

Serie Técnica
INFORME TECNICO No.156



RESULTADOS DE ENSAYOS DE PROCEDENCIAS EN COSTA RICA

Francisco Mesén

Publicación patrocinada por el
Proyecto Mejoramiento Genético Forestal (MGF)
CATIE/MDC/AID/ODA

CENTRO AGRONOMOICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido
Area de Producción Forestal y Agroforestal
Turrialba, Costa Rica, 1990

CONTENIDO

RESUMEN	5
INTRODUCCION	6
AGRADECIMIENTO	8
1. PRUEBA DE PROCEDENCIAS DE <i>Pinus caribaea</i> , <i>P. occarpa</i> y <i>P. tecunumanii</i>	9
2. PRUEBA DE PROCEDENCIAS DE <i>Eucalyptus</i> spp.	18
3. PRUEBA DE PROCEDENCIAS DE <i>Eucalyptus urophylla</i>	22
4. PRUEBA DE PROCEDENCIAS DE <i>Gmelina arborea</i>	25
5. PRUEBA DE PROCEDENCIAS DE <i>Acacia mangium</i>	28
6. ACCIONES FUTURAS	31
7. BIBLIOGRAFIA	32
8. ANEXOS	35

Francisco Mesén

**Líder, Proyecto Mejoramiento Genético Forestal,
CATIE/MDC/AID/ODA**

RESUMEN

El Proyecto de Mejoramiento Genético Forestal del CATIE, ha venido trabajando desde 1977 en el establecimiento de pruebas de procedencias de especies forestales con potencial para producción de madera en Costa Rica. Hasta 1989 se han establecido cerca de 40 ensayos de este tipo, en las zonas ecológicas con mayor potencial para reforestación en el país. Este documento presenta un resumen de progreso sobre los resultados de algunos de estos ensayos, y describe brevemente sus implicaciones en futuros programas de investigación y reforestación en Costa Rica.

INTRODUCCION

En Costa Rica, el número de proyectos de reforestación se ha incrementado notoriamente en los últimos años, pero al mismo tiempo, la experiencia acumulada confirma que el uso de procedencias inapropiadas de semilla es una de las causas principales del fracaso o de la baja productividad observada en muchas de estas plantaciones. Se sabe que el éxito en el establecimiento y productividad de plantaciones forestales está determinado en gran medida por la selección correcta no sólo de la especie, sino también de la procedencia dentro de la especie. Se ha considerado que la selección de procedencias es una de las decisiones más importantes en silvicultura, puesto que una mala selección puede llevar a más problemas a largo plazo que casi cualquier otro factor.

"Procedencia" o "fuente de semilla" son términos puramente forestales que no tienen lugar en la taxonomía formal, y se refieren solamente a una área geográfica limitada donde crecieron los árboles (Burley y Wood, 1979). Por ejemplo, la procedencia *Pinus tecunumanii* "Yucul" se refiere a aquella población de árboles que ocurren en esta área de Nicaragua, y que han desarrollado una composición genética particular como respuesta a las condiciones ecológicas que allí prevalecen. Los ensayos de procedencias adquieren mayor importancia en aquellas especies que presentan rangos de distribución geográficos y/o ecológicos amplios, ya que se espera que las condiciones ecológicas diferentes que prevalecen a lo largo del rango, hayan originado cambios en las frecuencias génicas de sus poblaciones. La descendencia de estas poblaciones podrán mostrar diferencias, que pueden ser desde pequeñas hasta dramáticas, cuando son plantadas juntas en un ambiente nuevo.

Reconociendo la importancia para Costa Rica de iniciar un programa de mejoramiento genético a partir de las mejores especies y procedencias, el CATIE inició en 1977 el Proyecto de Mejoramiento de Árboles de Valor Económico, actualmente denominado Proyecto de Mejoramiento Genético Forestal (MGF). Desde esta fecha, el Proyecto ha trabajado en las zonas desde 0 a 1700 msnm, con especies con potencial para producción de madera para aserrío. En el Anexo 1 se muestra la ubicación de los ensayos establecidos en Costa Rica, y en el Anexo 2 se presentan los detalles de los ensayos. Las especies incluidas fueron seleccionadas con base en los resultados de ensayos con más de cien especies, nativas y exóticas, que fueron establecidas en el CATIE y en otras partes del país (Camacho, 1982; Combe y Gewald, 1979).

El Proyecto empezó como participante de una red internacional de ensayos de procedencias, coordinados por la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO), el Instituto Forestal de Oxford (OFI), la Unión de Organizaciones de Investigación Científica e Industrial de la Mancomunidad (CSIRO), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el Centro de Semillas Forestales de Dinamarca/DANIDA. Los ensayos fueron establecidos en una amplia variedad de sitios, tratando de incluir las diferentes regiones que se consideran con potencial para reforestación. La selección de sitios se hizo tratando de identificar los patrones de interacción genotipo-ambiente, que afectarían las estrategias de mejoramiento genético a seguir con cada especie.

Algunos resultados preliminares de estos ensayos han sido publicados por Salazar, 1981, 1982; Bird, 1983, 1984; Boshier, 1984; Valerio, 1986; Boshier y Mesén, 1987 y Corea, 1989.

Este documento presenta un resumen de progreso de los ensayos más antiguos, los cuales dan una buena indicación del comportamiento de las procedencias. Los resultados finales de estos ensayos, así como de aquellos establecidos más recientemente, serán presentados en próximas publicaciones.

Se espera que estos resultados sean de utilidad para futuros programas de investigación y reforestación, así como para lograr una mejor comprensión por parte de los técnicos forestales y reforestadores acerca de la importancia de la selección de la procedencia en el éxito de las plantaciones forestales.

AGRADECIMIENTOS

El Proyecto en su primera fase fue coordinado por el Dr. William Dyson, de grata memoria, y el M.Sc. David Boshier, ambos Oficiales de Cooperación Técnica de la Administración para el Desarrollo de Ultramar (ODA) del Reino Unido. Para el establecimiento, mantenimiento y evaluación de los ensayos se ha requerido del trabajo de gran cantidad de personas a través de los años, en especial, los Sres. José Masís, Marvin Hernández, Carlos Castro, Luis Sánchez y José Angel Quirós, así como de colaboradores particulares e Instituciones quienes gentilmente han ofrecido sus terrenos para las investigaciones.

La financiación del Proyecto en sus primeros diez años fue proporcionada por la Cooperación Suiza al Desarrollo (COSUDE) y la Administración para el Desarrollo de Ultramar (ODA) del Reino Unido. La publicación de este documento fue posible gracias al apoyo financiero del Ministerio Noruego de Cooperación para el Desarrollo (MDC), quien financia la segunda fase del Proyecto.

La B.Sc. Julie Brown de López realizó gran parte de los análisis estadísticos de los ensayos; el Dr. Rodolfo Salazar y los M.Sc Jonathan Cornelius y Eugenio Corea, aportaron valiosas sugerencias y comentarios al borrador.

El autor deja constancia de su agradecimiento a todas estas personas e instituciones, y a aquellas otras quienes en una forma u otra colaboraron en la realización de las investigaciones y de este trabajo.

1. PRUEBAS DE PROCEDENCIAS DE *Pinus caribaea*, *P. occarpa* Y *P. tecunumanii*.

Los ensayos de procedencias de *Pinus* spp. forman parte de los ensayos internacionales coordinados por el Instituto Forestal de Oxford (OFI), e incluye una procedencia de *P. caribaea* var. *caribaea*, nueve procedencias de *P. caribaea* var. *hondurensis*, 13 procedencias de *P. occarpa* y dos procedencias de *P. tecunumanii*. El Cuadro 1 muestra la identificación, ubicación y algunos datos climáticos de las procedencias.

El ensayo de procedencias de *P. caribaea* fue establecido en siete sitios, y el de *P. occarpa* en cuatro sitios en Costa Rica. Uno de los sitios con *P. caribaea*, La Garita de Alajuela, presentó una alta mortalidad y fue excluido de los análisis. El suelo en este sitio era muy superficial y de drenaje deficiente, inapropiado para la especie. La descripción de los sitios evaluados (1-6 para *P. caribaea* y 7-10 para *P. occarpa*) se muestra en el Cuadro 2. Como comparadores en el ensayo de *P. caribaea* var. *hondurensis* se incluyeron dos procedencias de *P. tecunumanii* y una de *P. caribaea* var. *caribaea*; en el ensayo de *P. occarpa* fueron incluidas las mismas procedencias de *P. tecunumanii* y una de *P. caribaea* var. *hondurensis*.

El diseño utilizado en cada sitio y la fecha de establecimiento se muestran en el Cuadro 3. El sitio La Suiza fue establecido como parte de un proyecto agroforestal y con objetivos diferentes, de ahí que sólo cuente con dos repeticiones. Sin embargo, se consideró que podría dar información valiosa por encontrarse en uno de los extremos de altitud para los ensayos (960-1160 msnm). Asimismo, el error experimental en este sitio fue casi la mitad del encontrado en los otros sitios (Corea, 1989), lo que sugiere que el mayor tamaño de parcela en este sitio contribuyó a obtener un mejor estimado de la media.

Las parcelas pequeñas (7 a 10 árboles en línea) no son las más recomendables para ensayos de procedencias, debido a que las pérdidas por mortalidad pueden dejar muy pocos árboles remanentes para obtener un buen estimado de la media de la parcela y de las procedencias; además, la ausencia de líneas de borde entre parcelas puede llevar a estimados erróneos del comportamiento de las procedencias debido a los efectos de competencia desigual entre ellas. Las parcelas de 36 árboles, donde se miden únicamente los 16 árboles centrales, han probado ser los más recomendables para este tipo de ensayos (Gibson, 1982). Sin embargo, las variaciones en este diseño estándar estuvieron determinadas en la mayoría de los casos por la disponibilidad de material y de terreno para los ensayos.

Cuadro 1. Identificación, ubicación y algunos datos climáticos de las procedencias de coníferas estudiadas en Costa Rica.

Especie	Procedencia*	Abrev. en los cuadros	Código OFI**	Lat. (°N)	Long. (°O)	Elev. (msnm)	Temp. media anual (°C)	Prec. media anual (mm)
<i>P. caribaea</i> var. <i>car.</i>	Pinar d/ Río, CUBA		(0976)	22°49'	82°57'	120	NI***	NI
<i>P. caribaea</i> var. <i>hond.</i>	Alamicamba, NIC	ALA	K106(0674)	13°34'	84°17'	20-30	NI	2610
<i>P. caribaea</i> var. <i>hond.</i>	Río Coco, NIC	RIO	K022(2470)	14°45'	83°55'	50-100	NI	2863
<i>P. caribaea</i> var. <i>hond.</i>	Guanaja, HON	GUA	K024(2870)	16°27'	85°54'	50-100	NI	2308
<i>P. caribaea</i> var. <i>hond.</i>	Poptún, GUA	POP	K025(2970)	16°21'	89°25'	500	NI	1688
<i>P. caribaea</i> var. <i>hond.</i>	Culmí, HON	CUL	K057(3771)	15°06'	85°37'	500-600	NI	1325
<i>P. caribaea</i> var. <i>hond.</i>	Brus Laguna, HON	BRU	K058(3871)	15°45'	84°40'	7	NI	2840
<i>P. caribaea</i> var. <i>hond.</i>	Los Limones, HON	LIM	K124(2475)	14°03'	86°42'	700	NI	663
<i>P. caribaea</i> var. <i>hond.</i>	Melinda, BEL	MEL	K107(1574)	17°01'	88°20'	10-15	NI	2137
<i>P. caribaea</i> var. <i>hond.</i>	Mountain Pine Ridge, BEL	MPC	(3073)	17°00'	88°55'	400	NI	1558
<i>P. oocarpa</i>	La Unión, HON	UNI	K078(1272)	14°32'	86°38'	800	22,9	1272
<i>P. oocarpa</i>	Zamorano, HON	ZAM	K086(0373)	14°02'	87°03'	1100-1240	20,2	1117
<i>P. oocarpa</i>	Villa Santa, HON	VST	K085(0273)	14°12'	86°25'	900	22,4	1348
<i>P. oocarpa</i>	Valle Bonito, HON	VBO	K102(0374)	14°53'	87°31'	850-950	22,4	1134
<i>P. oocarpa</i>	San Juan, HON	SJU	K098(0474)	14°24'	88°23'	1250-1330	20,2	1261
<i>P. oocarpa</i>	Pimentilla, HON	PIM	K099(0574)	14°54'	87°30'	650-850	23,5	1134
<i>P. oocarpa</i>	Cerro Bonete, HON	CBO	K103(0774)	12°50'	86°18'	950	21,4	922
<i>P. oocarpa</i>	Pueblo Viejo, GUA	PVI	K111(0775)	15°22'	91°36'	1790-1900	16,5	1036
<i>P. oocarpa</i>	Mal Paso, GUA	MPA	K114(0475)	15°11'	89°21'	1000	22,4	1800
<i>P. oocarpa</i>	El Pinalón, GUA	PIM	K113(0575)	14°43'	89°46'	1300-1400	20,8	936
<i>P. oocarpa</i>	Dipilto, NIC	DIP	K116(0675)	13°43'	86°32'	1100-1200	21,3	1143
<i>P. oocarpa</i>	Cusmapa, NIC	CUS	K117(0775)	13°17'	86°37'	1250	20,5	1474
<i>P. oocarpa</i>	Lagunilla, GUA	LAG	K112(0875)	14°42'	89°57'	1600	19,5	936
<i>P. tecunumanii</i>	Yucul, NIC	YUC	K128(0276)	12°55'	85°47'	900	22,4	1394
<i>P. tecunumanii</i>	Mountain Pine Ridge, BEL	MPT	(1174)	17°00'	88°55'	400	23,9	1558

