

## RESULTADOS DE ENSAYOS DE PROCEDENCIAS Y FAMILIAS DE *Eucalyptus camaldulensis* EN AMÉRICA CENTRAL

John Fryer y Luis Ugalde A.

### Introducción

*E. camaldulensis* es la especie más plantada del género *Eucalyptus* en América Central. Ha demostrado ser una especie que se adapta bien a una gran variedad de sitios especialmente en la Costa Pacífica, en áreas con una estación seca de hasta 6 meses. Estas áreas debido a la presión demográfica y altas tasas de deforestación en las dos últimas décadas, son consideradas áreas críticas en cuanto a la disponibilidad de leña y de otros productos forestales.

Es una especie con gran potencial productivo especialmente para madera rolliza y productos de pequeñas dimensiones como postes para construcción, en la producción de varas y postes para la construcción de galeras y en hornos para el secado de tabaco, que realizan cooperativas y productores individuales en la Máquina, Guatemala; en cortinas rompevientos en León y Chinandega en Nicaragua; en sistemas agroforestales asociado con maíz y frijol en fincas de pequeños agricultores en El Salvador; en plantaciones energéticas a mayor escala, como la plantación de más de 3.000 ha en el Ingenio Victoria de Julio en Nicaragua para producción de leña en turnos cortos de 5 a 6 años y para cogeneración de energía eléctrica. Después del primer aprovechamiento permite el manejo posterior por rebrotes que normalmente tienden a ser muy vigorosos.

En un gran porcentaje de las plantaciones establecidas en América Central los árboles no presentan buena forma y persiste una alta variación genética. Además, en la mayoría de los casos no se conoce con exactitud la fuente del material genético utilizado en estas plantaciones. Sin embargo, algunas procedencias han mostrado ser consistentemente superiores que otras en ensayos en América Central (Ruiz y Salazar, 1991, y Gordon, 1994), y en otras zonas tropicales (Eldridge, 1993). De manera que existe un potencial para mejorar la productividad y la forma de los árboles en futuras plantaciones en la Región.

Debido a esta situación, el Proyecto MADELEÑA del CATIE, el cual se implementa en conjunto con las instituciones de investigación forestal de los países de la Región, y como parte de los ensayos de selección de especies y procedencias, decidió establecer ensayos con esta especie en diferentes países. El presente trabajo resume los avances de los resultados iniciales de crecimiento y producción para evaluar e identificar las mejores fuentes de material genético de *E. camaldulensis*, con el fin de fortalecer un programa de mejoramiento genético de esta especie en la Región.

### Materiales y métodos

Se analizaron 11 ensayos de procedencias, dos de estos ensayos incluyeron procedencias y familias. Los ensayos fueron establecidos en cinco países de América Central, 2 en Guatemala, 2 en Honduras, 2 en El Salvador, 1 en Costa Rica, y 4 en Panamá. El cuadro 1, muestra las características climáticas de los sitios donde se establecieron los ensayos. Se probaron 20 procedencias, 15 de Australia, 2 de Nicaragua, 1 de Panamá, 1 de Brasil, 1 de Zimbawe y una fuente de semilla traída vía Holanda (cuadros 2). En los dos experimentos que incluyeron familias se utilizaron 54 familias de polinización abierta (cuadro 2 y 4). Las fuentes de semilla de Australia fueron de la parte norte y zonas tropicales de los estados de Queensland, Northern Territory y el Oeste de Australia.

Las semillas fueron colectadas por el Australian Tree Seed Centre of the Division of Forestry (CSIRO) y enviadas al Banco Latinoamericano de Semillas Forestales (BLSF) del CATIE. La mayoría de la semilla fue enviada en lotes de grupos de árboles y en algunos casos se enviaron familias de árboles de polinización abierta. En ciertos casos colecciones de semilla de sitios diferentes en las mismas regiones de Australia y de América Central, se utilizaron en diferentes ensayos, teniendo la misma procedencia pero con diferente número de lote de semillas (BLSF).

