comportamiento de las procedencias en los diferentes sitios de América Central, se usaron los datos de las mediciones desde los 6 hasta los 54 meses de edad.

La última evaluación fue realizada entre diciembre de 1990 y febrero de 1991, cuando los ensayos contaban con 30 a 54 meses de edad (según sea el caso).

La medición de los árboles se hizo siguiendo las normas establecidas en la Guía para la Investigación Silvicultural de Especies de Uso Múltiple, utilizada por el Proyecto MADELENA del CATIE y descritas por Salazar (1989). Para la toma de datos se utilizó el formato 15, CATIE, PFAF, MIRA, utilizado por el Sistema MIRA y que se presenta en el Anexo 2.

Las variables que se evaluaron en cada árbol fueron el diámetro a la altura del pecho (dap), el cual se midió con cinta diamétrica; la altura total, que fue medida con vara telescópica cuando la altura de los árboles fue inferior a

los 12 m, y con clinómetro para alturas superiores. Las variables bifurcación y floración fueron evaluadas en función de su presencia o ausencia en el árbol, para posteriormente transformarlo en porcentaje del total de árboles presentes en la parcela. La sobrevivencia fue determinada como el porcentaje de árboles vivos en la parcela.

3.3 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado en todas las pruebas fue el de bloques completos al azar, con diferente número de tratamientos (4 a 12) y repeticiones (3 a 5). La unidad experimental estuvo compuesta por una parcela útil de 16 ó 25 árboles, con una línea de borde. El Cuadro 3 resume las características de los ensayos establecidos en los diferentes sitios.

3.3 Análisis de la información.

El análisis de la información se hizo en dos partes:

a) Un análisis individual para cada uno de los sitios de prueba, incluyendo todas las procedencias probadas.

b) Un análisis entre sitios, que comprendió solamente las procedencias comunes en todos los sitios, organizados de la siguiente manera:

Cuadro 3. Características del diseño experimental por sitio por las pruebas de procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehrh en América Central.

País	Sitio	Fecha inicio	Mo. de procedencias	Rep	Arboles/ parcela
COS	San Joaquín, Micoya.	08/88	10	4	16
ELS	Hda. La Carrera, Usulután.	08/86	10	4	25
ELS	Hda. Santa Teresa, Sonsonate.	06/88	6	3	16
GUA	La Máquina, Suchitepequez.	06/86	12	4	16
HON	Camino Nuevos, Comayagua.	07/88	8	3	16
PAN	Antón, Coclé.	07/84	6	5	25
PAN	Montijo, Veraguas.	08/87	4	3	16
PAN	Pesé, Herrera.	07/84	6	5	25
PAN	Sabana Grande, Los Santos.	07/87	4	3	16

COS = Costa Rica ELS = El Salvador HON = Honduras GUA = Guatemala PAN = Panamá

Grupo 1: Sitios (082L) Hda. La Carrera, El Salvador; (173L) Nicoya, Costa Rica y (136L) La Máquina, Guatemala. Las procedencias analizadas se muestran en el Cuadro 4.

Debido a que el promedio utilizado provenía de un número de árboles diferentes en cada sitio (Cuadro 3), para el análisis se usó el método de Mínimos Cuadrados Ponderados.

Cuadro 4. Procedencias comunes de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh utilizadas en el análisis entre sitios para el Grupo 1.

Proc. N ^o .	N ^o . lote	Procedencia
1	BLSF1828	Gilbert River, Australia
2	BLSF1565	León, Nicaragua
3	BLSF1832	Tennant River, Australia
4	BLSF1829	Kimberly, Australia
5	BLSF1831	Cockatoo Creek, Australia
6	BLSF1833	Ord River, Australia
7	BLSF1826	Petford, Australia
8	BLSF1827	Whrotan Park, Australia
9	BLSF1830	Victoria River, Australia

Grupo 2: sitios (052L) Pesé, Herrera, Panamá y (053L) Antón, Coclé, Panamá. Las procedencias analizadas se muestran en el Cuadro 5.

En el caso de este grupo, no se presentó ninguna diferencia entre el número de árboles por parcela (Cuadro 3).

Cuadro 5. Procedencias comunes de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh utilizadas en el análisis entre sitios para el Grupo 2.

Proc. Nº	Nº. lote	Procedencia
1	BLSF1565	León, Nicaragua.
2	BLSF1403	Léon, Nicaragua.
3	BLSF1202	Matagalpa, Nicaragua.
4	BLSF1220	Holanda.
5	BLSF1649	Zimbabwe.
6	BLSF2181	Guarare, Panamá.

Para el análisis de la información se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System).

Para cada uno de los experimentos, los análisis que se realizaron fueron:

- Análisis de varianza y pruebas de rango múltiple para cada una de las variables
- Análisis de sobrevivencia
- Análisis de los componentes de la varianza.

El modelo general de análisis utilizado para los experimentos individuales fue un modelo mixto, considerando las procedencias como efecto fijo; los datos usados para los análisis fueron los promedios por parcela:

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

Donde:

Y_{ij} = Cualquier variable en la i-ésima procedencia en la j-ésima repetición.

μ = Media general.

P_i = Efecto de la i-ésima procedencia.

R_j = Efecto de la j-ésima repetición.

E_{ij} = Error experimental

Para el análisis entre sitios, se utilizó el modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + \epsilon_j + r_{j(k)} g_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = cualquier variable en i-ésima procedencia, el j-ésimo sitio y la k-ésima repetición.

μ = Media general

P_i = Efecto de la i-ésima procedencia.

ϵ_j = Efecto del j-ésimo sitio (ambiente).

$r_{j(k)}$ = Efecto de la k-ésima repetición en el j-ésimo sitio

g_{ij} = Interacción procedencia x sitio de la i-ésima procedencia en el j-ésimo ambiente.

e_{ijk} = Error

4. RESULTADOS Y DISCUSION

En el presente capítulo, se presentan y discuten los resultados para cada uno de los nueve sitios donde se encuentran las pruebas de procedencias, en sentido de sur a norte. En una segunda parte, se presentan y discuten los resultados de dos grupos de sitios con procedencias comunes. Finalmente, se realiza una discusión general en la tercera parte.

4.1 Crecimiento y sobrevivencia de procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh por sitio

En este apartado, se presentan y discuten los resultados mas sobresalientes en cuanto a valores de altura dap y sobrevivencia de cada uno de los nueve sitios.

4.1.1 Sitio Sabana Grande, los Santos, Panamá.

En el Cuadro 6, se presentan los resultados del crecimiento en altura total, dap y sobrevivencia desde los seis hasta los 40 meses de edad, que muestra la tendencia general de cada una de las cuatro procedencias probadas en este sitio.

El análisis de varianza sobre el crecimiento en altura total (Cuadro 7), indica que estadísticamente existen diferencias significativas entre las cuatro procedencias estudiadas desde los seis hasta los cuarenta meses,

Cuadro 6. Sobrevivencia y crecimiento en altura total y dep de cuatro procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn a diferentes edades, en Sabana Grande, Los Santos, Panamá.

Procedencia	6 meses		13 meses		29 meses		40 meses			
	Altura (m)	S (2)	Altura (m)	S (2)	Altura dep (cm)	S (2)	Altura dep (cm)	S (2)		
Tennant River, Aust.	1,6	89	3,6	89	7,6	3,0	81	8,6	6,8	55
Ord River, Aust.	1,9	96	4,3	96	9,5	3,4	95	10,8	7,9	91
Fitz Roy, Aust.	2,1	99	4,8	99	10,2	3,8	95	11,8	9,2	87
Australia	1,6	76	3,3	73	7,8	2,7	56	8,6	6,9	43

S: Sobrevivencia dep: diámetro a la altura del pecho

29,5
3,9,2

destacándose la procedencia de Fitz Roy, Australia (BLSF1834) a los cuarenta meses de edad superó en un 27 % (3,2 m) a la procedencia que menos creció (Tennant, Australia), y en un 16 % al promedio de las cuatro procedencias probadas (9,9 m). La procedencia con crecimiento menor, se ubicó un 13 % por debajo del promedio (Cuadro 8).

Cuadro 7. Análisis de varianza del crecimiento en altura total y dap de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a diferentes edades en Sabana Grande, Los Santos, Panamá.

FV	GL	C u a d r a d o				M e d i o	
		A l t u r a				d a p .	
		6	13	29	40	29	40
Bloques	2	0,10ns	0,29ns	1,00ns	0,37ns	0,42ns	0,33ns
Procedencia	3	0,15*	1,35*	4,67*	0,81**	0,75*	3,57*
Error	6	0,02	0,13	0,54	0,30	0,11	0,77

* Significativo al 5 %

** Significativo al 1 %

El comportamiento en dap fue analizado a los 29 y 40 meses de edad y se observó que existen diferencias significativas a ambas edades (Cuadro 7); la prueba de Duncan (Cuadro 8), indica que la procedencia de Fitz Roy, Australia, al igual que en altura total, fue la mejor para esta característica, superando en un 17 % a la media general

Cuadro 8. Pruebas de rango múltiple de Duncan para el crecimiento en altura total y dep de cuatro procedencias de *Eucalyptus cavendishii* a diferentes edades en Sabana Grande, Los Santos, Panamá.

		a l t u r a				d e p			
		13 meses		29 meses		40 meses		40 meses	
Proc.	media x (M)	Proc.	media x (M)	Proc.	media x (M)	Proc.	media x (M)	Proc.	media x (M)
FRA	2,1	FRA	4,8	FRA	10,2	FRA	11,8	FRA	3,8
ORA	1,9	ORA	4,3	ORA	9,5	ORA	10,8	ORA	3,4
TRA	1,6	TRA	3,6	AUS	7,8	AUS	8,8	TRA	3,0
AUS	1,6	AUS	3,3	TRA	7,6	TRA	8,6	AUS	2,7
								FRA	9,2
								ORA	7,8
								AUS	6,9
								TRA	6,8

x Duncan: los promedios unidos por la misma línea son estadísticamente iguales
 Proc.: la identificación de las procedencias se encuentra en el Cuadro 2

y un 26 % a la procedencia que menos creció (Tennat, Australia), la cual fue un 20 % inferior al promedio.

Estos resultados manifiestan la existencia de una alta correlación entre el crecimiento en altura total y el dap de las procedencias probadas en este sitio.

El Cuadro 6 muestra que la sobrevivencia manifestó diferencias entre procedencias desde los 6 hasta los 40 meses. A los 40 meses, la procedencia de Ord River presentó la mejor sobrevivencia (91 %), siguiéndole Fitz Roy con 87 %, mientras que Tennant y Australia s/n mostraron sobrevivencias muy bajas (55 y 43 %, respectivamente); esto puede ser un indicador de que estas dos últimas procedencias, tuvieron problemas de adaptación en este sitio.

Los crecimientos observados por las cuatro procedencias en estudio, pueden ser atribuidos a que las condiciones de Sabana Grande, donde la precipitación es aproximadamente el doble (1116 mm) de la presente en Fitz Roy; el déficit hídrico es menor (5 meses secos) y la elevación es tan solo de 50 msnm (Cuadro 1), comparados con los 493 mm de lluvia, 9 meses secos y 110 msnm de elevación de Fitz Roy; esto sugiere que la mayor cantidad de lluvia y menor estrés por déficit hídrico, permiten a la procedencia tener un período de crecimiento mayor en el sitio de prueba que en el sitio de colecta.

Los crecimientos promedio por año de la procedencia de Fitz Roy fueron de 3,54 m en altura y 2,76 cm en dap, los cuales son (iguales o mejores) a los reportados por CATIE (1985) para otras especies exóticas bajo condiciones similares de sitio en América Central, como melina (*Gmelina arborea*), con incremento medio anual (IMA) de 1 a 3,5 m en altura y de 2 a 4 cm de dap, o para la teca (*Tectona grandis*), con IMA de 0,6 a 3,9 m de altura y de 0,4 a 2,5 cm de dap.

Al analizar el crecimiento de otras procedencias probadas como Tennant River, es interesante observar que, a pesar de que presentó el menor crecimiento, éste fue mayor que el mostrado por una procedencia derivada como es León, Nicaragua, en Río Hato, Coclé, Panamá, donde los crecimientos alcanzados a los 37 meses fueron de 6 m en altura y 5,9 cm en dap (Ríos et al., 1989), comparados con los 8,6 m en altura y 6,8 cm en dap mostrados por Tennant River a una edad similar (40 meses).

Con respecto al comportamiento de Tennant River en otros sitios de prueba, los crecimientos observados en este sitio (Sabana Grande) son superiores en más del 30 % a los obtenidos en Afaka, Nigeria, donde dicha procedencia fue inferior a otras procedencias como Petford y Katherine. En dicho sitio la procedencia de Tennant River alcanzó crecimientos de 17,7 m de altura y 18 cm de dap a los 13 años (Otegbeye, 1985), dando un IMA de 1,63 m y 1,38 cm en

altura y dap, respectivamente, comparados con los 2,58 m en altura y los 2,07 cm en dap obtenidos en Sabana Grande.

Con base en esta prueba, se puede indicar que para la región de Los Santos, en la península de Azuero, Panamá, la procedencia de Fitz Roy, Australia, podría ser una de las más apropiadas, ya que ha demostrado ser superior a las otras tres procedencias evaluadas desde los 6 hasta los 40 meses de edad.

Como se mencionó anteriormente, a pesar de que las otras tres procedencias tuvieron crecimientos menores, estos fueron superiores a los presentados en la mayor parte de Panamá por procedencias derivadas regionalmente como la de León, Nicaragua; mientras que la procedencia que menos creció (Tennant River) presentó crecimientos 7,6 m y 3,0 cm en altura y dap (a los 30 meses), respectivamente, la procedencia de León alcanzó 5 m de altura a la misma edad (Gutiérrez et al., 1990).

Esto es importante, ya que debería esperarse que las procedencias derivadas tuvieran superioridad sobre las de origen, debido a que éstas han pasado por un proceso previo de adaptación y selección a las condiciones de la región. Esto no es consistente con lo informado por Ladrach (1986), quien indica que una procedencia derivada de *Eucalyptus camaldulensis* (Yumbo, Colombia), fue la mejor en el Valle

del Cauca, Colombia, al compararla con otras procedencias de Australia.

4.1.2 Sitio Montijo, Veraguas, Panamá.

Este experimento fue establecido con las mismas cuatro procedencias utilizadas en el sitio Sabana Grande, Los Santos; no obstante, los resultados fueron afectados por una serie de dificultades, lo que ocasionó su cancelación a los 30 meses de edad. El daño principal fue ocasionado por el ataque reincidente de hormigas zampopo (*Atta sp*).

La información recopilada, sin embargo, permite hacer un análisis del comportamiento inicial de las procedencias de *E. camaldulensis* bajo las condiciones de este sitio.

El Cuadro 9 presenta los resultados del crecimiento en altura total y la sobrevivencia de las cuatro procedencias evaluadas en este sitio a lo largo de 30 meses.

En el Cuadro 10 el análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas entre las procedencias a los 6 meses de edad, significativas a los 18 meses y no significativas a los 30.

Al analizar el crecimiento promedio de las procedencias a través de este período de evaluación, se observa un comportamiento estable en cada una de las procedencias, ya que como se muestra en el Cuadro 11, la procedencia de

Cuadro 9. Sobrevivencia y crecimiento en altura de cuatro procedencias de *Eucalyptus canalduensis* Dehn e diferentes edades en Montijo, Veraguas, Panamá.

Procedencia	6 meses		18 meses		30 meses	
	Altura (m)	S (2)	Altura (m)	S (2)	Altura (m)	S (2)
Tennant River, Aust.	0,9	68	1,5	41	2,3	35
Ord River, Aust.	0,9	64	1,7	49	2,7	49
Fitz Roy, Aust.	1,1	68	1,5	68	3,0	68
Australia	1,3	73	1,9	55	3,3	55

S: Sobrevivencia

Australia (s/n) se ubica como la mejor desde los 6 hasta los 30 meses de edad, seguida siempre por Fitz Roy con solo 20 cm de diferencia a los 30 meses, la cual es muy pequeña para una especie catalogada como de rápido crecimiento (Martínez, 1990).