* BEL: Belice
GUA: Guatemala
HON: Honduras
NIC: Nicaragua

** Oxford Forestry Institute

*** No se suministró la información.

Cuadro 2. Identificación, ubicación y algunos datos climáticos de los sitios donde fueron establecidos los los ensayos de *Pinus* spp. en Costa Rica

Sitio	Latitud (°N)	Longitud (°O)	Altitud (msnm)	Temperatura media anual (°C)	Precipitación media anual (mm)
<u>Pinus caribaea</u>					
1. Pavones, Turrialba	09°56'	83°37'	720	20,9	3360
2. Florencia Norte, CATIE, Turrialba	09°53'	83°41'	660	21,6	2660
3. Volcán, Buenos Aires	09°12'	83°28'	420	27,5	3513
4. San Isidro de Pérez Zeledón	09°21'	83°41'	680	24,5	2955
5. Santa Clara, Ciudad Quesada	10°21'	84°32'	170	25,7	3400
6. Santa Cruz, Guanacaste	10°17'	85°36'	35	28,3	1800
<u>Pinus oocarpa</u>					
7. Pavones, Turrialba	09°56'	83°37'	720	20,9	3360
8. San Juan Sur, Turrialba	09°53'	83°42'	940	19,6	3000
9. San Isidro de Pérez Zeledón	09°21'	83°41'	680	24,5	2955
10. La Suiza, Turrialba	09°51'	83°36'	960-1160	19,0	3350

Cuadro 3. Detalles del diseño experimental y fecha de establecimiento de los ensayos de procedencias de *Pinus* spp. en Costa Rica.

Sitio	Fecha de establec.	Diseño	N° bloques	Arboles por parcela	Distanciamiento entre árboles
1. Pavones	1977	BCA*	5	7	2,5m
2. Florencia Norte	1977	BCA	5	7	2,5m
3. Volcán	1977	BCA	4	7	2,5m
4. San Isidro	1977	BCA	5	7	2,5m
5. Santa Clara	1983	BCA	5	36	3,0m
6. Santa Cruz	1983	BCA	5	36	3,0m
7. Pavones	1978	BCA	5	30	2,5m
8. San Juan Sur	1978	BCA	5	10	2,5m
9. San Isidro	1978	BCA	5	10	2,5m
10. La Suiza	1978	BCA	2	49	2,5m

*BCA: Bloques completos al azar

Análisis

Cada sitio fue analizado separadamente para la última medición de altura total, diámetro a la altura del pecho (dap), sobrevivencia y en algunos casos, forma del fuste y volumen, utilizando los datos de árboles individuales. La procedencia de *P. caribaea* var. *caribaea* se excluyó de los análisis formales, debido a que en los análisis preliminares evidenció un comportamiento claramente inferior.

Para cada sitio se realizaron dos análisis de varianza; uno incluyendo todas las procedencias, y otro excluyendo las procedencias de *P. tecunumanii*, con el fin de determinar claramente la naturaleza de las posibles diferencias.

Para observar diferencias globales entre especies, se realizaron pruebas de contrastes agrupando las procedencias de cada especie, y análisis combinados entre los ensayos de la misma edad para detectar posibles interacciones genotipo-ambiente.

Resultados

Los Cuadros 4 y 5 muestran los promedios de crecimiento en altura total y dap para *P. caribaea*, a los siete años de edad para los sitios 1 a 4, y a los tres años de edad para los sitios 5 y 6. La sobrevivencia varió entre 50 y 100% en los sitios 1 a 5, y estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. En el sitio Santa Cruz, por otra parte, la sobrevivencia varió entre 22 y 83%, y mostró diferencias significativas entre procedencias. Los datos de sobrevivencia para este sitio se incluyen en el Cuadro 5. El Cuadro 6 muestra el análisis combinado de los sitios 1 a 4 de altura total y dap para *P. caribaea*. Los Cuadros 7 a 9 muestran los promedios de crecimiento en altura total y dap, y la producción en volumen sin corteza para *P. oocarpa* a los 6,5 años de edad, y el Cuadro 10 muestra el análisis combinado de los sitios 7 a 10 para estas tres variables.

Cuadro 4. Promedios de altura total (m) de nueve procedencias de *P. caribaea* var. *hondurensis* y dos procedencias de *P. tecunumanii* a los siete años de edad en los sitios 1 a 4, y a los tres años de edad en los sitios 5 y 6.

1.Celulosa		2.Florencia		3.Volcán		4.San Isidro		5.Sta Clara		6.Sta Cruz	
Proc.	Alt.	Proc.	Alt.	Proc.	Alt.	Proc.	Alt.	Proc.	Alt.	Proc.	Alt.
YUC	18,3 a*	MPT	16,1 a	MPT	15,8 a	YUC	18,3 a	MPT	8,0 a	MPT	3,5 a
MPT	17,5 ab	MPC	13,6 b	YUC	15,4 a	MPT	17,2 a	YUC	7,9 a	POP	3,3 a
POP	16,6 abc	ALA	13,4 b	POP	14,0 b	MPC	17,0 a	ALA	6,8 b	GUA	3,3 a
CUL	16,6 abc	CUL	13,3 b	LIM	13,2 bc	POP	16,9 a	BRU	6,5 bc	MPC	3,1 ab
BRU	16,4 bc	POP	12,8 b	CL1	13,1 bc	ALA	16,8 a	CUL	6,2 bc	BRU	3,0 abc
MEL	16,1 bc	RIO	12,5 b	MEL	12,9 bc	BRU	16,6 a	GUA	6,1 cd	ALA	3,0 abc
RIO	15,9 bc	YUC	12,5 b	ALA	12,8 bc	RIO	16,5 a	MPC	6,0 cd	CUL	2,9 abc
ALA	15,9 bc	GUA	12,4 b	MPC	12,7 bc	CUL	16,4 a	RIO	5,5 de	MEL	2,5 bcd
MPC	15,6 cd	POP	12,1 b	BRU	12,1 c	LIM	16,3 a	LIM	5,3 de	RIO	2,5 bcd
GUA	15,2 cd	LIM	12,1 b	GUA	10,0 d	MEL	15,7 a	PC	5,3 e	YUC	2,3 cd
LIM	14,2 d	MEL	11,6 b	RIO	9,7 d	GUA	14,9 a	MEL	5,2 e	LIM	2,0 d

* Letras diferentes indican diferencias significativas al cinco por ciento (Prueba de Duncan)

Cuadro 5. Promedios de dap (cm) de nueve procedencias de *P. caribaea* y dos procedencias de *P. tecunumanii* a los siete años de edad en los sitios 1 a 4, y a los tres años de edad en los sitios 5 y 6; porcentaje de sobrevivencia (Sobrev) en el sitio 6, Santa Cruz

1.Celulosa	2.Florencia	3.Volcán	4.San Isidro	5.Sta Clara	6. Sta Cruz	
Proc. dap	Proc. dap	Proc. dap	Proc. dap	Proc. dap	Proc. dap	
Sobrev.						
MPT 22,4 a	MPT 22,3 a*	YUC 25,3 a	CUL 23,8 a	MPT 11,9 a	POP 6,0 a	73
YUC 22,3 a	ALA 17,4 b	MPT 23,7 a	YUC 22,4 a	YUC 11,4 ab	GUA 5,8 a	83
CUL 21,6 a	MPC 16,3 bc	LIM 19,2 b	MPT 21,4 a	CUL 11,0 abc	MPC 5,5 ab	78
BRU 21,6 a	YUC 16,3 bc	ALA 18,5 b	ALA 20,9 a	ALA 10,8 bcd	BRU 5,3 abc	73
MEL 20,8 a	CUL 15,9 bc	BRU 17,5 b	RIO 20,7 a	BRU 10,2 cde	MEL 5,2 abc	57
RIO 20,2 a	GUA 15,1 bc	POP 17,5 b	MEL 20,3 a	GUA 10,2 cde	ALA 5,0 abc	35
POP 19,9 a	POP 14,8 bc	MPC 17,5 b	BRU 19,9 a	MPC 10,2 cde	CUL 4,9 abc	65
GUA 19,9 a	BRU 14,2 bc	CUI 17,5 b	MPC 19,3 a	POP 9,7 de	MPT 4,6 abc	22
MPC 19,5 a	RIO 13,9 bc	MEI 17,1 b	POP 10,9 a	RIO 9,5 e	RIO 3,8 bcd	57
ALA 19,1 a	MEL 13,5 bc	GUA 16,9 b	GUA 18,8 a	LIM 9,4 e	LIM 3,7 cd	46
LIM 17,2 a	LIM 12,9 c	RIO 16,8 b	LIM 18,1 a	MEL 9,2 e	YUC 2,4 d	58

* Letras diferentes indican diferencias significativas al cinco por ciento (Prueba de Duncan)

Cuadro 6. Análisis combinado de los sitios 1 a 4 para *P. caribaea* en altura total y dap a los 7 años de edad.

Proc.	Altura total (m)	Proc.	dap (cm)
YUC	16,7 a*	MPT	21,0 a
MPT	16,6 a	YUC	20,7 a
POP	15,0 b	CUL	19,7 b
CUL	15,0 b	ALA	19,3 bc
ALA	15,0 b	BRU	19,1 bc
BRU	14,6 bc	MPC	18,8 bcd
MPC	14,5 bc	MEL	18,7 cd
MEL	14,2 bc	RIO	18,7 cd
LIM	13,9 cd	GUA	18,6 cd
RIO	13,7 cd	POP	18,6 cd
GUA	13,2 d	LIM	18,1 d

* Letras diferentes indican diferencias significativas al cinco por ciento (Prueba de Duncan)

Cuadro 7. Promedios de altura total en metros (Alt) de trece procedencias de *P. occarua*, dos procedencias de *P. tecunumanii* y una procedencia de *P. caribaea* var. *hondurensis* a los 6,5 años de edad en cuatro sitios de Costa Rica. (Fuente: Corea, 1989)

7.Celulosa		8.San Juan Sur		9.San Isidro		10.La Suiza	
Proc.	Alt.	Proc.	Alt	Proc.	Alt.	Proc.	Alt
YUC	16,3 a*	YUC	15,3 a	MPT	12,6 a**	DIP	14,7 a**
MPT	15,9 a	UNI	15,1 a	YUC	12,4 a	YUC	14,2 ab
UNI	15,2 ab	VST	14,7 a	MPC	11,7 ab	MPT	14,1 abc
DIP	14,6 ab	DIP	14,6 a	DIP	11,6 ab	VST	13,0 abc
MPC	14,6 ab	PIM	14,6 a	UNI	11,4 ab	SJU	12,9 abc
VST	14,5 ab	CBO	14,4 a	MPA	11,3 ab	MPC	12,5 abcd
PIM	14,3 ab	ZAM	14,4 a	CUS	11,2 ab	VBO	12,5 abcd
SJU	14,2 ab	MPT	14,4 a	VST	11,1 ab	CBO	11,4 abcd
MPA	13,9 ab	MPC	14,2 a	ZAM	11,1 ab	CUS	10,9 abcd
ZAM	13,9 ab	CUS	13,9 a	CBO	11,0 ab	PIM	10,8 abcd
CUS	13,8 ab	VBO	13,9 a	LAG	11,0 ab	PVI	9,6 bcd
CBO	13,6 ab	MPA	13,9 a	SJU	10,7 ab	MPA	9,5 cd
LAG	13,3 ab	SJU	13,8 a	PVI	10,5 ab	PIN	9,4 cd
PIN	13,0 abc	PIN	12,8 a	PIN	10,3 ab	UNI	9,4 d
VBO	12,6 bc	LAG	12,7 a	PIM	9,4 b	LAG	8,2 d
PVI	9,9 c	PVI	12,6 a	VBO	9,1 b		

