

# RESULTADOS A LOS 4 AÑOS DE UN ENSAYO DE COMPORTAMIENTO DE ESPECIES ARBOREAS Y ARBUSTIVAS APTAS PARA LEÑA EN LA PROVINCIA DE MISIONES

(\*) Conrado M. VOLKART

(\*) Marta G. PARUSSINI de TRÜMPLE

(\*) Ramón A. FRIEDL

(\*\*) Miguel A. LÓPEZ

(\*\*) Beatriz EIBL de LÓPEZ

## RESUMEN

En la provincia de Misiones la leña tiene una larga tradición de uso como combustible por parte de diversos usuarios: población que la usa para satisfacer necesidades domésticas básicas, industrias de transformación de productos agrícolas, industrias forestales e industrias menores.

La cantidad de usuarios de leña ha experimentado un constante aumento, y simultáneamente se han presentado problemas de distinto tipo en su oferta: el principal, ocasionado por el acelerado grado de deforestación del bosque nativo, fuente tradicional de abastecimiento del combustible.

La creación de fuentes adicionales de leña a través de plantaciones forestales aparece en este contexto como una de las alternativas más expeditivas y de mayor interés. Con este pensamiento, se encara en el ISIF el Proyecto "LEÑA, PRODUCCIÓN Y TECNOLOGÍA", una de cuyas primeras acciones ha sido la identificación de especies aptas para tal fin.

Los datos de la presente contribución corresponden al primero de los ensayos, instalado en 1984 y concluido en 1988 en terrenos de la UNaM, en Eldorado. Este ensayo abarcó un total de 8 especies arbóreas y arbustivas exóticas (una de ellas con 3 cultivares distintos, y uno de éstos con 3 procedencias diferentes).

El ensayo se instaló en un suelo tipo Rodocrult, con pH 5,2 en agua y 4,3 en solución

de KCl. El clima es el cálido y húmedo característico de la provincia, con precipitaciones del orden de los 1750 mm anuales, que ocurren principalmente en otoño y primavera. La temperatura media anual es de unos 20° C, con medias de 25° C en enero, mes más cálido, y de 14° C en julio, mes más frío. En invierno ocurren heladas.

El mejor comportamiento a los 4 años correspondió a *Mimosa scabrella*, la "bracatinga" del Brasil, con los siguientes valores medios de los diversos parámetros considerados: altura total: 10,90 m; diámetro normal: 14,3 cm; "área basal acumulada por ejemplar": 250,7 cm<sup>2</sup>; área basal/ha: 62,7 m<sup>2</sup>; volumen sólido/ha: 343,7 m<sup>3</sup>; volumen estéreo/ha: 646,3 m<sup>3</sup>; peso total del material "oreado"/ha: 364 ton. Le siguen en ese orden: *Paraserianthes falcataria* (sin. *Albizia falcataria*), *Leucaena diversifolia* y *Acacia mangium*.

Se agrega un suscinto comentario sobre características botánicas, silviculturales y tecnológicas de estas especies, como así sobre sus usos.

(\*) Investigadores del Proyecto "Leña, Producción y Tecnología".

(\*\*) Investigadores Colaboradores.

ISIF (Instituto Subtropical de Investigaciones Forestales) Facultad de Ciencias Forestales de la UNaM (Universidad Nacional de Misiones). Km 3 (3382) Eldorado - Misiones - Argentina.

## RESULTS OF A TRIAL OF THE BEHAVIOUR OF SPECIES OF TREES AND SHRUBS APT FOR FIREWOOD, IN THE PROVINCE OF MISIONES

### SUMMARY

In the Province of Misiones, firewood has a long tradition of use as fuel by several users: people that employ it to satisfy basic domestic energy needs, transformation industries of agricultural products, forestry industries and minor industries.

Users of firewood have increased firmly in number; at the same time different problems arised in their offering, the most important being the accelerated depletion rate of the traditional source of fuel supply, the native forests.

The creation of complementary fuelwood sources through forest plantations appears as one of the most expeditive and interesting alternatives in this context. With this in mind, ISIF undertakes the "Firewood, Production and Technology" Project, in which one of the first actions was the identification of convenient species.

The present contribution data came from the first trial, started in 1984 and finished in 1988 in UNaM' lands in Eldorado. This trial included a total of eight exotic species of trees and shrubs (one with three varieties, and one of which with three different provenances).

The trial was laid out in a Rodocult soil, with pH 5.2 in water and 4.3 in KCl solution. The climate is that warm and wet typical of the Province, with annual rainfalls of about 1,750 mm occurring mainly in Autumn and Spring. Mean annual temperature is about 20° C, with mean values of 25° C in January, the warmest month, and 14° C in July, the coldest one. Frosts are present in Winter.

The best behaviour at age 4 was showed by *Mimosa scabrella*, the "bracatinga" from Brasil, with the following mean values for the different parameters considered: total height: 10.90 m; diameter at breast height: 14.3 cm; "accumulated basal area per tree": 250.7 cm<sup>2</sup>; basal area per hectare: 62.7 m<sup>2</sup>; solid volume per hectare: 343.7 m<sup>3</sup>; stere volume per hectare: 646.3 m<sup>3</sup>; "oreado" material total weight per hectare ("oreado" being material dried for

1 month in natural conditions): 364 tons. "Bracatinga" is followed, decreasingly, by *Paraserianthes falcataria* (sin. *Albizia falcataria*), *Leucaena diversifolia* and *Acacia mangium*.

Brief comments about botanical, silvicultural and technological characteristics of these species are added, and also about their uses.

### ANTECEDENTES (1)

En la provincia argentina de Misiones la leña tiene una larga tradición de uso como combustible por parte de diversos usuarios: a) población especialmente rural y suburbana, que la usa para satisfacer necesidades domésticas básicas, como preparación de alimentos y calefacción; b) industrias de transformación de productos agrícolas (secaderos de yerba mate, té, tabaco, etc.; fábricas de aceites, destilerías, enlatadoras, trapiches, molinos arroceros, ingenio azucarero); c) industrias forestales (laminadoras y fábricas de compensados, plantas celulósico-papeleras); d) industrias menores (fábricas de ladrillos y cerámica, panaderías).

La cantidad de usuarios de leña ha venido aumentando, no sólo por el crecimiento propio del sector de consumidores tradicionales, población incluida, sino además por el "retorno a la leña" de consumidores de otro tipo de energía, que recurren a la sustitución por problemas de diferente índole surgidos en el abastecimiento de la misma.

