



FUENTES PROMISORIAS DE GERMOPLASMA DE ACACIA MANGIUM WILLD., PARA AMERICA CENTRAL.¹

Conrado Parraguirre L^{1/2}
Rodolfo Salazar F.^{1/3}



1. Extracto de la tesis de Maestría del primer autor.
2. Investigador del INIFAP, Apartado Postal 182, Chetumal, Q. Roo., 77000 México.
3. Ph.D. Líder del Proyecto MADELEÑA, CATIE 7170, Turrialba, Costa Rica.

INTRODUCCION

El Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple (MADELEÑA), que desarrolla el CATIE en América Central, seleccionó como especie prioritaria a *Acacia mangium* Willd., por su buena adaptación a distintos ambientes de la Región (Oliva, 1990). Este trabajo resume los resultados de los ensayos de procedencias de esta especie que a partir de 1984, los Proyectos MADELEÑA y MEJORAMIENTO GENETICO FORESTAL del CATIE, establecieron en los diferentes países de América Central, para identificar las mejores fuentes de germoplasma.

MATERIALES Y METODOS

Los ensayos de procedencias fueron establecidos en Guatemala, Honduras, El Salvador, Costa Rica y Panamá. El estudio incluyó 24 procedencias, de las cuales 18 son de Queensland, Australia; tres de Papúa, Nueva Guinea; una de Indonesia y dos procedencias derivadas, una de Sabah, Malasia y la otra de Río Hato, Panamá. El Cuadro 1 muestra las principales características de los lugares de origen de procedencias estudiadas.

El diseño experimental empleado en todos los casos, fue de bloques completos al azar, con diferente número de tratamientos y repeticiones en cada sitio. El Cuadro 2 muestra el detalle de los diseños en cada uno de los ensayos analizados y algunas características de los sitios. En todos los casos, las plantas utilizadas fueron producidas en bolsas plásticas. La altura promedio de las plantas al establecimiento varió entre 25 y 30 cm.

Se analizaron las siguientes variables: supervivencia, altura total y altura de fuste limpio, diámetro a 1,3 m (dap), área basal, volumen, porcentaje de bifurcaciones y rectitud del fuste. Además, se hicieron observaciones sobre problemas fitosanitarios.

El volumen fue estimado mediante el modelo desarrollado por Oliva (1990), para América Central. La rectitud del fuste fue calificada utilizando la siguiente escala:

1. Arboles con una sección de fuste recto, de seis o más metros de largo, para obtener trozas útiles para elaborar chapas u otros productos.
2. Arboles similares a los de la categoría 1, sólo que la sección aprovechable es menor de 6 m pero de al menos 3m de largo.
3. Arboles que por sus deformaciones, sólo pueden ser empleados como postes para construcciones rurales.
4. Arboles que por sus deformaciones tan severas, sólo pueden ser empleados como material combustible.

Para realizar los análisis de varianza se empleó el procedimiento de cuadrados mínimos; en los casos de los experimentos balanceados, se realizaron pruebas de Duncan y en los casos de los experimentos no balanceados, las pruebas de comparación se efectuaron utilizando los promedios ajustados.

Dado que los ensayos tenían edades diferentes, los análisis entre sitios se realizaron utilizando los incrementos medios anuales en altura, diámetro y volumen.

Cuadro 1. Principales características de los sitios de origen de las procedencias de *Acacia mangium* Willd., evaluadas en América Central.