*,** Letras diferentes indican diferencias significativas al cinco por ciento (*Prueba de Bonferroni; **Prueba de Tukey)

Cuadro 8. Promedios de dap (cm) de trece procedencias de *P. occarua*, dos procedencias de *P. tecunumanii* y una procedencia de *P. caribaea* var. *hondurensis* a los 6,5 años de edad en cuatro sitios de Costa Rica. (Fuente: Corea, 1989)

7.Celulosa		8.San Juan Sur		9.San Isidro		10.La Suiza	
Proc.	dap	Proc.	dap	Proc.	dap	Proc.	dap
YUC	18,5 a*	YUC	20,3 a**	YUC	16,5 a**	MPC	16,9 a**
MPC	17,9 ab	DIP	19,2 ab	MPT	15,5 ab	YUC	16,3 ab
MPT	17,6 abc	MPT	18,9 ab	MPC	15,3 ab	DIP	16,0 abc
MPA	16,9 abc	MPC	18,9 ab	MPA	13,1 abc	MPT	15,0 abcd
DIP	16,8 abc	MPA	18,6 ab	DIP	12,6 abc	VST	14,1 abcd
UNI	16,7 abc	UNI	17,6 ab	CBO	12,1 abcd	VBO	14,1 abcd
VST	16,5 abc	CBO	17,0 ab	CUS	12,1 abcd	CBO	13,9 abcd
CUS	16,3 abc	VST	17,0 ab	UNI	11,8 bcd	SJU	13,7 abcd
PIM	15,5 abc	SJU	16,9 ab	VST	11,6 bcd	CUS	13,0 abcd
ZAM	15,4 abc	PIM	16,8 ab	LAG	11,5 bcd	PIM	12,4 abcd
PIN	15,3 abc	VBO	16,3 ab	PIN	11,1 bcd	PVI	12,0 abcd
SJU	15,2 abc	ZAM	16,1 ab	SJU	10,7 cd	MPA	11,5 abcd
LAG	14,9 abc	PIN	15,8 ab	ZAM	10,5 d	PIN	10,8 bcd
CBO	14,4 abc	CUS	15,6 ab	PVI	10,5 d	UNI	10,3 cd
VBO	13,5 bc	LAG	14,4 b	VBO	8,9 d	LAG	9,9 d
PVI	13,5 c	PVI	14,4 b	PIM	8,8 d		

*, ** Letras diferentes indican diferencias significativas al cinco por ciento *Prueba de Bonferroni, **Prueba de Tukey)

Cuadro 9.

Volumen sin corteza (m^3ha^{-1}) de trece procedencias de *P. occorona*, dos procedencias de *P. tecunumanii* y una procedencia de *P. caribaea* var. *hondurensis* a los 6,5 años de edad en cuatro sitios en Costa Rica. (Fuente: Corea, 1989)

7.Celulosa		8.San Juan Sur		9.San Isidro		10.La Suiza	
Proc.	VSC	Proc.	VSC	Proc.	VSC	Proc.	VSC
YUC	180,9 a*	YUC	207,6 a**	YUC	134,7 a**	YUC	131,6 a**
MPT	173,8 a	MPT	191,2 ab	MPT	102,8 ab	MPT	123,7 ab
MPC	149,7 ab	DIP	172,0 abc	MPC	82,0 ab	DIP	113,7 abc
UNI	128,9 abc	MPC	152,4 abc	DIP	74,3 bc	MPC	106,5 abcd
VST	122,7 abc	VST	144,8 abc	MPA	72,1 bc	SJU	97,6 abcd
DIP	113,9 abc	SJU	138,5 abc	CUS	63,0 bc	VST	95,8 abcd
SJU	101,7 bc	UNI	130,9 abcd	CBO	58,4 bc	CBO	74,2 abcd
CUS	100,4 bcd	CBO	116,9 abcd	VST	56,7 bc	VBO	72,8 abcd
PIM	96,6 bcd	CUS	115,9 abcd	LAG	51,2 bc	CUS	71,9 abcd
LAG	90,8 bcd	MPA	107,5 bcd	UNI	48,3 bc	PIM	68,3 abcd
PIN	87,5 bcd	ZAM	104,4 bcd	SJU	43,4 c	MPA	49,1 bcd
MPA	87,3 bcd	PIM	104,1 bcd	PIN	40,3 c	PVI	43,6 cd
ZAM	85,2 bcd	VBO	98,1 bcd	ZAM	37,0 c	PIN	43,6 cd
CBO	82,9 bcd	PIN	82,1 cd	PVI	35,8 c	LAG	31,5 d
VBO	70,8 cd	LAG	81,0 cd	PIM	30,0 c	UNI	31,3 d
PVI	30,9 d	PVI	32,2 d	VBO	26,0 c		

*, ** Letras diferentes indican diferencias significativas al cinco por ciento (*Prueba de Bonferroni, ** Prueba de Tukey)

Cuadro 10. Análisis combinado de los sitios 7 a 10 de *Pinus occorona* para altura total (m), dap (cm) y volumen sin corteza (VSC, m^3ha^{-1}) a los 6,5 años de edad (Fuente: Corea, 1989)

Proc.	Altura total	Proc.	dap	Proc.	VSC
YUC	14,7 a*	YUC	17,9 a	YUC	166,6 a
MPT	14,3 ab	MPC	17,1 ab	MPT	150,8 ab
UNI	13,8 abc	MPT	16,8 abc	MPC	122,8 bc
DIP	13,6 abcd	DIP	16,0 abcd	DIP	116,3 bc
MPC	13,5 abcd	MPA	15,4 abcde	VST	103,8 cd
VST	13,4 abcd	VST	14,7 bcdef	SJU	92,2 cd
ZAM	13,1 abcd	UNI	14,5 cdef	UNI	91,4 cd
MPA	13,0 abcd	CUS	14,2 def	CUS	87,7 cd
CBO	13,0 abcd	CBO	14,2 def	CBO	81,9 cd
CUS	13,0 abcd	SJU	14,0 def	MPA	81,5 cd
SJU	12,9 abcd	ZAM	13,6 def	PIM	72,9 d
PIM	12,8 bcd	PIN	13,4 ef	ZAM	70,2 de
LAG	12,3 cde	PIM	13,3 ef	LAG	66,6 de
PIN	12,0 de	LAG	13,0 ef	PIN	64,0 de
VBO	11,9 de	VBO	12,8 f	VBO	63,1 de
PVI	11,0 e	PVI	12,4 f	PVI	31,3 e

* Letras diferentes indican diferencias significativas al cinco por ciento (Prueba de Bonferroni)

Como se puede ver en los cuadros, es evidente el comportamiento superior de las dos procedencias de *P. tecunumanii* (Yucul de Nicaragua y Mountain Pine Ridge de Belice) en todos los sitios estudiados, excepto en el sitio más seco, Santa Cruz de Guanacaste. En crecimiento en altura total, la procedencia Mountain Pine Ridge ocupó uno de los tres primeros lugares en nueve de los diez sitios estudiados, mientras que la procedencia Yucul ocupó alguna de estas posiciones en ocho de los sitios. Para la variable dap, ambas procedencias ocuparon uno de los tres primeros lugares en ocho de los sitios. El comportamiento de la procedencia Yucul en Florencia de Turrialba puede interpretarse más bien como un efecto atípico debido a las deficiencias en el diseño apuntadas anteriormente.

En cuanto a forma del fuste, si bien la procedencia Yucul se ubicó entre las mejores procedencias para esta característica, la procedencia Mountain Pine Ridge fue una de las que mostró peor forma (Corea, 1989).

El comportamiento pobre de las dos procedencias de *P. tecunumanii* en Santa Cruz, parece confirmar el hecho de que estas procedencias requieren climas más húmedos, y que no se adaptan a las condiciones de estación seca prolongada y vientos fuertes como las encontradas en Guanacaste (Boshier y Mesén, 1987). Las procedencias de *P. caribaea* que presentaron mejor sobrevivencia (ej. Guanaja, Mountain Pine Ridge, Poptún) son las más importantes para estas condiciones de Guanacaste.

Con excepción del análisis de Santa Cruz, la exclusión de las procedencias de *P. tecunumanii* del análisis, generalmente resultó en la desaparición de diferencias significativas entre procedencias, o en una disminución de las mismas, indicando que las diferencias fueron debidas principalmente al comportamiento superior de las procedencias de *P. tecunumanii*. Incluso el análisis combinado de los sitios 1 a 4 y 7 a 10, no mostró interacciones genotipo-ambiente, indicando la alta estabilidad en la superioridad de *P. tecunumanni* con respecto las demás procedencias.

Por su parte, el comportamiento de las procedencias de *P. caribaea* fue altamente inestable, en algunos casos variando en dos sitios desde una tercera a una última posición, de manera que no se puede decir que alguna procedencia fuera mejor para todos los sitios. En el caso de las procedencias de *P. oocarpa*, las procedencias Dipilto de Nicaragua y Villa Santa de Honduras, fueron las más sobresalientes, además de que ocuparon los primeros lugares en cuanto a forma del fuste. Se ha sugerido que el buen comportamiento de estas dos procedencias pueda estar relacionado con algún nivel de mezcla con *P. tecunumanii*, ya sea por la presencia de individuos híbridos, o por la inclusión de genes de *P. tecunumanii* en estas poblaciones de *P. oocarpa*. Esta opinión se basa en el hecho de que algunos árboles de Dipilto y Villa Santa en los ensayos, presentan características similares a las de *P. tecunumanii* (Corea, 1989)

Los datos de volumen sin corteza (Cuadros 9 y 10), que representan la variable de producción más importante, muestran muy claramente la importancia de la selección correcta de procedencias para plantaciones forestales. La procedencia Yucul de Nicaragua superó en todos los sitios a las procedencias de *P. oocarpa*, y a la procedencia de *P. caribaea* var. *hondurensis*. La diferencia en producción de volumen entre Yucul y el promedio de las procedencias de *P. oocarpa* fue de 112%, mientras que la diferencia con respecto a la procedencia más pobre, Pueblo Viejo de Guatemala, fue del 432%. El porcentaje de corteza fue alto para todas las procedencias, y varió entre 31 y 42% (Corea, 1989), aunque de nuevo, las procedencias de *P. tecunumanii* presentaron los menores valores para esta variable (31% para Mountain Pine Ridge y 33% para Yucul).

Tradicionalmente, se ha utilizado *P. caribaea* var. *hondurensis*, en particular las procedencias Poptún de Guatemala, Culmí de Honduras y Mountain Pine Ridge de Belice (Boshier y Mesén, 1987) para las zonas húmedas hasta 800 msnm, y *P. occarpa* para las zonas de mayor altitud de Costa Rica. Sin embargo, los resultados de estos ensayos muestran que se pueden obtener mayores rendimientos con las procedencias Yucul y Mountain Pine Ridge de *P. tecunumanii*, y en particular con Yucul debido a su mejor forma, que con cualquiera de las otras procedencias estudiadas, en regiones húmedas entre 120 y 1160 msnm.

Estos resultados coinciden plenamente con los resultados de ensayos similares establecidos en varios otros países del mundo tropical, donde las procedencias de *P. tecunumanii* invariablemente han mostrado el mejor comportamiento (Bridgen *et al.*, 1984; Chagala y Gibson, 1984; Ferreira y Kageyama, 1977; Granhof, 1977; Greaves, 1980; Liegel, 1984a y 1984b; Mullin y Quaille, 1984; Wright, Gibson y Barnes, 1986)

Como una siguiente fase en las investigaciones con coníferas, el Proyecto MGF ha establecido pruebas de procedencias/descendencias y plantaciones piloto a altitudes mayores (Aserrí, 1650 msnm; Tres Ríos, 1700 msnm y Orosi, 1500 msnm), para determinar con mayor exactitud el rango de adaptación de la especie, y realizar selecciones de segunda generación. Asimismo se han incluido dos procedencias más de *P. tecunumanii*, Camelias y San Rafael de Nicaragua, las cuales han mostrado superioridad en otros países, pero aun no habían sido probadas en Costa Rica.

