

CATIE
ST
IT-291

CATIE

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza



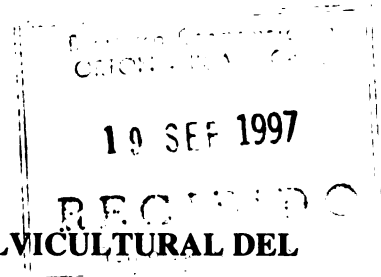
Editor: Luis A. Ugalde Arias

**RESULTADOS DE 10 AÑOS DE
INVESTIGACION SILVICULTURAL DEL
PROYECTO MADELEÑA EN EL SALVADOR**

C639



Serie Técnica
Informe Técnico No. 291



**RESULTADOS DE 10 AÑOS DE INVESTIGACION SILVICULTURAL DEL
PROYECTO MADELEÑA EN
EL SALVADOR**

Editor:
Luis A. Ugalde Arias

Redactores:
Héctor A. Díaz Rivera
Carlos M. García Quintanilla
Juan A. Salinas Gutiérrez
José M. Valle Campos
José L. Guillén Henríquez

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
(CATIE)**

**DIRECCION GENERAL DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
(DGRNR)**

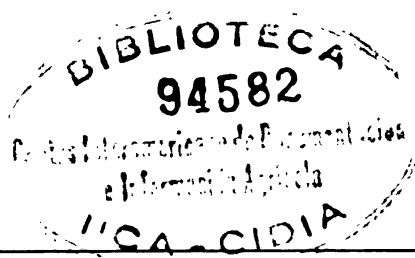
Turrialba, Costa Rica, 1997

CATIE
ST
IT-291

El CATIE es una asociación civil, sin fines de lucro, autónoma, de carácter internacional, cuya misión es mejorar el bienestar de la humanidad, aplicando la investigación científica y la enseñanza de postgrado al desarrollo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. El Centro está integrado por miembros regulares y miembros adherentes. Entre los miembros regulares se encuentran: Belice, Costa Rica, Colombia, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, República Dominicana, Venezuela y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

MADELEÑA fue un proyecto de investigación, capacitación y diseminación del cultivo de árboles de uso múltiple en América Central y Panamá. Fue financiado por AID/ROCAP y ejecutado a nivel regional por INRENARE de Panamá, DGF de Costa Rica, COHDEFOR de Honduras, CENREN de El Salvador y DIGEBOS de Guatemala, con la coordinación regional del CATIE.

© 1997, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica.



634.95097284

R436 Resultados de 10 años de investigación silvicultural del Proyecto MADELEÑA en El Salvador / redactores : Héctor A. Díaz Rivera ... [et al.] ; ed. : Luis A. Ugalde Arias. -- Turrialba, C. R. : CATIE : Dirección General de Recursos Naturales Renovables, 1997.
189 p. ; 27 cm. -- (Serie técnica. Informe técnico / CATIE ; no. 291)

ISBN 9977-57-278-X

1. Silvicultura - Investigación - El Salvador 2. Proyecto MADELEÑA - Investigación - El Salvador I. Díaz Rivera, Héctor A. II. Ugalde Arias, Luis A., ed. III. CATIE IV. El Salvador. Dirección General de Recursos Naturales Renovables V. Título VI. Serie

CONTENIDO

	Página
Presentación	vii
Agradecimiento	viii
INTRODUCCION	1
Antecedentes.....	1
Situación forestal de El Salvador.....	1
Objetivos.....	2
Selección de sitios para la investigación	3
Ensayos y parcelas establecidos.....	3
Especies ensayadas.....	4
Análisis de la información.....	4
Bibliografía.....	5
ESPECIES PRINCIPALES	7
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	7
Descripción botánica y ecológica.....	7
Requerimientos ambientales.....	8
Características y usos de la especie.....	8
Silvicultura.....	9
Sitios y experimentos analizados.....	11
Resultados de crecimiento.....	12
Experimentos analizados.....	14
Resultados y discusión.....	18
Conclusiones y recomendaciones.....	21
Bibliografía.....	22
<i>Leucaena leucocephala</i>	25
Descripción botánica y ecológica.....	25
Requerimientos ambientales.....	25
Características y usos de la especie.....	26
Silvicultura.....	28
Sitios y experimentos analizados.....	31
Resultados de crecimiento.....	32
Conclusiones	37
Recomendaciones.....	37
Bibliografía.....	38
<i>Cassia siamea</i>	41
Descripción botánica y ecológica.....	41
Requerimientos ambientales.....	41
Características y usos	42
Silvicultura.....	43
Sitios y experimentos analizados.....	44
Resultados y discusión.....	48
Conclusiones.....	51
Recomendaciones.....	51
Bibliografía.....	52

<i>Gliricidia sepium</i>	55
Descripción botánica y ecológica.....	55
Requerimientos ambientales.....	55
Características y usos de la especie.....	56
Silvicultura.....	57
Sitios y experimentos analizados.....	58
Resultados de crecimiento.....	59
Conclusiones y recomendaciones.....	67
Bibliografía.....	68
<i>Gmelina arborea</i>	71
Descripción botánica y ecológica.....	71
Requerimientos ambientales.....	72
Características y usos de la especie.....	73
Silvicultura.....	74
Sitios y experimentos analizados.....	77
Resultados de crecimiento.....	78
Conclusiones	83
Recomendaciones.....	83
Bibliografía.....	84
<i>Tectona grandis</i>	87
Descripción botánica y ecológica.....	87
Requerimientos ambientales.....	88
Características y usos de la especie.....	89
Silvicultura.....	89
Sitios y experimentos analizados.....	90
Resultados de crecimiento.....	92
Conclusiones y recomendaciones.....	101
Bibliografía.....	101
<i>Acacia mangium</i>	105
Descripción botánica y ecológica.....	105
Requerimientos ambientales.....	106
Características y usos de la especie.....	107
Silvicultura.....	107
Resultados de crecimiento.....	108
Resultados y discusión	112
Conclusiones.....	114
Bibliografía.....	116
<i>Eucalyptus saligna</i>	119
Descripción botánica y ecológica.....	119
Requerimientos ambientales.....	121
Características y usos de la especie.....	122
Silvicultura.....	123
Sitios y experimento analizados	125
Resultados de crecimiento.....	129
Conclusiones	131