En forma simultánea al aumento de la demanda de leña, se han presentado también para este combustible, problemas de distinto tipo en lo que hace a su oferta; en primer lugar, una disminución debida al grado acelerado de deforestación experimentado por las masas boscosas nativas, fuentes tradicionales del combustible leñoso; al mismo tiempo, aumentos de precios y desabastecimientos localizados, ocasionados por las distancias cada vez mayores entre las fuentes remanentes y los centros de consumo; asimismo, falencias de los circuitos de distribución del combustible.

La creación de fuentes adicionales de leña a través de plantaciones forestales, surge en este contexto como una de las alternativas más expeditivas y de mayor interés. Con este pensamiento, se encara en el ISIF el Proyecto "Leña; Producción y Tecnología", una de cuyas

primeras acciones ha sido la identificación de especies arbóreas y arbustivas aptas para tal fin. Los datos de la presente contribución corresponden al primero de los ensayos, instalado en 1984 y concluido en 1988 en terrenos de la UNaM, en Eldorado.

### MATERIALES Y METODOS

El ensayo abarcó un total de ocho especies arbóreas y arbustivas exóticas, una de ellas con tres cultivares distintos, y de uno de estos con tres procedencias diferentes. Las especies y las procedencias de las semillas usadas para obtener las plantas son:

*Acacia mangium* Willdenow (Leg.-Mimosoideae), Malasia; *Acacia melanoxylon* R. Brown (Leg.-Mimosoideae), Sudáfrica; *Caesalpinia velutina* (B.&R.), Standley (Leg.-Cesalpinoideae), Guatemala; *Gleditsia triacanthos* L. f. *inermis* Schneid. (Leg.-Cesalpin.), Argentina (La Pampa); *Leucaena diversifolia* (Schlecht), Bentham (Leg.-Mimosoideae), Costa Rica; *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Leg.-Mimosoideae) Cultivar K-8, procedencia A Nicaragua; Cultivar K-8, procedencia B Costa Rica; Cultivar K-8, procedencia C Hawaiki; Cultivar K-29, Hawaiki; Cultivar K-67 Hawaiki; *Mimosa scabrella* Bentham (Leg.-Mimosoideae), Brasil (R. G. do Sul); *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen (Leg.-Mimosoideae), (sin. *Albizia falcataria* (L.) Fodberg, Filipinas.

La selección de estas especies se efectuó tomando en consideración las referencias sobre sus aptitudes y comportamiento en ambientes considerados en principio semejantes a los de Misiones (excepto para *Gleditsia triacanthos* f. *inermis*, que se incluyó a los efectos de comparar su performance local con la del centro-sur del país, donde se insinuaría como promisoría).

Con referencia a aptitudes, se atendió a las consideradas destacadas para el objetivo de plantaciones destinadas a la producción de leña: crecimiento rápido, rusticidad, facilidad de regeneración, resistencia a adversidades climáticas y ataques de plagas y enfermedades, características buenas de combustión de la madera. El clima del sitio del ensayo es el característico de las áreas bajas de la provincia, definido comúnmente como cálido y húme-

do, con precipitaciones del orden de los 1.750 mm anuales, distribuidas a lo largo del año pero con picos de mayor intensidad en otoño y primavera. La temperatura media anual es de unos 20° C, con medias de 25° C en enero, el mes más cálido, y de 14° C en julio, el mes más frío. Ocurren heladas y los veranos suelen ser críticos por el exceso de evapotranspiración. Se incluye diagrama climático correspondiente a la estación meteorológica local (Fig. 1)

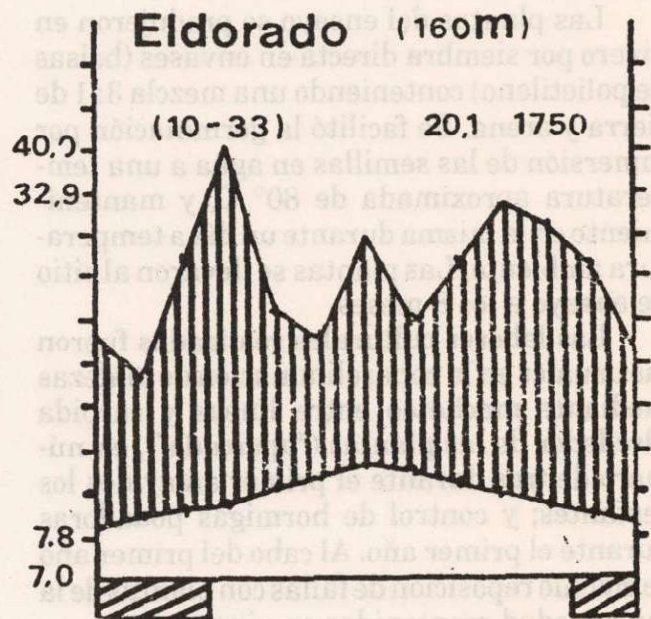


Figura 1

Diagrama climático (s/Walter) correspondiente a la estación meteorológica local (tomado de BARRETT, W. H. G. 1964. Programa de Plantaciones Experimentales de pinos en el nordeste argentino. IDIA Suplemento Forestal. pp. 23-24).

El suelo es de tipo Rodocruet, de origen basáltico, con pendiente suave y buenas condiciones de permeabilidad, profundidad y drenaje. Su capa superficial es de textura arcillosa, con un pH de 5,2 en agua y de 4,3 en solución de cloruro de potasio. La altitud es de unos 150 m s. n. m.

Al momento de instalar el ensayo, el terreno había dejado de usarse poco tiempo atrás para cultivo de maíz, el que sucedió durante varios años a uno de yerba mate (*Ilex paraguariensis*) de alrededor de treinta años de permanencia. La cobertura original fue el bosque nativo común en la zona.

El diseño estadístico adoptado en la instalación del ensayo fue el de bloques completos al azar, con tres repeticiones por tratamiento. Contratiempos experimentados en la etapa de producción de plantas en vivero determinaron que se limitase a tres la cantidad de las mismas por parcela. Se usaron parcelas rectangulares, y distanciamientos de 2 m entre plantas. Se planificaron mediciones semestrales y una rotación de 4 años, con corta total y evaluación de rendimiento al cabo de los mismos.