Cuadro 10. Análisis de varianza del crecimiento en altura total de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a diferentes edades, en Montijo, Veraguas, Panamá.

FV	GL	C u a d r a d o M e d i o		
		A l t u r a		
		6	18	30
Bloques	2	2,35ns	83,41ns	495,27ns
Procedencia	3	113,08**	139,28*	615,12ns
Error	6	11,25	19,28	144,01

* Significativo al 5 %

** Significativo al 1 %

La prueba de Duncan (Cuadro 10), muestra que a los 30 meses de edad existe un grupo de tres procedencias estadísticamente iguales. Al analizar los crecimientos se observa que la procedencia de Australia (s/n) fue tan solo 13 % (0,5 m) superior a la media y 31 % superior a la que menos creció (Tennant River), con una diferencia entre ellas de 1 m.

Cuadro 11. Pruebas de rango múltiple de Duncan para el crecimiento en altura total de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a diferentes edades, en Montijo, Veraguas, Panamá.

6 meses			18 meses			30 meses		
Proc.	X (m)	*	Proc.	X (m)	*	Proc.	X (m)	*
AUS	1,3		AUS	1,9		AUS	3,3	
FRA	1,1		FRA	1,8		FRA	3,0	
ORA	0,9		ORA	1,7		ORA	2,7	
TRA	0,9		TRA	1,5		TRA	2,3	

* Duncan: Los promedios unidos por la misma línea no son estadísticamente diferentes.

Al comparar los datos de crecimiento observados en este sitio con los obtenidos en Sabana Grande, del que difiere en precipitación y déficit hídrico (Cuadro 1), la diferencia en crecimiento en altura a los 30 meses fue de 68 % en promedio, ya que en Sabana Grande alcanzó un promedio 8,8 m, mientras que en Montijo la altura promedio fue 2,8 m.

Esta diferencia puede ser atribuida principalmente al uso anterior del suelo; mientras que en Sabana Grande el uso del suelo fue agrícola, en Montijo el uso anterior fue pastos (Cuadro 1), produciendo compactación en el suelo; también, este último sitio muestra un proceso de deterioro del suelo y en algunos casos afloramiento de roca.

En general, se observó que el comportamiento de las procedencias en este sitio fue similar al de Sabana Grande, a excepción de la procedencia de Australia, que mostró un

comportamiento ligeramente superior al de las otras procedencias en Montijo.

En cuanto a la sobrevivencia, el Cuadro 9 indica que ésta declinó paulatinamente desde los 6 hasta los 30 meses, y a los 40 meses (edad a la última visita), disminuyó por completo en tres procedencias excepto en la de Fitz Roy, que presentó un 10 % de sobrevivencia.

Algo importante de puntualizar es que la sobrevivencia de Montijo fue, inferior a la de Los Santos, ya que a los 30 meses, ésta fue menor al 60 % (Cuadro 9), mientras que en Sabana Grande a la misma edad, fue superior a 80 % (Cuadro 6). La alta mortalidad fue resultado del daño ocasionado por las hormigas y las condiciones de sitio que fueron difíciles para el desarrollo de la especie.

A manera de comparación con otra fuente de semilla, los crecimientos observados en este sitio son muy inferiores a los mostrados por la procedencia derivada de León, Nicaragua a la misma edad, como lo informaron Rios et al. (1989) y Gutiérrez et al. (1990), lo que no permite sugerirlas para este sitio. Sin embargo hay que mencionar que las procedencias quizá no lograron manifestar todo su potencial debido a las condiciones adversas de suelo a las que se enfrentaron, así como al daño causado por las hormigas.

4.1.3 Sitio Pesé, Herrera, Panamá.

En este sitio fueron probadas seis procedencias derivadas, desde los seis hasta los 37 meses de edad. En el Cuadro 12, se presentan los resultados del crecimiento en altura total y dap, así como la sobrevivencia de las seis procedencias desde los seis hasta los 37 meses .

El análisis de varianza (Cuadro 13), muestra la existencia de diferencias significativas en el crecimiento en altura a los 6, 23 y 36 meses de edad. Durante el período de evaluación, los mayores crecimientos los presentaron las procedencias derivadas de León, Nicaragua (BLSF1403 y BLSF1565), como se muestra en el Cuadro 14.

A los 36 meses de edad, el mayor crecimiento fue para la procedencia de León, Nicaragua (BLSF1403), con 6,7 m, superando en 15 % (1,4 m) al promedio general de las seis fuentes evaluadas y en 39 % (2,6 m) a la de menor crecimiento que fue la de Matagalpa, Nicaragua.

El crecimiento en dap fue analizado a los 26 y 37 meses de edad, donde sólo se encontró diferencias significativas para la última edad (Cuadro 13). Al analizar los datos de crecimiento se observó que, al igual que en la altura total, la procedencia de León, Nicaragua (BLSF1403), fue mejor (6,5 cm) (Cuadro 14), superando en 46 % a la que menos creció que fue la procedencia de Holanda (BLSF1220) y 26 % superior a la media general.

Cuadro 12. Sobrevivencia y crecimiento en altura y dap de seis procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn a diferentes edades en Pesé, Herrera, Panamá

Procedencia	6 meses		13 meses		26 meses		37 meses			
	Altura (M)	S (2)	Altura (M)	S (2)	Altura (M)	dap (CM)	S (2)	Altura (M)	dap (CM)	S (2)
Matagalpa, Nic.	0,9	98	1,8	97	4,0	3,6	91	4,1	4,6	83
Holanda	1,2	69	1,5	69	3,1	2,8	51	5,5	3,4	46
León, Nic. 1	1,4	100	2,3	100	5,0	4,9	99	6,7	6,5	92
León, Nic. 2	1,3	98	2,2	96	4,8	4,5	55	6,4	5,9	87
Zimbabue	1,1	88	1,8	76	3,5	4,3	52	5,5	3,9	45
Guararé, Panamá	1,1	97	1,7	87	3,3	3,3	78	4,6	4,1	63

S: Sobrevivencia dap: diámetro a la altura del pecho 1: BLSF1403 2: BLSF1565

Cuadro 13. Análisis de varianza del crecimiento en altura total y dap de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a diferentes edades, en Pesé, Herrera, Panamá.

FV	GL	C u a d r a d o M e d i o					
		A l t u r a				d a p	
		6	13	26	37	26	37
Bloques	4	0.09ns	0,52ns	3,20*	7,65*	3,17*	7,03*
Procedencia	5	0,15**	0,35ns	2,97*	6,26*	2,90ns	7,15*
Error	20	0,03	0,14	1,03	1,75	1,17	1,82

* Significativo al 5 %

** Significativo al 1 %

Estos resultados, demuestran que de las procedencias derivadas regionalmente, las que presentan mejor comportamiento en cuanto a crecimiento en altura y dap para las condiciones de Pesé, son las de León, Nicaragua. esto puede ser atribuido a que las condiciones del sitio de prueba son similares a los del sitio de colecta de éstas procedencia y al proceso de selección al que han sido sometidos estos materiales.

El Cuadro 12 muestra el comportamiento de la sobrevivencia de las seis procedencias a lo largo del período de evaluación, indicando que la procedencia de León, Nicaragua (BLSF1403), siempre mantuvo la más alta sobrevivencia. Al final del período, fue de 92 %, siguiendole, en orden de importancia, León y Matagalpa, Nicaragua con 87 y 83 %, respectivamente, mientras que

Cuadro 14. Pruebas de rango multiple de Duncan para el crecimiento en altura total y dep de seis procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a diferentes edades en Pesé, Herrera, Panamá.

Proc.	A l t u r a						d e p					
	6 meses		13 meses		26 meses		37 meses		26 meses		37 meses	
	media x (M)	Proc.	media x (M)									
LEN1	1,4	LEN1	2,3	LEN1	5,0	LEN1	6,7	LEN1	4,9	LEN1	6,5	
LEN2	1,3	LEN2	2,2	LEN2	4,8	LEN2	6,4	LEN2	4,5	LEN2	5,9	
HOL	1,2	MAN	1,8	MAN	4,0	HOL	5,5	ZIH	4,3	MAN	4,6	
ZIH	1,1	ZIH	1,8	ZIH	3,5	GUP	4,6	MAN	3,6	GUP	4,1	
GUP	1,1	GUP	1,7	GUP	3,3	ZIH	4,3	GUP	3,3	ZIH	3,9	
MAN	0,9	HOL	1,5	HOL	3,1	MAN	4,1	HOL	2,8	HOL	3,4	

* Duncan: los promedios unidos por la misma línea son estadísticamente iguales
 Proc.: la identificación de las procedencias se encuentra en el Cuadro 2

1. BLSF1403
2. BLSF1565

Guararé, Holanda y Zimbabwe, solo alcanzaron 63, 46 y 45 % de sobrevivencia final, respectivamente.

Al comparar los crecimientos de la procedencia de León, Nicaragua (BLSF1403) con los obtenidos en diferentes sitios de Panamá, donde fue utilizada en diferentes pruebas de especie por el Proyecto MADELEÑA, éstos son consistentes o superiores con los informados por varios autores como Gutiérrez et al. (1990). Estos autores indican que en Pocrí, Los Santos, esta procedencia alcanzó 3,7 m a la edad de 26 meses; en Calabacitos, Veraguas, creció 4,4 m de altura y 3,9 cm de dap a los 28 meses (Pitty et al., 1989), mientras que en Pesé, alcanzó, a los 24 meses, 4,5 m de altura y 3,5 cm de dap (Vargas et al., 1989). Sin embargo, Martínez (1990), informó que en Villa Lurdes, Panamá, esta procedencia alcanzó crecimientos de 4,0 m y 3,3 cm de altura y dap respectivamente a la edad de 12 meses, lo que es un crecimiento bastante alto si se compara con los crecimientos obtenidos por la procedencia de León en la prueba realizada en este sitio (Pesé).

4.1.4 Sitio Antón, Coclé, Panamá.

En este sitio se analizaron las mismas seis procedencias que en el sitio Pesé desde los seis a los 54 meses, edad a la que sólo sobrevivieron las procedencias derivadas de Matagalpa y León, Nicaragua.

En el Cuadro 15 se presentan los resultados del crecimiento en altura total, dap y sobrevivencia, que muestran el comportamiento de cada una de las seis procedencias desde los seis hasta los 54 meses.

En el Cuadro 16, el análisis de varianza muestra que existen diferencias altamente significativas entre las procedencias para la altura total desde los seis hasta los 26 meses de edad. A partir de esta edad, sólo sobrevivieron las procedencias derivadas de Matagalpa y León, Nicaragua (BLSF1202, BLSF1403 y BLSF1565), las cuales al ser analizadas, no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ellas.

A los 26 meses de edad, la procedencia que mejor creció fue la de León, Nicaragua (BLSF1403), superando en 49 % (2,6 m) a la procedencia derivada de Zimbabwe, que fue la que menos creció, y en 30 % al promedio general de las seis procedencias (Cuadro 17).

Cuadro 16. Análisis de varianza del crecimiento en altura total y dap de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a diferentes edades, en Antón, Coclé, Panamá.

FV	GL	C u a d r a d o			M e d i o	d a p
		A l t u r a				
		6	15	26	26	
Bloques	4	0,03ns	0,21ns	0,13ns	0,18ns	
Procedencia	5	0,14**	0,75**	3,50**	4,51**	
Error	20	0,01	0,05	0,31	0,52	

* Significativo al 5 %

** Significativo al 1 %

Cuadro 15. Supervivencia y crecimiento en altura y dap de seis procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn a diferentes edades en Antón. Coclé, Panamá.

Procedencia	6 meses		13 meses		26 meses		42 meses		54 meses				
	Altura (m)	S (2)	Altura (m)	S (2)	Altura (m)	dap (cm)	S (2)	Altura (m)	dap (cm)	S (2)			
Matagalpa, Nic.	1,2	95	2,1	90	4,0	3,2	80	7,7	6,8	72	8,4	7,8	70
Holanda	0,7	81	1,4	78	3,3	2,4	74	---	---	0	---	---	0
León, Nic. 1	1,1	97	2,3	91	5,3	5,1	87	8,9	9,6	70	10,3	10,8	70
León, Nic. 2	1,1	85	2,0	81	4,1	3,5	77	7,9	8,6	65	8,9	7,8	65
Zimbabue	0,9	68	1,5	59	2,7	2,1	54	---	---	0	---	---	0
Guararé, Panamá	0,8	94	1,4	77	3,3	2,5	61	---	---	0	---	---	0

S: Supervivencia dap: diámetro a la altura del pecho 1: BLSF1403 2: BLSF1565

La prueba de Duncan (Cuadro 17) muestra que la procedencia de León, Nicaragua (BLSF1403), presentó los mayores crecimientos desde los 15 meses hasta finalizar el período de evaluación. Es importante resaltar que a partir de los 42 meses, sólo sobrevivieron tres procedencias, de las cuales, León continuó siendo la mejor; a los 54 meses, esta procedencia fue 18 % (1,9 m) superior a la de Matagalpa que fue la que menos creció.

El crecimiento en dap fue analizado a los 26 meses para todas las procedencias y se encontraron diferencias altamente significativas (Cuadro 16), donde León (BLSF1403) fue 39 % (2,0 cm) superior al promedio general de las seis procedencias y 59 % (3,0 cm) superior a la que menos creció (Zimbabwe); a los 42 y 54 meses, solo fueron evaluadas las procedencias sobrevivientes, donde León continuó manifestando su superioridad hasta los 54 meses, llegando a ser al final del período de evaluación 27 % (3,0 cm) superior a Matagalpa, que fue la de menor crecimiento (Cuadro 17)

Los crecimientos en altura y dap alcanzados por la procedencia de León en este sitio, son superiores a los informados por Ríos et al. (1989), quien indicó que en Río Hato, a los 37 meses de edad dicha procedencia alcanzó una altura de 6,0 m (IMA de 1,94 m) y dap de 5,9 cm (IMA de 1,91 cm), mientras que en este sitio, a los 54 meses, alcanzó una

Cuadro 17. Pruebas de rango múltiple Duncan para el crecimiento en altura total y dap de seis procedencias de *Eucalyptus caudiculensis* Dehn a diferentes edades en Antón, Coclé, Panamá.

Proc.	A l t u r a															
	6 meses		15 meses		26 meses		42 meses		54 meses		26 meses		42 meses		54 meses	
	media x (M)	Proc.														
MAN	1,2	LEN1	2,3	LEN1	5,3	LEN1	8,9	LEN1	10,3	LEN1	5,1	LEN1	9,6	LEN1	10,8	
LEN1	1,1	MAN	2,1	LEN2	4,1	LEN2	7,9	LEN2	8,9	LEN2	3,5	LEN2	7,6	LEN2	8,9	
LEN2	1,1	LEN2	2,0	MAN	4,0	MAN	7,7	MAN	8,4	MAN	3,2	MAN	6,8	MAN	7,8	
ZIM	0,9	ZIM	1,5	HOL	3,3											
GUP	0,8	GUP	1,4	GUP	3,3											
HOL	0,7	HOL	1,4	ZIM	2,7											

x Duncan: los promedios unidos por la misma línea son estadísticamente iguales
 Proc.: la identificación de las procedencias se encuentra en el Cuadro 2

1. BLSF1403 2. BLSF1565

altura de 10,3 m (IMA de 2,28 m) y dap de 10,8 cm (IMA de 2,4 cm).

Al analizar la sobrevivencia, se observa que la procedencia de León presentó el mayor porcentaje durante todo el período de evaluación (6 a 54 meses), mientras que las procedencias de Holanda, Zimbabwe y Guararé, sólo sobrevivieron hasta los 26 meses (Cuadro 15). A partir de esta fecha, sólo sobrevivieron las tres restantes, y al finalizar el período de evaluación, su sobrevivencia fue inferior al 75 %.

Al comparar el crecimiento entre este sitio y el de Pesé, Herrera, se observa que a los 26 meses*, los crecimientos en altura y dap fueron similares, además, la mejor procedencia es la misma en ambos sitios (León, Nicaragua).

Es importante observar que esta consistencia se da a pesar de existir diferencias marcadas en las condiciones de los sitios, principalmente en la precipitación (Cuadro 1).