Bibliografía.....	131
<i>Eucalyptus tereticornis</i>	135
Descripción botánica y ecológica.....	135
Requerimientos ambientales.....	135
Características y usos de la especie.....	136
Silvicultura.....	137
Sitios y experimentos analizados.....	138
Resultados de crecimiento.....	140
Conclusiones	142
Recomendaciones.....	142
Bibliografía.....	142
<i>Azadirachta indica</i>	145
Descripción botánica y ecológica.....	145
Requerimientos ambientales.....	145
Características y usos de la especie.....	146
Silvicultura.....	147
Sitios y experimentos analizados.....	148
Resultados de crecimiento.....	149
Conclusiones y recomendaciones.....	152
Bibliografía.....	152
<i>Melia azedarach</i>	155
Descripción botánica y ecológica.....	155
Requerimientos ambientales.....	155
Características y usos de la especie.....	156
Silvicultura.....	157
Sitios y experimentos analizados.....	157
Resultados de crecimiento.....	158
Conclusiones y recomendaciones.....	163
Bibliografía.....	163
OTRAS INVESTIGACIONES SILVICULTURALES	167
Productividad de plantaciones forestales en El Salvador	167
Conclusiones y recomendaciones.....	176
Resúmenes de tesis relacionadas con el quehacer forestal en El Salvador.....	179

PRESENTACION

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza en conjunto con las instituciones forestales y de recursos naturales de los países de América Central, y con el apoyo financiero de la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID), implementó entre los años 1980 y 1995 el proyecto conocido como LEÑA y luego como MADELEÑA.

Durante este período se trabajó ampliamente en la investigación silvicultural de especies de rápido crecimiento y su adaptación a diferentes ecosistemas, donde fueron establecidos a lo largo de la región. Se conoció el comportamiento inicial, las posibilidades de adopción masiva de su cultivo, la satisfacción de múltiples necesidades de productos forestales a nivel rural y los aspectos socio-económicos claves para propiciar la cultura de plantaciones en el istmo.

Este documento presenta un resumen de los resultados más sobresalientes de las investigaciones realizadas por el Proyecto Madeleña en cada uno de los países donde desarrolló sus actividades. La presentación de este resumen incluye las principales especies ensayadas en cada país, que difieren según su adaptación y la aceptación por parte de los finqueros y agricultores, y aquellas especies que ofrecieron mejores resultados y que fueron las mejor aceptadas. En algunos casos, la información silvicultural sistematizada corresponde a especies introducidas pero que se desconocían sus patrones de crecimiento y adaptación en América Central. Por otro lado, se presentan datos sobre especies nativas a las que se les ha dado el seguimiento y con las que se han podido construir modelos de crecimiento muy útiles para su cultivo a nivel industrial.

La mayoría de la información aquí presentada se pueden encontrar en la base de datos del sistema MIRA (Manejo de Información sobre Recursos Arbóreos) en el CATIE y en las instituciones nacionales forestales en los respectivos países.

Este documento pone al servicio de los técnicos, extensionistas, reforestadores e investigadores de los países miembros, los conocimientos generados por la investigación, contribuyendo de esta manera al desarrollo agropecuario y forestal sostenido de la Región.



Rubén Guevara Moncada
Director General

Agradecimiento

Para la realización de este estudio, se contó con la colaboración de varias personas. El editor y los redactores de este documento desean reconocer y agradecer el apoyo, en especial al coordinador del Proyecto MADELEÑA en El Salvador Ing. Modesto Juárez, por su interés en la investigación y su cooperación en los talleres de trabajo, que permitieron el análisis y la redacción del presente documento; asimismo, a la señora María Isabel de Escamilla y a la Lic. Rosa Elena Fuentes Serrano por su colaboración en la digitalización de la información.

Se agradece al Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), por haber permitido que los ingenieros Carlos García y José Luis Guillén, participaran en la redacción del documento y a la Dirección General de Recursos Naturales Renovables, institución bajo la cual se desarrolló la investigación que se presenta y a la que pertenecen los técnicos Héctor A. Díaz, Juan Antonio Salinas y Miguel A. del Valle, redactores de este documento. También se agradece el apoyo de William Vázquez, Luis Meléndez y José Miguel Méndez por la revisión del borrador y a Elí Rodríguez por el apoyo en la edición final del documento.

Un especial agradecimiento se hace extensivo a todo el personal de apoyo de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables que participó en el diseño y establecimiento de los ensayos y toma de datos, así como también a los propietarios de los sitios que fueron utilizados para el establecimiento de las parcelas y la realización de los experimentos.

INTRODUCCION

Antecedentes

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), con el apoyo financiero de la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID), por medio de la Oficina Regional para Proyectos en América Central (ROCAP), inició desde 1980 la implementación del Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía conocido como Proyecto LEÑA; a partir de 1985 se continuó con una segunda fase, con el nombre de Cultivo de Árboles de Uso Múltiple, conocido como MADELEÑA, y a partir de 1986 se continuó con la tercera fase Diseminación del Cultivo de Árboles de Uso Múltiple, bajo la denominación de Proyecto MADELEÑA-3.

Durante las dos primeras fases de este Proyecto, el enfoque principal fue la investigación silvicultural con especies de árboles de rápido crecimiento, especialmente para producción de leña y otros usos, en Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica y Panamá. El objetivo fue conocer el comportamiento inicial y posibilidades de adaptación de las especies en diferentes sitios de cada país, para incorporarlas a los sistemas de finca de los pequeños y medianos productores. Las actividades de investigación durante esas dos fases fueron ejecutadas mediante convenios de cooperación entre el CATIE y las instituciones nacionales de investigación forestal en cada uno de esos países.

En el caso de El Salvador, la investigación silvicultural se realizó con lo que hoy se conoce como la Dirección General de Recursos Naturales Renovables (DGRNR), por medio del personal destacado en la Sede Central y en las oficinas regionales.