Los espaciamientos utilizados variaron entre 2.0x2.0 m y 3.0x3.0 m y las edades entre 2.6 a 4.6 años. En todos los ensayos se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 4 a 12 tratamientos de procedencias y con 3 a 5 repeticiones. La unidad experimental fueron parcelas útiles de 5 a 25 árboles con una línea de árboles como borde. Con el objetivo de clasificar y comparar variabilidad entre procedencias y familias se hicieron análisis individuales y por grupo de experimentos en los casos que las procedencias fueron las mismas. La información analizada a nivel de promedios por parcela fue extraída del Sistema de Manejo de Información sobre Recursos Arbóreos (MIRA). Ugalde (1988), del Proyecto MADELEÑA del CATIE.

Las variables medidas fueron altura total, diámetro (DAP) y sobrevivencia. Para la estimación del volumen se utilizó el modelo desarrollado por Ugalde y Otárola (1981), para árboles de *E. camaldulensis* en plantaciones de Nicaragua.

## Resultados

La sobrevivencia y el crecimiento fueron aceptables en nueve de los sitios ensayados lo que permitió el análisis y la interpretación de las diferencias entre procedencias. En dos de los sitios en Panamá (PA052L y PA053L) el incremento medio anual en volumen fue menor de 3.0 m<sup>3</sup>/ha/año lo que no se consideró apropiado para determinar e interpretar diferencias entre tratamientos. El pobre crecimiento en estos sitios se atribuye, entre otros, a la falta de un buen control de malezas, y a que los sitios fueron áreas de pastoreo con suelos compactados. En los restantes 9 sitios en promedio, el incremento medio anual en volumen varió de 9 m<sup>3</sup> en Panamá hasta 40 m<sup>3</sup> en El Salvador. Los promedios por procedencias dentro de ensayos variaron de 6 hasta 44 m<sup>3</sup>/ha/año, mostrando alta variabilidad entre sitios y dentro de sitios.

Cuadro 1. Ubicación y datos climáticos de los sitios y ensayos de procedencias y familias de *Eucalyptus camaldulensis* en América Central.

País	Exp. (#)	Nombre del sitio	Altitud (msnm)	Zona de vida	PMA (mm)	TMA (°C)
GT	136L	La Máquina	100	bhST	1860	27,4
GT	160L	La Máquina	100	bsST	1870	27,4
HN	138L	Comayagua	570	bsPST	1035	24,6
HN	143L	I.N.F.O.P.	50	bhST	1373	26,0
SV	082L	Hda. La Carrera	75	bhST	1763	26,6
SV	095L	Tres Ceibas	470	bhST	1376	23,9
CR	173L	Nicoya	50	bhT	2176	27,1
PA	052L	Pese	60	bsT	1382	27,2
PA	053L	El Chiru	40	bsT	666	27,5
PA	100L	Sabana Grande	50	bsT	1162	26,6
PA	104L	Montijo		bhT	2630	26,0

PMA : precipitación media anual

Exp : experimento

TMA : temperatura media anual

CR : Costa Rica

GT : Guatemala

HN : Honduras

PA : Panamá

SV : El Salvador

Las procedencias fueron clasificadas dentro de cada ensayo con base en las variables incremento medio anual en volumen, altura total y sobrevivencia en porcentaje (cuadros 2 y 3). Como se puede observar en estos cuadros, se presentó un alto porcentaje de inconsistencia en la posición que ocuparon las procedencias entre ensayos, algunas procedencias cambiaron de posiciones de bajas a altas dependiendo de la variable analizada, sin embargo, un grupo de procedencias mantuvieron consistencia en la posición entre ensayos.

Los porcentajes de sobrevivencia fueron altos con un rango de 70 a 100%, a excepción de dos de los experimentos en Panamá, que fueron bajos, posiblemente debido a las razones mencionadas anteriormente. Para esta variable hubo poca consistencia en la posición que ocuparon las procedencias y diferencias significativas resultaron únicamente en los ensayos en Panamá.