Estos resultados, a pesar de ser preliminares, permiten aseverar que en algunos sitios de Panamá, bajo condiciones similares de precipitación y estrés hídrico, la procedencia de León podría ser la más apropiada. Sin embargo, los resultados obtenidos en Sabana Grande, sugieren que sería apropiado evaluar otras procedencias de Australia incluyendo

* Edad común de evaluación en ambos sitios.

Petford y Katherine. Estas procedencias han prosperado bien en sitios que presentan condiciones de temperatura y precipitación similares o menores que las de estos sitios en Panamá y que han demostrado ser superiores en condiciones tropicales de otras partes del mundo (Doran y Boland, 1978; Fierros y Musalem, 1978; Mendez et al., 1987).

4.1.5 Sitio San Joaquín, Nicoya, Costa Rica.

En este sitio, fueron evaluadas diez procedencias durante un período de 30 meses. El Cuadro 18, muestra los resultados del crecimiento en altura total, dap, sobrevivencia y porcentaje de bifurcación desde los seis hasta los 30 meses de edad.

El Cuadro 19 muestra los resultados del análisis de varianza del crecimiento en altura total de las diez procedencias evaluadas en Costa Rica. Los resultados indican que existen diferencias significativas entre procedencias sólo a los 17 meses de edad y las diferencias desaparecen a los 30 meses; a pesar de esto, la procedencia de Petford (BLSF1826) fue la que más creció a los 30 meses, llegando a ser 12 % (1,3 m) superior al promedio general de las diez procedencias y 31 % (2,7 m) superior a Victoria River que fue la que menos creció (Cuadro 20).

Es importante resaltar que la procedencia de Katherine (BLSF1825), es la que sigue en importancia (crecimiento en

Cuadro 18. Crecimiento en altura total, dap, sobrevivencia y bifurcación de diez procedencias de *Eucalyptus costaricensis* Dehn a diferentes edades en San Joaquín, Nicoya, Costa Rica.

Procedencia	6 meses			17 meses			30 meses			Bif. (%)
	Altura (m)	S (cm)	dap (cm)	Altura (m)	dap (cm)	S (%)	Altura (m)	dap (cm)	S (%)	
Cockatoo Creek, Aust.	1,0	95	3,1	4,6	3,1	89	7,0	5,3	89	16
Ord River, Aust.	1,4	95	3,5	4,4	3,5	94	7,4	6,1	92	5
Gilbert River, Aust.	1,4	92	3,4	4,7	3,4	83	7,9	5,8	83	3
Petford, Aust.	1,5	78	4,6	5,5	4,6	73	8,7	7,3	70	11
Kimberly, Aust.	1,3	90	4,5	5,3	4,5	78	8,0	5,9	78	3
Hrotham Park, Aust.	1,2	70	2,9	4,1	2,9	66	7,3	5,4	64	2
León, Nic.	1,3	87	3,4	4,2	3,4	83	7,1	5,7	80	11
Katerine, Aust.	1,5	92	4,1	5,1	4,1	73	8,0	6,8	64	11
Tennant River, Aust.	1,1	40	2,4	4,0	2,4	26	6,5	5,4	26	5
Victoria River, Aust.	1,1	77	3,2	3,3	3,2	56	6,0	5,5	53	5

S: Sobrevivencia dap: diámetro a la altura del pecho

Bif: bifurcación

altura) a Petford con tan solo 0,7 m de diferencia (Cuadro 20).

Cuadro 19. Análisis de varianza del crecimiento en altura total y dap de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a diferentes edades, en San Joaquín, Nicoya, Costa Rica.

FV	GL	C u a d r a d o			M e d i o	
		A l t u r a			d a p	
		6	17	30	17	30
Bloques	3	0,19ns	1,43ns	4,26*	1,16*	3,01ns
Procedencia	9	0,08ns	1,74*	1,59ns	1,40*	2,59ns
Error	27	0,07	0,53	1,33	0,53	1,78

* Significativo al 5 %

** Significativo al 1 %.

En cuanto al crecimiento en dap, al igual que la altura, solo mostró diferencias a los 17 meses de edad, y las diferencias estadísticas también desaparecen a los 30 meses (Cuadro 19). La procedencia que más creció en dap también fue la de Petford, con 7,3 cm lo que la ubica 24 % (1,4 cm) por encima de la media general y 27 % (2,0 cm) sobre a Cockatoo Creek que fue la que menos creció con tan solo 5,3 cm (Cuadro 20). Al igual que con la altura, la procedencia de Katherine también fue de las más sobresalientes en cuanto a dap, únicamente 0,5 cm por debajo de Petford.

Cuadro 20. Prueba de rango múltiple de Duncan para el crecimiento en altura total y dap de diez procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a diferentes edades en San Joaquín, Nicoya, Costa Rica.

A l t u r a			d a p						
6 meses		17 meses		30 meses		17 meses		30 meses	
Proc. X *	(m)	Proc. X *	(m)	Proc. X *	(m)	Proc. X *	(cm)	Proc. X *	(cm)
PTA	1,5	PTA	4,6	PTA	8,7	PTA	5,5	PTA	7,3
KTA	1,5	KBA	4,5	KBA	8,3	KBA	5,3	KTA	6,8
GRA	1,4	KTA	4,1	KTA	8,0	KTA	5,1	ORA	6,1
ORA	1,4	ORA	3,5	GRA	7,9	GRA	4,7	KBA	5,9
LEN	1,3	GRA	3,4	ORA	7,4	CCA	4,6	GRA	5,8
KBA	1,3	LEN	3,4	WPA	7,3	ORA	4,4	LEN	5,7
WPA	1,2	VRA	3,2	LEN	7,1	LEN	4,2	VRA	5,5
VRA	1,1	CCA	3,1	CCA	7,0	WPA	4,1	TRA	5,4
TRA	1,1	WPA	2,9	TRA	6,5	TRA	4,0	WPA	5,4
CCA	1,0	TRA	2,9	VRA	6,0	VRA	3,3	CCA	5,3

* Duncan: Los promedios unidos por la misma línea no son estadísticamente diferentes.

El Cuadro 18 muestra que la sobrevivencia fue muy irregular entre las diez procedencias durante el período de evaluación; al final de 30 meses, la procedencia de Ord River, la mejor sobrevivencia (92 %), mientras que Petford y Katherine, que fueron las de crecimientos mayores, solo alcanzaron 70 y 64 % respectivamente, lo que las ubica cerca del promedio general (69 %).

En la última medición de este ensayo se evaluó además el hábito de bifurcación de las procedencias. Los resultados indican que la procedencia de Cockatoo Creek mostró el valor más alto (16 %), mientras que Petford, León y Katherine, solo presentaron el 11 % de árboles bifurcados (Cuadro 18). La de menor incidencia de bifurcación fue Wrotham Park con

solo 2 %. En el caso de la procedencia de León, la bifurcación se presentó principalmente por abajo de los 3 m de la altura del fuste, mientras que en la de Petford y Katherine, fue por encima de los 4 m.

Los resultados sobre el crecimiento son consistentes con los informados por varios autores para otras regiones tropicales del mundo. Evans (1977) indicó que Petford obtuvo excelentes crecimientos al ser probada en León, Nicaragua; al igual que en las áreas tropicales de México, donde sobresalieron satisfactoriamente las procedencias de Petford y Katherine (Fierros y Musalem, 1978). Por su parte Méndez et al. (1987) indicaron que en Urbano Santos, Brasil, estas mismas dos procedencias, junto con Gilbert River, fueron las mejores a la edad de 3,5 años. Otegbeye (1985), informó que en Nigeria, las mejores procedencias a los 13 años fueron las de Petford y Katherine.

A pesar de que los resultados son preliminares, éstos muestran consistentemente, a través del periodo de evaluación, la superioridad de las procedencias de Petford y Katherine, sugiriendo que éstas dos fuentes de semilla pueden ser las más apropiadas para la región de la Península de Nicoya en Costa Rica. A partir de éstas se puede iniciar un programa de mejoramiento genético, a fin de desarrollar una procedencia derivada localmente de mayor rendimiento que la de León, Nicaragua, la cual ha demostrado ser inferior a

varias de las procedencias de Australia evaluadas en este estudio (Cuadro 20).

4.1.6 Sitio Caminos Nuevos, Comayagua, Honduras.

En este sitio de Honduras se evaluaron siete procedencias durante un período de 30 meses. En el Cuadro 21, se muestran los resultados del crecimiento en altura total y dap, así como los porcentajes de sobrevivencia y bifurcación de las siete procedencias desde los siete hasta los 30 meses de edad.

El Cuadro 22, muestra el análisis de varianza, indicando que solo existen diferencias estadísticamente significativas entre procedencias a los siete meses para el crecimiento en altura total.

A partir de los 13 meses, las diferencias significativas en altura y dap desaparecieron (Cuadro 22); sin embargo, al finalizar el período de evaluación, la procedencia de Petford (BLSF4015) fue 10 % (0,8 m) superior en altura a la media general y 14 % (1,3 m) superior a Ferguson River, que fue la que menos creció (Cuadro 23). En cuanto al crecimiento en dap, a los 30 meses, Petford fue la de mayor crecimiento, superando en 6 % (0,6 cm) al promedio general y en 12 % (0,9 cm) superior a León, que fue la de menor crecimiento (Cuadro 23).

Cuadro 21. Crecimiento en altura total, dep, sobrevivencia y bifurcación de ocho procedencias de *Eucalyptus casahuate* Dehn a diferentes edades, en Caninos Nuevos, Comayagua, Honduras.

Procedencia	6 meses			17 meses			30 meses			Bif. (C2)
	Altura (M)	S (C2)	dep (CM)	Altura (M)	dep (CM)	S (C2)	Altura (M)	dep (CM)	S (C2)	
Ferguson River, Aust.	1,9	97		3,3	2,9	94	8,1	7,2	94	16
Gilbert River, Aust.	1,2	94		2,6	2,1	94	8,8	7,3	88	23
Petford, Aust.	1,8	93		2,8	2,3	91	8,4	6,8	91	22
León, Nic. 1	1,6	96		2,9	2,9	96	8,3	6,8	96	25
Tennant River, Aust.	1,5	96		2,8	2,4	94	8,5	7,1	94	23
Petford, Aust.	1,7	98		3,3	2,9	98	9,2	7,4	98	17
Petford, Aust.	2,1	100		3,7	3,1	100	9,4	7,7	100	19
León, Nic. 2	1,6	98		2,7	2,2	96	8,2	7,3	96	29

S: Sobrevivencia dep: diámetro a la altura del pecho
1: BSLF1403

Bif: bifurcación

Cuadro 22. Análisis de varianza del crecimiento en altura total y dap de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a diferentes edades, en Caminos Nuevos, Comayagua, Honduras.

FV	GL	C u a d r a d o			M e d i o		
		A l t u r a			d a p		
		7	17	30	7	17	30
Bloques	2	0,47**	2,31**	1,41ns	0,12ns	1,36**	0,69ns
Procedencia	7	0,16*	0,47ns	0,66ns	0,11ns	0,43ns	0,27ns
Error	14	0,05	0,21	0,47	0,05	0,19	0,74

* Significativo al 5 %

** Significativo al 1 %.

Estos crecimientos, muestran una respuesta homogénea de las procedencias a las condiciones de Caminos Nuevos, Comayagua, y que la diferencia en crecimiento en altura inicial (7 meses), puede ser atribuída al crecimiento inicial de las plántulas durante la fase de vivero.

El Cuadro 23 muestra que Petford fue consistentemente la mejor tanto en altura como en dap durante los 30 meses, superando siempre a las procedencias derivadas de León.

Cuadro 23. Prueba de rango múltiple de Duncan para el crecimiento en altura total y dap de ocho procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a diferentes edades, en Caminos Nuevos, Comayagua, Honduras.

A l t u r a			d a p						
7 meses		17 meses		30 meses		17 meses		30 meses	
Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *
(m)	(m)	(m)	(m)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
PTA 2,1	PTA 3,7	PTA 9,4	PTA 3,1	PTA 7,7					
FEA 1,9	FEA 3,4	PTA 9,2	PTA 2,9	PTA 7,4					
PTA 1,8	PTA 3,3	GRA 8,8	LEN 2,9	LEN 7,3					
PTA 1,7	LEN 2,9	TRA 8,5	FEA 2,9	GRA 7,3					
LEN 1,6	TRA 2,8	PTA 8,4	TRA 2,4	FEA 7,2					
LEN 1,6	PTA 2,8	LEN 8,3	PTA 2,3	TRA 7,1					
TRA 1,5	LEN 2,7	LEN 8,2	LEN 2,2	PTA 6,8					
GRA 1,2	GRA 2,6	FEA 8,1	GRA 2,1	LEN 6,8					

Al comparar estos crecimientos con los obtenidos por la procedencia derivada de León en otros sitios de Honduras, se observa que la procedencia de menores crecimientos en Comayagua (Gilbert River), es superior a los obtenidos por León, ya que en el Zamorano alcanzó 3,5 m a los 31 meses (Zavala et al., 1990), mientras que en Talanga alcanzó 5,6 m (Cardona et al., 1990) y en el Valle de Choluteca 6,0 m (Ordoñez et al., 1990). En general estos crecimientos, son 30 % inferiores a los crecimientos alcanzados por Petford en Caminos Nuevos, Comayagua.

A pesar de no existir diferencias marcadas entre procedencias, es evidente que algunas procedencias de Australia son superiores a la procedencia derivada local (León). De acuerdo a los resultados presentados, se sugiere de manera tentativa a la procedencia de Petford como la más

apropiada para iniciar un programa de mejoramiento genético; sin embargo, es conveniente evaluar esta prueba al menos hasta los 60 meses para confirmar esta sugerencia.

Al analizar la sobrevivencia, no se observan diferencias importantes entre procedencias, ya que al final del período de evaluación, la más baja fue de 88 % (Gilbert River) y la mayoría superó los 90 %, destacándose la procedencia de Petford con 100 % (Cuadro 21).

Durante la última medición se evaluó el hábito de bifurcación de las procedencias, y se encontró que León fue la de mayor incidencia con 29 %. Esta característica se presentó a una altura superior a los 4 m del fuste. La procedencia de menor incidencia de bifurcación fue Ferguson River, con 16 % (Cuadro 21).

La evaluación de esta variable es de importancia, ya que permite obtener un criterio para la determinación de la procedencia más apropiada en función del producto final al que se requiera dedicar la plantación.

Los resultados obtenidos en este sitio, son consistentes con los obtenidos por Evans (1977) en Nicaragua y Otegbeye (1985) en Nigeria, donde esta procedencia fue consistentemente la que presentó los mejores crecimientos obtuvo. Por su parte Ghosh et al. (1977) informaron que en la India, Petford creció 9,5 m de altura a los 30 meses siendo la más sobresaliente entre 12 procedencias.

4.1.8 Sitio Hacienda Santa Teresa, Sonsonate, El Salvador.

En este sitio, fueron evaluadas cinco procedencias de Australia y una de Nicaragua, desde los siete hasta los 32 meses de edad. En el Cuadro 24, se presentan los resultados del crecimiento en altura total, dap, sobrevivencia y bifurcación, que muestra el comportamiento de las seis procedencias probadas en este sitio.

El Cuadro 25, muestra el análisis de varianza, donde el crecimiento en altura total mostró diferencias altamente significativas a los 32 meses de edad, donde la procedencia de Petford (BLSF4010), fue la de mayor crecimiento, superando en 12 % (1,6 m) a la media general de las seis procedencias y 19 % (2,0 m) superior a Dpry, Australia, que fue la que menos creció y que, a su vez, se ubicó 8 % por debajo de la media (Cuadro 26)

Con respecto al dap, el comportamiento de las seis procedencias fue homogéneo a lo largo del período de evaluación, ya que el análisis estadístico (Cuadro 25), no mostró diferencias estadísticamente significativas entre ellas.

Cuadro 24. crecimiento en altura total, dap, sobrevivencia y bifurcación de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a diferentes edades en la Hacienda, Santa Teresa, Sonsonate, El Salvador.