Situación forestal de El Salvador

Los países de América Central han sufrido y siguen experimentando una alta tasa de deforestación. Entre los años 1963 y 1985, hubo una baja del 31,3% en el área boscosa, que fue considerada la mayor en la región de América Latina y el Caribe, la cual experimentó una baja global de 11,4% en el mismo período. Según el "World Resources Report" de 1986, los bosques cerrados de América Central, han tenido una tasa de deforestación de 2,2% (IIED/WRI, 1986). Sin duda este proceso de deforestación ha generado una serie de problemas en la región, vinculados con el deterioro ambiental, la erosión de suelos y ha provocado mayor escasez de los productos derivados de los árboles.

El Salvador, como el país más pequeño (con 21 000 km²) y más densamente poblado de la región centroamericana (con 248 personas por km²), no ha escapado a los problemas del proceso de deforestación y sus consecuencias de deterioro ambiental. Además, tiene el porcentaje más bajo de la región en cuanto al área total con cobertura boscosa. El 12% del territorio se encuentra bajo cobertura boscosa y los bosques naturales cubren un escaso 3% del área total del país. Según algunas estimaciones, si el presente crecimiento poblacional y la demanda de productos forestales, asociada con esa población,

siguen el ritmo actual, la oferta de dichos productos no será suficiente para satisfacer esa demanda y se agotarán los recursos forestales, con excepción de los cafetales, en el año 2004. Posiblemente esas estimaciones se cumplan antes de lo indicado, si los esfuerzos de reforestación masiva no se incrementan de manera significativa.

La leña, como recurso energético, desempeña un papel importante en El Salvador. De acuerdo con el balance energético nacional para 1990, la leña representó el 51% del consumo neto total, en el sector residencial y comercial. El consumo de leña entre 1987 y 1991 muestra un incremento en términos absolutos. La ventaja de la leña como energético, reside en el hecho de que es renovable, aunque al ritmo actual de consumo esto no es sostenible, de tal forma que el consumo de leña está contribuyendo a la deforestación. Diferentes estudios estiman la existencia de una demanda y consumo de leña mayor que la oferta.

Un estudio más reciente (Current y Juárez, 1992), sobre el estado presente y futuro de la producción y consumo de leña en El Salvador, determinó que el consumo per cápita nacional es de 2,12 kg de leña diario. El consumo total anual en el sector residencial fue de 4 184 266 toneladas. De los hogares encuestados, el consumo de leña para cocinar fue de 89% de las áreas rurales, 48% en las áreas urbano departamentales y 49% en los hogares en las áreas marginales del Area Metropolitana de San Salvador. Aproximadamente el 83% del volumen total de leña consumida en el sector residencial se consume en las áreas rurales y el 76% del consumo en esas áreas es leña recolectada. Esto significa que el 63% del consumo nacional residencial es leña recolectada.

Ese mismo estudio (Current y Juárez, 1992), mostró que las personas que colectan la leña, lo hacen de árboles aislados o de cercas vivas, de plantaciones de café y algunas de áreas de matorrales. Los árboles aislados y las cercas no siempre se incluyen como fuente de oferta, aunque en este estudio el 25% de la leña recolectada proviene de árboles aislados y de cercas vivas, comparado con el 23% que proviene de plantaciones de café y lo demás corresponde a matorrales y un poco de áreas forestadas. Estas cifras de consumo y abastecimiento de leña tienen implicaciones importantes y deben ser consideradas para la implementación de programas de reforestación.

Según SEMA (1992), en 1992 las plantaciones forestales sólo cubrían una superficie dispersa de aproximadamente 14 mil hectáreas, con una producción poco significativa. No obstante, el total de tierra con potencial para el desarrollo comercial de producción maderera fue estimado en 242.216 ha, o sea un 11,5% del territorio nacional.

Objetivo de este documento

El objetivo principal de este documento es dar a conocer los resultados más sobresalientes de la investigación silvicultural realizada por el Proyecto Madeleña en El Salvador, durante los primeros diez años de investigación. Se incluye información sobre las especies ensayadas y analizadas. Las especies seleccionadas y consideradas como "principales" se detectaron con base en una gran cantidad de información disponible sobre

los experimentos establecidos y los sitios estudiados. Para estas especies seleccionadas como principales (primer grupo), la información se presenta en una forma más detallada por especie. Un segundo grupo de especies está constituido por aquellas con las que se han tenido buenos resultados en algunos sitios, pero que demandan mayor investigación para su comprobación.

La no inclusión en este trabajo de las restantes especies ensayadas se debe a que la información es muy escasa y requieren más investigación para su comprobación y recomendación.

Dado que para las especies más importantes se generó mayor información y se produjeron más documentos, la metodología seleccionada fue la de mostrar los resultados y conclusiones en forma resumida, como una compilación de toda la información generada por el Proyecto y disponible en las guías silviculturales, tesis, informes técnicos, informes internos, artículos del boletín Silvoenergía, y otros. Para la elaboración de rangos de crecimiento para las especies, se analizó toda la información almacenada en el Sistema de Manejo de Información sobre recursos Arbóreos, conocido como sistema MIRA (Ugalde, 1988), el cual se encuentra operando en la DGRNR.

Selección de sitios para la investigación

La selección de las áreas de trabajo se basó principalmente en el diagnóstico socioeconómico sobre el consumo de leña en fincas pequeñas de El Salvador, que realizó el Proyecto Leña (Dulin, 1984), así como en las observaciones de campo de los técnicos, la disponibilidad de área para el establecimiento de los experimentos (en su mayoría en fincas privadas de productores y en menor medida en estaciones experimentales) y las posibilidades de apoyo por parte del personal en las oficinas regionales del CENTA.

Un aspecto de mucha importancia durante esta etapa de la investigación, fue haber seleccionado productores denominados líderes, por su interés y liderazgo en sus comunidades o grupos aledaños de finqueros, en la tarea de plantar árboles y dar mantenimiento a los experimentos con apoyo del Proyecto.