Siglas	Código de lote Lugar de procedencia	Promedio anual Localización CSIRO@	Altitud Latitud	Temp. Longitud	Precip. (msnm)	(°C)	(mm)	pH
PIRU	Pirú Ceram, Indonesia	13621	03°04'S	128°12'E	150	---	---	---
INNI	Innisfail Región, QLD./1	15268	17°30'S	146°00'E	20	23,7	3650	---
MOSS	7 km SSE of Mossman, QLD.	15362	16°31'S	145°24'E	60	25,1	1977	---
BOIT	Boite, PNG./2	15642	08°40'S	142°00'E	30	26,2	1848	---
ORIO	Oriomo River, PNG.*	15644	08°50'S	143°08'E	30	26,2	2084	---
		13460						
AYTO	Ayton Sawmill, QLD.	15678	15°54'S	145°21'E	15	25,5	2248	5,5
ELLE	Ellelberg Cardwell, QLD.*	15691	18°14'S	145°57'E	18	23,8	2041	5,5
		13240						5,5
LANN	Lanner Cost Ingha, QLD.	15693	18°37'S	145°54'E	170	24,1	1492	6,0
TOWN	66 km N of Townsville, QLD.	15694	18°57'S	146°17'E	20	24,0	1678	6,0
IRON	Iron Range, QLD.*	15677	12°43'S	143°14'E	40	26,0	1892	5,0-6,0
		13229						
BRUM	Brumas Sabah, Malasia/3	---	04°25'N	118°00'E	200	---	---	---
RIOH	Río Hato, Panamá/4	---	08°22'N	80°26'O	30	27,5	666	---
REXR	Rex Range Mossman, QLD.	12992	16°30'S	145°22'E	30	25,1	2128	---
COWL	Cowley Beach Road, QLD.	13232	17°41'S	146°05'E	05	23,8	3258	5,5
WALS	Walsh's Pyramid, QLD.	13233	17°06'S	145°48'E	20	24,3	2161	4,5-6,0
TRIN	Trinity Inlet, QLD.	13234	17°02'S	145°48'E	20	24,4	2162	5,0-5,5
MOUR	Mourliyan Bay, QLD.	13235	17°35'S	146°05'E	20	23,7	3243	5,5
KURR	Kurrimine, QLD.	13236	17°46'S	146°05'E	10	23,8	3277	---
ARIS	El Arish, QLD.	13237	17°50'S	146°01'E	20	23,7	3411	4,5
TULL	Tully Mission, QLD.	13238	17°56'S	146°02'E	70	23,8	2061	5,5
SYND	Syndicate Tully, QLD.	13239	17°55'S	145°52'E	50	23,7	3678	4,5
BROK	Broken Pole Creek, QLD.	13241	18°21'S	145°58'E	50	23,8	2061	5,5
ABER	Abergowrie SF, QLD.	13242	18°26'S	146°01'E	60	23,9	1951	5,0
MORE	Moreheat, PNG.	13459	08°45'S	141°18'E	30	26,2	1764	---

/1. Queensland /2. Papúa, Nueva Guinea.

/3. Procedencia derivada obtenida de un huerto semillero.

/4. Procedencia derivada; su origen es Queensland, aunque a Panamá fue traída de Malasia.

* Procedencias con dos números de lote, pero del mismo sitio.

@ Número de lote del Banco de Semillas Forestales del Commonwealth Scientific and Industrial Research Organizations de Australia.

Cuadro 2. Resumen de los ensayos de procedencias de *Acacia mangium* Willd., en América Central.

País	Sitio	Número de repet.	Espaciam. inicial (m x m)	Núm. de árboles/ parcela	Fecha de plantación	Num. de proceden. incluidas	Latit. (N)	Elev. (msnm)	Temp. (°C)	Precip. (mm)
Guatemala	La Máquina	4	2,0x2,0	36	0687	11	14°18'	50	27,4	1860
El Salvador	Santa Teresa	3	2,0x2,0	36	090788	4	13°48'	470	23,9	2408
Honduras	INFOP, S. P. Sula	5*	2,5x2,5	7L	071288	6	15°29'	50	26,0	1374
Costa Rica	Santa Clara	5**	3,0x3,0	36	071284	14	10°21'	170	25,7	4300
Panamá	Los Uveros	3	3,0x3,0	36	180887	8	8°30'	80	26,5	1487

* Sólo tres repeticiones tienen las seis procedencias incluidas.

** Dos procedencias no están en todas las repeticiones.

7L Parcelas de 7 plantas en línea.

RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 3 presenta los resultados de las pruebas de comparación de promedios y los análisis de varianza para cuatro sitios. El sitio de Panamá presentó un crecimiento muy pobre, por lo que en esta parte no se incluye y será discutido en uno de los análisis conjuntos.

En La Máquina, Guatemala, las diferencias fueron altamente significativas ($p < 0,01$) para altura total, diámetro y volumen. Entre las mejores procedencias están Iron Range, Oriomo River y Boite. Las diferencias entre la mejor procedencia y la de menor desarrollo fueron superiores al 100%, para la altura y el diámetro y alcanzaron más de 900% en cuanto al volumen (Cuadro 3).