Las plantaciones piloto también darán información sobre las posibilidades de producción de semilla en Costa Rica, ya que las plantaciones establecidas hasta la fecha no han producido cantidades significativas de semilla, debido posiblemente a la ausencia de una estación seca definida en las zonas donde han sido plantadas. Hasta que no se logre la producción local de semilla, se deberá continuar con su importación de los Bancos de Semilla de la Región.

2. PRUEBA DE ESPECIES Y PROCEDENCIAS DE *Eucalyptus* spp.

Este ensayo forma parte de los ensayos internacionales coordinados por CSIRO, e incluye 20 procedencias nativas de 8 especies de *Eucalyptus*. Como comparadores en este ensayo se incluyeron tres procedencias derivadas de Costa Rica: una de *E. saligna* de Juan Viñas, una de *E. citridora* de Orosi y una de *E. deglupta* de Turrialba. El Cuadro 11 muestra algunas características de las procedencias estudiadas.

Cuadro 11. Identificación, ubicación y elevación (msnm) de las procedencias de *Eucalyptus* evaluadas en Turrialba, Costa Rica.

Especie	Procedencia	Abreviación en los cuadros	N°. CSIRO*	Elevación (msnm)
<i>E. alba</i>	S. Cooktown, N. Qld.	COO	11669	30
<i>E. alba</i>	Greenville, Qld.	GRE	11957	610
<i>E. alba</i>	S. Maningrida, N.T.	MAN	11113	70
<i>E. camaldulensis</i>	Petford, N. Qld.	PET	12139	460
<i>E. camaldulensis</i>	Gibb River, W.A.	GIB	12346	430
<i>E. camaldulensis</i>	Katherine, N.T.	KAT	12181	110
<i>E. citridora</i>	Atherton, N. Qld.	ATN	12379	600
<i>E. citridora</i>	Dawson Range, Qld.	DAW	12012	180
<i>E. citridora</i>	Orosi, Costa Rica	ORO	1465**	1000
<i>E. cloeziana</i>	N. Paluma, N. Qld.	PAL	10270	270
<i>E. cloeziana</i>	N.E. Gympie, Qld.	GYE	10691	76
<i>E. cloeziana</i>	Cardwell, Qld.	CAR	9785	120
<i>E. deglupta</i>	Turrialba, Costa Rica	TUR	1466**	600
<i>E. grandis</i>	Gympie, Qld.	GYM	11761	400
<i>E. grandis</i>	Atherton, Qld.	ATH	12002	300
<i>E. grandis</i>	Crediton, Qld.	CRE	11891	760
<i>E. saligna</i>	S. Calliope, Qld.	CAL	12064	800
<i>E. saligna</i>	N. Raymond Terr., N.S.W.	RAY	11605	225
<i>E. saligna</i>	Gladfield, Qld.	GLA	11894	1020
<i>E. saligna</i>	Juan Viñas, Costa Rica	JVI	903**	1200
<i>E. tereticornis</i>	Mt. Poverty, N. Qld.	POV	11955	550
<i>E. tereticornis</i>	N. Mt. Malloy, N. Qld.	MAL	11952	610
<i>E. tereticornis</i>	S.W. Mt. Garnett, Qld.	GAR	12181	875

* Organizaciones de Investigación Científica e Industrial de la Mancomunidad

**Número local

El ensayo fue establecido en 1980 en los terrenos del CATIE, Turrialba, Costa Rica, en el área conocida como La Isla. El sitio se ubica a 9°53' de latitud norte, 83°42' de longitud oeste y a una altitud de 600 msnm. La precipitación promedio anual en el sitio es de 2660 mm, y la temperatura media anual de 21,2°C.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cinco bloques, y parcelas de 36 árboles a un distanciamiento de 3 x 3m, en las cuales se evaluaron únicamente los 16 árboles centrales.

Análisis

El ensayo fue analizado para los datos de altura total, dap y sobrevivencia a los cinco años, utilizando los valores de árboles individuales. El análisis del porcentaje de sobrevivencia se llevó a cabo utilizando el modelo usual para evaluar diferencias entre bloques y procedencias. Los análisis de altura y dap se hicieron utilizando un modelo anidado para evaluar diferencias entre bloques, especies y procedencias dentro de las especies.

Resultados

El Cuadro 12 muestra los promedios de crecimiento en altura total y dap a los cinco años, agrupados por especie; el Cuadro 13 muestra los promedios de crecimiento en altura total y dap, y la sobrevivencia por procedencia.

Cuadro 12. Promedios de altura total (m) y dap (cm) agrupados por especie, del ensayo de especies y procedencias de *Eucalyptus* a los 5 años de edad en Turrialba, Costa Rica.

Especie	Altura total	Especie	dap
<i>E. grandis</i>	18,2 a*	<i>E. grandis</i>	14,3 a
<i>E. saligna</i>	14,7 ab	<i>E. saligna</i>	11,8 ab
<i>E. citridora</i>	14,1 ab	<i>E. citridora</i>	10,8 ab
<i>E. deglupta</i>	13,0 b	<i>E. tereticornis</i>	10,3 b
<i>E. tereticornis</i>	11,9 bc	<i>E. deglupta</i>	9,8 bc
<i>E. camaldulensis</i>	11,0 bc	<i>E. camaldulensis</i>	9,0 bc
<i>E. cloeziana</i>	10,9 bc	<i>E. cloeziana</i>	8,2 bc
<i>E. alba</i>	7,6 c	<i>E. alba</i>	6,3 c

* Letras diferentes indican diferencias significativas al cinco por ciento (Prueba de Duncan)

Cuadro 13. Promedios de altura total (m), dap (cm) y sobrevivencia (%) de 23 procedencias de Eucalyptus a los 5 años de edad en Turrialba, Costa Rica.

Especie	Proc.	Altura total (m)	Especie	Proc.	dap (cm)	Especie	Proc.	Sobrev. (%)
<i>E. grandis</i>	GYM	19,0 a*	<i>E. grandis</i>	CRE	16,5 a	<i>E. teret.</i>	MAL	82 a
<i>E. grandis</i>	CRE	19,0 a	<i>E. saligna</i>	JVI	14,3 a	<i>E. grandis</i>	GYM	80 a
<i>E. saligna</i>	JVI	18,2 ab	<i>E. grandis</i>	GYM	14,1 a	<i>E. alba</i>	MAN	79 a
<i>E. grandis</i>	ATH	16,1 abc	<i>E. grandis</i>	ATH	13,4 a	<i>E. deglupta</i>	TUR	69 ab
<i>E. citrid.</i>	DAW	14,8 abc	<i>E. teret.</i>	MAL	12,5 a	<i>E. saligna</i>	JVI	69 ab
<i>E. citrid.</i>	ATN	14,4 bcd	<i>E. citrid.</i>	ATN	11,7 a	<i>E. teret.</i>	GAR	65 abc
<i>E. teret.</i>	MAL	14,2 bcd	<i>E. citrid.</i>	DAW	10,9 a	<i>E. teret.</i>	POV	65 abc
<i>E. saligna</i>	RAY	13,5 bcd	<i>E. saligna</i>	RAY	10,8 a	<i>E. cloez.</i>	GYE	60 abc
<i>E. saligna</i>	CAL	13,1 cde	<i>E. saligna</i>	CAL	10,7 a	<i>E. saligna</i>	CAL	58 abcd
<i>E. deglupta</i>	TUR	13,0 cde	<i>E. saligna</i>	GLA	10,2 a	<i>E. camald.</i>	PET	51 abcd
<i>E. camald.</i>	PET	12,8 cde	<i>E. teret.</i>	GAR	9,9 a	<i>E. saligna</i>	GLA	49 abcd
<i>E. citrid.</i>	ORO	12,8 cdef	<i>E. camald.</i>	PET	9,9 a	<i>E. camald.</i>	KAT	47 abcd
<i>E. saligna</i>	GLA	12,6 cdefg	<i>E. deglupta</i>	TUR	9,8 a	<i>E. camald.</i>	GIB	46 abcd
<i>E. teret.</i>	GAR	12,5 cdefg	<i>E. citrid.</i>	ORO	9,4 a	<i>E. alba</i>	GRE	43 bcd
<i>E. cloez.</i>	PAL	12,0 cdefgh	<i>E. cloez.</i>	GYE	9,1 a	<i>E. saligna</i>	RAY	39 bcd
<i>E. cloez.</i>	GYE	11,8 cdefgh	<i>E. camald.</i>	KAT	8,6 a	<i>E. grandis</i>	ATH	38 bcd
<i>E. camald.</i>	KAT	10,1 cdefgh	<i>E. cloez.</i>	PAL	8,4 a	<i>E. citrid.</i>	DAW	38 bcd
<i>E. camald.</i>	GIB	10,0 cdefghi	<i>E. camald.</i>	GIB	8,3 a	<i>E. alba</i>	COO	33 bcd
<i>E. teret.</i>	POV	8,6 efghi	<i>E. teret.</i>	POV	8,1 a	<i>E. citrid.</i>	ATN	33 bcd
<i>E. alba</i>	MAN	8,4 fghi	<i>E. alba</i>	MAN	7,6 a	<i>E. grandis</i>	CRE	31 cd
<i>E. cloez.</i>	CAR	8,1 ghi	<i>E. cloez.</i>	CAR	5,9 a	<i>E. cloez.</i>	CAR	27 d
<i>E. alba</i>	GRE	7,6 hi	<i>E. alba</i>	GRE	5,4 a	<i>E. cloez.</i>	PAL	24 d
<i>E. alba</i>	COO	5,9 i	<i>E. alba</i>	COO	4,6 a	<i>E. citrid.</i>	ORO	23 d

* Letras diferentes indican diferencias significativas al cinco por ciento (Prueba de Duncan)

El análisis anidado por especie (Cuadro 12) muestra claramente el comportamiento superior de *E. grandis*, el cual contrasta con el comportamiento pobre de *E. alba*. La superioridad global de *E. grandis* con respecto a *E. alba* fue de 42% para altura total y de 44% para dap, lo que indica una vez más la importancia de las pruebas de especies antes de iniciar plantaciones a gran escala. Estos resultados son consistentes con la experiencia en otras regiones, tales como el sur de Africa, India y América del Sur, donde *E. grandis* representa una de las especies principales para producción de pulpa y madera (Turnbull y Pryor, 1978), con una forma excelente e incrementos anuales en volumen en algunos casos de hasta 55 m³ha⁻¹ (Aracruz Celulose, 1989). Por su parte, *E. alba* ha mostrado un crecimiento pobre en la mayoría de los sitios donde ha sido introducido, con árboles pequeños y fuertemente bifurcados, con poco o ningún potencial para reforestación comercial (Poynton, 1979).

En los análisis por procedencia (Cuadro 13), las tres procedencias de *E. grandis* (Gympie, Crediton y Atherton) se ubicaron en las cuatro primeras posiciones en cuanto a altura total y dap, y de ellas, la procedencia Gympie presentó la mejor combinación de altura total, dap y sobrevivencia. Las procedencias Crediton y Atherton presentaron porcentajes de sobrevivencia muy bajos (31 y 38%), lo que limitaría su utilización en plantaciones comerciales.

Por su parte, es interesante el comportamiento de la procedencia derivada de *E. saligna* de Juan Viñas, la cual se ubicó en una tercera posición en cuanto a altura total, y en una segunda posición en cuanto a dap. Asimismo, ocupó una quinta posición para la variable sobrevivencia. Esta tendencia de las procedencias derivadas de comportarse mejor que muchas procedencias nativas, ha sido bien documentado para muchas otras especies (Burley y Wood, 1979; Owino, 1977; Valerio, 1986; Zobel y Talbert, 1984), y sugiere el desarrollo de razas locales, o poblaciones de individuos que por selección natural se han adaptado al ambiente específico donde han sido plantadas, incluso después de una sola generación (Zobel y Talbert, 1984). El uso de razas locales es una de las formas más rápidas y económicas de obtener ganancias genéticas cuando se trabaja con exóticas, puesto que la descendencia de estas poblaciones usualmente mostrará un comportamiento superior a la descendencia del rodal nativo original.