Ensayos y parcelas establecidos

Una vez seleccionados los sitios de trabajo, se procedió al establecimiento de los experimentos o ensayos. Se definieron dos tipos de experimentos; en primer lugar, los que tuvieron diseño estadístico (tratamientos y repeticiones); en su mayoría, estos experimentos fueron establecidos con diseño experimental de bloques completos al azar o incompletos, con tres a cinco repeticiones (son conocidos como experimentos tipo D). En segundo término, los experimentos formados por una parcela o un conjunto de parcelas permanentes de crecimiento, en muchos casos de diferentes edades, diferentes especies y sin repeticiones, son conocidos como experimentos tipo P.

Especies ensayadas

La selección de las especies a ensayar se basó en varios aspectos: los inventarios que se realizaron en cada país sobre plantaciones existentes (el Proyecto estableció parcelas temporales y, en algunos casos, permanentes, para evaluar el crecimiento de las especies); los estudios socioeconómicos en cada país identificaron una lista de las especies más utilizadas y preferidas para leña y otros usos. La mayoría de las especies más utilizadas eran nativas, como era de esperar, debido a que en su mayoría la leña se extraía de bosques naturales primarios o secundarios.

En los países de la región, en general, las experiencias de reforestación eran escasas, al inicio de este proceso de investigación, en 1980, básicamente existían sólo pequeñas parcelas de reforestación y la investigación era mínima.

Debido a la necesidad urgente de producir leña en turnos cortos, se decidió iniciar el establecimiento de experimentos y parcelas con especies de rápido crecimiento, tanto nativas como exóticas. Durante el transcurso de la investigación, se fueron incorporando otras especies de interés, con buena aceptabilidad por parte de los productores y con potencial de mercado para otros tipos de productos adicionales a la leña. Según la disponibilidad de semillas, se establecieron ensayos con diseño estadístico o únicamente parcelas individuales de crecimiento. Algunas de las especies más aceptadas, por su rápido crecimiento o porque producían leña de buena calidad fueron: *Eucalyptus camaldulensis*, *Leucaena leucocephala*, *Cassia siamea*, *Gliricidia sepium*, *Tectona grandis* y *Gmelina arborea*, entre otras.

Análisis de la información

La información utilizada se obtuvo del sistema MIRA y se transfirió al programa estadístico SYSTAT, con el que se hicieron los cálculos de incrementos medios anuales para una fecha de medición seleccionada, que normalmente coincidió con la última o penúltima medición almacenada en MIRA. Se preparó una tabla de rangos de crecimiento por especie, con base en promedios por parcela, utilizando el crecimiento medio anual en altura total (IMA-Altot) en metros, durante los primeros tres años de crecimiento. Se asume que en estos primeros años los árboles están creciendo sin tener una competencia o supresión fuerte. Esto permitió clasificar y comparar las parcelas con diferentes edades de medición, en relación con los sitios ensayados.

Aunque lógicamente hay una tendencia del IMA en altura a reducirse a edades mayores, se utilizó esta variable como patrón de comparación debido a que la mayoría de las parcelas y experimentos se analizaron en los primeros años de crecimiento, en su mayoría con edades no mayores a los cinco años. Por lo general, en esos casos, las especies están creciendo más rápido, sin tener una disminución significativa del crecimiento. Además, se considera que la altura total tiende a estar, por lo general, menos afectada por la densidad y el espaciamiento inicial de la plantación, en comparación con el diámetro.

Se debe considerar que ésta es una clasificación preliminar por rangos de crecimiento y aplicable únicamente para plantaciones jóvenes, pero proporciona una herramienta sencilla y práctica de comparación entre parcelas de diferentes edades. Esto podría ser útil para un promotor o extensionista, para evaluar sitios con base en el crecimiento inicial en altura de las plantaciones existentes. Es necesario reconocer que esto puede no ser lo más apropiado cuando no existe un buen manejo o, por ejemplo, en plantaciones de especies en las que se manejan las copas de los árboles. Por ejemplo, para regular la sombra con podas secuenciales o para aprovechar el follaje y ramas, la altura del árbol no sería la más apropiada para evaluar su tasa de crecimiento.

BIBLIOGRAFIA

- CATIE-CENREN. 1990. Guía de visita a unidades demostrativas y unidades de investigación de especies de árboles de uso múltiple en El Salvador. Proyecto Diseminación del Cultivo de Arboles de Uso Múltiple (MADELEÑA). 207 p.
- CURRENT, D. y JUAREZ, M. 1992. Estado presente y futuro de la producción y consumo de la leña en El Salvador. CATIE-USAID. 123 p.
- DULIN, P. 1984. Situación leñera en los países centroamericanos. CATIE, Turrialba, C.R. Serie Técnica. Informe técnico no. 51. 51 p.
- EL SALVADOR. 1992. Consejo Nacional del Medio Ambiente. Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente (SEMA). Agenda Ambiental y Plan de Acción. 78 p.
- Plan de Acción Forestal para El Salvador. 1994. Diagnóstico del sector forestal y estrategias para su desarrollo. Plan de Acción Forestal para El Salvador. San Salvador, El Salvador. 100 p.
- UGALDE A., L. 1988. The MIRA management information system for fuelwood and multi-purpose tree species research in tropical areas. Presented at workshop on Database Management Applications in Forestry Research. CATIE, Turrialba, Costa Rica, June 20-25, 1988. pp. 86-103.

ESPECIES PRINCIPALES

Especie : *Eucalyptus camaldulensis*

Redactor: Carlos García

DESCRIPCION BOTANICA Y ECOLOGICA

Nombre científico: *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh

Familia: Myrtaceae

Nombres comunes: Conocida como Red River Gum; en América Central como eucalipto camaldulensis o camaldulensis, los agricultores en El Salvador la nombran como eucalipto.