Procedencia	7 meses			18 meses			32 meses			Bif. (2)
	altura (m)	S (2)	dap (cm)	altura (m)	dap (cm)	S (2)	altura (m)	dap (cm)	S (2)	
León, Nic.	3,2	100		9,4	7,3	99	11,8	9,2	98	22
Inglewood, Rust.	3,7	99		10,2	7,4	98	12,5	8,9	98	21
Dimbuleh, Rust.	3,0	99		9,1	7,2	99	11,8	8,7	98	25
Kimberly, Rust.	3,1	99		8,9	7,1	99	11,9	8,9	98	29
Potford, Rust.	3,8	98		10,2	7,5	96	13,7	9,6	96	15
Dpry, Rust.	3,8	96		8,5	6,8	96	11,1	9,1	94	33

S: Sobrevivencia dap: diámetro a la altura del pecho Bif: bifurcación

Cuadro 25. Análisis de varianza del crecimiento en altura total y dap de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a diferentes edades en la Hacienda Santa Teresa, Sonsonate, El Salvador.

FV	GL	C u a d r a d o			M e d i o	
		A l t u r a			d a p	
		7	18	32	18	32
Bloque	2	0,15ns	0,21ns	0,71ns	0,04ns	0,10ns
Proc.	5	0,43ns	1,36ns	2,23**	0,21ns	0,31ns
Error	10	0,38	0,42	0,37	0,15	0,48

* Significativo al 5 %

** Significativo al 1 %.

La procedencia de Petford fue la de mayor crecimiento en dap con 9,6 cm, ubicándose tan solo a 5 % (0,5 cm) por encima de la media y 9 % (0,9 cm) de Dimbulah, Australia que fue la que menos creció (Cuadro 26).

Cuadro 26. Prueba de rango múltiple de Duncan para el crecimiento en altura total y dap de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a diferentes edades en la Hacienda Santa Teresa, Sonsonate, El Salvador.

a l t u r a						d a p			
7 meses		18 meses		32 meses		18 meses		32 meses	
Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *
(m)	(m)	(m)	(m)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
DBA 3,8	PTA 10,2	PTA 13,7	PTA 7,5	PTA 9,6					
PTA 3,8	IIA 10,1	IIA 12,5	IIA 7,4	LEN 9,2					
IIA 3,7	LEN 9,4	KBA 11,9	LEN 7,3	DPA 9,1					
LEN 3,2	DIA 9,1	DIA 11,8	DIA 7,2	KBA 8,9					
KBA 3,1	KBA 8,9	LEN 11,8	KBA 7,1	IIA 8,9					
DIA 3,0	DPA 8,5	DPA 11,1	DPA 6,8	DIA 8,7					

* Duncan: los promedios unidos por la misma línea no son estadísticamente diferentes.

Es importante mencionar que en este sitio fue donde se obtuvieron los crecimientos mayores para *E. camaldulensis*, ya que a los 32 meses, los incrementos medios anuales (IMA), fueron superiores a los 4 m y 3 cm en altura y dap, respectivamente; crecimientos similares a éstos, solo habían sido reportados para esta especie en La Máquina, Guatemala, donde, en una plantación en líneas, se reportó un IMA de 4,2 m en altura y 3,2 cm en dap.

La procedencia derivada de León, presentó un crecimiento en altura cercano al promedio y se ubicó 1,9 m por debajo de Petford, que fue la de mayor crecimiento, mientras que, en el crecimiento en dap, solo se ubica 0,4 cm por abajo de Petford.

Al analizar la sobrevivencia de las procedencias a lo largo del período de evaluación, se observa que, en general, fue bastante alta, ya que, a los 32 meses, todas estuvieron por arriba del 94 % (Cuadro 24).

A los 32 meses, se evaluó el porcentaje de árboles bifurcados por procedencia. En el Cuadro 24, se presenta el porcentaje de bifurcación; se observa que Petford presentó la menor incidencia, con 15 %, mientras que, Dpry presentó el mayor porcentaje, con 33 %; la procedencia de León, también presentó un alto porcentaje de bifurcaciones, ya que fue de 22 %, siendo la tercera con mayor porcentaje de árboles bifurcados.

Hay que aclarar que la mayor parte de las bifurcaciones, se presentan a una altura entre 4 y 6 m o más del fuste. Esto permitirá a los finqueros poder obtener productos de mayor valor como postes para construcciones rurales, los cuales tienen una gran demanda en el mercado salvadoreño.

En este sitio, la floración solo se presentó en algunos individuos de la procedencia de Petford y León, por lo que no fue incluida en el análisis.

El comportamiento de la procedencia de Petford en este sitio, es consistente con lo informado por Kapur y Dogra (1987) para esta procedencia en La India, donde, a la edad de 42 meses, alcanzó una altura de 14,6 m y un dap de 9,5 cm, siendo la mejor de las 16 procedencias evaluadas; de la misma manera, en este sitio, Petford alcanzó crecimientos similares a los informados por Ghosh et al. (1977) para Dehra Dun, India, con la diferencia de que en India fue en el doble del tiempo (78 meses).

4.1.8 Sitio Hacienda La Carrera, Usulután, El Salvador.

En este sitio, se analizó una de las pruebas con mayor edad; se probaron diez procedencias hasta una edad de 53 meses. En el Cuadro 27, se presentan los resultados del crecimiento en altura total, dap, sobrevivencia, bifurcación y floración desde los cinco hasta los 53 meses.

Cuadro 27. Crecimiento en altura total, dap, sobrevivencia, bifurcación y fructificación de diez procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a diferentes edades en la Hacienda La Carrera, Usulután, El Salvador.

Procedencia	5 meses			30 meses			53 meses			
	Altura (m)	S (C2)	Altura (m)	dap (CM)	S (C2)	Altura (m)	dap (CM)	S (C2)	Bif. (C2)	Fruc. (C2)
Petford, Aust.	1,2	98	9,9	7,6	88	13,6	11,0	84	13	14
Wrotham Park, Aust.	1,2	96	9,8	7,5	94	15,8	11,5	93	7	27
Gilbert River, Aust.	1,1	96	9,5	7,2	91	11,5	11,1	85	5	19
Kimberly, Aust.	1,0	95	9,3	6,1	90	13,0	11,0	85	11	21
Victoria River, Aust.	0,8	92	8,9	7,5	84	14,5	11,4	81	5	29
Cockatoo Creek, Aust.	0,9	89	9,0	7,1	79	13,0	10,5	78	8	35
Tennant River, Aust.	0,9	99	7,4	5,7	95	10,2	9,6	94	6	7
Ord River, Aust.	0,9	97	10,2	6,5	92	13,4	11,5	91	9	28
Fitz Roy, Aust.	1,0	90	9,8	7,7	85	14,5	10,8	83	12	31
León, Mic.	1,1	94	9,4	8,3	79	14,8	13,6	71	17	15

S: Sobrevivencia dap: diámetro a la altura del pecho

Bif: bifurcación Fruc: Fructificación

El Cuadro 28 presenta el análisis de varianza, que muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las diez procedencias para crecimiento en altura total y dap a ninguna de las edades de evaluación.

Cuadro 28. Análisis de varianza del crecimiento en altura total y dap de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a diferentes edades, en la Hacienda La Carrera, Usulután, El Salvador.

FV	GL	C u a d r a d o			M e d i o	
		A l t u r a			d a p	
		5	30	53	30	53
Bloque	3	0,08ns	0,34ns	7,13ns	4,62ns	0,27ns
Proc.	9	0,05ns	2,42ns	9,73ns	2,71ns	4,08ns
Error	27	0,04	1,71	6,26	2,85	2,11

* Significativo al 5 %

** Significativo al 1 %.

Al analizar el crecimiento en altura obtenido a los 53 meses de edad, la procedencia de Wrotham Park (BLSF1827), fue 13 % (2,0 m) superior al promedio general de las 10 procedencias y 35 % (5,3 m) superior a Tennant River, que fue la procedencia que menos creció y que además se ubicó 26 % por debajo de la media general (Cuadro 29).

En relación al crecimiento en dap, la procedencia derivada de León creció 13,6 cm, que la ubicó 18 % (2,4 cm) por encima de la media general y 29 % (4,0 cm) superior a

Tennant River, la cual nuevamente fue la de menor crecimiento y que fue 14 % inferior al promedio (Cuadro 29).

Cuadro 29. Prueba de rango múltiple de Duncan para el crecimiento en altura total y dap de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a diferentes edades, en la Hacienda La Carrera, Usulután, El Salvador.

a l t u r a			d a p						
5 meses		30 meses		53 meses		30 meses		53 meses	
Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *	Proc. X *
(m)	(m)	(m)	(m)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
WPA 1,2	ORA 10,2	WPA 15,8	LEN 8,3	LEN 13,6					
PTA 1,2	PTA 9,9	GRA 15,1	FRA 7,7	ORA 11,5					
GRA 1,1	FRA 9,8	LEN 14,8	PTA 7,6	WPA 11,5					
LEN 1,1	WPA 9,8	VRA 14,5	WPA 7,5	VRA 11,4					
FRA 1,0	GRA 9,5	FRA 14,5	VRA 7,5	GRA 11,1					
KBA 1,0	LEN 9,4	PTA 13,6	GRA 7,2	KBA 11,0					
TRA 0,9	KBA 9,3	ORA 13,4	CCA 7,1	PTA 11,0					
CCA 0,9	CCA 9,0	KBA 13,0	ORA 6,5	FRA 10,8					
ORA 0,9	VRA 8,9	CCA 13,0	KBA 6,1	CCA 10,5					
VRA 0,8	TRA 7,4	TRA 10,2	TRA 5,7	TRA 9,6					

* Duncan: Los promedios unidos por la misma línea no son estadísticamente diferentes.

El Cuadro 28 muestra que, en general, la mayor parte de las procedencias manifestaron un comportamiento inestable a lo largo del período de evaluación, a excepción de Wrotham Park, en el crecimiento en altura y, León, en el crecimiento en dap, las cuales siempre se manifestaron como las de mayor crecimiento, mientras que Tennant River, siempre fue la de menor crecimiento.

Es importante puntualizar que este experimento reporta excelentes resultados a pesar de haber pasado por problemas de incendios y algunas cortas durante su período de

desarrollo debido, principalmente, a que se encuentra establecido en la zona con problemas de seguridad, lo cual no permitió darle la atención debida.

El crecimiento mostrado por Wrotham Park en este sitio, es excelente, ya que en otros sitios como Campeche, México, según Fierros y Musálem (1978), solo alcanzó 12,9 m de altura y 9,9 cm de dap a la edad de 9 años (108 meses), crecimientos sensiblemente inferiores a los alcanzados por esta procedencia en Hacienda La Carrera, donde las cifras mencionadas fueron rebasadas en la mitad del tiempo como se muestra en el Cuadro 29.

Es importante mencionar que Wrotham Park, es una procedencia poco conocida como sobresaliente en condiciones tropicales, ya que las procedencias que tradicionalmente han sobresalido en en estas condiciones son Petford y Katherine.

Al analizar el comportamiento de la sobrevivencia de las procedencias, se observa que Wrotham Park y Tennant River son las más estables, ya que al final del período de evaluación, presentaron los mayores porcentajes (93 y 94 %, respectivamente), mientras que León fue la menor con 71 % equivalente a un 8 % inferior al promedio general que fue de 63 % (Cuadro 27).

En el Cuadro 27, se observa que la procedencia de León, fue la de mayor incidencia de bifurcación con 17 %, seguida por Petford y Ferguson River, con 13 y 12 %, respectivamente.

respectivamente, mientras que, Wrotham Park y Gilbert River, fueron las de menor incidencia.

Por la edad del experimento, se esperaba que la floración se estuviera presentando en la mayor parte de las procedencias, pero, a los 53 meses, el máximo porcentaje de individuos floreciendo por procedencia fue de 35 % para Cockatoo Creek y un mínimo de 7 % para Tennant River (Cuadro 27).

Observando los crecimientos finales de las procedencias se puede sugerir que bajo las condiciones de este sitio donde la precipitación es menor y la temperatura mayor que las presentes en la Hacienda Santa Teresa, las procedencias con potencial más sobresalientes serían Wrotham Park y León, Nicaragua, las cuales podrían ser sugeridas para programas de plantación bajo condiciones similares.

Los crecimientos mostrados por ambas procedencias, llegan a superar en más de 30 % (4,0 m) a los crecimientos en altura y dap mostrados por la procedencia de León en una prueba de especies realizada en Aguachapán, El Salvador (Campos et al., 1990) y en más de 20 % a los obtenidos por esta misma procedencia en Armenia (Franco et al., 1990).

Las procedencias como Tennant River, Ferguson River, Kimberly y Cockatoo Creek, en general, han mostrado crecimientos muy pobres durante las pruebas de procedencias

en las cuales han sido evaluadas, por lo que pueden ser descartadas para estas regiones de América Central.

4.1.9 Sitio La Máquina, Suchitepéquez, Guatemala.

En este sitio se evaluaron 12 procedencias durante un período de 55 meses. En el Cuadro 30, se presentan los resultados del crecimiento en altura total, dap, sobrevivencia, bifurcación y floración desde los 10 hasta los 55 meses de edad, que muestra el comportamiento de las 12 procedencias probadas en este sitio.

El Cuadro 31, muestra que el análisis de varianza para el crecimiento en altura total, no mostró diferencias estadísticamente significativas hasta los 44 meses de edad, pero, a los 55 meses las diferencias fueron altamente significativas.

Se destaca que las procedencias de Wrotham Park y León fueron las de mayor crecimiento en altura con 12,5 m que las ubica 11 % (1,4 m) por encima del promedio general de las 12 procedencias en el sitio y 30 % (3,7 m) superior a Tennant River que fue la que menos creció, la que además se ubicó 21 % por debajo de la media (Cuadro 32).

Es importante analizar el comportamiento de la procedencia de Petford, la cual se ubicó tan solo a 0,4 m por debajo Wrotham Park. Esto indica que la respuesta de

Cuadro 30. Crecimiento en altura total, dep. sobrevivencia, bifurcación y fructificación de 12 procedencias de *Eucalyptus candidulensis* Dehnk a diferentes edades, en La Máquina, Suchitepequez, Guatemala.

Procedencia	10 meses			18 meses			31 meses			44 meses			53 meses				
	Altura (CM)	dep (CM)	S (C2)	Altura (CM)	dep (CM)	S (C2)	Altura (CM)	dep (CM)	S (C2)	Altura (CM)	dep (CM)	S (C2)	Altura (CM)	dep (CM)	S (C2)	Bif. (C2)	Fruc. (C2)
Katherine, Rust.	2,2	2,2	94	5,5	4,2	94	7,5	6,2	94	9,1	6,6	94	10,0	6,1	94	22	22
Pelford, Rust.	2,6	2,3	100	6,7	4,7	98	9,7	6,9	97	11,2	7,6	97	12,1	8,1	97	21	20
Hrotham Park, Rust.	2,5	2,0	95	6,6	4,7	94	9,4	6,5	92	10,7	7,1	92	12,5	7,9	91	6	22
Gilbert River, Rust.	2,3	2,3	97	5,6	4,2	97	8,6	6,4	97	10,0	7,1	97	11,5	7,7	94	8	15
Kimberly, Rust.	2,5	2,2	94	6,0	4,5	94	8,9	6,5	94	9,9	7,2	94	11,0	7,5	94	12	8
Victoria River, Rust.	2,1	2,2	100	5,5	4,6	100	8,5	6,8	98	10,1	7,7	98	11,1	7,6	98	20	34
Cockatoo Creek, Rust.	2,1	2,2	94	5,4	4,0	94	8,2	6,1	94	9,7	7,1	94	10,3	7,7	92	31	25
Tonnant River, Rust.	2,1	2,2	95	5,4	4,1	91	7,4	6,0	86	8,7	6,6	86	8,8	6,1	83	23	2
Ord River, Rust.	2,2	2,3	92	6,3	4,8	92	8,9	6,5	92	10,4	7,2	92	10,8	7,4	86	20	17
Fitz Roy, Rust.	2,4	1,8	95	5,9	4,3	95	8,9	6,5	95	10,3	7,1	95	11,0	7,3	94	9	7
Leon, Nic.	2,3	2,1	98	6,4	4,8	98	9,8	7,1	98	11,1	7,7	95	12,5	8,3	92	15	23
La Máquina, Gua.	2,3	2,3	94	6,3	4,9	94	8,7	6,6	91	10,2	7,2	91	12,2	8,0	91	12	24

S: Sobrevivencia dep: diámetro e la altura del pecho Bif: Bifurcación Fruc: Fructificación

Cuadro 31. Analisis de varianza del crecimiento en altura y dep de Eucalyptus casaldulensis Dehrnh e diferentes edades en La Máquina, Suchitepequez, Guatemala.