El Cuadro 13 muestra claramente que dentro de una misma especie, el comportamiento de sus procedencias puede variar grandemente, y que tendría poco sentido generalizar sobre el comportamiento de una especie basándose en las experiencias con una única fuente de semilla. En *E. saligna*, por ejemplo, las diferencias en altura total y dap entre la mejor y la peor procedencia fueron del 44% y el 40% respectivamente, de magnitud similar a la diferencia global entre dos especie (*E. grandis* y *E. alba*) mencionadas al inicio de esta sección.

Basado en los resultados de este ensayo, el Proyecto MGF estableció dos ensayos de descendencias con la especie *E. grandis* en Tucurrique y Atirro, Turrialba, para evaluar el comportamiento de familias dentro de procedencias, y de árboles individuales dentro de familias. Esto permitirá el establecimiento eventual de huertos semilleros, con ganancias genéticas a tres niveles: procedencia, familia y árbol individual. La procedencia derivada de *E. saligna*, por su parte, está siendo utilizada por el Banco de Semillas Forestales (BLSF) del CATIE en sus recolecciones comerciales.

3. PRUEBA DE PROCEDENCIAS DE *Eucalyptus urophylla*

Aunque *E. urophylla* no estuvo representado en el ensayo de especies discutido anteriormente, ha sido identificado como una de los eucaliptos con mayor potencial para zonas tropicales húmedas (Pryor, 1975). Asimismo, por poseer un rango amplio de distribución altitudinal (300 a 3000 msnm), ofrece un potencial grande para ser utilizada en zonas de altitud y latitud bajas en los trópicos. El ensayo de procedencias de *E. urophylla* forma parte de los ensayos internacionales coordinados por CSIRO, e incluye 14 procedencias nativas. El Cuadro 14 muestra la identificación, ubicación y algunos datos climáticos de las procedencias.

El ensayo fue establecido en 1981 en tres sitios de Costa Rica: Turrialba, San Isidro de Pérez Zeledón y Santa Clara de Ciudad Quesada. Sin embargo, el ensayo en Turrialba fue afectado severamente por un hongo, presumiblemente *Phyllosticta* sp. (Evans, 1984. Commonwealth Mycological Institute. Com. pers.), y dejó muy pocos árboles sobrevivientes para las evaluaciones; el sitio en San Isidro fue afectado en dos ocasiones por un incendio accidental, lo que perjudicó la expresión de las posibles diferencias entre procedencias. El sitio remanente está ubicado en los terrenos del Instituto Tecnológico de Costa Rica en Santa Clara de Ciudad Quesada, a 10°21' de latitud norte, 84°22' de longitud oeste, y a una altitud de 170 msnm. La precipitación media anual en el sitio es de 3400 mm, y la temperatura media anual de 25,7 °C.

El diseño experimental consistió de bloques incompletos al azar con cinco bloques, y parcelas de 36 árboles con un espaciamiento de 3 x 3m, en las cuales se evaluaron únicamente los 16 árboles centrales. Debido a limitaciones con el material, no todas las procedencias están representadas en todas las repeticiones; ocho procedencias están repetidas cinco veces, dos están repetidas cuatro veces, y las cuatro restantes están repetidas entre una y tres veces.

Análisis

El ensayo fue analizado para los datos de altura total, dap y sobrevivencia a los seis y medio años de edad, para las procedencias repetidas cuatro o cinco veces, utilizando valores de árboles individuales.

Cuadro 14. Identificación, ubicación y algunos datos climáticos de las procedencias de *E. urophylla* establecidas en Santa Clara, Costa Rica..

Procedencia	Abrev en los cuadros	Código CSIRO*	Latitud (°N)	Longitud (°E)	Altitud (msnm)	Precipitación media anual (mm)
Mt. Mandiri, Isla Flores	MAN	12895	08°15'	122°58'	490	
Mt. Lewotobi, Isla Flores	LEW	12896	08°32'	122°48'	475	
Mt. Wuko, Isla Flores	WUK	12897	08°33'	122°35'	830	
Mt. Boleng, Isla Adonara	BOL	12898	08°21'	123°15'	890	
S.W. Isla Lembata	LEM	802770N	08°26'	123°30'	500-950	950
Remexio, Isla Timor	REM	802793N	08°38'	125°41'	800-1150	1750
Maubisse, Isla Timor	MAU	802795N	08°47'	125°48'	1200-1540	1750
Región N.W., Isla Pantar	NWP	802800N	08°22'	124°13'	350-600	950
Región Central, Isla Wetar	WET	802801N	07°52'	126°09'	350	750
Región Central, Isla Alor	CAL	802803N	08°17'	124°42'	600-1000	900
Región E., Isla Alor	EAL	802804N	08°18'	124°50'	600-900	1100
Mt. Moena, Isla Alor	MOE	802806N	08°22'	124°34'	700-800	1300
Mt. Egon, Isla Flores	EGO	802807N	08°39'	122°26'	300-700	
Región W., Isla Alor	WAL	802808N	08°20'	124°27'	450-700	

* Organizaciones de Investigación Científica e Industrial de la Mancomunidad.

Resultados

El Cuadro 15 muestra los promedios de crecimiento en altura total (m) y dap (cm), y los porcentajes de sobrevivencia por procedencia a los seis y medio años de edad.

La sobrevivencia en general fue alta y no mostró diferencias significativas entre procedencias, con porcentajes superiores al 70% en todos los casos. En cuanto a altura total y dap, las procedencias Remexio de la Isla Timor, Región oeste de la Isla Alor, Mt. Lewotobi de la Isla Flores y S.W. Isla Lembata mostraron el mejor comportamiento en este sitio, aunque debido a la pérdida de los otros sitios, no se pueden hacer conclusiones acerca de la estabilidad de las procedencias, o la existencia de interacciones genotipo-ambientales; se requiere más investigación para llegar a conclusiones más definitivas.

Cuadro 15. Promedios de altura total (m) y dap (cm), y porcentaje de sobrevivencia de 10 procedencias de *E. urophylla* a los 6,5 años de edad en Santa Clara, Costa Rica.

Proc.	Altura total (m)	Proc.	dap (cm)	Proc.	Sobrev. (%)
REM	23,7	WAL	20,5	LEM	96
WAL	23,7	LEM	19,0	LEW	93
LEW	23,6	LEW	18,4	MAN	90
LEM	22,8	REM	18,2	MAU	90
MOE	21,3	MOE	17,5	MOE	89
MAN	20,2	MAN	16,5	BOL	88
CAL	20,2	CAL	16,4	WUK	88
WUK	19,9	BOL	16,3	CAL	80
BOL	18,9	WUK	15,9	WAL	75
MAU	17,9	MAU	14,3	REM	73

Sin embargo, esta ha sido la primera introducción documentada de *E. urophylla* a Costa Rica, y el ensayo ha mostrado un excelente crecimiento y comportamiento de algunas procedencias de la especie, lo cual da una idea del potencial de estas fuentes para plantaciones en las zonas húmedas del país. Las mejores procedencias mostraron un incremento medio anual (IMA) en altura total de 3,6 m y un incremento medio anual en dap de 3,2 cm. Estos valores son similares a los obtenidos con las mejores procedencias de *E. grandis* a los cinco años de edad en Turrialba (IMA en altura total de 3,8 m e IMA en diámetro de 3,3 cm; Sección 2), y a los valores de IMA en altura total de 3,5 m e IMA en diámetro de 2,6 cm informados por Navarro (1985) para *E. deglupta* en una plantación de ocho años en Turrialba.

En 1988, a los ocho años de edad, se eliminaron las procedencias más pobres de este ensayo, y se realizó un aclareo, seleccionando los mejores árboles de las mejores procedencias, para establecer un rodal semillero, el cual ya se encuentra en su fase de producción.

4. PRUEBA DE PROCEDENCIAS DE *Gmelina arborea*

Este ensayo forma parte de los ensayos internacionales coordinados por el Centro de Semillas de Dinamarca/DANIDA, e incluye una procedencia derivada de Jari, Brasil, y siete procedencias nativas. Como comparador en este ensayo, se incluyó una procedencia derivada de Manila, Costa Rica. La identificación, ubicación y algunos datos climáticos de las procedencias se muestran en el Cuadro 16.

El ensayo fue establecido en 1982 en los terrenos de la Empresa Celulosa de Turrialba, S.A., en Pavones, Turrialba, Costa Rica. El sitio se ubica a 9°56' de latitud norte, 83°37' de longitud oeste, y a una altitud de 520 msnm. La precipitación promedio anual en el sitio es de 3364 mm, y la temperatura media anual de 22,6°C.

El diseño experimental consistió de bloques al azar con cinco bloques, y parcelas de 36 árboles con un distanciamiento de 3 x 3 m, en las cuales se evaluaron únicamente los 16 árboles centrales.

Cuadro 16. Identificación, ubicación y algunos datos climáticos de las procedencias de *Gmelina arborea* evaluadas en Turrialba, Costa Rica..

Procedencia	Identificación y abreviación en los cuadros	Latitud	Longitud	Precipitación media anual (mm)	Altitud (msnm)
Manila, Siquirres, C.R.	BSF1018	10°10'N	83°25'O	3286	15
Sao Miguel 72-14, Jari, Brasil	DAN4040	00°52'S	52°32'O	2476	66
Sankosh-1, West Bengal, India	DAN4045	26°25'N	89°20'E	4800	46
Maredumilli, Andhra Pradesh, India	DAN4058	17°40'N	81°42'E	1500	NI
Lambasingi, Andhra Pradesh, India	DAN4065	17°52'N	82°30'E	1500	NI
Andhra Pradesh, India	DAN4066	NI*	NI	NI	NI
Sri Lanka "A"	DAN4067	NI	NI	NI	NI
Sri Lanka "B"	DAN4068	NI	NI	NI	NI
Kao Yai, Saraburi, Tailandia	D100380	14°37'N	100°15'E	1150	250

* NI: No se suministró la información

Análisis

El ensayo fue analizado utilizando valores de árboles individuales para las variables altura total, diámetro basal, altura a la primera rama, frecuencia de ramificación, rectitud del fuste, dominancia del eje, bifurcación y sobrevivencia. La altura total y la altura a la primera rama están expresadas en metros; el diámetro basal en centímetros; la frecuencia de ramificación está expresada como el número de veces que el árbol se bifurcó o desarrolló una rama gruesa; la rectitud del fuste está basada en una escala arbitraria de 1 a 9, siendo 9 el mejor; la dominancia del eje está basada en una escala arbitraria de 1 a 7, donde las categorías 1 a 3 representan la pérdida del eje principal, y en las categorías restantes este se mantiene con diferentes grados de dominancia; la bifurcación está expresada como el porcentaje de árboles bifurcados por parcela y la sobrevivencia como porcentaje de árboles vivos. Las escalas de evaluación están basadas en las recomendaciones de DANIDA para la evaluación de los ensayos de procedencias (Lauridsen et al, 1987)

Resultados

El Cuadro 17 muestra los promedios para las variables altura total, diámetro basal y sobrevivencia a los cuatro años de edad, y el Cuadro 18 muestra los promedios para frecuencia de ramificación, rectitud del fuste, altura a la primera rama, dominancia del eje y bifurcación, evaluadas a los tres años de edad.

Cuadro 17 Promedios de altura total en metros (Alt), diámetro basal en cm (Dbas), y porcentaje de sobrevivencia (Sobrev), para las procedencias de *G. arborea* los 4 años de edad en Turrialba, Costa Rica.

Proc	Alt	Proc	Dbas	Proc	Sobrev
BSF1018	20,5 a*	DAN4067	22,0 a	DAN4068	100 a
DAN4040	20,0 ab	DAN4040	21,6 a	D100380	100 a
DAN4067	19,2 ab	BSF1018	21,5 a	DAN4066	97 a
DAN4068	18,5 ab	D100380	21,2 a	DAN4040	97 a
D100380	18,2 b	DAN4066	21,1 a	DAN4065	93 a
DAN4066	18,0 bc	DAN4045	20,6 a	DAN4058	92 a
DAN4045	16,2 cd	DAN4068	19,5 a	BSF1018	91 a
DAN4058	15,1 d	DAN4058	18,6 a	DAN4067	91 a
DAN4065	14,4 d	DAN4065	18,0 a	DAN4045	89 a

* Letras diferentes indican diferencias significativas al cinco por ciento (Prueba de Duncan)

Cuadro 18. Frecuencia de ramificación (Fram), rectitud del fuste (Rect), altura a la primera rama en metros (Apr), dominancia del eje (Dom) y porcentaje de bifurcación (Bifc) para las procedencias de *G. arborea* a los 3 años de edad en Turrialba, Costa Rica.