Sinónimos : *Eucalyptus rostrata* Schlecht

Origen y distribución

Es la especie de eucalipto más difundida en Australia, entre los 15° 30' y los 38° de latitud sur, es una especie esencialmente ribereña. Se distinguen dos formas, una meridional o templada y otra tropical. Junto con *E. grandis* y *E. globulus*, es la especie de eucaliptos más ampliamente plantada en los países del mediterráneo. Existen plantaciones extensas en Africa, Asia y América Latina. En Centro América existen plantaciones en todos los países (CATIE, 1986). Su rango natural es muy extenso, por lo que existen diferencias de comportamiento según el origen de las semillas. Las procedencias Katherine (territorio norte) y Petford (Queensland), han mostrado el mejor comportamiento para climas tropicales especialmente en Centroamérica (Martínez, 1990)

Descripción de la especie

Eucalyptus camaldulensis Dehnh, especie siempre verde de 24 a 40 m de altura, de fuste delgado en la zona norte de Australia y grueso para las condiciones subtropicales del sur, alcanzando diámetros mayores de 2 m, con copa abierta e irregular, corteza lisa, blanca, ligeramente grisácea, desprendible en tiras largas o en placas irregulares que exponen capas internas de corteza blanquecina, ramillas terminales, rojizas, largas y delgadas que cuelgan en ángulos agudos, hojas juveniles opuestas y posteriormente alternas. Las hojas adultas son lanceoladas, pecioladas, delgadas y pendientes, recurvadas, de borde liso, glabras de color verde opaco en el haz, con envés ocasionalmente gris.

Flores blancas en cabezuelas (umbelas), con botones florales de forma aovada, de base redonda y cubierta larga, cónica, punteada o rostrada, frutos o cápsulas seminales generalmente en ramilletes, al final de pecíolos delgados, de color ligeramente marrón, con una tapa redondeada con 3 a 4 dientes prominentes de casi 2 mm de longitud, elevadas y curvados hacia adentro. Semillas numerosas, pequeñas. La madera es roja de grano entrecruzado ondulado, dura y durable, resistente a las termitas. Se tuerce al secarse.

El *camaldulensis* es la especie de eucalipto de más amplia distribución natural, encontrándose en todos los estados, con excepción de Tasmania. Se distinguen dos formas principales de la especie: la templada o meridional y una forma tropical, en la que sobresalen las procedencias de Petford (la más utilizada en América Central) y la Katherine. Es de rápido crecimiento, apta para combinaciones agroforestales, rebrota vigorosamente y sus bondades

fluctúa entre 5 y 12 días, las plántulas están listas para el repique cuando tienen una altura de aproximadamente cinco centímetros y han producido las primeras dos hojas verdaderas, lo cual se produce unos 14 a 30 días después de la germinación. Durante este período es necesario dosificar el riego y aplicar fungicidas cúpricos, en dosis adecuadas, para evitar el ataque de hongos que producen el "Damping off".

Para el llenado de las bolsas de polietileno puede usarse una mezcla de suelo, arena y materia orgánica descompuesta en proporción 2:1:1 ó también 1:1:1, al llenar las bolsas es necesario que la mezcla quede bien compactada para evitar la formación de bolsas de aire, cuando no se dispone de materia orgánica o el suelo es poco fértil, se puede adicionar fertilizante (aproximadamente 25 kg de fertilizante por cada 100 bolsas).

En los bancales, las plantas se dejan crecer por un período de aproximadamente tres meses, hasta alcanzar una altura de 25 a 30 cm, suministrándoles riegos adecuados durante los primeros dos meses, para luego suspenderlo gradualmente y lograr el endurecimiento antes de trasladar al campo definitivo (Martínez , 1990). En El Salvador se ha ensayado la propagación por pseudoestacas y cultivos de tejidos, con buenos resultados.

Establecimiento de la plantación

Limpieza

A pesar del rápido crecimiento de esta especie es necesario un estricto control de malezas en las primeras etapas de desarrollo de la especie, para obtener ventaja sobre el crecimiento de la maleza.

Preparación del suelo

El *camaldulensis* puede plantarse en una amplia variedad de suelos, sin ninguna preparación especial. Cuando se trata de suelos muy compactados debido al uso anterior (agrícola o ganadero), es necesario hacer una buena preparación del mismo (subsulado, si es posible arado), o establecer en hoyos profundos y anchos.

Densidad de plantación

En América Central se han utilizado diferentes densidades de plantación inicial, aunque las más comunes han sido 2500 y 1600 árboles por hectárea. Los resultados generales han indicado que el crecimiento diamétrico y en altura es menor para las mayores densidades de plantación, lo cual confirma que la disponibilidad de mayor espacio lateral por planta favorece el crecimiento de la especie. La variable distanciamiento debe manipularse adecuadamente para obtener el tipo de producto deseado.

Fertilización

En esta especie la fertilización ha permitido obtener altas tasas de sobrevivencia y crecimiento rápido en altura, lo que permite un control temprano de especies indeseables, mayor crecimiento diamétrico y por tanto, biomasa y volumen aprovechable de madera. (Martínez, 1990).

La experiencia ha demostrado que la mejor forma de fertilización es al fondo del hoyo, en el momento de realizar la plantación, en dosis no mayores a 50 gr/planta de fertilizantes de

Madera de uso comercial y familiar

E. camaldulensis produce una madera dura y resistente que está comenzando a tener amplia aceptación entre los agricultores y carpinteros de la región centroamericana.

La madera es moderadamente densa (0.69 g/cm³). Es utilizada para construcción en general ya que el duramen rojizo es fuerte, duradero y resistente a las termitas. Se utiliza en la fabricación de durmientes para ferrocarril, también se le utiliza en interiores, para pisos, encofrados y algunas veces para la fabricación de pulpa. Debido a su fortaleza puede utilizarse en construcciones rurales y como postes para cerca. Los rebrotes se utilizan para tutores en plantaciones de banano y hortalizas.

Otros usos

En zonas secas se planta como barreras rompevientos o como cercos vivos a la orilla de los caminos, también es utilizado como ornamental, barreras protectoras o en pequeñas plantaciones comunales. Las flores producen miel de excelente calidad y en algunos lugares, las hojas se queman y sirven como repelente para insectos (Martínez, 1990).