	Fv	gl	C u a d r a d o					M e d i o				
			A l t u r a					d e p				
			10	18	31	44	55	10	18	31	41	55
Bloques	3		1,66**	2,17*	0,97ns	1,21ns	0,76ns	0,40*	0,36ns	0,78ns	0,68ns	0,94ns
Proced.	11		0,10ns	0,86ns	2,22ns	2,18ns	4,95**	0,08ns	0,36ns	0,38ns	0,52ns	1,29*
Error	33		0,15	0,66	1,10	1,32	1,10	1,10	0,24	0,37	0,51	0,55

* Significativo al 5 %.

** Significativo al 1 %.

ambas procedencias a las condiciones de La Máquina es similar, esto es consistente con la similitud en las condiciones de ambos sitios de colecta donde se observa que solo difieren en elevación (Cuadro 2).

Este comportamiento permite sugerir que es posible ampliar el área de colecta de esta procedencia (Petford) que ha resultado ser importante para varias regiones tropicales del mundo, ampliando el rango altitudinal desde 190 msnm en Wrotham Park hasta 590 msnm en Petford.

El crecimiento en dap, al igual que el de altura, solo mostró diferencias significativas a los 55 meses (Cuadro 31), donde se destaca la procedencia de León que junto a Petford y la procedencia local La Máquina, se ubicaron como las de mayor crecimiento 9 % (0,8 cm) por encima del promedio general y 24 % (2,0 cm) superior a Tennant River que fue la que menos creció en el sitio (Cuadro 32).

Al analizar el comportamiento de procedencias que tradicionalmente sobresalen en las condiciones tropicales como Katherine, se observó que esta procedencia, mostró un crecimiento muy pobre ubicándose al final del periodo de evaluación como la penúltima en crecimiento en altura y dap (Cuadro 32).

Es importante resaltar el comportamiento de la procedencia derivada de La Máquina, la cual fue colectada en un sitio cercano al experimento y que surgió a partir de una

Cuadro 32. Prueba de rango múltiple de Duncan para el crecimiento en altura total y dap de 12 procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn a diferentes edades, en La Máquina, Suchitepéquez, Guatemala.

	A l t u r a												P			
	10 meses	18 meses	31 meses	44 meses	55 meses	10 meses	18 meses	31 meses	44 meses	55 meses	10 meses	18 meses		31 meses	44 meses	55 meses
Proc media x																
PTA	2,6	PTA 6,7	LEN 9,8	PTA 11,2	MPA 12,5	GRA 2,3	MAG 4,9	LEN 7,1	LEN 7,7	LEN 8,3						
KBA	2,5	MPA 6,6	PTA 9,7	LEN 11,1	LEN 12,5	ORA 2,3	LEN 4,8	PTA 6,9	URA 7,7	PTA 8,1						
MPA	2,5	LEN 6,4	MPA 9,4	MPA 10,7	MAG 12,2	MAG 2,3	ORA 4,8	URA 6,8	PTA 7,6	MAG 8,0						
FRA	2,4	MAG 6,3	KBA 8,9	ORA 10,4	PTA 12,1	PTA 2,3	PTA 4,7	MAG 6,6	ORA 7,2	MPA 7,9						
LEN	2,3	ORA 6,3	ORA 8,9	FRA 10,3	GRA 11,5	KBA 2,2	MPA 4,7	ORA 6,5	KBA 7,2	GRA 7,7						
MAG	2,3	KBA 6,0	FRA 8,9	MAG 10,2	URA 11,1	CCA 2,2	URA 4,6	MPA 6,5	MAG 7,2	URA 7,6						
GRA	2,3	FRA 5,9	MAG 8,7	URA 10,1	KBA 11,0	URA 2,2	KBA 4,5	FRA 6,5	MPA 7,1	KBA 7,5						
KTA	2,2	GRA 5,6	GRA 8,6	GRA 10,0	FRA 11,0	TRA 2,2	FRA 4,3	KBA 6,5	GRA 7,1	ORA 7,4						
ORA	2,2	URA 5,5	URA 8,5	KBA 9,9	ORA 10,8	KTA 2,2	KTA 4,2	GRA 6,4	FRA 7,1	CCA 7,3						
CCA	2,1	KTA 5,5	CCA 8,2	CCA 9,7	CCA 10,3	LEN 2,1	GRA 4,2	KTA 6,2	CCA 7,1	FRA 7,3						
TRA	2,1	CCA 5,4	KTA 7,5	KTA 9,1	KTA 10,0	MPA 2,0	TRA 4,1	MPA 6,1	KTA 6,6	KTA 6,8						
URA	2,1	TRA 5,4	TRA 7,4	TRA 8,7	TRA 8,8	FRA 1,8	CCA 4,0	TRA 6,0	TRA 6,6	TRA 6,7						

introducción hecha a la zona en 1982* pero se desconoce el origen de la semilla; a los 55 meses fue una de las que presentó los mayores crecimientos en altura y dap, como se muestra en el Cuadro 32 ubicándose como la tercera mejor procedencia en crecimiento en altura y dap.

Esto permite sugerir que la introducción de una procedencia para derivar otra de mayor rendimiento que se adapte a las condiciones de los sitios pudiera ser la estrategia a seguir en un futuro programa de mejoramiento genético.

Al analizar la sobrevivencia (Cuadro 30) se observa que en general fue bastante alta, ya que a los 55 meses, siempre fue superior al 83 %; la procedencia de Tennant River que fue la de menor sobrevivencia presentó un 83 %, mientras que Victoria River fue la mayor con 98 % seguida de Petford y Gilbert River con 97 %.

En lo referente al hábito de bifurcación la procedencia de mayor incidencia fue Cockatoo Creek con un 31 %. seguida de Tennat River y Katerine con 23 y 22 %, respectivamente; la procedencia de menor incidencia fue Wrotham Park con 6 %, lo que la ubica como una procedencia altamente deseable por ser la de mayor crecimiento en altura y de las mejores en dap, sobrevivencia y muy baja incidencia de bifurcación.

* César Aceituno. Comunicación personal. La Máquina, Guatemala, 1991

La floración y fructificación, fue bastante pobre al momento de la última evaluación, ya que tan solo la procedencia de Victoria River presentó más de 30 % de sus individuos floreciendo o fructificando.

Los crecimientos mostrados por las procedencias en este sitio son superiores a los presentados por la procedencia de León en sitios como Santa Rosa, Guatemala, donde a los 26 meses alcanzó 4,8 m de altura y 4,0 cm de dap (Padilla et al., 1989); mientras que en este sitio (La Máquina), la procedencia de Tennant River que fue la que menos creció, obtuvo a una edad similar 7,4 m de altura y 6,0 cm de dap (Cuadro 32). En San Juan, Chiquimula la procedencia derivada de Matagalpa solo alcanzó 2,8 m de altura a los 21 meses (Aguilar et al., 1989), mientras que Tennant River obtuvo en este sitio 5,4 m a los 18 meses de edad, superior aún a los crecimientos alcanzados por Matagalpa en La Máquina, a los 36 meses que fue de 6,2 m (Detlefsen et al, 1990).

La consistencia de los resultados presentados por las procedencias de Wrotham Park, Petford y León en este sitio y el de La Carrera, Usulután, El Salvador, permiten sugerir que se puede emprender un programa de mejoramiento genético para las regiones con condiciones de bosque seco tropical con elevaciones entre 50 y 100 msnm, temperaturas que van de 26 a 27 °C, precipitaciones entre los 1600 y 1900 mm, y déficit hídrico de seis meses. Esto, además, permitiría ampliarlo hasta la región de la Península de Nicoya en Costa

Rica, ya que las condiciones de sitio son similares a las presentes en los dos sitios anteriores.

4.2 Comportamiento regional de las procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh

En este apartado se presentan y discuten los resultados del crecimiento en altura total y dap de dos grupos de procedencias en sitios comunes, analizados a 26 y 30 meses de edad.

Con el fin de conocer el comportamiento regional de un grupo de fuentes de semilla que fueron plantadas en más de un sitio, se realizó el análisis conjunto de dos grupos de procedencias comunes repetidos en varios sitios, lo cual según Matheson (1984) es un requisito indispensable para poder evaluar la posibilidad de la presencia de interacción sitio x procedencia; esto permite conocer la presencia o no de este tipo de interacciones para *E. camaldulensis* en América Central.

La edad a la que fueron evaluadas, cubre casi el 50 % del turno de esta especie cuando se destina a la producción de leña, por lo que los resultados son preliminares y deberán ser tomados con reserva.

4.2.1 Grupo uno

Este primer grupo está compuesto por nueve fuentes de semillas que fueron probadas en San Joaquín, Nicoya, Costa Rica; Hacienda La Carrera, Usulután, El Salvador; y La Máquina, Suchitepequez, Guatemala. El Cuadro 33 presenta los resultados del crecimiento en altura y dap de las fuentes de semilla a los 30 meses de edad en los tres sitios.

El análisis de varianza (Cuadro 34), indica la existencia de diferencias altamente significativas entre sitios y procedencias en altura total, mientras que la interacción sitio x procedencia, no fue estadísticamente significativa ($P > F = 0.6042$). En lo que se refiere al crecimiento en dap las diferencias en sitios también fueron estadísticamente altamente significativas, mientras que entre procedencias sólo fue significativa y en la interacción, no hubo diferencias estadísticamente significativas.

La mayor variación para el crecimiento en altura y dap fue para el error, ya que contribuyó con un 49 y 61 %, respectivamente, de la variación total; la variación entre sitios fue de 37 % para la altura y 29 % para el dap, mientras que la variación entre procedencia sólo fue el 13 y 7 % de la variación total para la altura y el dap, respectivamente (Cuadro 34).

Cuadro 33. Crecimiento en altura total y dap de nueve procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn a los 30 meses de edad, en tres sitios de América Central

Procedencia	San Joaquín, Costa Rica		La Máquina, Guatemala		La Carrera, El Salvador	
	Altura (M)	dap (cm)	Altura (M)	dap (cm)	Altura (M)	dap (cm)
Petford, Aust.	8,7	7,3	9,7	6,9	9,9	7,6
Kimberly, Aust.	8,2	5,9	8,9	6,4	9,3	7,5
Gilbert River, Aust.	7,9	5,8	8,6	6,4	9,5	7,2
Ord River, Aust.	7,4	6,8	8,9	6,5	10,2	7,8
León, Nic.	7,1	5,7	9,8	7,0	9,4	8,3
Cockatoo Creek, Aust.	6,9	5,3	8,2	6,1	9,0	7,1
Wrotham Park, Aust.	6,9	5,4	9,4	6,5	9,8	7,5
Tennant River, Aust.	6,8	5,4	7,4	6,0	7,4	5,4
Victoria, Aust.	5,9	5,5	8,5	6,8	8,9	7,5

Cuadro 34. Análisis de varianza del crecimiento en altura total y dap de nueve procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a los 30 meses de edad, en tres sitios de América Central.

FV	GL	C u a d r a d o		M e d i o	
		Altura	E(CM)	dap	E(CM)
Sitios	2	35,66**	37 %	20,71**	29 %
Rep (sitios)	9	1,26	1 %	1,46	3 %
Procedencias	8	5,58**	13 %	3,02*	7 %
Sitio x Proc.	16	1,07ns	0 %	1,00ns	0 %
Error	72	1,37	49 %	1,15	61 %

* Significativo al 5 %

** Significativo al 1 %

E(CM) : Componente de varianza.

En la Figura 2 y 3, se observa gráficamente el comportamiento del crecimiento en altura y dap de las procedencias en cada uno de los sitios, que muestran variaciones en el orden de posición de cada una de las procedencias de sitio a sitio, se observa una evidente diferencia en la respuesta de algunas procedencias en cada uno de los sitios, lo cual podría ser interpretado como una interacción.

A pesar de estos cambios, la interacción procedencia por sitio fue estadísticamente no significativa (Cuadro 34). Esta ausencia de interacción puede ser atribuida a la poca variación existente en las condiciones ambientales entre los sitios (Cuadro 1) o a la etapa juvenil en que fueron evaluadas las procedencias. Zobel y Talbert (1988) sugieren

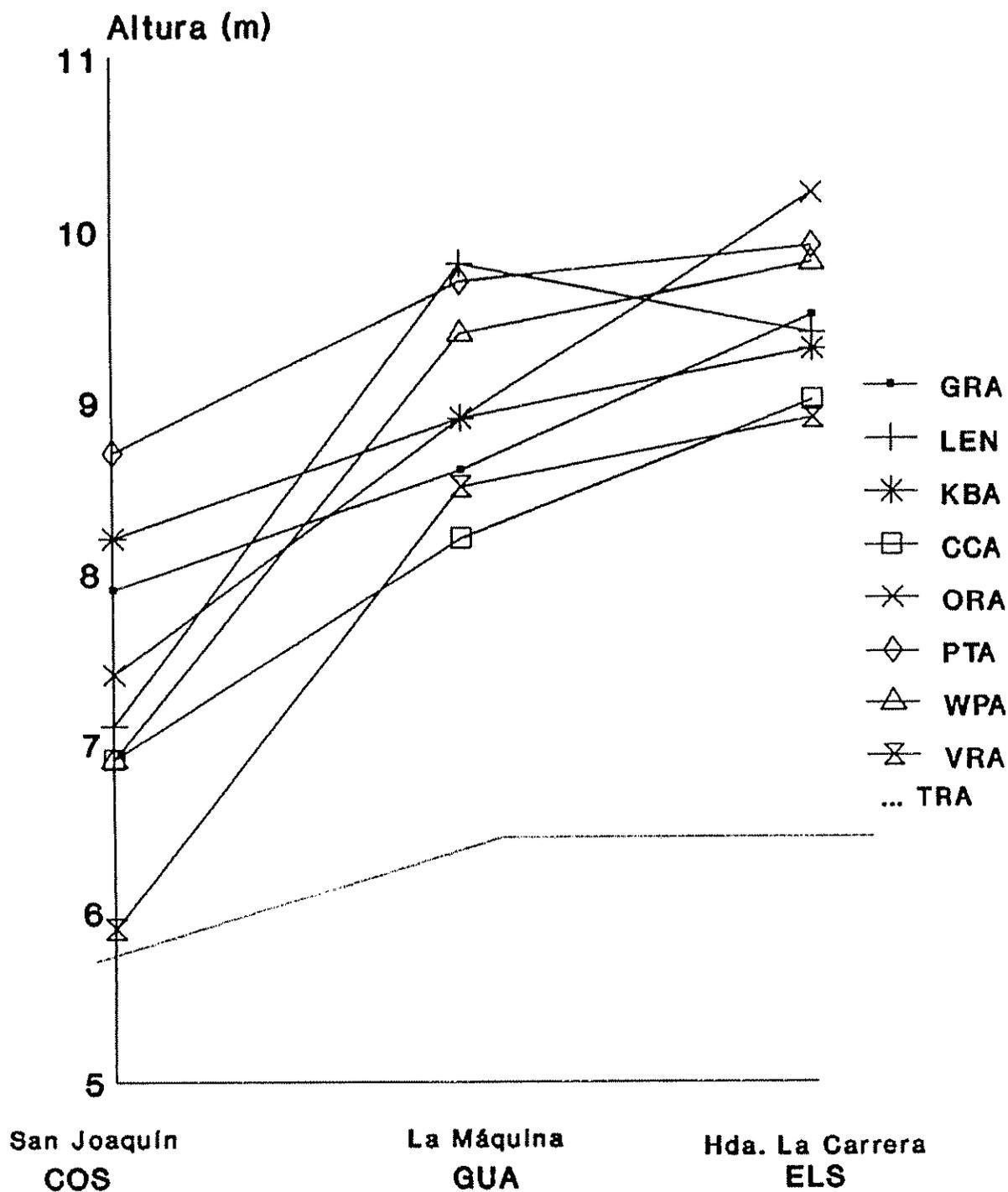


Figura 2. Crecimiento en altura total de nueve procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn a la edad de 30 meses en tres sitios de América Central.