Proc	Fram	Proc	Rect	Proc	Dom	Proc	Apr	Proc	Bifc
DAN4045	1,7 a*	BSF1018	5,2 a	BSF1018	4,5 a	BSF1018	5,1 a	DAN4065	13 a
BSF1018	1,8 ab	DAN4040	4,8 ab	DAN4067	4,1 a	DAN4066	5,1 a	DAN4058	16 a
DAN4066	1,9 ab	DAN4067	4,7 ab	DAN4040	3,9 a	DAN4067	4,7 ab	DAN4067	19 a
DAN4040	2,0 ab	D100380	4,5 b	DAN4065	3,7 a	DAN4040	4,7 ab	BSF1018	20 a
DAN4067	2,0 ab	DAN4045	4,4 b	DAN4066	3,7 a	DAN4045	4,6 ab	DAN4040	22 a
D100380	2,4 bc	DAN4068	4,4 b	D100380	3,2 a	DAN4068	4,6 ab	D100380	25 a
DAN4068	2,5 bc	DAN4066	4,5 b	DAN4058	3,2 a	D100380	4,4 ab	DAN4066	27 a
DAN4058	2,5 bc	DAN4058	3,7 c	DAN4045	3,0 a	DAN4058	4,2 bc	DAN4045	39 a
DAN4065	2,7 c	DAN4065	3,4 c	DAN4068	2,2 a	DAN4065	3,5 c	DAN4068	44 a

* Letras diferentes indican diferencias significativas al cinco por ciento (Prueba de Duncan)

La sobrevivencia fue alta para todas las procedencias, y no mostraron diferencias significativas, con porcentajes entre 89 y 100%. Para las variables altura total y diámetro basal, es evidente la superioridad de tres procedencias: la procedencia derivada de Manila, Costa Rica (BSF1018), la procedencia derivada de Jarí, Brasil (DAN4040) y la procedencia nativa de Sri Lanka "A" (DAN4067). Estos resultados son similares a los informados por Valerio (1986), quien evaluó el ensayo a los tres años, y sugieren que las diferencias relativas entre procedencias se mantienen a partir de esa edad, lo que permitiría una selección temprana de procedencias con un alto nivel de confianza. Estas mismas procedencias, y en particular, la procedencia Manila, presentaron buenos hábitos de ramificación, fustes más rectos y limpios y baja incidencia de bifurcaciones.

Resulta interesante el comportamiento de las procedencias derivadas de Manila y Jarí, que ocuparon las mejores posiciones para la mayoría de las variables, tanto de producción como de forma. Ambas procedencias tienen un origen similar (Valerio, 1986), y son una mezcla de cuatro procedencias derivadas de África. En estas plantaciones es lógico suponer que las presiones de selección natural y artificial en su nuevo ambiente, han favorecido los individuos de mejor crecimiento y forma, resultando en el desarrollo de razas locales mejor adaptadas a las condiciones de Costa Rica.

Basado en estos resultados, el Proyecto de Mejoramiento Genético Forestal del CATIE ha iniciado un programa de selección de árboles individuales en las plantaciones locales, para establecer pruebas de descendencias (F1), huertos semilleros clonales, y estudios de clonación de genotipos superiores, para explotar la superioridad mostrada por la procedencia derivada local. La procedencia Manila ha sido introducida también en la zona de Hojancha, Costa Rica, donde ha mostrado un crecimiento y forma excepcionales. Esto da cierta indicación de la alta estabilidad de esta procedencia, y la posibilidad de desarrollar razas locales para zonas secas y húmedas partiendo de la misma población base. Al mismo tiempo, se debe considerar la posibilidad de introducir más material de la procedencia Sri Lanka "A", para aumentar la base genética de la especie en el país, y abrir mayores posibilidades de mejoramiento a largo plazo.

5. PRUEBA DE PROCEDENCIAS DE *Acacia mangium*

Este ensayo forma parte de los ensayos internacionales coordinados por CSIRO, Australia, e incluye 15 procedencias nativas. La identificación, ubicación y algunos datos climáticos de las procedencias se muestran en el Cuadro 19.

El ensayo fue establecido en 1984 en cuatro sitios en Costa Rica: Santa Clara de Ciudad Quesada, Buenos Aires de Puntarenas, Colorado de Guanacaste y Puriscal. El ensayo de Colorado presentó una alta mortalidad inicial, mientras que los árboles en Buenos Aires fueron afectados a la edad de dos años por un hongo (aún no identificado), que causó la muerte regresiva de muchos de ellos. El sitio 1: Santa Clara se ubica a 10°21' de latitud norte, 84°32' de longitud oeste, y a una elevación de 170 msnm. La precipitación promedio anual en el sitio es de 3400 mm, y la temperatura media anual de 25,7 °C. El sitio 2: Puriscal se ubica a 9°51' de latitud norte, 84°22' de longitud oeste, y a una elevación de 960 msnm. La precipitación promedio anual y la temperatura media anual en este sitio son de 2470 mm y 22,3°C.

El diseño experimental que se utilizó en ambos sitios consistió de bloques al azar con cinco bloques, y parcelas de 36 árboles con un distanciamiento de 3x3m, en las cuales se evaluaron únicamente los 16 árboles centrales. Debido a las limitaciones con el material, en el ensayo de Santa Clara se establecieron 14 procedencias, y solamente seis en el de Puriscal.

Análisis

Cada sitio fue analizado separadamente utilizando valores de árboles individuales, para las variables altura, dap y sobrevivencia, además del porcentaje de árboles bifurcados por parcela.

Resultados

Los Cuadros 20 y 21 muestran los promedios de altura total y dap, y los porcentajes de sobrevivencia y bifurcación a los cuatro años para el sitio de Santa Clara, y a los tres años para el sitio de Puriscal.

Cuadro 19. Identificación, ubicación y altitud de las procedencias de *Acacia mangium* estudiadas en Costa Rica.

Procedencia	Código CSIRO*	Latitud (°S)	Longitud (°E)	Altitud (msnm)
Rex Range NR Nossman, Queensland (Qld)	CSR12992	16°30'	145°32'	30
Cowley Beach Road, Qld.	CSR13232	17°41'	146°05'	5
Walsh's Pyramid, Qld.	CSR13233	17°06'	145°48'	20
Trinity Inlet, Qld	CSR13234	17°02'	145°48'	20
Mourilyan Bay, Qld.	CSR13235	17°35'	146°05'	20
Tully Mission Beach Rd, Qld.	CSR13238	17°56'	146°302'	70
Syndicate Rd. Tully, Qld.	CSR13239	17°55'	145°52'	50
Ellerebeck Rd. Cardwell, Qld.	CSR13240	18°14'	145°58'	60
Broken Pole Creek, Qld.	CSR13241	18°21'	146°03'	50
Abergowrie, SF, Qld.	CSR13242	18°26'	146°01'	60
Claudie River, Qld.	CSR13229	12°44'	143°13'	60
W. of Morehead, Papúa Nueva Guinea	CSR13459	08°45'	141°18'	30
Oriomo River, Papúa Nueva Guinea	CSR13460	08°50'	143°08'	10
Piru Ceram, Indonesia.	CSR13621	03°04'	128°12'	150
SE Mossman, N.Qld.	CSR13846	16°31'	145°24'	60

* Organizaciones de Investigación Científica e Industrial de la Mancomunidad

Cuadro 20. Promedios de altura total (m) y dap (cm), y porcentajes de sobrevivencia y de árboles bifurcados para 14 procedencias de *Acacia mangium* a los 4 años de edad en Santa Clara, Costa Rica

Proced.	Altura total (m)	Proced.	dap (cm)	Proced.	Sobrev. (%)	Proced.	Incidencia de bifurcación (%)
CSR13242	13,3 a*	CSR13459	13,7 a	CSR13242	95 a	CSR13621	8 a
CSR13459	11,8 ab	CSR13229	13,6 ab	CSR13241	94 a	CSR13235	11 ab
CSR13229	11,2 bc	CSR13460	12,5 abc	CSR12992	94 a	CSR13229	15 ab
CSR13460	11,0 bc	CSR13242	12,2 abcd	CSR13233	92 a	CSR13238	15 ab
CSR13241	10,4 bc	CSR13240	11,7 abcde	CSR13234	91 a	CSR13234	19 abc
CSR13232	10,1 bcd	CSR13621	11,6 bcde	CSR13240	87 ab	CSR13459	20 abc
CSR13239	9,9 bcd	CSR13241	11,2 cde	CSR13232	84 ab	CSR13239	21 abc
CSR13240	9,6 bcd	CSR13232	11,0 cde	CSR13229	68 bc	CSR13233	21 abc
CSR13621	9,3 cd	CSR13235	10,9 cde	CSR13460	67 bc	CSR13460	24 abc
CSR12992	9,2 cd	CSR13238	10,8 cde	CSR13239	67 c	CSR13240	25 abc
CSR13238	9,1 cd	CSR13234	10,5 cde	CSR13459	58 c	CSR12992	26 abc
CSR13235	9,0 cd	CSR13239	10,3 de	CSR13238	55 c	CSR13232	29 bc
CSR13234	9,0 cd	CSR12992	10,3 de	CSR13621	48 c	CSR13242	30 bc
CSR13233	7,8 d	CSR13233	9,6 e	CSR13235	40 c	CSR13241	42 c

* Letras diferentes indican diferencias significativas al cinco por ciento (Prueba de Duncan)

Cuadro 21. Promedios de altura total (m) y dap (cm), y porcentaje de sobrevivencia y de árboles bifurcados para 6 procedencias de *Acacia mangium* a los 3 años de edad en Puriscal, Costa Rica

Proced.	Altura total (m)	Proced.	dap (cm)	Proced.	Sobrevivencia (%)	Proced.	Incidencia de bifurcación (%)
CSR13229	6,1 a*	CSR13229	8,2 a	CSR13242	95 a	CSR13846	14 a
CSR13242	6,1 a	CSR13459	7,7 a	CSR13459	85 a	CSR13621	38 a
CSR13459	6,0 a	CSR13242	7,5 a	CSR13229	84 a	CSR13233	39 a
CSR13233	5,8 a	CSR13233	7,5 a	CSR13621	73 ab	CSR13459	45 a
CSR13846	5,5 a	CSR13846	7,4 a	CSR13233	73 ab	CSR13242	50 a
CSR13621	5,1 a	CSR13621	5,4 b	CSR13846	50 b	CSR13229	63 a

* Letras diferentes indican diferencias significativas al cinco por ciento (Prueba de Duncan)

Con excepción de las variables altura total e incidencia de bifurcación, en el sitio 2, todas las demás variables mostraron diferencias significativas entre procedencias. El análisis combinado también detectó la presencia de interacciones genotipo-ambiente para las variables altura, dap y porcentaje de bifurcación en las procedencias comunes a ambos sitios, por lo que no se puede hablar de una única procedencia superior para ambos sitios.

Sin embargo, teniendo presente las restricciones debidas a la representación limitada de algunas procedencias en Puriscal, se puede notar el buen comportamiento general de la procedencia Morehead de Papúa Nueva Guinea (CSR13459), y de las procedencias Abergowrie y Claudie River (CSR13242 y CSR13229) de Queensland.

Los resultados de este ensayo ilustran una vez más la magnitud de las diferencias que pueden obtenerse entre procedencias de una misma especie. En Santa Clara, las diferencias entre la mejor y la peor procedencia en altura total y dap, fueron respectivamente, del 71 y del 43%. En Puriscal, las diferencias para esta mismas variables fueron del 20 y del 52%.

En este caso, la elección entre las mejores procedencias estará determinada en gran medida por la disponibilidad de semilla, ya que, por ejemplo, no ha sido posible hasta la fecha obtener semilla de las procedencias de Papúa Nueva Guinea, ni de la procedencia Abergowrie de Queensland. En 1988, el Proyecto de MGF importó semilla de Claudie River para el establecimiento de plantaciones piloto, con cuatro objetivos principales: evaluar la especie bajo condiciones normales de plantación, aumentar la base genética de la especie en el país, desarrollar plantaciones semilleras, y proveer una población base para selecciones de segunda generación.