En altura total resultó mayor consistencia en la posición que ocuparon las procedencias entre ensayos. Las procedencias que tuvieron mejor comportamiento fueron Wrothan Pk (WPA), Petford (PTA), Petford, León (LEN), y Gilbert R. (GRA), mientras que las procedencias más bajas en altura total fueron Tennant Ck (TRA), Katherine (KTA), Cockatoo Ck (CCA), Kimberly (KBA). Únicamente en dos de los ensayos hubo diferencias significativas dentro de las posiciones ocupadas por las procedencias (cuadro 4). Los incrementos medios anuales más altos en altura (IMA-ALT), fueron los de los sitios Tres Ceibas, en El Salvador con valores de hasta 5.0 m/año y en San Pedro Sula INFOP, Honduras con 4,5 m/año. Los sitios con crecimiento más bajo corresponden a Pesé, El Chirú, y Montijo en Panamá, con un rango de 1.0 a 2.0 m/año.

En incremento medio anual en volumen (IMA-VOL), que fue considerada la variable de mayor peso para la selección de las procedencias con mayor potencial, en general el patrón de comportamiento y ubicación del grupo de las mejores procedencias siguió la misma tendencia que en altura total, aunque con algunas diferencias en el orden de las procedencias, dentro de los niveles de baja, media y alta producción en volumen. Las procedencias con mayor productividad consistentemente fueron Wrothan Pk (WPA) y Petford-León (LEN), mientras que Petford (PTA) resultó alta en 4 experimentos pero quedó en lugares inferiores en dos de los ensayos. Similar fue el comportamiento de Katherine (KTA) que varió marcadamente entre alto y bajo. Las procedencias Cockatoo Ck (CCA) y Gilbert R (GRA) estuvieron consistentemente entre medio y bajo en todos los ensayos donde se probaron (cuadro 4). Las demás procedencias se mantuvieron en posiciones intermedias.

Los cambios más marcados en posición fueron en general, para la procedencia Petford. Diferentes fuentes de colección de semillas dentro de las regiones de Australia mostraron comportamientos muy diferentes. Esta misma tendencia ocurrió para un grupo pequeño de familias (4) y un grupo más grande (24), de las mismas áreas de recolección.

## **Discusión y conclusiones**

Los análisis mostraron marcadas diferencias en el comportamiento entre procedencias y también marcadas diferencias entre familias dentro de las mismas procedencias. Debido a que no existió una única procedencia que mostrara el mejor comportamiento en todos los ensayos, los resultados sugieren que para futuros programas de mejoramiento con esta especie se considere el grupo de las procedencias que consistentemente tuvieron mejor comportamiento en los diferentes ensayos. Así como, considerar en el programa de selección las mejores familias dentro de las mejores procedencias. En futuras evaluaciones de los ensayos es necesario evaluar variables morfológicas de los árboles

La procedencia Petford mostró alta producción y alta variación en el comportamiento entre muestras de semillas recolectadas en la misma área, lo que sugiere la necesidad de definir mejor las áreas de recolección dentro de una misma área geográfica.

Los resultados de este estudio coinciden con los encontrados en ensayos de especies y procedencias en El Valle de Comayagua, Honduras (Gordon, 1994), con precipitación promedio de 883 mm y de 5 a 6 meses secos, en donde la especie *E. camaldulensis* procedencia Petford de Australia fue una de las especies con mayor crecimiento. Estos resultados reflejan el potencial de esta especie para plantaciones en áreas secas y semisecas en la región centroamericana.

A pesar de que Petford es una de las procedencias más probadas en varios países tropicales y con resultados buenos en producción, los resultados preliminares de los ensayos analizados en este estudio muestran alta variación dentro de la procedencia, tal es el caso de León (LEN1 y LEN 2) considerada una población naturalizada o "raza local", lo que sugiere mayor investigación de las procedencias de *E. camaldulensis* para el establecimiento de huertos semilleros y para futuros programas de reforestación en América Central.

### Literatura citada

Eldridge, K., *et al.* 1993. *Eucalypt Domestication and Breeding*. Oxford Science Publications. Oxford University Press Inc., New York. 288 p.

Gordon, J. E. 1994. Resultados preliminares de un ensayo de especies y procedencias de *Eucalyptus* en el Valle de Comayagua. 18 p. COHDEFOR-ODA-ESNACIFOR. Serie Miscelanea de CONSEFORH, Número 20-2/93. Siguatepeque, Honduras. 18 p.