Las plantas del ensayo se produjeron en vivero por siembra directa en envases (bolsas de polietileno) conteniendo una mezcla 3: 1 de tierra y arena. Se facilitó la germinación por inmersión de las semillas en agua a una temperatura aproximada de 80° C, y mantenimiento en la misma durante un día a temperatura ambiente. Las plantas se llevaron al sitio de ensayo a los 8 meses.

Las labores culturales realizadas fueron las usuales en la zona; eliminación de malezas mediante macheteo entre líneas y carpida alrededor de las plantas ("aporcada"), en número de tres durante el primer año y dos los restantes; y control de hormigas podadoras durante el primer año. Al cabo del primer año se efectuó reposición de fallas con plantas de la misma edad mantenidas en vivero.

La evaluación de rendimientos al cabo de los cuatro años se efectuó considerando separadamente el material leñoso de cada parcela. Los fustes y ramas se cortaron en secciones de un metro de longitud hasta un diámetro mínimo de 3 centímetros, apilándose las secciones para la determinación del volumen estéreo. El material de diámetro entre 3 y 1 centímetro, reducido a secciones de longitud variable, de fácil manipuleo, se acondicionó en cada caso en pequeños montones.

Las pilas y montones se juntaron luego para la determinación del peso del material secado a la intemperie (oreado), luego de transcurrido un mes del corte. Se optó por este lapso de tiempo por ser el que en promedio es habitual en la zona para el retiro de la leña del lugar de su explotación y/o su empleo como combustible, y por el propósito relacionado de proporcionar indicadores de rendimiento de rápida comprensión por los potenciales interesados.

## RESULTADOS

El lento crecimiento inicial de *Gleditsia triacanthos* f. *inermis*, y las dificultades de adaptación al medio experimentadas por *Casalpinia velutina*, hicieron que los ejemplares que sobrevivieron de esta especie —sólo alrededor de un 45% en ambas— quedaran pronto dominados por los de las otras especies, sin posibilidades ya de un desarrollo adecuado. Por tales razones, se las ha descartado del análisis.

Para las demás entidades (que suman 10), se exponen en el Cuadro 1 los valores medios de sobrevivencia, altura total, diámetro normal, "área basal acumulada por ejemplar", cantidad de ejes y producción leñosa total y anual por hectárea, en área basal, volumen sólido y volumen estéreo.

Como altura total se consideró la del eje más alto, en los ejemplares con dos o más ejes, el diámetro normal es según lo usual el de la altura del pecho, correspondiendo a la media de los valores de los distintos ejes.

El "área basal acumulada por ejemplar" es la suma de las áreas basales de los distintos ejes en los ejemplares con dos o más de ellos, considerándose como la medida adecuada del área basal de cada ejemplar. En cuanto al volumen sólido es, en rigor, una estimación del mismo, proporcionada aplicando la fórmula  $V=AB.H/2$ . Se optó por esta estimación dadas las características del material —diversidad de ejes y dimensiones relativamente reducidas del material— que dificultaban y hacían poco confiable la determinación volumétrica directa.

En el Cuadro 2 se exponen los valores medios del peso del material leñoso oreado durante un mes, considerando la totalidad del mismo hasta 1 cm de diámetro y el de mayor grosor hasta 3 cm de diámetro, para el producido de los 4 años y el anual, en términos de toneladas por hectárea.

Los Cuadros 3 al 12 corresponden al análisis estadístico para los distintos parámetros analizados. El 3 ilustra sobre los valores del análisis de la variancia, el 4 muestra los valores críticos a los niveles del 5 y del 1% para los contrastes entre pares de medias, y los numerados del 5 al 12 exhiben el resultado de los contrastes según la prueba de Tukey.

CUADRO 1. Valores medios de sobrevivencia, altura total, diámetro normal, área basal acumulada por ejemplar, cantidad de ejes y producción leñosa total y anual por hectárea.

Cod.	ENTIDAD NOMBRE	Sobre- viv. %	Alt. tot. (H) m	DAP cm	ab acum/ ejem. cm <sup>2</sup>	Cant. Ejes	PRODUCCION LEÑOSA					
							AB m <sup>2</sup>	Vol.Est. m <sup>3</sup>	AB m <sup>2</sup>	Vol.Est. m <sup>3</sup>		
							TOTAL Vol.Sol. m <sup>3</sup> (1)		ANUAL (IMA) Vol.Sól. m <sup>3</sup> (1)			
A	<i>Acacia mangium</i>	78	7,9	9,5	105,0	1	19,1	74,2	149,5	4,8	18,6	37,4
B	<i>Acacia melanoxylon</i>	78	4,5	3,9	14,1	1	2,8	8,1	13,7	0,7	2,0	3,4
C	<i>Leucaena diversifolia</i>	67	11,0	10,0	84,1	1	14,1	79,1	197,1	3,5	19,8	49,3
	<i>Leucaena leucocephala</i>											
D	K-8 proc. Nicaragua	100	6,1	4,5	35,0	2	8,8	27,9	66,4	2,2	7,0	16,6
E	K-8 proc. Costa Rica	100	6,2	4,2	24,8	2	6,2	19,3	46,4	1,5	4,8	11,6
F	K-8 proc. Hawaii	100	6,8	4,6	38,7	2	9,7	33,1	73,8	2,4	8,3	18,4
G	K-29	100	5,7	3,6	28,8	3	7,2	20,6	48,6	1,8	5,1	12,1
H	K-67	100	5,9	4,3	37,3	2	9,3	27,6	58,0	2,3	6,9	14,5
I	<i>Mimosa scabrella</i>	100	10,9	14,3	250,7	2	62,7	343,7	646,3	15,7	86,0	161,6
J	<i>Paraserianthes falcataria</i>	100	9,4	12,1	238,4	2	59,6	285,0	645,5	14,9	71,2	161,4

(1) Estimación aplicando la fórmula:  $V = AB.H/2$ .

CUADRO 2. Valores medios del peso del material leñoso secado a la intemperie (oreado) durante un mes, luego del corte de los árboles.