Si bien algunas procedencias mostraron un comportamiento excelente en los sitios evaluados, y la especie ha mostrado su potencial en parcelas experimentales en muchos otros sitios del país (CATIE, 1986; Jiménez y Picado, 1987), es necesario conocer más acerca de la enfermedad que afectó los árboles en Buenos Aires antes de poder recomendar alguna procedencia en particular para plantaciones a mayor escala. Posiblemente, estudios más detallados sobre la enfermedad, y la exploración de posibilidades de contar con procedencias tolerantes o resistentes, será la base de las investigaciones con esta especie en los próximos años.

6. ACCIONES FUTURAS

El Grupo de Mejoramiento Genético del CATIE (Proyecto Mejoramiento Genético Forestal/MGF, Proyecto Árboles de Uso Múltiple/MADELEÑA) continúa trabajando con 22 especies maderables y de uso múltiple, que han mostrado buen crecimiento y adaptabilidad en las regiones de Centro América con potencial para plantaciones forestales. El Grupo de Mejoramiento Genético mantiene un programa de establecimiento de ensayos de procedencias, para aquellas especies y regiones donde la información es insuficiente. El Proyecto Madeleña está concentrado en el establecimiento de ensayos de procedencias, y establecimiento y manejo de rodales y plantaciones semilleras en Centro América, como una alternativa inmediata al problema de abastecimiento de semilla de origen y calidad genética conocidos. Por su parte, el Proyecto MGF ha iniciado un programa de selección, y/o introducción de fenotipos individuales, para el establecimiento de ensayos de descendencias, huertos semilleros clonales y bancos de conservación. Asimismo, se realizan estudios de clonación, para la propagación y utilización de los mejores ideotipos de estas poblaciones.

Los ensayos generalmente se evalúan a un año para sobrevivencia y altura total, a los tres años para sobrevivencia, altura total y dap, y se realiza una evaluación intensiva a los cinco años, donde se incluyen además, características del fuste y ramificación. A partir de este momento, se decide la estrategia a seguir para cada ensayo, dependiendo de las necesidades de la especie que está siendo estudiada. Sin embargo, generalmente los ensayos de procedencias se continúan evaluando hasta el final del turno de rotación, cuando se realiza la evaluación final que incluye, además de las variables mencionadas, características de la madera. Con base en la información de la evaluación al quinto año, se inicia el establecimiento de plantaciones piloto con las mejores procedencias, con tres objetivos principales: evaluar el potencial de las procedencias bajo condiciones normales de plantación, aumentar la base genética de la especie, y crear "plantaciones semilleras de procedencia" (provenance seed stand), para el suministro de semilla de calidad genética superior.

Los ensayos de descendencias, por su parte, pueden ser transformados inmediatamente en "huertos semilleros de plántulas" (seedling seed orchards), mediante selección de los mejores árboles dentro de las mejores familias. El diseño experimental utilizado en estos ensayos, permite una distribución adecuada de los individuos que conformarán finalmente el huerto. Los bancos de conservación pueden ser aclareados con base en la información de las pruebas de descendencias, y convertidos igualmente en huertos semilleros de plántulas, o conservados como tales si el objetivo primario es conservación de genes y genotipos. La conversión de estos ensayos en huertos semilleros es factible si las condiciones en las cuales están establecidos, favorecen la producción abundante de semilla.

Otra función de los ensayos y de las plantaciones piloto, es la de proveer material para selecciones avanzadas de individuos superiores, los cuales se integrarán a las poblaciones de producción de semilla genéticamente mejorada.

7. BIBLIOGRAFIA

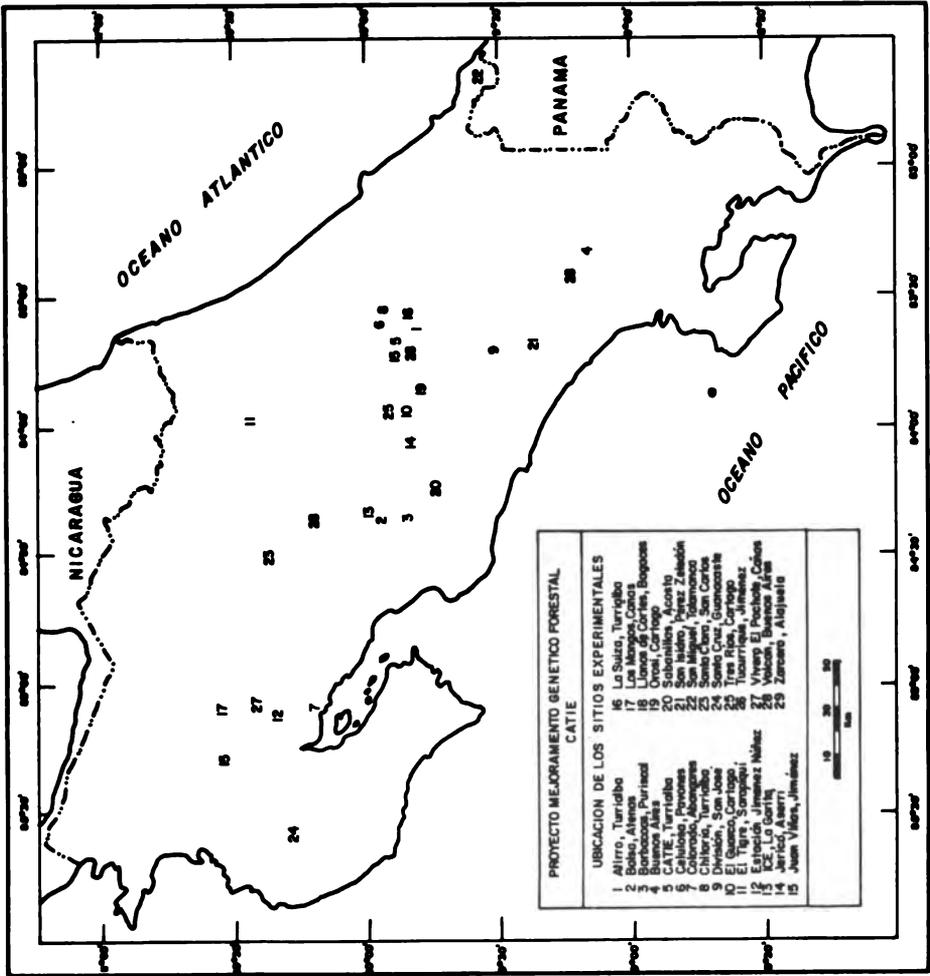
1. ARACRUZ CELULOSE. 1989. Informe Interno Aracruz Celulose, S.A. Espirito Santo, Brasil. 20 p. Sin publicar.
2. BIRD, N.M. 1983. An evaluation of a provenance trial of *Pinus caribaea* Morelet in Costa Rica, Central America. B.Sc. Thesis. Aberdeen, Escocia, University of Aberdeen. 113 p.
3. BIRD, N.M. 1984. Variation in volume overbark, stem straightness and longest internode length at five years of age between ten provenances of *Pinus caribaea* Morelet and two provenances of *Pinus oocarpa* Schiede in Costa Rica. In Joint Work Conference on Provenance and Genetic Improvement Strategies in Tropical Forest Trees (1984, Mutare, Zimbabwe). Proceedings. Ed. by R.D. Barnes; G.L. Gibson. Oxford, Commonwealth Forestry Institute/Zimbabwe Forestry Commission. p. 159-167.
4. BOSHIER, D.H. 1984. The international provenance trial of *Cordia alliodora* (R&P) Oken in Costa Rica. In Joint Work Conference on Provenance and Genetic Improvement Strategies in Tropical Forest Trees (1984, Mutare, Zimbabwe). Proceedings. Ed. by R.D. Barnes; G.L. Gibson. Oxford, Commonwealth Forestry Institute/Zimbabwe Forestry Commission. p. 168-185.
5. BOSHIER, D.H.; MESEN, J.F. 1987. Proyecto de mejoramiento de árboles del CATIE: estado de avance y resultados principales. Turrialba, C.R., CATIE. 18 p.
6. BURLEY, J.; WOOD, P.J. 1979. Manual sobre investigaciones de especies y procedencias con referencia especial a los trópicos. Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford. Tropical Forestry Papers No. 10 y 10A. 287 p.
7. BRIDGEN, L.G.; CRACIUM, G.C.; WILLIAMS, E.R. 1984. *Pinus oocarpa*: provenance testing in the Northern Territory of Australia and a comparison with *Pinus caribaea*. In Joint Work Conference on Provenance and Genetic Improvement Strategies in Tropical Forest Trees (1984, Mutare, Zimbabwe). Proceedings. Ed. by R.D. Barnes; G.L. Gibson. Oxford, Commonwealth Forestry Institute/Zimbabwe Forestry Commission. p. 186-187.
8. CAMACHO, M.P. 1981. Informe general del proyecto de ensayos de adaptabilidad y rendimiento de especies forestales en Costa Rica. Cartago, C.R., ITCR-DGF. 287 p.
9. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA, 1986. Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central. Resultados de cinco años de investigación. Serie Técnica, Informe Técnico No. 86. p. 43-47.
10. COMBE, J.; GEWALD, N.J. 1979. Guía de campo de los ensayos forestales del CATIE en Turrialba, Costa Rica. Turrialba, C.R., CATIE. 378 p.

11. COREA, E. 1989. Evaluación de un ensayo de procedencias de *Pinus oocarpa* - *P. patula* ssp. *tecunumanii* en cuatro sitios de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., UCR/CATIE. 179 p.
12. CHAGALA, E.M.; GIBSON, G.L. 1984. *Pinus oocarpa* Schiede international provenance trial in Kenya at eight years. In Joint Work Conference on Provenance and Genetic Improvement Strategies in Tropical Forest Trees (1984, Mutare, Zimbabwe). Proceedings. Ed. by R.D. Barnes; G.L. Gibson. Oxford, Commonwealth Forestry Institute/Zimbabwe Forestry Commission. p. 191-199.
13. FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P.Y. 1977. Programme for genetic improvement of populations of *Pinus oocarpa* Schiede in Brazil by the IPEF. In Joint Workshop on Progress and Problems of Genetic Improvement of Tropical Forest Trees. (1977, Queensland, Australia). Proceedings. Ed. by D.G. Nikles; J. Burley; R.D. Barnes. Oxford, G.B., Commonwealth Forestry Institute. V. 1, p. 205-212.
14. GIBSON, G.L. 1982. Genotype-environment interactions in *Pinus caribaea*. Oxford, G.B., Commonwealth Forestry Institute. 112 p.
15. GRANHOF, J.J. 1977. Four years development of *Pinus oocarpa* Schiede in the international provenance trials of 1972 at two locations in Thailand. In Joint Workshop on Progress and Problems of Genetic Improvement of Tropical Forest Trees. (1977, Queensland, Australia). Proceedings. Ed. by D.G. Nikles; J. Burley; R.D. Barnes. Oxford, G.B., Commonwealth Forestry Institute. V. 2, p. 583-587.
16. GREAVES, A. 1980. Review of the *Pinus caribaea* Morelet and *Pinus oocarpa* Schiede international provenance trials, 1978. Commonwealth Forestry Institute. Occasional Papers N° 12. 89 p.
17. JIMENEZ, V; PICADO, W. 1987. Algunas experiencias con *Acacia mangium* en Costa Rica. Silvoenergía, N° 22:1-4p.
18. LAURIDSEN, E.B.; WELLENDORF, H.; KEIDING, H. 1987. Evaluation of a series of *Gmelina* provenance trials. Humlebaek, Denmark, DANIDA Forest Seed Centre. 110 p.
19. LIEGEL, L.H. 1984a. Growth and performance in young *Pinus oocarpa* provenance trials in Puerto Rico on eight sites. In Joint Work Conference on Provenance and Genetic Improvement Strategies in Tropical Forest Trees (1984, Mutare, Zimbabwe). Proceedings. Ed. by R.D. Barnes; G.L. Gibson. Oxford, G.B., Commonwealth Forestry Institute/Zimbabwe Forestry Commission. p. 324-325
20. LIEGEL, L.H. 1984b. Ten years growth results of *Pinus caribaea* and *Pinus oocarpa* provenance trials in Puerto Rico. In Joint Work Conference on Provenance and Genetic Improvement Strategies in Tropical Forest Trees (1984, Mutare, Zimbabwe). Proceedings. Ed. by R.D. Barnes; G.L. Gibson. Oxford, G.B., Commonwealth Forestry Institute/Zimbabwe Forestry Commission. p. 326-327.
21. MULLIN, L.J.; QUAILE, D.R. 1984. *Pinus oocarpa* provenance trials in Zimbabwe: sixth-year results. In Joint Work Conference on Provenance and Genetic Improvement Strategies in Tropical Forest Trees (1984, Mutare, Zimbabwe). Proceedings. Ed. by R.D. Barnes; G.L. Gibson. Oxford, G.B., Commonwealth Forestry Institute/Zimbabwe Forestry Commission. p. 380-389.