Ruiz, M. P. y Salazar R. 1991. Fuentes de germoplasma de *Eucalyptus camaldulensis* Denh promisorias para América Central. Silvoenergía No. 47. Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 4 p

Ugalde, A. L. y Otárola T. A. 1981. Tablas de volumen para *Eucalyptus camaldulensis* en Nicaragua. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 10 p.

Ugalde, A. L. 1988. The MIRA management information system for fuelwood and multi-purpose tree species research in tropical areas. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 86-102.

Cuadro 2 Fuentes de material genético utilizado en los ensayos de *Eucalyptus camaldulensis* en América Central.

Experi- mento	Código familia	Procedencia	Número de BLSF	Experi- mento	Código familia	Procedencia	Número de BLSF	
GT136L	LEN1	Petford (León, Nicaragua)	1565	SV095L	LEN1	Petford (León, Nicaragua)	1565	
	KTA	Katherine	1825		KBA	Kimberly	1829	
	PTA1	Petford	1826		PTA5	Petford	4010	
	WPA	Wrotham Pk	1827		DIA	Dimbulah	4012	
	GRA	Gilbert R	1828		DPA	Dpry	4013	
	KBA	Kimberly	1829		IIA	Inglewood	4014	
	VRA	Victoria R	1830		CR173L	LEN1	Petford (León, Nicaragua)	1565
	CCA	Cockatoo Ck	1831			KTA	Katherine	1825
	TRA	Tennant Ck	1832			PTA1	Petford	1826
	ORA	Ord R	1833			WPA	Wrotham Pk	1827
FRA	Fitzroy Cr	1834	GRA	Gilbert R		1828		
GT160L	LEN1	Petford (León, Nicaragua)	1565	KBA	Kimberly	1829		
	PTA2	Petford	2796	VRA	Victoria R	1830		
	KTA	Katherine	2831-2842	CCA	Cockatoo Ck	1831		
	FRA	Fitzroy Cr	2843-2853, 2855-2857	TRA	Tennant Ck	1832		
	PTA6	Petford	2858-2872	ORA	Ord R	1833		
	WPA	Wrotham	2873, 2876-2887	PA052L	MAN	Matagalpa	1202	
MN138L	LEN2	Petford (León, Nicaragua)	1403		ZIM	Zimbabwe	1220	
	LEN1	Petford (León, Nicaragua)	1565		LEN2	Petford (León, Nicaragua)	1403	
	GRA	Gilbert R	1828		LEN1	Petford (León, Nicaragua)	1565	
	TRA	Tennant Ck	1832		HOL	Holanda	1649	
	PTA2	Petford	2796		GUP	Guarare (Panamá)	2181	
	FEA	Ferguson R	4009		PA053L	MAN	Matagalpa	1202
	PTA3	Petford	4011	ZIM		Zimbabwe	1220	
	PTA4	Petford (Brasil)	4015	LEN2		Petford (León, Nicaragua)	1403	
MN143L	LEN1	Petford (León, Nicaragua)	1565	LEN1	Petford (León, Nicaragua)	1565		
	KTA	Katherine	2831-2835, 2837-2840, 2842	HOL	Holanda	1649		
	FRA	Fitzroy Cr	2843-2853, 2855	GUP	Guarare (Panamá)	2181		
	PTA6	Petford	2864, 2867, 2869, 2872	PA100L	TRA	Tennant Ck	1832	
	WPA	Wrotham	2876, 2880, 2881, 2883, 2884, 2886, 2887		ORA	Ord R	1833	
SV082L	LEN1	Petford (León, Nicaragua)	1565		FRA	Fitzroy Cr	1834	
	PTA1	Petford	1826	ASS	Australia	s/n		
	WPA	Wrotham Pk	1827	PA104L	TRA	Tennant Ck	1832	
	GRA	Gilbert R	1828		ORA	Ord R	1833	
	KBA	Kimberly	1829		FRA	Fitzroy Cr	1834	
	VRA	Victoria R	1830		ASS	Australia	s/n	
	CCA	Cockatoo Ck	1831		FRA	Fitzroy Cr	1834	
	TRA	Tennant Ck	1832	ASS		Australia	s/n	
	ORA	Ord R	1833					
	FRA	Fitzroy Cr	1834					

BLSF: número de lote del Banco Latinoamericano de Semillas Forestales del CATIE

s/n : sin número

Cuadro 3. Pruebas de rango múltiple Tukey para supervivencia, altura e incremento medio anual en volumen, para procedencias de *Eucalyptus camaldulensis* en América Central.