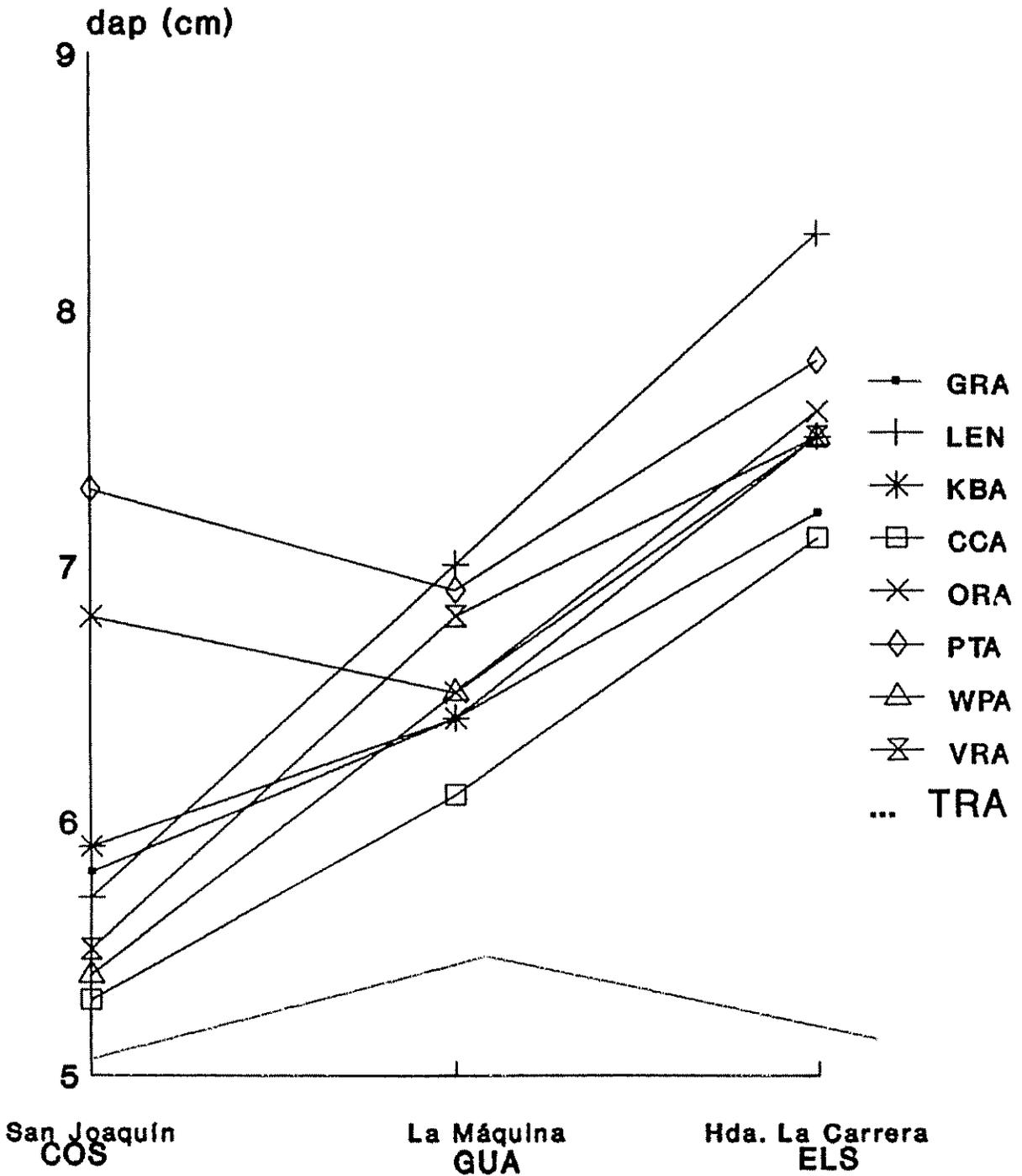


Figura 3. Crecimiento en dap de nueve procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a la edad de 30 meses, en tres sitios de América Central.

que para que ocurran interacciones genotipo-ambiente sólidas, los ambientes deberán diferir ampliamente y, entre los tres sitios evaluados, las variaciones ambientales son muy pequeñas.

En virtud de lo anterior, se realizó una prueba de Duncan para comparar los crecimientos promedios entre sitios, donde se observa claramente que el sitio Hacienda La Carrera presenta los mayores crecimientos en altura llegando a ser el 20 % superior a los crecimientos mostrados en San Joaquín (Cuadro 35).

Cuadro 35. Prueba de rango múltiple de Duncan por sitios para el crecimiento en altura total y dap de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a los 30 meses de edad en América Central

País	Sitio	Altura (m) *	d a p (cm) *
ELS	Hacienda La Carrera	9,2 a	7,3 a
GUA	La Máquina	8,8 b	6,5 b
COS	San Joaquín	7,3 c	5,8 c

* Duncan: Las letras diferentes indican diferencias estadísticas al 5 %.

La diferencia tan marcada entre el primero y el último sitio, puede ser atribuida al uso anterior del suelo, ya que en La Carrera el uso anterior fue cultivo agrícola, mientras que en San Joaquín, Nicoya, el uso anterior fue pastoreo,

que provoca compactación del suelo, lo que ocasiona problemas a los árboles en su desarrollo

Entre La Carrera y La Máquina las diferencias no fueron superiores al 10 %, y probablemente se debió a que el uso anterior en ambos sitios fue cultivo agrícola y la causa de la pequeña diferencia puede atribuirse a que La Máquina había tenido un uso alternado de pastoreo y cultivos agrícolas que deterioraron un poco su suelo.

Sería interesante analizar la composición física y química de los suelos en cada uno de los sitios para determinar si hay algún elemento o factor que influencie la diferencia en la respuesta de las procedencias.

Los resultados obtenidos permiten sugerir de manera preliminar que se puede establecer un programa regional de mejoramiento genético con las procedencias de Petford y Wrotham Park, ya que fueron las que presentaron un comportamiento más estable en los tres sitios. A corto plazo se puede iniciar la selección de árboles superiores para el establecimiento de rodales semilleros que permitan el abastecimiento de las necesidades inmediatas de germoplasma para los programas operaciones de plantaciones.

4.2.2 Grupo dos

En este grupo fueron analizadas seis procedencias en los sitios Pesé, Herrera y Antón Coclé, ambos en Panamá. En

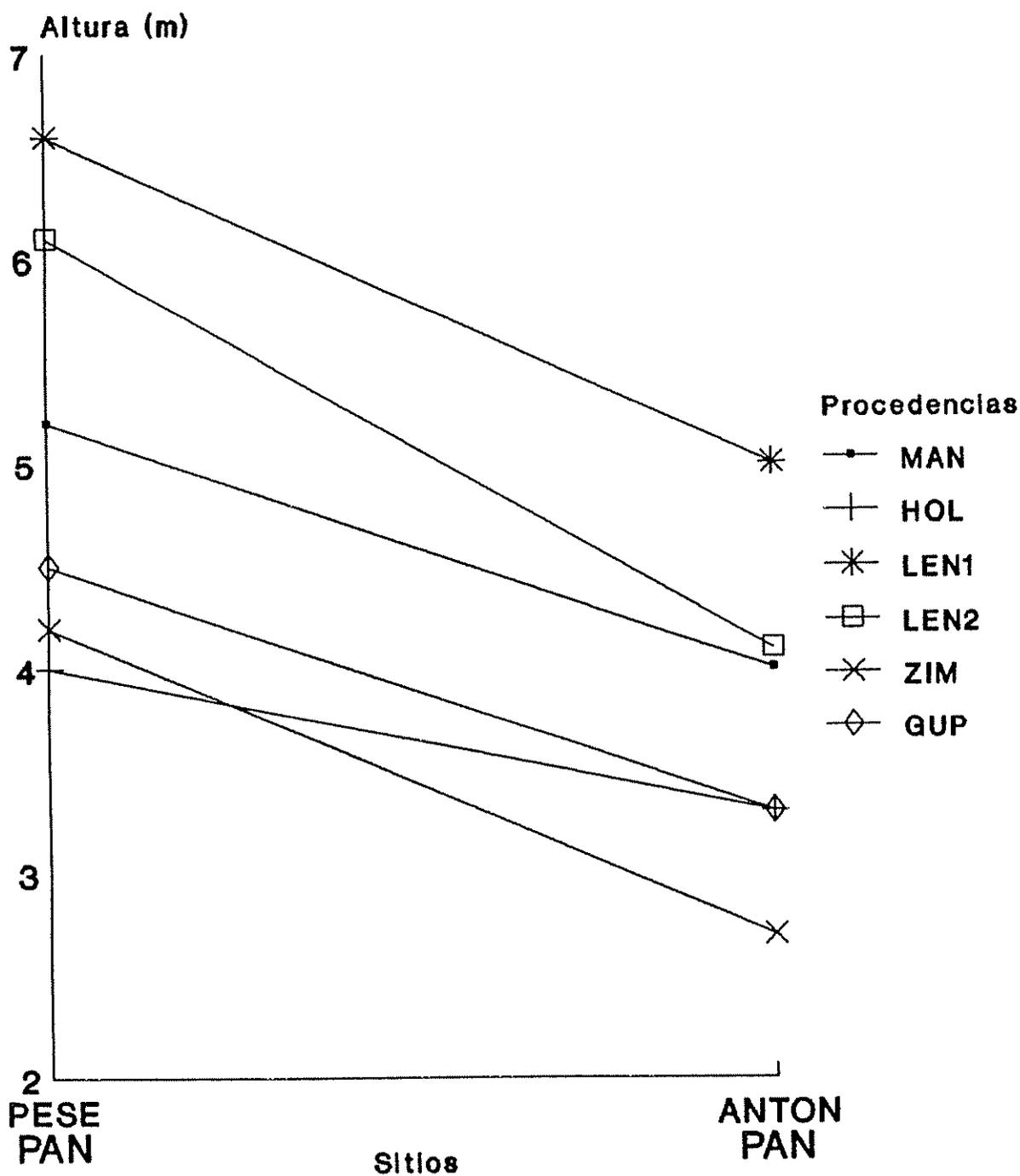
el Cuadro 36 se presentan los resultados del crecimiento en altura total y dap de los dos sitios a la edad de 26 meses.

En la Figura 4 y 5, se presenta el comportamiento de las seis fuentes de semillas que muestra ligeras variaciones en el crecimiento de cada una de ellas en ambos sitios, así como en el orden de posición de las mismas.

Cuadro 36. Crecimiento en altura total y dap de seis procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a los 26 meses, en dos sitios de América Central.

Procedencia	Pesé, Herrera		Antón, Coclé	
	Altura (m)	dap (cm)	Altura (m)	dap (cm)
León, Nic 1	6,6	5,8	5,0	4,4
León, Nic 2	6,1	5,3	4,1	2,9
Matagalpa, Nic.	5,2	4,2	4,0	3,0
Guararé, Pan.	4,5	3,7	3,3	7,4
Zimbabwe	4,2	3,6	2,7	2,4
Holanda	4,0	3,2	3,3	2,1
1: BLSF1403	2: BLSF1565.			

El análisis de varianza (Cuadro 37), muestra que para el crecimiento en altura total y dap existen diferencias significativas entre sitios, mientras que entre procedencias las diferencias fueron estadísticamente altamente significativas; la interacción sitios x procedencia, no



1:BL8F1403

2:BL8F1505

Figura 4. Crecimiento en altura total de seis procedencias de Eucalyptus camaldulensis Dehnh a la edad de 26 meses, en dos sitios de América Central.

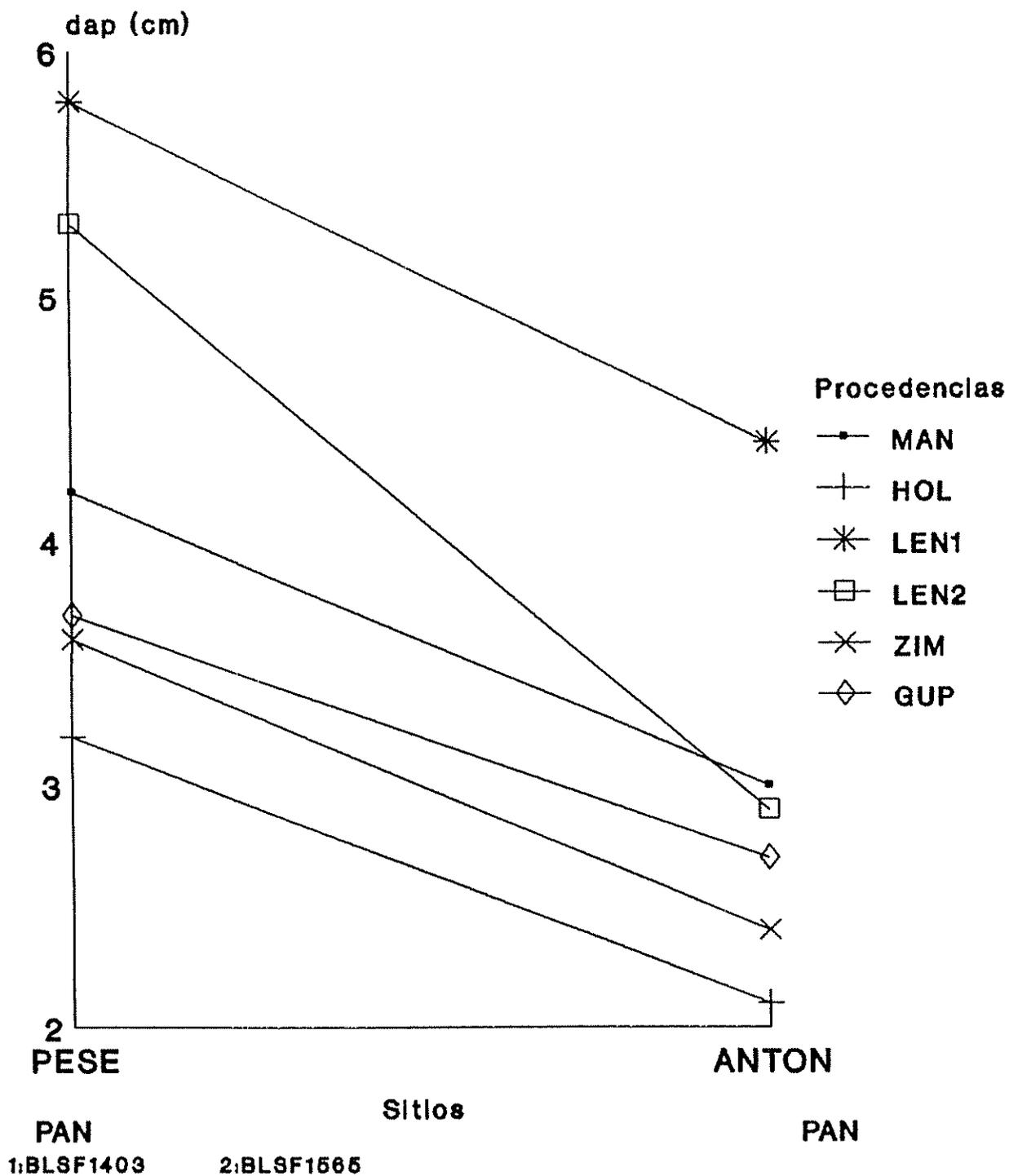


Figura 5. Crecimiento en dap de seis procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a la edad de 26 meses, en dos sitios de América Central.

presentó diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las dos variables.

Es interesante observar que un gran porcentaje de la variación (26 y 23 %) se debe a las procedencias, mostrando que un gran porcentaje de la variación observada puede ser atribuida a variación genética; la variación entre sitios fue de 34 y 26 % en altura y dap respectivamente, mientras que el error sólo contribuyó con el 27 y 38 % (Cuadro 37).