22. NAVARRO, C. 1985. Producción de biomasa de *Eucalyptus deglupta* en una plantación de ocho años en Turrialba, Costa Rica. *Silvoenergía*, N° 8:1-4.
23. OWINO, F. 1977. Selection of species for afforestation in East Africa. In *World Consultation on Forest Tree Breeding (3rd 1977, Canberra, Australia) [Proceedings]* s.n.t.
24. POYNTON, R.J. 1979. Report to the Southern African Regional Commission for the Conservation and Utilization of the Soil (SARCCUS) on tree planting in Southern Africa: The Eucalypts. S.I., South Africa Forestry Research Institute, Department of Forestry. V. 2, p. 49-52.
25. PRYOR, L.D. 1975. Eucalypts. In *The Methodology of conservation of forest genetic resources. FAO/UNEP Report on a pilot study. Roma, Italia, FAO. FO: MISC/75/8. 127 p.*
26. SALAZAR, R. 1982. Comportamiento juvenil de nueve procedencias de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret y Golfari en Costa Rica. *Turrialba*, (C.R.) 32(4):387-399.
27. SALAZAR, R. 1981. Genetic variation in *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret and Golfari. Thesis D. Phil. University of Oxford. 271 p. Sin publicar.
28. TURNBULL, J.W.; PRYOR, L.D. 1978. Choice of species and seed sources. In Hillis, W.E; A.G. Brown, eds. *Eucalypts for wood production*. S.I., Australia, CSIRO, Australia. p. 6-65.
29. VALERIO, J. 1986. Evaluación de nueve procedencias de *Gmelina arborea* Roxb. en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., UCR/CATIE. 92 p.
30. WRIGHT, A.J.; GIBSON, G.L.; BARNES, R.D. 1986. Provenance variation in stem volume and wood density of *Pinus caribaea*, *P. oocarpa* and *P. patula* ssp. *tecunumanii* in Zambia. *Comm. For. Rev.* 65(1):33-40.
31. ZOBEL, B.; TALBERT, J. 1984. Applied forest tree improvement. New York, EE.UU., John Wiley. 505 p.

ANEXOS

Anexo 1.



Anexo 2.

LISTA DE ENSAYOS ESTABLECIDOS EN COSTA RICA POR EL
PROYECTO MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL, CATIE

Exp. N°	Nombre	Rep N°	Sitio N°	Lote N°	Nombre del sitio	Fecha plant.	Arboles/ parcela	N° bloq.	N° de fuentes de semilla
4B(68)	Variedades de Pinus caribaea	1	609	008	Florencia Sur, CATIE, Turrialba	10-06-68	110	1	4
		2	641	001	Hacienda Atirro, Turrialba	06-07-68	110	1	4
		3	604	010	Bajo San Lucas, CATIE, Turrialba	21-08-68	100	1	4
		4	610	024	Florencia Norte, CATIE, Turrialba	28-10-68	100	1	4
8(73-1)	Procedencias de P. caribaea	1	614	007	Puente Cajón, CATIE, Turrialba	03-01-73	49	1	10
		2	614	007	Puente Cajón, CATIE, Turrialba	03-01-73	49	1	10
		3*	610	026	Florencia Norte, CATIE, Turrialba	05-01-73	49	1	10
		4	615	001	San Juan Sur, CATIE, Turrialba	06-01-73	49	1	10
		5	613	001	Noche Buena, CATIE, Turrialba	10-01-73	49	1	10
112(77-1)	Procedencias de P. caribaea	1	642	002	Celulosa, Pavones Turrialba	09-77	7	5	12
		2	610	002	Florencia Norte, CATIE, Turrialba	09-77	7	5	12
		3*	703	003	ICE, La Garita, Alajuela	10-77	7	5	12
		4	306	001	Finca W. Beita, Volcán, Buenos Aires	31-03-78	7	4	12
		5	311	001	UMA, San Isidro de Pérez Zeledón	09-77	7	5	12
		6	214	004	ITCR, Santa Clara, Ciudad Quesada	09-06-83	36	5	12
		7	454	001	Est. Exp. UCR, Santa Cruz, Guanacaste	23-06-83	36	5	12

ANEXO 2. Cont.

Exp. N°	Nombre	Rep	Sitio	Lote	Nombre del sitio	Fecha	Arboles/ parcela	N° bloq.	N° de Fuentes de osquilla
		N°	N°	N°		plant.			
112 (73-1)	Procedencias de P. caribaea	1	614	009	Puente Chjón, CMTIE, Turrialba	21-03-78	49	3	10
115 (78-2)	Procedencias de P. occorpa	1	642	002	Coluosa, Fvenoes, Turrialba	18-10-78	10	5	16
		2	615	003	San Juan Sur, CMTIE, Turrialba	01-12-78	10	5	16
		3	311	002	UNA, San Isidro de Féres Soledad	18-05-79	10	5	16
		4*	410	017	Est. Exp. Enrique Jiménez Núñez, Cañas	20-05-79	10	5	16
117 (77-2)	Desprendencias de Cordia alliodora	1	610	014	Florencia Norte, CMTIE, Turrialba	02-07-76	1	15	25
		2a		001	Fison La Cruz, Chitaria, Turrialba	22-09-87	6	10	39
		2b		002	Fison La Cruz, Chitaria, Turrialba	08-09-87	6	8	26
		3		001	ANRI, San Miguel, Talamanca	20-06-87	6	7	55
		5		003	Fison La Cruz, Chitaria, Turrialba (RC ¹)	03-12-87	1	24	50
118 (78-3)	Procedencias de C. alliodora	1	009	014	Florencia Sur, CMTIE, Turrialba	07-08-79	49	5	8
		2	627	001	Col. Agrup. La Suiza, Turrialba	17-10-79	25	5	6
		3*	311	005	UNA, San Isidro de Féres Soledad	19-10-82	36	5	13
		4	642	012	Coluosa, Fvenoes, Turrialba	20-06-83	36	5	12
		5	214	003	ITCR, Santa Clara, Ciudad Quezada	19-05-83	36	5	14

9

ANEXO 2. Cont.

Esp. N°	Nombre	Rep N°	Sitio N°	Lote N°	Nombre del sitio	Fecha plant.	Arboles/ parcela	N° biog.	N° de fuentes de semilla
119(78-6)	Descendencias de <i>P. caribaea</i>	1*	410	010	Est. Exp. Enrique Jiménez Méndez, Cañas	06-79	6	5	41
		2	409	001	Vivero Par. IDA, El Peñate, Cañas	09-79	6	5	22
126(78-3)	Especies y Proveniencias de <i>Eucalyptus</i>	1	612	015	La Isla, CMTIE, Turrialba	20-04-80	26	5	22
139(79-6)	Proveniencias de <i>Artemisia munstealii</i> y <i>A. cunninghamii</i>	1	614	011	Fuente Cajón, CMTIE, Turrialba	07-07-81	49	2	4
142(79-9)	Proveniencias de <i>E. grandis</i>	1*	400	001	IDA, Finca Llanos de Cortés, Bagaces	08-80	26	5	12
		2	306	002	Finca W. Beita, Volcán, Buenos Aires	26-06-81	26	5	10
		3	307	003	Finca P. Beita, Volcán, Buenos Aires	30-06-81	26	3	6
144(79-1)	Proveniencias de <i>P. occarpa</i> (Reforestación de pastizales degradados en La Suiza)	1	625	001	Finca Sánchez, La Suiza, Turrialba	20-07-79	49	1	15
		2	626	002	Finca Thiele, La Suiza, Turrialba	22-06-79	49	1	15
145(79-1)	Proveniencias de <i>E. tereticornis</i>	1*	400	002	IDA, Finca Llanos de Cortés, Bagaces	08-80	26	5	14
151(80-7)	Proveniencias de <i>E. urophylla</i>	1	214	002	ITCR, Santa Clara, Ciudad Quesada	19-08-81	26	5	14
		2	211	004	UMA, San Isidro de Férez Salcedón	29-07-81	26	5	4
		3	609	006	Florencia Sur, CMTIE, Turrialba	04-11-81	25	5	2
156(82-2)	Proveniencias y Descendencias de <i>P. caribaea</i> y <i>P. occarpa</i>	1a	716	001	ECAG, Balsa de Atenas	02-08-82	5	10	
		1b	716	002	ECAG, Balsa de Atenas	02-08-82	5	10	
		2a	606	003	Edo. Juan Vinas, Turrialba	31-07-84	5	10	41
		2b	610	035	Florencia Norte, CMTIE, Turrialba	30-10-84	5	10	45

ANEXO 2. Cont.

Exp. N°	Nombre	Rep N°	Sitio N°	Lote N°	Nombre del sitio	Fecha plant.	Arboles/ parcela	N° bloq.	N° de fuentes de semilla
188 (82-1)	Procedencias de <i>Gmelina</i> <i>arborea</i>	1	642	012	Celulosa, Favones, Turrialba	01-09-84	36	4	9
201	Procedencias de <i>Acacia</i> <i>nanium</i>	1	214	006	ITCR, Santa Clara, Ciudad Quesada	06-12-84	36	5	146
		2*	519	001	FINDECO, Buenos Aires	01-11-84	36	5	6
		3*	482	001	Colorado de Guanacaste	13-09-84	36	5	6
		4	513	001	Cortezal de Barbecoas, Puriscal	08-08-84	36	5	6
		5			Rejo Chino, CAFFE, Turrialba (PS ² -2)	07-01-89	1111	1	1
211	Bodales y huertos semilleros de <i>F. tecunumanii</i>	1	622	001	El Guarco, Cartago (RS ³ -1)	18-06-86	397	1	1
		2	513	003	Cortezal de Barbecoas, Puriscal (RS ³ -2)	03-07-85	394	1	1
		3	622	002	El Guarco, Cartago (RS ⁴ -1)	10-86	1	14	12
		4	623	001	Vivero Anderson, Cartago (RS ⁴ -2)	10-86	1	14	11
		5		001	Sabanillas, Acosta (PP ⁵ -1)	08-08-87	1444	1	1
		6		001	Jericó, Aserri (PP ⁵ -2)	04-09-87	2000	1	1
		7		001	ITCR, Finca Los Lotes, Tres Rios (PP ⁵ -3)	23-10-87	1111	1	1
		8		001	Finca Durman Esquivel, Orosí, Cartago (PP ⁵ -3)	03-88	2000	1	1
213	Descendencias de <i>F.</i> <i>tecunumanii</i>	1		001	COOPACRIMAR, Sarcoero	08-89	5	5	50
		2		002	COOPACRIMAR, Sarcoero	08-89	1	10	30
		3		001	Finca E. Kandler, División (BC ¹)	26-07-89	1	10	50

ANEXO 2. Cont.

Exp. N°	Nombre	Rep N°	Sitio N°	Lote N°	Nombre del sitio	Fecha plant.	Arboles/ parcela	N° bloq.	N° de fuentes de semilla
214	Descendencias de <i>P. tecunumanii</i>	1		001	INCSA, Jesús María, Turrialba	05-08-88	6	5	45
		1		001	Finca S. Fignani, Orosi, Cartago	11-10-88	6	9	53
215	Descendencias de <i>P. caribaea</i>	1*		001	Santa Cruz, Guanacaste	23-06-88	6	9	51
216	Descendencias de <i>Pochota</i> <i>quinata</i>	1		001	Finca Los Mangos, Cañas	08-06-88	6	9	71
222	Descendencias de <i>E. grandis</i>	1		001	Finca Sábiga Araya, Tururrique, Alvarado	10-89	5	7	98
		2		001	Finca M. Chávez, Añero, Alvarado (BC ¹ -1)	11-89	1	20	96

* Repetición abandonada por alta mortalidad

1: Banco de conservación

2: Plantación semillera

3: Bóval semillero

4: Buerto semillero

5: Plantación piloto