ENTIDAD	PESO DEL MATERIAL OREADO (ton/ha)			
	TODAS LAS SECCIONES DE 3 CENTÍMETROS DE DIÁMETRO Y MÁS	TODAS LAS SECCIONES DE 3 CENTÍMETROS DE DIÁMETRO Y MÁS	TODAS LAS SECCIONES DE 3 CENTÍMETROS DE DIÁMETRO Y MÁS	TODAS LAS SECCIONES DE 3 CENTÍMETROS DE DIÁMETRO Y MÁS
	TOTAL	INCR. ANUAL	TOTAL	INCR. ANUAL
				% DE TODO EL MATERIAL
<i>Acacia mangium</i>	71,3	17,8	61,0	15,2
<i>Acacia melanoxylon</i>	6,7	1,7	6,2	1,5
<i>Leucaena diversifolia</i>	107,5	26,9	90,4	22,6
<i>Leucaena leucocephala</i>				
K-8 proc. Nicaragua	14,3	3,6	10,3	2,6
K-8 proc. Costa Rica	19,2	4,8	15,0	3,7
K-8 proc. Hawaii	31,5	7,9	23,4	5,8
K-29	19,7	4,9	14,6	3,6
K-67	32,6	8,1	24,9	6,2
<i>Mimosa scabrella</i>	364,0	91,0	318,4	79,6
<i>Paraserianthes Falcataria</i>	178,2	44,5	157,3	39,2

CUADRO 3. Análisis de la variancia para los valores medios de los distintos parámetros.

PARAMETRO		FUENTES DE VARIACION			
		BLOQUES	ENTIDADES	RESIDUAL	TOTAL
TODOS	GL	2	9	18	29
ALTURA TOTAL	S.C.	1,85	138,96	12,06	152,87
	C.M.	0,92	15,44	0,67	
	R.V.	1,37	23,04**		
DIAMETRO NORMAL	S.C.	4,65	428,09	70,03	502,55
	C.M.	2,32	47,57	3,89	
	R.V.	0,19	12,25**		
AREA BASAL ACUMULADA/ EJEMPLAR	S.C.	719,00	210.419,00	34.369,00	245.507,00
	C.M.	359,00	23.380,00	1.909,00	
	R.V.	0,19	12,25**		
AREA BASAL/ha	S.C.	50,00	13.273,00	1.933,00	15.256,00
	C.M.	25,00	1.475,00	107,00	
	R.V.	0,23	13,78**		
VOLUMEN SOLIDO/ha (1)	S.C.	2.650,00	390.582.-	65.672,00	458.904,00
	C.M.	1.325,00	43.398.-	3.648,00	
	R.V.	0,36	11,90**		
VOLUMEN ESTEREO/ha	S.C.	2.365,00	1.605.334,00	209.042,00	1.816.741,00
	C.M.	1.182,00	178.370,00	11.613,00	
	R.V.	0,10	15,36**		
PESO TOTAL DEL MATERIAL OREADO/ha	S.C.	1.097,00	337.619,00	54.184,00	392.900,00
	C.M.	548,00	37.513,00	3.010,00	
	R.V.	0,18	12,46**		
PESO DEL MATERIAL OREADO DE DIAM. 3 cm y más/ha	S.C.	858,00	263.163,00	40.940,00	304.961,00
	C.M.	429,00	29.240,00	2.285,00	
	R.V.	0,19	12,80**		

(Valores tabulares de F: 5% - 2,46 - 1% - 3,60)

(1) Sobre valores estimados por la aplicación de la fórmula  $V=AB.H/2$ .

CUADRO 4.- Valores de los distintos parámetros para prueba de Tukey.

PARAMETRO	Valor del cuadrado medio residual	Valor crítico	
		5%	1%
ALTURA TOTAL	0,67	2,4	2,9
DIÁMETRO	3,89	5,8	7,1
AREA BASAL ACUMULADA/ EJEMPLAR	1.909	127,9	156,4
AREA BASAL/ha	107	30,34	37,1
VOLUMEN SÓLIDO/ha (1)	3.648	176,8	216,2
VOLUMEN ESTÉREO/ha	11.613	315,4	385,7
PESO TOTAL DEL MATERIAL OREADO/ha	3.010	160,6	196,4
PESO DE MATERIAL OREADO DE DIÁMETRO 3 cm y más/ha	2.285	139,9	171,1

(1) Sobre valores estimados por la aplicación de la fórmula  $V=AB.H/2$



CUADRO 5.- Resultados de la prueba de Tukey para contrastes entre pares de valores medios de altura total.

ENTIDAD	B	G	H	D	E	F	A	J	I	C
B										
G	1,2									
H	1,4	0,2								
D	1,6	0,4	0,2							
E	1,7	0,5	0,3	0,1						
F	2,3	1,1	0,9	0,7	0,6					
A	3,4**	2,2	2,0	1,8	1,7	1,1				
J	4,9**	3,7**	3,5**	3,3**	3,2**	2,6*	1,5			
I	5,4**	5,2**	5,0**	4,8**	4,7**	4,1**	3,0**	1,5		
C	6,5**	5,3**	5,1**	4,9**	4,8**	4,2**	3,1**	1,6	0,1	

CUADRO 6.- Resultados de la prueba de Tukey para contrastes entre pares de valores medios de diámetro normal.

ENTIDAD	G	B	E	H	D	F	A	C	J	I
G										
B	0,3									
E	0,6	0,3								
H	0,7	0,4	0,1							
D	0,9	0,6	0,3	0,2						
F	1,0	0,7	0,4	0,3	0,1					
A	5,9*	5,6	5,3	5,2	5,0	4,9				
C	6,4*	6,1*	5,8*	5,7	5,5	5,4	0,5			
J	8,5**	8,2**	7,9**	7,8**	7,6**	7,5**	2,6	2,1		
I	10,7**	10,4**	10,1**	10,0**	9,8**	9,7**	4,8	4,3	2,2	

\* Significativo al nivel del 5 %

\*\* Significativo al nivel del 1%

CUADRO 7.- Resultados de la prueba de Tukey para contrastes entre pares de valores medios de área basal acumulada/ejemplar.

ENTIDAD	B	E	G	D	H	F	C	A	J	I
B										
E	10,7									
G	14,7	4,0								
D	20,9	10,2	6,2							
H	23,2	12,5	8,5	2,3						
F	24,6	13,9	9,9	3,7	1,4					
C	70,0	59,3	55,3	49,1	46,8	45,4				
A	90,9	80,2	76,2	70,0	67,7	66,3	20,9			
J	224,3**	213,6**	209,6**	203,4**	201,1**	199,7**	154,3*	133,4*		
I	236,6**	225,9**	221,9**	215,7**	213,4**	212,0**	166,6**	145,7*	12,3	

CUADRO 8.- Resultados de la prueba de Tukey para contrastes entre pares de valores medios de área basal/ha.