En el ensayo de San Pedro Sula, Honduras, las diferencias fueron significativas ($p < 0,05$) sólo para el diámetro. Las diferencias entre la mejor procedencia y la de menor desarrollo, fueron de 16 y 32% para la altura y el diámetro respectivamente, mientras que para el volumen esta diferencia fue de 99%. Las mejores procedencias en este ensayo fueron Lanner Cost, Innisfail y Ellelberg (Cuadro 3).

En Santa Teresa, El Salvador, no hubo diferencias significativas entre procedencias para ninguna de las variables analizadas; sin embargo, la mejor procedencia en cuanto a volumen (Oriomo River), superó en 26% a la segunda mejor (Ellelberg) y en 58% a la de menor producción en volumen (Ayton Sawmill) (Cuadro 3). En este sitio, la especie presentó los mejores crecimientos. La mejor procedencia tuvo un incremento medio anual en volumen comparable a los reportados para Malasia (National Research Council, 1983).

Cuadro 3. Resultados de las pruebas de Duncan, para la comparación de promedios de altura total, diámetro y volumen, de los ensayos de procedencias de *Acacia mangium* Willd. en América Central.

La Máquina, Guatemala						INFOP, San Pedro Sula, Honduras						Santa Teresa, El Salvador			Santa Clara, Costa Rica						
Altura/144@		dap 44@		Volumen 44@		Altura 26@		dap 26@		Volumen 26@		Altura 32@	dap 32@	Volumen 32@	Altura 73@	dap 73@	Volumen 73@				
Proc	Prom	Proc	Prom	Proc	Prom	Proc	Prom	Proc	Prom	Proc	Prom	Prom	Prom	Prom	Prom	Proc	Prom	Proc	Prom		
ORIO	8,8	IRON	7,9	IRON	66,4	ELLE	6,6	LANN	7,7	LANN	19,1	ORIO	10,4	9,3	90,0	MORE	20,6	MORE	19,5	ABER	180,4
IRON	8,4	ORIO	7,7	ORIO	61,6	INNI	6,1	ELLE	7,5	INNI	18,3	ELLE	9,4	8,4	71,0	IRON	19,2	MOUR	18,0	BROK	173,8
BOIT	7,9	BOIT	7,7	BOIT	54,1	AYTO	6,0	INNI	7,3	ELLE	16,8	LANN	8,9	8,2	69,9	ORIO	19,1	ORIO	17,7	IRON	169,7
INNI	6,9	INNI	6,3	ELLE	39,8	LANN	6,0	MOSS	6,2	BRUM	13,4	AYTO	8,3	7,6	57,0	PIRU	18,7	IRON	17,5	MORE	169,2
ELLE	6,1	ELLE	6,0	INNI	35,3	MOSS	5,9	AYTO	6,1	MOSS	11,9					ABER	18,7	TULL	16,8	ORIO	161,8
LANN	5,6	LANN	5,6	LANN	24,9	BRUM	5,7	BRUM	5,8	AYTO	9,6					MOUR	17,9	ELLE	16,6	COWL	157,6
TOWN	5,3	TOWN	5,5	TOWN	24,6											COWL	17,5	PIRU	16,6	REXR	136,0
AYTO	4,7	MOSS	4,8	AYTO	14,0											REXR	17,5	ABER	16,1	TRIN	133,4
PIRU	4,5	AYTO	4,5	MOSS	11,1											SYND	17,3	TRIN	16,2	ELLE	131,9
MOSS	3,7	PIRU	3,8	PIRU	7,6											ELLE	17,3	SYND	16,0	TULL	107,4
BRUM	3,1	BRUM	3,8	BRUM	5,8											TRIN	17,1	COWL	16,0	SYND	100,3
																BROK	17,1	REXR	15,8	PIRU	88,2
																TULL	16,5	BROK	15,3	WALS	87,0
																WALS	14,3	WALS	13,8	MOUR	82,2
SIG	**	**	**	**	NS	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**	**	**	**	**	**	**
PROM	5,9	5,6	31,4	6,1	6,8	14,8	9,2	8,4	72,0	17,8	16,6	134,2									
DIF1	2,9	2,1	35,0	0,5	0,9	4,3	1,2	0,9	18,0	2,8	2,9	46,2									
%	49	36	111	8	14	29	13	11	25	16	18	34									
DIF2	5,7	4,1	60,6	0,9	1,8	9,5	2,1	1,7	33,0	6,3	5,7	98,2									
%	180	108	949	16	32	99	25	23	58	44	41	120									