Experi- mento #	Edad (años)	Proce- dencia	Supervi- vencia (%)	Proce- dencia	Altura promedio (m)	Proce- dencia	IMA volumen (m <sup>3</sup> /ha)
GT136L	4,6	VRA	98;	WPA	12,4;	PTA1	18,2;
		PTA1	96;	LEN1	12,1;	LEN1	17,7;
		FRA	93;	PTA1	12,0;	VRA	17,5;
		GRA	93;	VRA	11,6;	WPA	16,1;
		KBA	93;	GRA	11,4;	GRA	14,3;
		KTA	93;	ORA	10,8;	KBA	13,0;
		CCA	91;	FRA	10,6;	FRA	12,6;
		ORA	91;	KBA	10,4;	ORA	12,4;
		LEN1	91;	KTA	9,7;	KTA	11,0;
		WPA	90;	CLA	9,6;	CCA	9,4;
TRA	84;	TRA	8,6;	TRA	7,2;		
GT160L *	2,7	KTA	95;	WPA	9,6;	KTA	16,7;
		WPA	93;	KTA	9,4;	WPA	15,2;
		FRA	92;	LEN1	9,0;	LEN1	12,7;
		PTA	86;	PTA	8,9;	FRA	11,5;
		LEN1	82;	FRA	8,7;	PTA	11,3;
HN138L	2,6	PTA3	100;	PTA4	9,4;	PTA4	13,3;
		PTA2	97;	PTA3	8,8;	PTA3	12,9;
		LEN2	95;	GRA	8,7;	LEN2	11,2;
		LEN1	95;	TRA	8,6;	TRA	11,1;
		TRA	93;	PTA2	8,3;	FEA	10,3;
		FEA	93;	FEA	8,3;	PTA2	9,7;
		PTA4	91;	LEN2	8,1;	LEN1	9,3;
		GRA	70;	LEN1	8,0;	GRA	9,1;
HN143L *	2,6	WPA	86;	WPA	11,7;	WPA	20,8;
		KTA	83;	PTA6	11,0;	LEN1	16,1;
		FRA	82;	LEN1	10,9;	KTA	14,6;
		LEN1	74;	FRA	10,5;	FRA	13,1;
		PTA6	68;	KTA	10,5;	PTA6	12,5;
SV0621	4,5	WPA	94;	WPA	15,6;	WPA	43,9;
		TRA	94;	FRA	14,5;	ORA	36,0;
		ORA	91;	GRA	14,2;	VRA	34,2;
		GRA	85;	VRA	14,1;	LEN1	33,4;
		KBA	84;	LEN1	13,4;	PTA1	32,7;
		PTA1	84;	PTA1	13,2;	FRA	30,4;
		ORA	83;	ORA	13,1;	GRA	28,8;
		VRA	81;	KBA	12,8;	KBA	28,3;
		CCA	78;	CCA	12,6;	CCA	24,8;
		LEN1	71;	TRA	9,3;	TRA	13,2;
SV0951	2,5	LEN1	100;	PTA5	13,2;	LEN1	42,3;
		KBA	100;	LEN1	13,1;	DIA	42,3;
		TRA	100;	DIA	12,8;	PTA5	40,1;
		DIA	95;	IIA	12,4;	IIA	39,5;
		ORA	95;	KBA	12,2;	ORA	38,2;
		PTA5	90;	ORA	11,4;	KBA	38,0;

Cuadro 3. Continuación...