ENTIDAD	B	E	G	D	H	F	C	A	J	I
B										
E	3,4									
G	4,4	1,0								
D	6,0	2,6	1,6							
H	6,5	3,1	2,1	0,5						
F	6,9	3,5	2,5	0,9	0,4					
C	11,3	7,9	6,9	5,3	4,8	4,4				
A	16,3	12,9	11,9	10,3	9,8	9,4	5,0			
J	56,8**	53,4**	52,4**	50,8**	50,3**	49,9**	45,5**	40,5**		
I	59,9**	56,5**	55,5**	53,9**	53,4**	53,0**	49,6**	43,6**	3,1	

\* Significativo al nivel del 5 %

\*\* Significativo al nivel del 1%

CUADRO 9.- Resultados de la prueba de Tukey para contrastes entre pares de valores medios de volumen sólido/ha. (1)

ENTIDAD	B	E	G	H	D	F	A	C	J	I
B										
E	11,2									
G	12,5	1,3								
H	19,5	8,3	7,0							
D	19,8	8,6	7,3	0,3						
F	25,0	13,8	12,5	5,5	5,2					
A	66,1	54,9	53,6	46,6	46,3	41,1				
C	71,0	59,8	58,5	51,5	51,2	46,0	4,9			
J	276,9**	265,7**	264,4**	257,4**	257,1**	251,9**	210,8**	205,9		
I	335,6**	324,4**	323,1**	316,1**	315,8**	310,6**	269,5**	264,6**	58,7	

(1) Usando valores estimados por la aplicación de la fórmula  $V=AB.H/2$ .

CUADRO 10.- Resultados de la prueba de Tukey para contrastes entre pares de valores medios de volumen estéreo/ha.

ENTIDAD	B	E	G	H	D	F	A	C	J	I
B										
E	32,7									
G	34,9	2,2								
H	44,3	11,6	9,4							
D	52,7	20,0	17,8	8,4						
F	60,1	27,4	25,2	15,8	7,4					
A	135,8	103,1	100,9	91,5	83,1	75,7				
C	183,4	137,0	148,5	139,1	130,7	123,3	47,6			
J	631,8**	599,0**	596,9**	587,5**	579,1**	571,7**	496,0**	448,4**		
I	632,6**	599,9**	597,7**	588,3**	579,9**	572,5**	496,8**	449,2**	0,8	

\* Significativo al nivel del 5 %

\*\* Significativo al nivel del 1%

CUADRO 11.- Resultados de la prueba de Tukey para contrastes entre pares de valores medios de peso total del material oreado/ha.

ENTIDAD	B	D	E	G	F	H	A	C	J	I
B										
D	7,6									
E	12,5	4,9								
G	13,0	5,4	0,5							
F	24,8	17,2	12,3	11,8						
H	25,9	18,3	13,4	12,9	1,1					
A	64,6	57,0	52,1	51,6	39,8	38,7				
C	100,8	93,2	88,3	87,8	76,0	74,9	36,2			
J	171,5*	163,9*	159,0	158,5	146,7	145,6	106,9	70,7		
I	357,3**	349,7**	344,8**	344,3**	332,5**	331,4**	292,7**	256,5**	185,8*	

CUADRO 12.- Resultados de la prueba de Tukey para contrastes entre pares de valores medios de peso del material de diámetro 3 cm. y más/ha.

ENTIDAD	B	D	G	E	F	H	A	C	J	I
B										
D	4,1									
G	8,4	4,3								
E	8,8	4,7	0,4							
F	17,2	13,1	8,8	8,4						
H	18,7	14,6	10,3	9,9	1,5					
A	54,8	50,7	46,4	46,0	37,6	36,1				
C	84,2	80,1	75,8	75,4	67,0	65,5	29,4			
J	150,8*	146,7*	142,4*	142,0*	133,6	132,1	96,0	66,6		
I	312,2**	308,1**	303,8**	303,4**	295,0**	293,5**	257,4**	228,0**	161,4	

\* Significativo al nivel del 5 %

\*\* Significativo al nivel del 1%

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los datos del Cuadro 3 evidencian diferencias altamente significativas entre las 10 unidades para todos los parámetros considerados. La falta de significación de las diferencias entre bloques indica, adicionalmente, uniformidad en la calidad del sitio de ensayo.

Analizados los contrastes entre los valores medios de los distintos parámetros —Cuadros 5 al 12— se comprueba que las especies *Mimosa scabrella*, *Paraserianthes falcataria*, *Leucaena diversifolia* y *Acacia mangium* han sobrepasado con valores significativos al nivel del 5 % ó del 1% en todos los parámetros a las diversas entidades de *Leucaena leucocephala* y a *Acacia melanoxylon*.

*Mimosa scabrella* muestra con ellas diferencias significativas al nivel del 1% en altura total, contrastada con *Acacia mangium*, supera a la misma en valores significativos al nivel de las distintas fracciones del material oreado/ha, y significativas al nivel del 5 % en área basal acumulada/ejemplar. No existe entre las dos especies diferencia significativa de diámetro normal.

Contrastada la misma especie *Mimosa scabrella* con *Leucaena diversifolia*, supera a ésta en valores significativos al nivel del 1% en área basal acumulada/ejemplar, área basal/ha, volumen sólido y estéreo/ha y peso de las distintas fracciones de material oreado/ha. No existen entre las dos especies diferencias significativas de altura total ni de diámetro normal.

Contrastada finalmente *Mimosa scabrella* con *Paraserianthes falcataria*, se observa diferencia significativa sólo en lo tocante a peso de las distintas fracciones de material oreado/ha, que es superior en la primera a un nivel del 5 % de significancia.

*Paraserianthes falcataria* supera por su parte a *Leucaena diversifolia* y a *Acacia mangium* con valores significativos al nivel del 1 % en área basal/ha, y al nivel del 5 % en área basal acumulada/ejemplar. No existen diferencias significativas entre las tres especies en altura total, diámetro normal y peso de las distintas fracciones de material oreado/ha.

*Leucaena diversifolia* contrastada con *Acacia mangium* supera a ésta en altura total, con valores significativos al nivel del 1 %, no

existiendo diferencias significativas en los otros parámetros.