@ Edad en meses.
 /1 Altura total en m, diámetro a 1,3 m de altura en cm y volumen en m³/ha.
 En el sitio de El Salvador, las procedencias conservan el mismo orden en todos los casos.
 SIG Diferencias entre procedencias, no significativas (NS), significativas (* P<0,05) o altamente significativas (** P<0,01).
 DIF1 Diferencia de la mejor procedencia con relación al promedio general.
 DIF2 Diferencia de la mejor procedencia en relación con la de menor desarrollo.
 Las líneas unen valores estadísticamente iguales (P<0,05).

En Santa Clara, Costa Rica, se presentaron diferencias altamente significativas (p<0,01) entre procedencias para altura, diámetro y volumen. Las mejores procedencias en cuanto a producción en volumen fueron Abergowrie, Broken Pole Creek, Iron Range, Moreheat y Oriomo River, todas ellas con incrementos medios anuales superiores a los 26 m³/ha (Cuadro 3). En este sitio, al igual que en el de Santa Teresa, *A. mangium* presentó buen crecimiento.

Para realizar los análisis conjuntos se formaron dos grupos con las procedencias comunes a cada sitio. El primero incluyó procedencias comunes en los sitios de Honduras, Guatemala y Panamá. Los análisis se realizaron con los incrementos medios anuales en altura a los 19 y 30 meses de edad.

Los resultados de los análisis de varianza del primer grupo, indican que la interacción entre el sitio y la procedencia sólo fue significativa a los 19 meses, debido al comportamiento de la procedencia de Brumas. Se observó que la mayor cantidad de variación está explicada por el efecto de los sitios (83% y 90% a los 19 y 30 meses, respectivamente), debido a que las condiciones ambientales de los sitios comparados son muy diferentes.

El mejor sitio de los incluidos en el análisis fue INFOP, San Pedro Sula, Honduras, que en promedio supera en 100% y 115 % a La Máquina, Guatemala y en 167% y 300 % a Los Uveros, Panamá a los 19 y 30 meses, respectivamente.

Debe destacarse que de las procedencias comparadas en este primer grupo, ninguna mostró un comportamiento sobresaliente en los tres sitios; por esta razón, no es posible sugerir ninguna a nivel regional, ya que su crecimiento es diferente en cada lugar.

En el segundo grupo, fueron incluidas cuatro procedencias establecidas en La Máquina, Guatemala y Santa Clara, Costa Rica. Para realizar el análisis de la información, se tomó en cuenta la medición realizada a los 44 meses, en Guatemala y la medición efectuada a los 38 meses en Costa Rica, empleando los incrementos medios anuales en altura, diámetro y volumen.

Los resultados de los análisis de varianza para este segundo grupo, indican que la interacción entre el sitio y la procedencia sólo fue significativa para el dap; esto se debió al comportamiento de la procedencia de Perú Ceram, que en Guatemala ocupó el último lugar, mientras que en Costa Rica ocupó el tercer lugar. Se observó que la mayor cantidad de variación en altura y diámetro está explicada por el efecto de los sitios con 71% y 87 %, respectivamente. En volumen, la mayor proporción de la variación se debe a las procedencias (40%).

Dado que la mayor proporción de la variación está explicada por las características de los sitios, se realizó una prueba de comparación de promedios ajustados entre sitios. El resultado mostró que el mejor sitio fue Santa Clara, Costa Rica, que supera al sitio La Máquina, Guatemala, en 68, 123 y 61 % en altura, diámetro y volumen, respectivamente (Cuadro 4). Este resultado deberá ser tomado con cautela, debido a que la interacción sitio-procedencia fue significativa para el incremento en diámetro, debido al comportamiento de la procedencia de Perú Ceram.

Cuadro 4. Resultados de las pruebas de comparación de promedios ajustados, para los incrementos medios anuales en altura, diámetro y volumen de *Acacia mangium* Willd., en dos sitios de América Central.