SILVICULTURA

Regeneración natural

En su hábitat natural *E. camaldulensis* se regenera a lo largo de las orillas de los ríos, lo que indica facilidad de reproducción natural a partir de semillas transportadas ya sea por las aguas o aves. En Centroamérica no se ha notado la presencia de brinzales de regeneración natural.

Recolección de semillas

En América Central se ha utilizado semillas recolectadas en las plantaciones establecidas con la procedencia Petford y León, Nicaragua. En El Salvador hay varios rodales semilleros de esta especie. Las semillas se recolectan en junio y julio, se secan al sol y posteriormente se almacenan en recipientes herméticos, en cuartos fríos.

Las semillas de *E. camaldulensis* son de tamaño pequeño y deben colectarse directamente de los árboles antes que las cápsulas seminales se abran.

Producción en vivero

Se recomienda la producción en germinadores utilizando una mezcla de suelo fértil, tamizado, libre de semillas de malezas y arena fina en proporción 1:1 o solo arena desinfectada con fungicidas o agua caliente. Para el riego manual se recomienda emplear bomba aspersora con el fin de obtener una neblina muy fina o sumergir los germinadores para humedecer por capilaridad.

El porcentaje de germinación es normalmente alto (superior al 90% con semilla de calidad y fresca), por lo que no es necesario ningún tratamiento de pregerminación. Un kilogramo de semilla tiene un promedio de 150,000 semillas, por lo tanto es de esperar una producción de más de 135,000 plantas por kilogramo de semilla. El tiempo de germinación

Características de los suelos

En sitios donde el pH oscila entre 5.8 para el primer horizonte y 6.8 en el cuarto horizonte, se observaron los mejores crecimientos, no en sitios donde el pH se mantiene constante en los cuatro horizontes. Con un pH 5.6 a 6.1, los crecimientos se han notado menores. Todos los sitios experimentales se consideran aptos. Puede hablarse en forma generalizada que el contenido de calcio, en la mayoría de los casos se considera apto, igual para el magnesio (Mg).

En general se puede concluir que los sitios donde se plantó *camaldulensis*, pueden considerarse buenos, por lo que el factor determinante para el buen desarrollo de la especie fue el mantenimiento de las parcelas. Aunque Campos (1989), menciona en forma general que *E. camaldulensis* presenta sus mejores crecimientos a elevaciones bajas, en zonas de bosque seco tropical a bosque húmedo premontano, sobre suelos erosionados, suelos de textura media ricos en potasio.

RESULTADOS DE CRECIMIENTO

Con base en el incremento medio anual en altura alcanzado por *camaldulensis* en los diferentes sitios de experimentación, se determinaron cuatro categorías: Bajo, aquellos sitios con un IMA en altura menor a 1.5 por año; Medio, comprendido de 1.5 a 2.9 m/año; Alto, de 3 a 4 m/año y Excelente mayor de 4 m de altura por año.

Para obtener los resultados del comportamiento de *E. camaldulensis* en El Salvador se analizaron 34 experimentos seleccionados, con 185 parcelas o unidades de experimentación. La mayor cantidad estuvo comprendida en la categoría Medio que representa el 76%. Como sitios de crecimiento excelente, sólo hubo uno (2.94%) que corresponde a la Hacienda Santa Teresa con un tipo de suelo franco y clasificado como Inseptisol (Tipic Ustifluent) con un IMA de 4.94 m/año (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación por rangos de crecimiento de *Eucalyptus camaldulensis* en El Salvador.

Categoría crecimiento	Crecimiento	No. de Experimento	No. de Parcelas	% de Experimento
BAJO	<1.5	3	9	8.83
MEDIO	1.5 - 2.9	26	133	76.47
ALTO	3 - 4	4	25	11.76
EXCELENTE	>4	1	18	2.94

Según el Cuadro 1, que corresponde a los sitios de crecimiento de *E. camaldulensis*, en El Salvador, al analizar las variables zonas de vida, textura y clasificación de suelos, en los diferentes sitios de crecimiento, puede concluirse que para la categoría de crecimiento bajo, los sitios experimentados fueron de baja adaptación, debido al mal mantenimiento que se les dió a los ensayos, como falta de control de malezas e incendios periódicos, lo cual se puede notar en la supervivencia encontrada.

La mayor concentración de experimentos se encuentran en la categoría de crecimiento medio, cuyo IMA corresponde al rango de 1.5 a 3.0 m/año. En esta categoría existe una diversidad de zonas de vida, textura, clasificación de suelos y diferentes elevaciones sobre el nivel del mar. Se puede notar que existe una gran variedad de condiciones de sitios donde puede crecer *E. camaldulensis*.