De todo ello se concluye que, bajo las condiciones del ensayo, y atendiendo a la producción de biomasa, el mejor comportamiento ha correspondido a *Mimosa scabrella* y a *Paraserianthes falcataria*. Considerando el mayor peso del material leñoso producido por *Mimosa scabrella*, es sin duda ésta la especie que ocupa el primer lugar.

Además, las observaciones efectuadas en el transcurso del ensayo han demostrado alta susceptibilidad a las heladas de *Paraserianthes falcataria* que en el último año, en que la temperatura mínima absoluta alcanzó los 5° C, ocasionando muerte de ejemplares. Para su empleo como combustible, esta especie tiene asimismo la desventaja de su bajo peso específico y pobre poder calorífico (240-290 kg/m<sup>3</sup> y 2.865-3.357 kcal/kg).

Con respecto a *Leucaena leucocephala*, especie sobre la que se tenían expectativas de mejor comportamiento, dados no sólo los antecedentes en diferentes sitios de condiciones climáticas semejantes sino inclusive en la zona, se considera que ha encontrado una serie limitante en el excesivo nivel de acidez del suelo (no demasiado generalizado en la misma por otra parte).

Diversas observaciones efectuadas con esta especie indican que ella no tolera una acidez elevada, a diferencia de varias líneas de *Leucaena diversifolia*, considerada como tolerante a tal condición. Los resultados del ensayo confirmarían ambas aseveraciones (de tratarse de alguna de las líneas tolerantes de *Leucaena diversifolia*). Cabe consignar que en el caso del presente ensayo la intolerancia de *Leucaena leucocephala*, surgió en el curso del segundo año: al finalizar el primero, fue la especie que exhibió mejor crecimiento.

Se consideran pertinentes dos comentarios finales; el primero es sobre las particulares condiciones climáticas existentes durante los cuatro años de duración del ensayo, reflejadas en el diagrama climático de la Figura 2, que difiere del de la Figura 1, correspondiente a un lapso convencional. No es descartable que tales particularidades hayan influido en los resultados del ensayo.

El otro comentario es sobre el turno de 4

años preestablecido. Un intento preliminar de representación gráfica de los incrementos anuales corriente y medio en base a los registros de las mediciones anuales mostró que, efectivamente, el turno técnico (cruzamiento de las curvas de ambos incrementos) se da tempranamente, aún antes de los 4 años. Habría que conciliar esta indicación con consideraciones de tipo económico, lo cual se ha diferido para otra oportunidad.

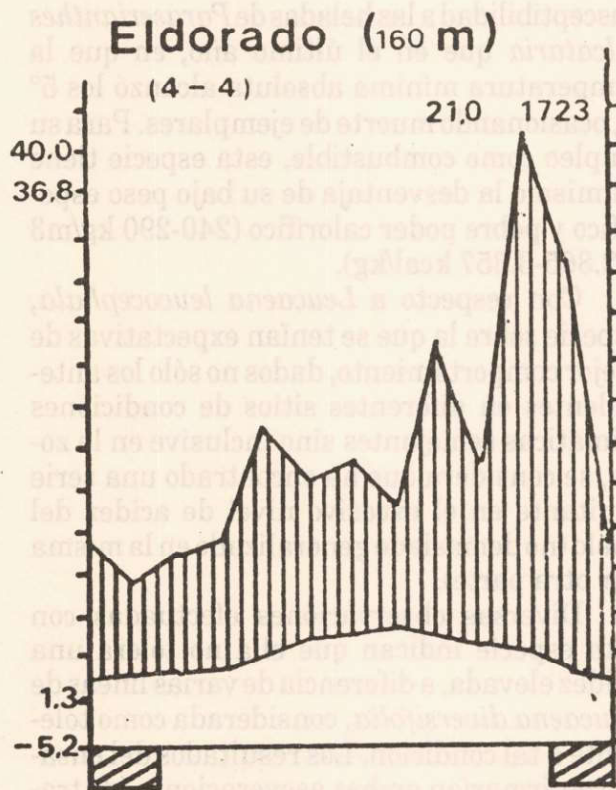


Figura 2

Diagrama climático (s/Walter) de la estación de Eldorado, correspondiente a los años 1985 a 1988.

## COMENTARIOS SOBRE LAS ESPECIES DE COMPORTAMIENTO DESTACADO

### *Mimosa scabrella* Benth (sin. *M. bracatinga* Hoehne)

Pertenece a la familia Leguminosae, subfamilia Mimosoideae (nombres comunes: *bracatinga*, *mimosa*).

Los árboles maduros pueden alcanzar hasta 20 m de altura y algo más de 50 cm de diámetro. Presenta un fuste por lo común recto, a veces dividido, y una copa amplia, extendida en condiciones naturales. Tiene pequeñas hojas compuestas bipinadas, con 3-9 pares de menudas pinas, flores amarillentas agrupadas en cabezuelas también pequeñas y vainas chicas y angostas, dehiscentes. Las semillas son pequeñas, entrando 65000/kg.

La especie es nativa del sudeste del Brasil, principalmente de los estados de Paraná y Santa Catarina, extendiéndose hacia el norte a São Paulo y hacia el sur a Río Grande do Sul. En su amplia zona de dispersión natural, crece entre los 500 y 1500 metros de altitud, sobre suelos en general ácidos. El clima es de templado a subtropical, con temperaturas medias anuales de 18° hasta 23° C y ocurrencia ocasional de heladas. Las precipitaciones anuales oscilan entre 1100 y 3500 mm, distribuyéndose a lo largo del año.

Se la ha introducido en varios países de América latina, en Africa y en Europa. En las plantaciones hechas ha exhibido en general crecimiento rápido y buen rendimiento leñoso. Aunque no rebrota de cepa, es fácil de establecer por plantación o siembra directa y es resistente a las heladas. No soporta en cambio períodos de prolongada sequía.

La madera con peso específico de 450-670 kg/m<sup>3</sup> y poder calorífico de 17420-18460 kJ/kg, proporciona una leña muy buena y un carbón de excelente calidad. En el Brasil se le dio preferencia en su momento como combustible de las locomotoras a vapor, y actualmente se la explota —en las formaciones nativas y en plantaciones— tanto como combustible leñosos en diversos usos, como para producir carbón con destino a la industria.