SITIOS	INCREMENTOS MEDIOS ANUALES		
	Altura (m) PROM	dap (cm) PROM	Volumen (m ³ /ha) PROM
SANTA CLARA, CR.	3,2 a	3,8 a	19,3 a
LA MAQUINA, GT.	1,9 b	1,7 b	12,0 b
Diferencia (%)	1,2 68	2,1 123	7,3 61

Las letras indican diferencias significativas (P<0,05).

JEFATURA Rodolfo Salazar, Ph.D. Douglas Acosta, Sr. Fabian Salas, Lic.	Líder Regional Administración Asistente Técnico	SOCIOECONOMÍA Manuel Gómez, M.Sc.	Economista Asistente	PAISES GUATEMALA Carlos Figueroa, M.Sc.	Coordinador Nacional	COSTA RICA Carlos Navarro, M.Sc. Coordinador Nacional
SILVICULTURA William Vásquez, M.Sc. Luis Ugalde, Ph.D.	Silvicultura Manejo de Información	EXTENSION Carlos Rivas, M.Sc. Eli Rodríguez, Lic. Ana Loaiza, Bch. Javier Vincenti	Extensionista Principal Editor Diseño Gráfico Audiovisuales	HONDURAS Rolando Ordóñez, Das.	Coordinador Nacional	PANAMA Blas Morán, Ing. Coordinador Nacional
				EL SALVADOR Modesto Juárez, M.Sc.	Coordinador Nacional	NICARAGUA Humberto Bejarano, Lic. Coordinador Nacional

**/

Madleña 3 es el componente de disseminación del cultivo de árboles de uso múltiple, del Proyecto RENARM/CATIE, en América Central y Panamá. Es financiado por AID/ROCAP y ejecutado por INRENARE de Panamá, DGF de Costa Rica, COHDEFOR de Honduras, CENTA de El Salvador, DIGEBOS de Guatemala, IRENA de Nicaragua, con la coordinación regional del CATIE.

En general, el comportamiento de las procedencias es similar, excepto para la procedencia de Pirú Ceram, con mejores incrementos logrados en Costa Rica. Tomando en cuenta lo anterior y considerando que las procedencias de Iron Range y Oriomo River han estado entre las mejores para otros sitios analizados en este trabajo (Los Uveros, Panamá y Santa Teresa, El Salvador), así como en otros ensayos de procedencias en China (Jeng-Der, et. al., 1990) y Costa de Marfil (Souvannavong, 1990), pueden ser recomendadas como fuentes de semilla a nivel regional. Sin embargo, dada la edad de las pruebas debe considerarse que estos resultados son preliminares.

Los resultados de los análisis de los dos grupos de procedencias, indican claramente que en general las procedencias tienen un mejor comportamiento en los mejores sitios. En el primer grupo se observó claramente que el mejor sitio de los tres (INFOP, Honduras), es el que tiene un número menor de meses secos (5), comparado con seis que tienen los otros dos sitios. Asimismo, en INFOP, Honduras, el pH del suelo es ácido (5,6), a diferencia del suelo de La Máquina, Guatemala, que es neutro (6,8-7,1), lo que ayuda también a explicar el comportamiento de las procedencias, ya que *A. mangium* es una especie que se desarrolla mejor en suelos ácidos.

El análisis del segundo grupo de procedencias, muestra un mejor comportamiento de las mismas con el aumento de la precipitación (1860 mm en La Máquina y 4300 mm en Santa Clara). El pH del suelo de Santa Clara es ligeramente ácido, mientras que en La Máquina, es neutro. Este cambio del pH contribuye a explicar el mejor desarrollo de las procedencias en Santa Clara.

En general, se observó que todas las procedencias presentan árboles de mala forma, ya que las que tienen mejores fustes sólo pueden producir trozas de pequeñas dimensiones (3 m de largo); además, todas las procedencias presentan una alta proporción de árboles bifurcados por debajo de los 6 m de altura. Por esta razón, una tarea fundamental en un programa de mejoramiento, será realizar una buena selección para mejorar la forma de los fustes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En general, las procedencias con mejor desarrollo fueron Oriomo River de Papúa, Nueva Guinea e Iron Range/Claudie River de Queensland, Australia, aunque éstas no fueron plantadas en todos los sitios.