Experi- mento #	Edad (años)	Proce- dencia	Supervi- vencia (%)	Proce- dencia	Altura promedio (m)	Proce- dencia	IMA volumen (m <sup>3</sup> /ha)
CR173L	3,5	VRA	79;	PTA1	12,3;	PTA1	14,1;
		WPA	77;	TRA	11,3;	KBA	13,3;
		TRA	77;	GRA	11,2;	TRA	12,9;
		LEN1	76;	ORA	11,0;	WPA	12,1;
		KTA	74;	KBA	10,9;	LEN1	11,3;
		KBA	68;	KTA	10,9;	KTA	10,6;
		ORA	68;	WPA	10,8;	ORA	9,7;
		PTA1	66;	LEN1	10,7;	CCA	9,6;
		CCA	66;	CCA	10,6;	VRA	8,9;
		GRA	53;	VRA	9,8;	GRA	8,8;
PX053L	3,1	LEN2	92;	LEN2	6,7;	LEN2	3,7;
		LEN1	87;	LEN1	6,5;	LEN1	3,6;
		MAN	79;	MAN	5,5;	HOL	1,7;
		GUP	62;	GUP	4,5;	MAN	1,4;
		HOL	62;	HOL	4,3;	GUP	0,8;
		ZIM	47;	ZIM	4,0;	ZIM	0,4;
PX053L	2,2	LEN2	88;	LEN2	5,0;	LEN2	2,2;
		MAN	80;	LEN1	4,1;	LEN1	0,7;
		LEN1	76;	MAN	4,0;	MAN	0,7;
		ZIM	64;	GUP	3,3;	ZIM	0,2;
		GUP	60;	ZIM	3,2;	GUP	0,2;
		HOL	54;	HOL	2,7;	HOL	0,1;
PA100L	3,5	URA	90;	FRA	11,6;	FRA	24,3;
		TRA	86;	ORA	10,6;	ORA	17,4;
		TRA	56;	ASS	8,8;	TRA	7,4;
		ASS	44;	TRA	8,5;	ASS	6,0;
PA104L	2,2	ASS	66;	ASS	3,2;	-	-
		FRA	54;	FRA	2,8;	-	-
		URA	49;	URA	2,6;	-	-
		TRA	34;	TRA	2,2;	-	-

IMA: incremento medio anual

\* ensayo de familias, ver detalle de lotes de semilla en el cuadro ? .

! : no hay diferencias significativas entre tratamientos al 5%.

Cuadro 4. Pruebas de rango múltiple Tukey para supervivencia, altura e incremento medio anual en volumen, para familias por procedencia de *Eucalyptus camaldulensis* en América Central.

Experi- mento #	Edad (años)	Proce- dencia	Familia #	Supervi- vencia (%)	Proce- dencia	Familia #	Altura promedio (m)	Proce- dencia	Familia #	IMA volumen (m <sup>3</sup> /ha)
GT160L	2,7	KTA	2834	100	FRA	2846	10,1	PTA	2872	15,2
			2835	100		2852	9,8		2863	15,1
			2836	100		2853	9,7		2861	14,3
			2840	100		2845	9,2		2867	13,8
			2842	100		2850	9,1		2859	13,3
			2837	97		2843	8,8		2870	12,2
			2838	97		2855	8,7		2864	12,0
			2832	95		2844	8,6		2858	11,5
			2841	95		2848	8,6		2862	11,0
			2833	91		2847	8,5		2871	10,9
			2831	90		2849	8,2		2860	9,2
			2839	82		2857	7,9		2866	9,0
						2856	7,8		2869	8,0
						2851	7,2		2865	6,5
									2868	6,3
			HN143L	2,6		FRA	2853		100	WPA
2848	100	2886			12,4		2886	24,5		
2852	94	2880			12,2		2880	24,4		
2844	88	2876			12,2		2876	22,4		
2843	85	2883			12,0		2887	21,6		
2847	85	2881			10,6		2884	16,7		
2849	80	2884			10,4		2881	10,4		
2851	77									
2845	77									
2850	68									
2846	65									
2855	65									

IMA: incremento medio anual

! : no hay diferencias significativas entre tratamientos al 5%.