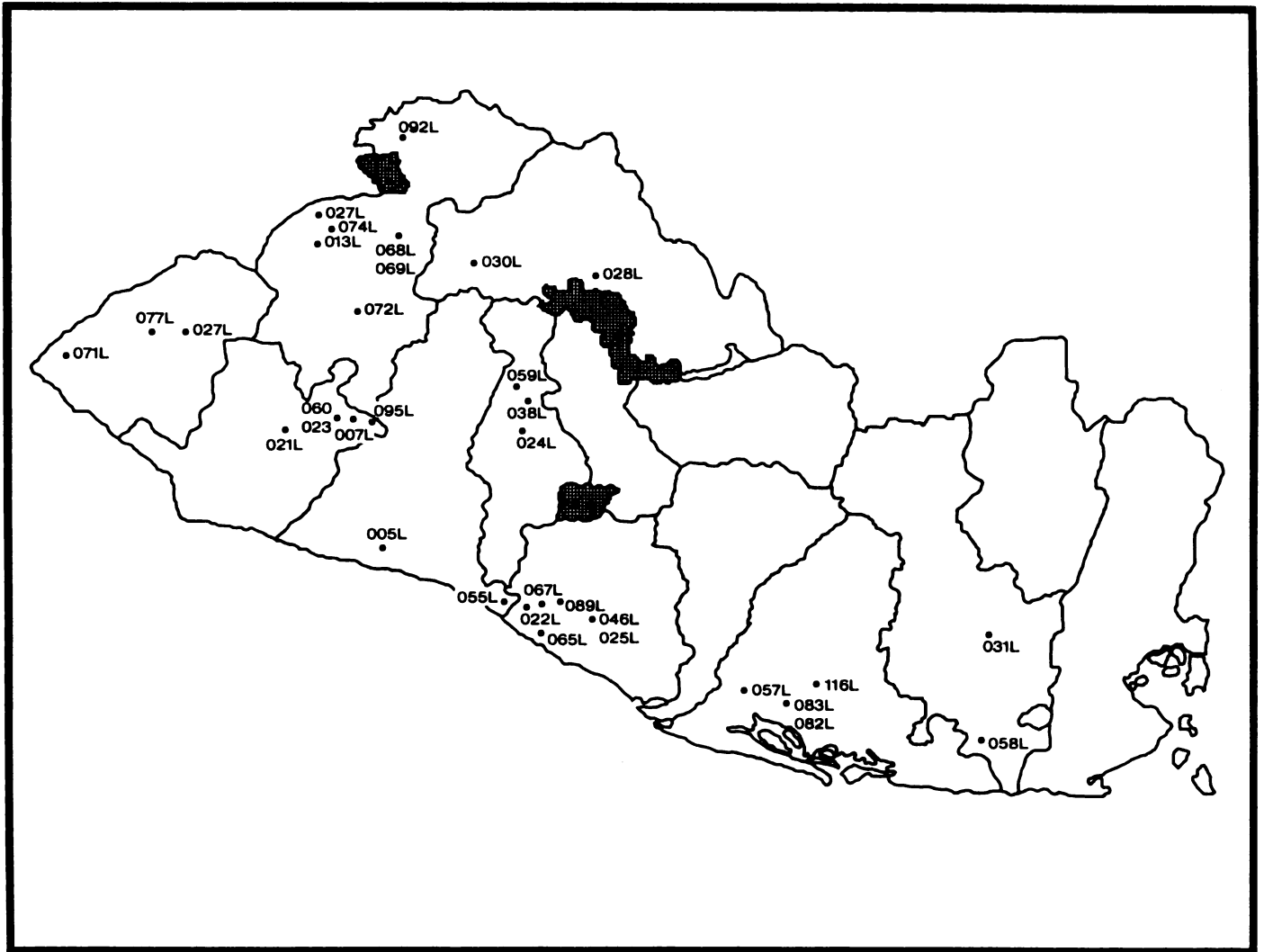


Figura 1. Sitios donde se establecieron parcelas de investigación de *Eucalyptus camaldulensis* en El Salvador.

EXPERIMENTOS ANALIZADOS

Experimentos de procedencias

Fuentes de germoplasma de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh en EL SALVADOR

Eucalyptus camaldulensis es una especie forestal de uso múltiple que ha sido bastante difundida en El Salvador y actualmente es muy aceptada por los agricultores para la producción de leña, postes, construcción rural y producción de carbón. A pesar que es una especie muy conocida, algunas de las personas tienen la idea que el *camaldulensis* es una especie con características fenotípicas no deseables, principalmente fuste torcido, esto es debido a que la procedencia que se introdujo al país y de la cual se difundió es la procedencia de León, Nicaragua (No. 1565) del Banco Latinoamericano de Semillas Forestales (CATIE), la cual su mayor función ha sido como cortina rompevientos en la que no se interesa mucho la rectitud del fuste.

Con el objeto de ofrecer una mejor procedencia al usuario, con mejores características fenotípicas, se establecieron en El Salvador dos ensayos de procedencias de esta especie, en los que se probaron 10 procedencias, 9 australianas y 1 de León, Nicaragua (Cuadro 2). El otro ensayo se estableció en la Hacienda Santa Teresa, Municipio de Armenia del departamento de Sonsonate, en la que se probaron 5 procedencias de Australia y 1 de León, Nicaragua (Cuadro 3). En los dos ensayos se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con 3 a 4 repeticiones, con parcelas de 49 a 36 árboles y 25 y 16 árboles útiles, respectivamente con una línea individual de borde. Las variables medidas fueron altura total, diámetro a la altura del pecho (DAP), porcentaje de sobrevivencia y porcentaje de bifurcación.

Cuadro 2. Características de los sitios de las procedencias de semilla de *Eucalyptus camaldulensis*, utilizadas en los experimentos 095L y 082L en El Salvador.

No. BLSF	Procedencia	Siglas	Longitud	Latitud	Altitud (msnm)	Precipit. (mm)	Temper.
1565	León, Nicaragua.	LEN	87°00' O	12°30' N	110	1159	27.9
4011	Pettford, Australia.	PTA	145°02' E	17°24' S	590	673	21.8
1827	Wrotham, Park. Australia.	WPA	144°02' E	16°40' S	190	876	25.5
1828	Gilbert River, Australia.	GRA	144°13' E	18°17' S	150	726	26.0
1829	Kimberly, Australia.	KBA	126°30' E	16°08' S	430	844	25.3
1830	Victoria River, Australia.	VRA	131°02' E	15°35' S	35	756	27.3
1831	Cockatoo Cleek, Australia.	CCA	129°01' E	15°38' E	50	822	28.2
1832	Tennant River, Australia.	TRA	134°30' S	19°47' S	300	336	25.7
1833	Ord River, Australia.	ORA	127°50' E	17°28' S	280	558	26.8
1834	Fitz Roy, Australia.	FRA	125°42' E	18°06' S	110	493	28.0
4010	Petford, Australia.	PTA	145°59' E	17°17' S	457	860	21.8
4014	Inglewood, Australia.	IIA	151°05' E	28°25' S	280	602	18.6
4012	Dimbulah, Australia.	DIA	144°56' E	17°10' S	420	725	23.1
4013	Dprl, Australia.	DPA	nr	nr	nr	nr	nr

nr = no registrada

Cuadro 3. Crecimiento en altura total, DAP, sobrevivencia y bifurcación de las procedencias de *E. camaldulensis* utilizados en El Salvador.