Cuadro 37. Análisis de varianza del crecimiento en altura total y dap de seis procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a los 26 meses de edad, en dos sitios de América Central.

FV	GL	C u a d r a d o		M e d i o	
		Altura	E(CM)	dap	E(CM)
Sitios	1	34,43 *	34 %	26,41 *	26 %
Rep (sitios)	8	3,43	13 %	3,59	13 %
Procedencias	5	9,09**	26 %	7,34**	23 %
Sitio x Proc.	5	0,59ns	0 %	0,66ns	0 %
Error	39	0,90	27 %	1,22	38 %

* Significativo al 5 %

** Significativo al 1 %

E(CM) : Componente de varianza.

Dado que la interacción no mostró diferencias significativas, se realizó una prueba de rango múltiple de Duncan para comparar el crecimiento promedio presentado por las procedencias en cada uno de los sitios.

El Cuadro 38 muestra los crecimientos promedio de altura total y dap par ambos sitios, donde se observa que los crecimientos en Pesé fueron 24 % (1,3 m) superiores a los de Antón para el crecimiento en altura y 32 % (1,4 cm) para el crecimiento en dap.

Los resultados muestran que a pesar de las diferencias ambientales entre ambos sitios (principalmente en precipitación), los crecimientos en altura y dap no son muy diferentes; es importante observar que en ambos sitios la mejor procedencia en cuanto al crecimiento en altura y dap fue León (BLSF1403).

Cuadro 38. Prueba de rango múltiple de Duncan por sitios para el crecimiento en altura total y dap de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a los 26 meses de dada, en América Central

Sitio	Altura (m) *	d a p (cm) *
Pesé	5,3 a	4,3 a
Antón	4,0 b	2,9 b

* Duncan: Las letras diferentes indican diferencias estadísticas al 5 %.

Los resultados obtenidos en el análisis conjunto pueden sugerir de manera preliminar que sería factible iniciar un programa de mejoramiento genético con la procedencia de León; pero, en virtud de que se desconoce si la población de León posee una base genética amplia, sería arriesgado

considerar a esta procedencia para el programa de mejoramiento.

Tomando en cuenta lo anterior, sería más recomendable probar otras procedencias de Australia como Petford y Katherine, las cuales han demostrado un buen comportamiento bajo condiciones ambientales similares a las presentes en estos sitios (Doran Y Boland, 1978; Fierros y Musalem, 1978; Otegbeye, 1985; Méndez et al., 1987). También se podrían probar procedencias como Fitz Roy y Ord River, las cuales presentaron crecimientos superiores a los de León en condiciones similares a las presentes al menos en uno de estos dos sitios (Cuadro 1).

4.3 Discusión general.

Las pruebas de procedencias evaluadas y analizadas en diferentes sitios de América Central, permiten identificar que las fuentes de semillas provenientes de Australia, presentan los mejores crecimientos. En sitios como Sabana Grande, Panamá y Hacienda Santa Teresa, El Salvador, las procedencias de Fitz Roy y Petford, alcanzaron crecimientos promedio anual superiores a los 3 m de altura y 3 cm de dap; éstos son superiores hasta en 40 % a los presentados en algunos sitios por la procedencia derivada local (León, Nicaragua). Sería interesante que, en sitios como Sabana Grande, Panamá, se probaran procedencias como Katherine y Petford, las que han presentado crecimientos satisfactorios

en condiciones ambientales similares a Sabana Grande, Panamá.

En los sitios de Antón y Pesé, Panamá, se probaron algunas fuentes de semilla que no contaban con información del origen, como el caso de Holanda (lugar donde no hay *Eucalyptus*) y Zimbabwe; bajo estas circunstancias, este tipo de procedencias no deberían ser incluidas en ninguna prueba, ya que por lo general tienen poca utilidad dentro de un programa de mejoramiento, debido a que se desconocen las condiciones bajo las cuales se han desarrollado.

Las procedencias derivadas localmente y que fueron utilizadas como comparadores en las pruebas, no mostraron la superioridad que de ellas se esperaba. Por lo general se espera que las procedencias derivadas se comporten mejor que las procedencias nativas, debido a que los individuos de estas poblaciones han pasado por un proceso de adaptación por selección natural a un ambiente natural (Zobel y Talbert, 1984; Mesén, 1990); sin embargo, las procedencias de León, Matagalpa y Guararé, alcanzaron crecimientos promedio anual por debajo de 2 m de altura y 2 cm de dap, mientras que, en varios sitios, algunas procedencias de Australia superan en más de 20 % estos crecimientos.

El mal comportamiento de las procedencias derivadas, puede ser atribuido a que probablemente las áreas semilleras de donde fueron colectadas las semillas no han sido

manejados apropiadamente y no fueron eliminados los fenotipos de mala calidad, o que las colectas se realizaron en áreas no semilleras y con poco control de calidad.

Durante la medición final realizada a estos ensayos, se observó que los mejores crecimientos promedio en altura y dap, se presentaron en El Salvador, seguido por Guatemala y Honduras, mientras que los menores crecimientos se presentaron en algunos sitios de Panamá. El comportamiento y las diferencias observadas puede ser atribuido a las diferencias en las condiciones de sitio.

En cuanto al hábito de bifurcación de la especie, el mayor porcentaje se presentó en la procedencia de Dpry, Australia en Hacienda Santa Teresa, El Salvador con un 33 %, presentándose a una altura superior a los 4 m del fuste; otras procedencias con porcentajes altos de bifurcación fueron Cockatoo Creek, Australia, en La Máquina, Guatemala, con 31 % y León, Nicaragua con 29 % en Caminos Nuevos, Honduras. La presencia de las bifurcaciones a una altura superior a los 4 metros, permite dirigir la producción de la plantación a la obtención de productos de mayor valor que la leña, como postes y vigas para construcciones rurales.

Es importante resaltar que los resultados hasta ahora obtenidos son preliminares, y que es necesario realizar una segunda etapa de evaluación a los 5 o 6 años, que sería la edad en que se le aplicarían las primeras intervenciones de

manejo de dichas pruebas y se decide cual es la estrategia a seguir con cada uno de los ensayos.

Con base en los resultados de las evaluaciones a los 5 ó 6 años, se puede iniciar el establecimiento de plantaciones piloto en cada sitio con la procedencia que mejor comportamiento haya presentado. Esto permitirá evaluar a las procedencias en condiciones de plantación, aumentar la base genética de la especie y permitirá crear plantaciones semilleras de procedencias para el suministro de semillas de calidad genética superior (Zobel y Talbert, 1984; Mesén, 1990).

A partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo, es posible plantear el inicio de un programa de mejoramiento genético de *Eucalyptus camaldulensis* a mediano y largo plazo. Un punto de gran importancia que deberá tomarse en cuenta, es que la base genética de la población que se utilice deberá ser lo suficientemente amplia, de tal forma que permita y asegure un proceso continuo de selección por varias generaciones y se reduzca al máximo el riesgo de depresión endogámica.

Para abastecer las necesidades inmediatas de semilla de *Eucalyptus camaldulensis*, las pruebas de procedencia de mayor edad como La Carrera y La Máquina, pueden eventualmente convertirse en áreas de producción de semillas, siempre y cuando se les de un manejo cuidadoso y

apropiado; en este sentido, es importante tomar en cuenta las recomendaciones hechas por Midgley et al. (1989), quienes sugieren que los ensayos de procedencias raleados pueden presentar problemas de tener una base genética reducida, en virtud de que el material de la procedencia original puede provenir de muy pocos individuos (2 ó 3), y que además podrían estar emparentados por el fenómeno de autopolinización.

A mediano plazo se deberán seleccionar árboles superiores para establecer los estudios de progenies para evaluar y obtener progenies superiores que permitan el establecimiento de huertos semilleros.

Los buenos resultados mostrados por la procedencia derivada de La Máquina en el sitio del mismo nombre, sugiere que una buena estrategia sería el desarrollo de razas locales a partir de las mejores procedencias en cada sitio, ésta sería una de las formas más rápidas y económicas de obtener ganancias genéticas cuando se trabaja con especies exóticas como *E. camaldulensis* (Zobel y Talbert, 1984; Mesén, 1990).

5. Conclusiones.

Con base a la respuesta de las pruebas realizadas y a los análisis llevados a cabo en el presente estudio, se desprenden las siguientes conclusiones.

1. En general las procedencias originarias de Australia presentaron buenos crecimientos en los sitios de América Central donde fueron probadas.

2. La procedencia de Petford fue la mejor en San Joaquín, Costa Rica; Caminos Nuevos, Honduras; y Hacienda Santa Teresa, El Salvador; además de ser una de las mejores en Hacienda La Carrera, El Salvador y La Máquina, Guatemala.

3. La procedencia de Fitz Roy fue la de mejor crecimiento en Sabana Grande, Panamá y se presenta como una nueva procedencia promisoría para los trópicos de América Central, ya que los crecimientos mostrados en los otros sitios donde fue probada, fueron iguales o superiores al promedio de cada sitio.

4. La procedencia de Wrotham Park se mostró como la mejor en Hacienda La Carrera, El Salvador y La Máquina Guatemala; esto es importante debido a que no había sido reportada como una procedencia promisoría en donde había sido probada en otras partes del mundo. Dada su cercanía con Petford, es posible ampliar el área de colecta en un rango

altitudinal que iría desde los 100 msnm en Wrotham Park hasta los 600 msnm en Petford.

5. Existen procedencias de Australia como Tennant River, Cockatoo Creek y Victoria River que por su pobre comportamiento mostrado bajo las condiciones de sitio donde fueron probadas en América Central, indican que no son aptas para la región.

6. Las procedencias derivadas locales como León, Matagalpa y Guararé, no mostraron los crecimientos que de ellas se esperaba, en virtud de que sus crecimientos fueron pobres en los sitios en que fueron probadas.

7. Dentro del grupo de las procedencias derivadas, la de León fue la que mejores crecimientos mostró, llegando a ser superior a otras cinco procedencias derivadas.

8. Los resultados del análisis conjunto de nueve procedencias a la edad de 30 meses en tres sitios de América Central, indican que a nivel regional las mejores procedencias fueron Petford y Wrotham Park, mientras que Tennant River, Victoria River y Cockatoo Creek fueron las de menor crecimiento.

9. Los mejores crecimientos promedio de *Eucalyptus camaldulensis* en altura y dap se presentaron en los sitios de El Salvador (4,5 m y 3,4 cm), seguido por Honduras (3,4 m y 2,9 cm), Panamá (3,0 m y 2,3 cm), Costa Rica (2,9 m y 2,4

cm), y por último Guatemala con 2,4 m y 2,7 cm de altura y dap, respectivamente. Estos crecimientos están en general relacionados con la calidad del sitio y el uso anterior del suelo.

10. Los mayores porcentajes de bifurcación se presentaron en las procedencias de Dpry, Australia, Cockatoo Creek, Australia y León, Nicaragua, y ésta se presentó a una altura superior a los 4 m.

11. En general no se observaron problemas con plagas o enfermedades, a excepción del sitio de Montijo, Panamá, donde el experimento se perdió por un fuerte ataque de hormigas (*Atta sp.*).

12. Durante la última evaluación, se observó que la floración y producción de semillas es irregular y varía entre procedencias, pero las procedencias con mayor porcentaje de floración (Cockatoo Creek, Australia en Hacienda La Carrera, El Salvador, y Victoria River, Australia en La Máquina, Guatemala), no fue mayor de 40 %.

6. Recomendaciones.

Partiendo de los resultados y conclusiones obtenidas en el presente estudio se sugieren las recomendaciones siguientes. Es importante indicar que las recomendaciones que aqui se dan se fundamentan en la primera etapa de los estudios de procedencias, por lo que son preliminares, los resultados concluyentes se podran dar cuando se realicen evalauciones a edades más avanzadas.

1. Para La Península de Azuero en Panamá, se sugiere que se preste mayor atención a la procedencia de Fitz Roy, Australia, por ser la que ha mostrado un comportamiento sobresaliente.

2. Se sugiere poner atención a las siguientes procedencias por país: Wrotham Park y Petford para El Salvador, Guatemala y Costa Rica; Petford para Honduras.

3. En Panamá, El Salvador, Honduras y Guatemala donde *Eucalyptus camaldulensis* se usa ampliamente para reforestaciones, debe considerarse el establecimiento de plantaciones piloto y pruebas de progenie con germoplasma proveniente del origen de las mejores procedencias (como las que se sugieren en el punto anterior) en cada sitio, para el posterior establecimiento de huertos semilleros.

4. Desarrollar razas locales a partir de poblaciones con amplia base genética traídas de las procedencias que hayan resultado como las mejores en cada sitio.

5. Dar continuidad y seguimiento a las pruebas evaluadas en el presente estudio y realizar evaluaciones a los 5 ó 6 años, para tomar las primeras decisiones con base al manejo de las pruebas de procedencias y su comportamiento en términos de producción.

6. En países como Costa Rica, Honduras y Guatemala, donde se estableció una sola prueba y bajo una sola condición de sitio, se sugiere que en la medida de lo posible, se establezcan pruebas de procedencias en condiciones diferentes.

7. Se sugiere que para pruebas de procedencias posteriores, no se utilicen procedencias que no cuenten con información de su origen.

8. En Panamá y Guatemala, donde las procedencias derivadas tuvieron buen comportamiento, se sugiere dar mayor atención y realizar más pruebas con procedencias derivadas que han pasado por un proceso de mejoramiento comprobado.

6. LITERATURA CITADA

- AGUILAR, S.; ALARICK, C.; MUSALEM, M.A. 1989. Comportamiento inicial de trece especies forestales para leña en la zona semiárida de Guatemala. Turrialba, C.R. CATIE. Informe interno de silvicultura No. 4. 12 p.
- ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. 1964. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop science* 4:503-507.
- BARNES, R.D.; BURLEY, J.; GIBSON, G.L.; GARCIA de LEON, J.P. 1984. Genotype-environment interactions in tropical pines and their effects on the structure of breeding populations. *Silvae Genetica*. 33(6):186-198.
- BURLEY, J. 1969. Methodology for provenance trial in the tropics. *Unasylva*. 23(3):24-28.
- BURLEY, J.C.; HANS, A.S. 1984. Variation in mature and juvenile leaf shape of *Eucalyptus camaldulensis* Denh. provenances grown in Zambia. *Australian Forestry Research*. 10: 99-103.
- CALLAHAM, R.Z. 1964. Provenance research: investigation on genetic diversity associated with geography. *Unasylva*. 18(23):40-50.
- CAMPOS, A. J.J. 1990. Curvas de índice de sitio para *Eucalyptus camaldulensis* en America Central. In Actas Reunión IUFRO, Guatemala: Manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales con especies de uso múltiple. Salazar R. (Ed). Turrialba, C.R. CATIE. p 351-366.
- CARDONA, L.; SANDOVAL, C.; CANO, R.; RODRIGUEZ, R.; MUSALEM, M.A. 1990. Comportamiento de diez especies forestales para producción de leña en El Cubo, Talanga, Honduras. Turrialba, C.R. CATIE. Informe interno de silvicultura No. 15. 16 p.
- CATIE. 1986. Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central: resultados de 5 años de investigación. CATIE. Turrialba (CR) Serie Técnica, Informe Tec. No. 86. p 91-104
- CLAIR, J.B.; KLEINSCHMIT, J. 1986. Genotype-environment interaction and stability in ten-year height growth norway spruce clones (*Picea abies* Karst.). *Silvae Genetica* 35:5-6.