La procedencia de Iron Range/Claudie River fue la mejor en La Máquina, Guatemala y en Los Uveros, Panamá; además, estuvo entre las mejores en Santa Clara, Costa Rica, mientras que la procedencia de Oriomo River fue la mejor en Santa Teresa, El Salvador y estuvo entre las mejores en La Máquina, Guatemala y en Santa Clara, Costa Rica.

Los mejores rendimientos en volumen de *A. mangium*, se registraron en Santa Teresa, El Salvador, donde se alcanzó un incremento de 27 m³/ha/año, y en Santa Clara, Costa Rica con un incremento de 22 m³/ha/año. El sitio donde se presentó el crecimiento más pobre fue en Los Uveros, Panamá, con incrementos medios anuales en altura no superiores a 1,0 m, quizás debido a la poca profundidad y a la textura del suelo.

En ningún ensayo se presentaron problemas fitosanitarios fuertes; únicamente en el ensayo de Santa Clara, Costa Rica, se presentó un ataque de hormigas arrietas (*Atta spp.*), pero los daños ocasionados no fueron importantes.

Finalmente, es importante señalar que los resultados de este trabajo, indican que la especie crece muy bien en sitios con precipitación mayor a los 2000 mm anuales (sitios Santa Teresa, El Salvador y Santa Clara, Costa Rica) y que además, presenten suelos ácidos. Esta afirmación coincide con lo reportado para otros sitios de Malasia (National Research Council, 1983).

Los sitios La Máquina, Guatemala e INFOP, San Pedro Sula, Honduras, presentaron un rendimiento intermedio (incrementos medios anuales en volumen de 8,6 y 6,8 m³/ha, respectivamente).

Se observó que las procedencias, en general, tienen un mejor crecimiento en sitios con precipitación superior a 2000 mm anuales y suelos de pH ácido. Por tal motivo, las recomendaciones para el establecimiento de plantaciones con esta especie, deben limitarse a sitios que cumplan con estas características.

La interacción genotipo/ambiente, fue significativa para el incremento en diámetro entre los sitios La Máquina, Guatemala y Santa Clara, Costa Rica; no así entre los sitios La Máquina, Guatemala; INFOP, San Pedro Sula, Honduras y Los Uveros, Panamá, para el incremento en altura. Esto indica que es posible utilizar, a nivel regional, la o las procedencias superiores como Oriomo River y Claudie River/Iron Range, que han destacado en este trabajo y en otros similares; con ellas, se deberán establecer ensayos de progenies y áreas productoras de semillas, para satisfacer la demanda regional con semilla de mejor calidad.

LITERATURA CITADA

- JENG-DER, C.; YEN-RAY H.; TIEN-YUANG, C.; JEN-CHUAN, Y. 1990. Provenance variation of tree height, dbh and volume in *Acacia mangium* of young ages. Q. Jour. Chin. For. (China) 23(1):77-86.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (EE.UU). 1983. Mangium and other Acacias for the humid tropics. Washington, D. C., National Academy Press. 62 p.
- OLIVA H., E. 1990. Comportamiento en plantaciones de mangium (*Acacia mangium* Willd.) y aripín (*Caesalpinia velutina* (B y R) Standl.) en América Central. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C. R., CATIE. 117 p.
- SOUVANNAVONG, O. 1990. Rechercher sur *Acacia mangium* Willd. espece de plantation d'avenir, en zones tropicales humides d'Afrique Central et Occidentale. In Congreso Mundial de IUFRO (14., 1990, Montreal, Can.) Actas Montreal, Can., IUFRO. sp.

SILVOENERGIA No.50, Enero de 1992, CATIE 7170, Turrialba, Costa Rica. Edición; / Eli Rodríguez / Diseño y Montaje: Ana Loaiza / Levantado de Texto: Lisbeth Alfaro / Este trabajo fue escrito por: C.Parraguire/R.Salazar/ Revisores: Luis Ugalde y William Vásquez / Publicación patrocinada por el Proyecto RENARM/MADELEÑA 3. Disseminación del Cultivo de Árboles de Uso Múltiple / CATIE/ROCAP 596-0150. / Edición de 1500 ejemplares.