Los árboles se usan también para sombra de cultivos, en agrosilvicultura, como cercas

vivas, como melíferos y con fines ornamentales. Son útiles asimismo como enriquecedores del suelo en nitrógeno. La madera posee fibras de mediana longitud que proporcionan una pasta apta para la fabricación de papeles de imprenta y de escribir.

*Parasarianthes falcataria* (L.) Nielsen  
(sin. *Albizia falcataria* (L.) Fosberg, *Albizzia falcata* (L.) Backer, *A. moluccana* Miq.)

Pertenece a la familia Leguminosae, subfamilia Mimosoideae (nombres comunes: falcata, *Molucca albizzia*).

Los árboles maduros pueden sobrepasar los 30 m de altura y los 65 cm de diámetro. El fuste es por lo general recto, a veces dividido, y la copa relativamente rala y extendida en condiciones naturales. Las hojas son compuestas, bipinadas y sus flores blanco-cremosas de fragancia suave. Produce vainas de alas angostas.

La especie es nativa de Papúa Nueva Guinea, Indonesia (Islas Molucas, Nueva Guinea occidental) e Islas Salomón. En esta región tropical cálida y húmeda, crece por arriba de los 1000 m de altitud. Se la ha introducido en diversos lugares del sudeste asiático (Filipinas, Java) y de Micronesia (Islas Fiji y Samoa occidental), en la India y en Sri-Lanka. Es una de las que ha exhibido crecimiento más rápido en plantaciones y rebrota bien de cepa. Es en cambio, susceptible a las heladas, a períodos relativamente breves de sequía, a daños por vientos y a enfermedades criptogámicas.

Debido a sus bajos valores de peso específico y de poder calorífico (240-290 kg/m<sup>3</sup> y 2.865 - 3.357 kcal/kg, respectivamente), no proporciona una leña buena, aunque en algunos lugares se la emplee en razón del buen crecimiento y rendimiento de la especie. La madera es en cambio excelente para elaborar tableros de fibras y de partículas y láminas para almas de compensados, como así para pallets, cajonería, piezas de muebles y palillos de fósforos. La longitud y calidad de sus fibras, unidas a la baja densidad y relativa blancura, proporcionan pastas aptas para fabricar papel para diarios. Los árboles se usan también para sombra de cultivos.

*Leucaena diversifolia* (Schlecht.) Bentham  
(sin. *Acacia diversifolia* Schlecht; etc.)

Pertenece a la familia Leguminosae, subfamilia Mimosoideae (nombre común en México y Guatemala: guaje).

Los árboles maduros alcanzan alturas de hasta unos 15 m y diámetros de 20-30 cm. El fuste varía con el ecotipo, dándose ejes únicos o múltiples, y formas recta o torcida, con copas de aspecto variable. Tiene pequeñas hojas compuestas, alternas, paripinadas con 10-18 pares de pinas y hasta glándulas oblongas. (*L. leucocephala* las tiene bipinadas, con 4-9 pares de pinas y una glándula orbicular). Las flores pequeñas, reunidas en cabezuelas, son de color rosado-rojizo (blancas en *L. leucocephala*), y las vainas son pequeñas y dehiscentes. Entran unas 30000 - 40000 semillas/kg.

La especie es originaria del sur de México y de Guatemala, habiéndose extendido hasta El Salvador y Honduras. Se la encuentra naturalmente a altitudes variables entre el nivel del mar y los 1800 m, con temperaturas en consecuencia también variables y precipitaciones anuales de 500 - 2000 mm. Se la ha introducido en varios países de América latina, destacándose como especie de crecimiento rápido. Se adapta a diversos tipos de suelo, destacándose varias líneas que toleran la acidez.

Produce leña de muy buena calidad (poder calorífico 20000 kJ/kg), más dura y apreciada que la de *L. leucocephala*. Debido a su peso específico relativamente alto (650-750 kg/m<sup>3</sup>), la madera es apropiada para postes, construcciones rurales y cabos de herramientas.

Los árboles se emplean también como sombra de cultivos, en agrosilvicultura y en cercas vivas, siendo enriquecedores del suelo en nitrógeno y melíferos. El follaje sirve como forraje (siendo su contenido de mimosina, menor que el de *L. leucocephala*). Los frutos inmaduros son utilizados en su zona de origen como alimento humano.

*Acacia mangium* Willdenow  
(sin. *A. glaucescens* Sesu Kanehira & Hatusima, Non Willd.)

Pertenece a la familia Leguminosae, subfamilia Mimosoideae (nombre común: mangium).

Los árboles maduros llegan a 25-30 m de altura y alcanzan más de 60 cm de diámetro. El fuste es generalmente recto, pero puede presentarse ligeramente abultado en la base. Las hojas juveniles son semejantes a las de otras Mimosoideas como *Leucaena*, transformándose luego de algunas semanas de vida en filodios que alcanzan hasta 25 cm de longitud y 5 cm de ancho. Las flores pequeñas de color blanco y crema se agrupan en espigas de unos 10 cm de largo y las vainas lo hace en forma espiralada. Hay 80000 - 110000 semillas/kg.

La especie es nativa del nordeste de Australia (Queensland), Papúa Nueva Guinea, Indonesia (Java, Nueva Guinea occidental, Islas Molucas), donde se la encuentra por lo común a bajas altitudes, sobre distintos tipos de suelo, en áreas con precipitaciones anuales de 1500 - 3000 mm. Se la ha introducido en el

sudeste asiático (Malasia, Filipinas), otros países de Asia e islas del Pacífico (Bangladesh, Hawaii), Africa (Camerún) y América Latina, donde ha experimentado crecimientos relativamente rápidos y demostrado ser relativamente rústica. Tolerancia suelos pobres, pero es susceptible a las heladas.

La madera, con peso específico de 400 - 690 kg/m<sup>3</sup> y poder calorífico de 20000 - 20500 kJ/kg (4770 - 4900 kcal/kg), de buena leña y carbón. Es también apropiada para la elaboración de tableros de partículas, láminas y compensados, como así de pasta celulósica con propiedades similares a las de los eucaliptos comerciales. Además es apropiada para construcciones rurales. Los árboles se emplean también en cortinas rompevientos, en cercas y como ornamentales. El follaje puede usarse como forraje.