- DETLEFSEN, G.; MARTINEZ, H.; ZANOTTI, R.; VILLAGRAN, E. 1990. Establecimiento de tres especies forestales para producción de leña con y sin asocio inicial de maíz (*Zea mays* L.) en La Máquina, Suchitepequez, Guatemala. Turrialba, C.R. CATIE. Informe interno del silvicultura No. 17. 14 p.
- DONALDSON, D.R.; LeBLANC, J.W.; STANDIFORD, R.B.; SHERRI, G.; JOURDAN, C.J.; MILLER, G.E. 1988. Seven-year performance of *Eucalyptus* species in Napa country. California Agriculture. Nov.-Dec.: 19-20.
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. 1966. Stability Parameters for comparing varieties. Crop Science (U.S.A): 36-40.
- ELDRIDGE, K.G. 1975. An annotated bibliography of genetic variation in *Eucalyptus camaldulensis*. Commonwealth Forestry Institute/CSIRO. Trop. For. Pap. No. 8. 56 p.
- EMERY, B.M. 1987. Provenance trial of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Forestry Abstracts. 46(10): 635.
- EMERY, B.M.; LEDIG, F.T. 1987. Provenance variation in *Eucalyptus camaldulensis* Dehn in California. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. Silvae Genetica 36(3-4):172-180.
- EVANS, H. B. L. 1977. British Forestry Mission, Nicaragua: Species and provenance trials 1972- 1977. London, Ministry of Overseas Development. 34 p.
- FAO. 1975. Prácticas de plantación de árboles en la sabana africana. Roma. Cuadernos de Fomento Forestal No. 19. 203 p.
- FAO. 1976. Draft eucalyptus for planting. 2a. Ed. Roma. 397 p.
- FIERROS, A.M.; MUSALEM, M.A. 1978. Ensayos de introducción del género *Eucalyptus* en algunas regiones de México. Revista Chapingo. Nueva Epoca No. 10: 3-13.
- FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. Aust. J. Agric. Res., 14: 742-754.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Colección FAO: ontes No. 11. 723 p.

- FRANKLIN, E.C. 1978. Juvenile-mature correlations. In Joint Workshop on Progress and Problems of Genetic Improvement of Tropical Forest Trees. Proceedings. Ed. by D.G. Nikles, J. Burley and R.D. Barnes. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. Vol 1. p. 205-212.
- GHOSH, R.C.; GUPTA, B.N.; SHEDHA, M.D. 1977 Provenance trial of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Indian Forestry. 103(7):441-453.
- GIBSON, G.L. 1982. Genotype-environment interaction in *Pinus caribaea*. Oxford, Commonwealth Forestry Institute. University of Oxford. 111 p.
- GOMEZ LAZO, D.A. 1981. Evaluación del comportamiento de ensayos y plantaciones forestales en Nicaragua. Tesis Mag Sc. Turrialba, C.R., CATIE/UCR. 166 p.
- GUTIERREZ, A.; GONZALEZ, H.; ESCOBAR, F.; SUTHERLAND, S.; JIMENEZ, V. 1989. Análisis del comportamiento de cinco especies forestales para la producción de leña en Las Cabras, Herrera, Panamá. Informe Interno de Silvicultura No. 2. MADELENA-CATIE/ROCAP. 8 p.
- GUTIERREZ, A.; MORAN, B.; ESCOBAR, F.; GONZALEZ, O. 1990. Comportamiento inicial de seis especies forestales con potencial para la producción de leña en Pocrí, Los Santos, Panamá. Informe técnico interno de Silvicultura No. 19. MADELENA-CATIE/ROCAP. 7 p.
- GUTIERREZ, A.; MORAN, B.; GONZALEZ, I.; GONZALEZ, D.; SUTHERLAND, S.; MUSALEM, M. 1990. Prueba de seis procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn en Las Cabras, Herrera, Panamá. Informe técnico interno de Silvicultura. No. 18. MADELENA. CATIE, Costa Rica.
- HASEY, J.K.; STANDIFORD, R.B.; CONNOR, J.M.; SACHS, R.M. 1988. Low-elevation foothill fuelwood plantation. California Agriculture. Nov.-Dec.: 21-22.
- KAPUR, S.K.; DOGRA, A.S. 1987a. Provenance trial of *Eucalyptus camaldulensis* in Punjab. Indian Forester. 113(7): 471-475.
- KAPUR, S.K.; DOGRA, A.S. 1987b. Species-cum-provenance trial of *Eucalyptus* in Punjab. Indian Forester. 113(4): 238-242.
- KARSCHON, R.; PINCHAS, L. 1971. Variation in heat resistance of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. and their significance. Australian Journal of Botany. 19: 261-272.

- KUBE, P.D; PRICE, N. 1989. Development of an even-aged stand of *Eucalyptus camaldulensis* in central Australia. Aust. For. 49(4):236-240.
- LACAZE, J.F. 1970. Study of the ecological adaptation of eucalypts: a study of provenance of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. (FAO proyect No. 6). In: Progres and problems of genetic improvement of tropical trees. D.G. Nikles; J. Burley and R.D. Barnes Eds. Commonwealth Forestry Institute. Vol. 2: 979-994.
- LADRACH, W.E. 1980. Two year results of a *Eucalyptus* species and provenance test on six sites in Colombia. Investigación Forestal. Research Report No. 58. 12 p.
- MARTINEZ H., HECTOR A. 1990. *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, especie de propósito múltiple: producción y usos en América Central. Turrialba (CR). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Serie Técnica. Informe Técnico No. 158. 70 p.
- MARTINEZ, H.A 1986. El problema de la leña en las zonas secas de América Central: necesidades de investigación. In: Actas de los Simposios sobre técnicas de producción de leña en fincas pequeñas y recuperación de sitios degradados por medio de la silvicultura intensiva. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. pp. 33-45.
- MATHESON, A. C.; RAYMOND, C.A. 1984. Provenance x inviroment interaction, its detection practical importance and use with particular reference to tropical forestry. In . Provenance and Genetic Improvement Strategies in Tropical Forest Trees. Eds. Barnes R. D. and Gibson, G. L. Oxford, CFI / Zimbabwe Forestry commission. p. 81-117.
- MENDEZ FERREIRA, J.E.; OLOF K., H.J.; MORAES M., A.L. de; ODA, S. 1987. Teste de procedência de eucaliptos para a região subúmida do estado do Maranhão. EMBRAPA. Bol. Pesq. Flor. Curitiba (15): 41-48.
- MESEN, F. 1990. Resultados de ensayos de procedencias en Costa Rica. Turrialba, C.R. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (Serie técnica. Informe tecnico / CATIE No. 156). 40 p.
- MIDGLEY, S.J.; ELDRIDGE, K.G.; DORAN, J. C. 1989. Genetic resources of *Eucalyptus camaldulensis*. Commonw. For. Rev. 68(4):295-308.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. 1984. Especies para leña: arbustos y árboles para la producción de energía. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 343 p.

- NEWMAN, D. 1981a. Third year results of a *Eucalyptus* species and provenance test in the Cauca Valley. Investigación Forestal. Cartón de Colombia S.A. Research Report No. 67. 8 p.
- NEWMAN, D. 1981b. Thied year growth of the species in the Pulpapel arboretum. Investigación Forestal. Cartón de Colombia S.A. Research Report No. 66. 9 p.
- ORDNEZ, R.; CALIX, J.; SANDOVAL, C.; RODRIGUEZ, R.; ALVARADO, G. 1990. Comportamiento de 13 especies forestales para la producción de leña en Aguacaliente, Choluteca, Honduras. Turrialba, C.R. CATIE. Informe interno de silvicultura No. 20. 14 p.
- OTEGBEYE, G.O. 1985. Provenance productivity in *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh and its implications to genetic improvement in the Savana Region of Nigeria. *Silvae Genetica* 34 (4-5) 121-126.
- PADILLA, F.; PADILLA, L.; VILLEDA, B.; RIVERA, S.; GUTIERREZ, J.; MUSALEM, M.A.; FIGUEROA, C. 1990. Comportamiento de diez especies forestales para la producción de leña, en Las Cabezas, Oratoria, Santa Rosa, Guatemala. Turrialba, C.R. CATIE. Informe interno de silvicultura No. 12. 12 p.
- PERKINS, J.M.; JINKS, J.L. 1968. Environmental and genotype-environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses. *Heredity* 23: 339-356.
- PITTY, L.; VAZQUEZ, T.; SUTHERLAND, S. 1990. Comportamiento de nueve especies forestales con potencial para la producción de leña, damera y otros usos en Calabacitas, Veraguas, Panamá. Informe técnico interno de Silvicultura No. 17. MADELENA-CATIE/ROCAP. 16 p.
- RIOS, Z.; ROMERO, A.; CRUZ, O. de la ; VARGAS, C.; SUTHERLAND, S.; MUSALEM, M.A. 1989. Comportamiento inicial de cinco especies forestales con potencial para la producción de leña en Río Hato, Code, Panamá. Informe Interno de Silvicultura No. 4. MADELENA-CATIE/ROCAP. 8 p.
- RUDMAN, P. 1970. The influence of genotype and environment on wood properties of juvenile *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. *Silvae Genetica* 19 (2-3): 49-54.
- SALAZAR, R. 1989. Guía para la investigación silvicultural de especies de uso múltiple. CATIE Turrialba (CR). Centro Serie Técnica. Informe Técnico No. 20. 130 p.

- SIDDIQUI, K.M.; KHAN, M.; AKHATAR, S. 1979. Results of 10-year old *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. provenance study at Peshawar. *Silvae Genetica* 28(1): 24-26.
- STYLES, B.T. 1979. La población base, estudios taxonómicos y biosistemáticos. In: Manual sobre investigaciones de especies y procedencias con referencia especial a los trópicos. J. Burley y P.J. Wood (Eds.). Commonwealth Forestry Institute. Tropical Forestry Paper No. 10/10A p. 15-48.
- TEWOLDE, A. 1984. Interacción genotipo por medio ambiente y su importancia en la producción de leche en el trópico. Universidad Autónoma de Chapingo. (Mexico), Mimeografiado. 11 p.
- VENEGAS T., L; BERNAL R., A. 1986. Ensayo de procedencias de *E. tereticornis* y otras especies de *Eucalyptus* en Ayapel. Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente. INDERENA. Informe No. 22 de investigaciones forestales. 14 p.
- ZAVALA, M.; GUARDADO, E.; AGUDELO, N. 1990. Comportamiento de veinte especies forestales para producción de leña en El Zamorano, Honduras. Turrialba, C.R. CATIE. Informe interno de silvicultura No. 21. 14 p.

A N E X O S

ANEXO 1

Procedencias utilizadas en el ensayo establecido en Hacienda Santa Teresa, Sonsonate, El Salvador.

No. lote BLSF	Procedencia
1565	León, Nicaragua.
4014	Inglewood, Australia.
4012	Dimbulah, Australia.
1829	Kimberly, Australia.
4010	Petford, Australia.
4013	Dpry, Australia.

Procedencias utilizadas en el ensayo establecido en Hacienda La Carrera, Usulután, El Salvador

No. Lote BLSF	Procedencia
1831	Cockatoo Creek, Australia.
1833	Ord River, Australia.
1828	Gilbert River, Australia.
1826	Petford, Australia.
1829	Kimberly, Australia.
1827	Whotham Park, Australia.
1565	León, Nicaragua.
1884	Fitz Roy, Australia.
1832	Tennant, Australia.
1830	Victoria River, Australia.

Procedencias utilizadas en el ensayo establecido en Caminos Nuevos, Comayagua, Honduras.

No. Lote BLSF	Procedencia
1565	León, Nicaragua.
4009	Ferguson River, Australia.
1828	Gilbert River, Australia.
4015	Pet 1, Australia.
1838	Tennan, Australia.
2796	Petford, Australia.
4011	Petford, Australia.
1403	León, Nicaragua.

Procedencias utilizadas en el ensayo establecido en La Máquina, Suchitepequez, Guatemala.

No. Lote BLSF	Procedencia
1565	León, Nicaragua.
1826	Petford, Australia.
1825	Katherine, Australia.
1829	Kimberly, Australia.
1827	Whotham Park, Australia.
1828	Gilbert River, Australia.
1830	Victoria River, Australia.
1831	Cockatoo Creek, Australia.
1832	Tennant, Australia.
1833	Ord River, Australia.
1834	Fitz Roy Crossing, Australia.
S/N	La Máquina, Guatemala.

Procedencias utilizadas en el ensayo establecido en Montijo, Veraguas, Panamá.

No. Lote BLSF	Procedencia
1832	Tennant, Australia.
1833	Ord River, Australia.
1884	Fite Roy, Australia.
S/N	Australia.

Procedencias utilizadas en el ensayo establecido en Sabana Grande, Los Santos, Panamá.

No. Lote BLSF	Procedencia
1832	Tennant, Australia.
1833	Ord River, Australia.
1884	Fitz Roy, Australia.
S/N	Australia.

Procedencias utilizadas en el ensayo establecido en Anton, Cocle, Panamá.

No. Lote BLSF	Procedencia
1202	Matagalpa, Nicaragua.
1220	Holanda.
1403	León, Nicaragua.
1565	León, Nicaragua.
1649	Simbabwe, Via Holanda.
2181	Guararé, Panamá.

Procedencias utilizadas en el ensayo establecido en Pese, Herrera, Panamá.

No. lote BLSF	Procedencia
1202	Matagalpa, Nicaragua.
1220	Holanda.
1403	León, Nicaragua.
1565	León, Nicaragua.
1649	Simbabwe, Via Holanda.
2181	Guararé, Panamá.

Procedencias utilizadas en el ensayo establecido en San Joaquín, Nicoya, Costa Rica.

No. Lote BLSF	Procedencia
1831	Cockatoo Creek, Australia.
1833	Ord River, Australia.
1828	Gilbert River, Australia.
1826	Petford, Australia.
1829	Kimberly, Australia.
1827	Whotham Park, Australia.
1565	León, Nicaragua.
1825	Katherine, Australia.
1832	Tennant, Australia.
1830	Victoria River, Australia.

MEDICION DE ARBOLES EN PIE

Indicaciones para el uso del formulario

- | No. de Casilla | Información |
|----------------|---|
| 1 | Código del país, use la guía de mediciones. |
| 2 | Código del experimento, use la numeración seriada de Madeleña para cada país. |
| 3 | Código del proyecto o unidad, use la primera letra del nombre del proyecto. |
| 4 | Anote a cual repetición pertenece la parcela si se trata de un ensayo. |
| 5 | Código de tratamiento, use un máximo de ocho letras para describirlo, siga la descripción del capítulo 6 de la guía. |
| 6 | Anote la fecha de establecimiento (día, mes, año). |
| 7 | Anote la fecha de medición (día, mes, año). |
| 8 | Número de sitio, use la numeración dada a cada sitio en el país según regiones (ver mapa adjunto). |
| 9 | Número de lote, use el número del lote dentro del sitio de trabajo. |
| 10 | Anote el nombre del sitio. |
| 11 | Anote el código correspondiente para indicar que diámetro se esta midiendo. |
| 12 | Anote el número de rotación de la parcela medida. |
| 13 | Anote las primeras cuatro letras del género y las dos primeras letras de la especie. |
| 14 | Anote el nombre científico de la especie. |
| 15 | Anote el número de árboles originales. |
| 16 | Anote el número de árboles vivos. |
| 17 | Anote el espaciamiento original en cm. |
| 18 | Anote el código de tres letras correspondiente al factor uno y de el nombre. |
| 19 | Indique el número del nivel de ese factor y su nombre. |
| 20 | Anote el código de tres letras correspondiente al factor dos y de el nombre. |
| 21 | Indique el número del nivel de ese factor y su nombre. |
| 22 | Anote el código de tres letras correspondiente al factor tres y de el nombre. |
| 23 | Indique el número del nivel de ese factor y su nombre. |
| 24 | Indique el nombre de los anotadores. |
| 25 | Anote las observaciones que considere importantes. |
| 26 | Indique el número seriado de cada árbol que mide. |
| 27 | Si tiene varios ejes y los esta midiendo indique a que número de ejes se refiere la medición. |
| 28 | Anote el diámetro en mm y sin decimales. |
| 29 | Anote la altura en dm y sin decimales. |
| 30 | Use cada columna para describir una de las características del árbol anotadas al pie del formulario y ponga una marca en la casilla correspondiente a cada árbol. |
| 31-32-33 | Son columnas especiales para cualquier otra variable que se considere necesario medir. |

Deje en blanco las variables cuando no existe información. Añada los números de los ejes después del número del árbol Trate cada eje como un árbol individual, para medición o para calificación de forma de fuste y defectos. Generalmente, los ejes se numeran del más grueso hasta el más delgado.

Llene con el código -99 los valores en la medición para árboles muertos volteados, y con -88 para árboles vivos pero que no se midieron.