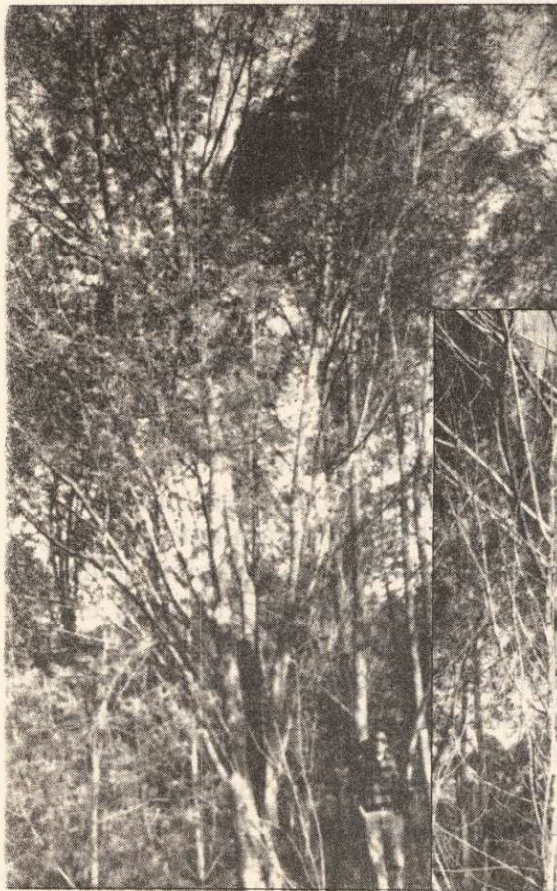


Figura 3  
Ejemplares de *Mimosa scabrella* 3 meses antes de su corte.

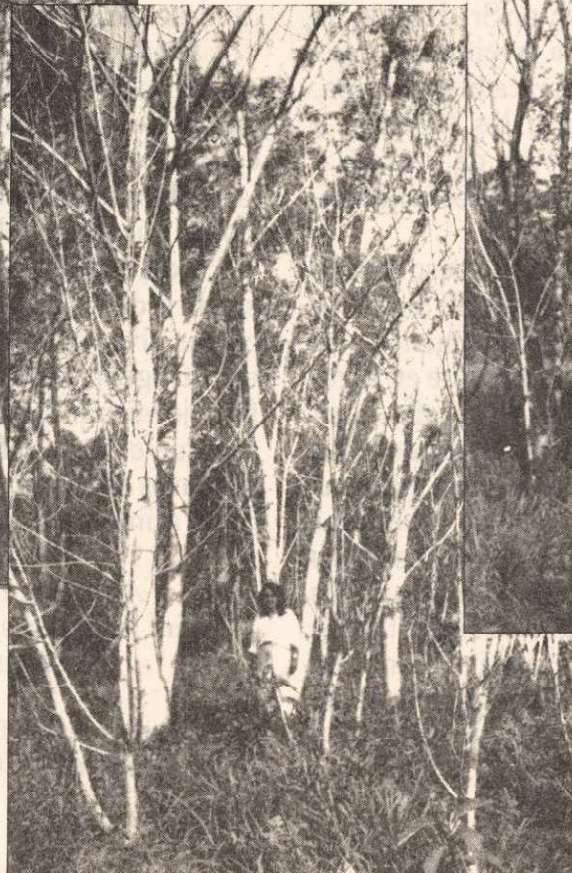


Figura 4  
Ejemplares de *Paraserianthes falcataria* 3 meses antes de su corte.



Figura 5  
Ejemplares de *Acacia mangium* 3 meses antes de su corte.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS A., J. J. y BAUER, J. A. 1985. *Mimosa scabrella*, leguminosa promisoría para zonas altas Turrialba, Costa Rica Silvoenergía No. 9. 4 p.

CATIE. 1986, Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central. Resultados de cinco años de investigación. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Informe Técnico No. 86. 228p.

EMBRAPA. 1981. IV Seminario sobre actualidades e perspectivas florestais. "Bracatinga, una alternativa para reforestamiento" (21-23/07/81). Curitiba, Brasil. Documentos URPFCS No. 5. 198 p.

LEWIS, G. P. 1988. Notes on NFT species nomenclature. Waimanalo, Hawaii, Nitrogen Fixing Tree Research Reports 6: pp.23.

NITROGEN FIXING TREE ASSOCIATION. 1987. *Acacia mangium*. A fast growing tree for the humid tropics. Waimanalo, Hawaii, NFTA. NFT Highlights 87 - 04 2 p.

NITROGEN FIXING TREE ASSOCIATION. 1988. *Mimosa scabrella*. The tree that fueled the railroads of Brazil. Waimanalo, Hawaii, NFTA, NFT Highlights. 88-01.2p.

PICADO, W. 1985. *Mimosa scabrella*; sobrevivencia y crecimiento inicial en San Ramón, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE., Silvoenergía No. 6. 4p.

SALAZAR, R. 1986. *Leucaena diversifolia* y *Leucaena leucocephala* en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE.. Silvoenergía No. 18. 4p.

TA-WEI, H. 1986. Pulp and paper uses of nitrogen fixing tree species. Taipei, Taiwan, NFTA Development Publications Series. 25 p.

U. S. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1980. Firewood crops: shrub and tree species for energy production. Washington. Nac. Acad. Press. 237 p.

U. S. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1983. Firewood crops: shrub and tree species for energy production. Vol. 2 Washington, Nac. Acad. Press. 92 p.

VOLKART, C. M. 1984, Cultivos energéticos. Relatorio. In: III Jornadas Técnicas sobre Bosques Implantados (Silvicultura) Eldorado, Misiones 03-05/10/84). Actas y Trabajos Técnicos. Tomo II. Eldorado, Misiones pp. 41-56.

VOLKART, C. M. y PARUSSINI de TRUMPLER, Marta G. 1989. Comportamiento de especies arbóreas y arbustivas productoras de leña a los 38 meses en Eldorado, Misiones. In.: VI Congreso Forestal Argentino (Santiago del Estero, 16-20/08/88). Actas. Tomo II. Santiago del Estero. PP. 362-363.

**Cabe mencionar que en la instalación, atención y mediciones del ensayo participaron los becarios y ex-becarios del Proyecto Leña: Srtas. Alicia Bobadilla e Inés Aguirre, Sres. Ramón Reuter, Jorge Guillén Bogado y Andrés Amarilla e Ings. Luis M. Castello y Mario J. Faszkeski; y alumnos de la Escuela Agrotécnica Eldorado, dependiente de la UNaM, que colaboró asimismo a través del personal de campo en la ejecución de labores culturales.**