Siglas	Hda. Santa Teresita *				Hda. La Carrera **			
	32 meses				53 meses			
	H (m)	DAP (cm)	S (%)	BIF (%)	H (m)	DAP (cm)	S (%)	BIF (%)
LEN	11.8	9.2	98	22	14.8	13.6	71	17
PTA					13.6	11.0	84	13
WPA					15.8	11.5	93	7
GRA					11.5	11.1	85	5
KBA	11.9	8.9	98	29	13.0	11.0	85	11
VRA					14.5	11.4	81	5
CCA					13.0	10.5	78	8
TRA					10.2	9.6	94	6
ORA					13.5	11.5	91	9
FRA					14.5	10.8	83	12
PTA	13.7	9.6	96	15				
PTA	11.8	8.7	96	25				
DIA	11.1	9.1	94	33				
DPA	12.1	8.9	98	21				

H = altura total

S = Sobrevivencia

* = Experimento 095L

DAP = Diámetro a la altura del pecho

BIF = Bifurcación

** = Experimento 082L

Resultados y discusión

A continuación se presentan los resultados obtenidos en los dos ensayos de procedencias (según Ruiz y Salazar, 1991).

En Hacienda Santa Teresa, de las seis procedencias estudiadas a los 32 meses de edad, Petford (4010, BLSF) de Australia, fué la mejor en el crecimiento en altura y DAP, que superó en 2.0 m de altura a Dprl y en 0.9 cm de DAP a Dimbulah. Las diferencias en el porcentaje de sobrevivencia no fueron importantes y en general fue mayor de 94%. Dprl presentó un 33% de bifurcación como el más alto, con la más alta incidencia; Petford mostró solo 15% como la más baja.

En la Hacienda La Carrera, Usulután, se evaluaron 10 procedencias y a los 53 meses los resultados indican que la mejor procedencia fue Wrothm Park (1987 BLSF), superó en 2.4 m de altura y 4.0 cm de DAP a Tennant River, que fue la de menor crecimiento. Los mayores porcentajes de sobrevivencia fueron para Tennant River y Wrotham Park con 94 y 93% respectivamente; León (1565, BLSF) fue la menor con 71%. El mayor porcentaje de bifurcación lo presentó la procedencia de León con 17%, Gilbert River y Victoria River sólo presentaron 5% de árboles bifurcados.

Por la edad del experimento, se esperaba que la mayoría de las procedencias se encontraran produciendo semillas, pero al momento de la última evaluación, el mayor porcentaje de árboles con fruto lo presentó la procedencia de Cockatoo Creek con 35%, mientras que Tennant River mostró sólo el 7%.

Experiencias en Sistemas Agroforestales

Sistema Agroforestal Maíz - Eucalipto, en El Salvador

En El Salvador entre los factores que más han deteriorado los recursos naturales y específicamente el recurso bosque ha sido la agricultura migratoria, actividad que ha sido tradicionalmente realizada por el agricultor y que ha puesto en competencia la importancia de subsistencia del ser humano al enfrentar los cultivos agrícolas y el bosque.

Considerando este punto de vista, una solución viable para resolver esta problemática, es la combinación de plantaciones forestales con cultivos de granos básicos, obteniéndose las siguientes ventajas: a) Uso integral y apropiado del suelo, aumentando su productividad, b) Obtener productos de los cultivos básicos y productos forestales, c) Obtener ingreso económico por venta de productos forestales o granos básicos y d) Protección del suelo contra la erosión.

En el sitio La Tortolita, Municipio de Armenia, en el Departamento de Sonsonate, se estableció una plantación de *E. camaldulensis* con un espaciamiento inicial de 2.5 m x 2.5 m, donde se ubicó un experimento bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y tres tratamientos. Los tratamientos fueron los siguientes: a) Árboles solos, b) Asocio árboles+maíz, c) Maíz solo. El área que comprendió cada parcela de árboles fue de 506 m². La procedencia de *camaldulensis* fue de León, Nicaragua (1565 BLSF). La variedad de Maíz híbrido H-3 producido por el Centro de Tecnología Agropecuaria (CENTA), el cual se sembró a espaciamientos de 0,80 m entre surcos y 0,20 m entre plantas, en un bloque de 400 m².

Resultados y discusión

Se presenta el resumen de un estudio sobre el crecimiento y rendimiento del eucalipto en sistemas de plantaciones puras y en asociación y se compara con un sistema tradicional de producción de maíz en monocultivo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Crecimiento y rendimiento de *E. camaldulensis* en plantación pura y con cultivos asociados a los 2.8 años en La Tortolita, Sonsonate, El Salvador.

Cultivo	Arboles con cultivo	Arboles sin cultivo	Solo maíz
Supervivencia (%)	92	86	-
Diámetro (cm)	8.4	8.3	-
Altura (m)	10.2	10.2	-
Vigas/ha (6 m longitud)	1600	1600	-
Cuartones/ha (4 m longitud)	2667	2133	-
Postes/ha (2.2 m longitud)	8930	7930	-
Leña (t/ha peso verde)	96.9	81.0	-
Rendimiento maíz Primer año (kg/ha)	1913	-	2642
Rendimiento maíz Segundo año (kg/ha)	5014	-	7249
Rendimiento frijol Tercer año (kg/ha)	411	-	-

Fuente: Juárez, 1991.

Aunque los rendimientos de maíz y frijol fueron superiores en el terreno sin árboles (cultivos solos), los rendimientos obtenidos en el cultivo asociado ofrece la ventaja de obtener productos forestales adicionales tales como vigas cuartones, postes y leña. Además, los

crecimientos de los árboles en los tratamientos árboles con cultivo y árboles sin cultivo no presentaron ninguna diferencia significativa entre ellas.

Las 16 ton/ha de peso verde más en el tratamiento de árboles con maíz comparado al tratamiento de árboles sin cultivos, demuestra el beneficio del asocio (Juárez, 1991).

Según Juárez y McKenzie (1991) el análisis financiero realizado a este experimento obtuvo los siguientes resultados: En el tratamiento cultivo de maíz, el beneficio/costo es de $\$2.03$, que es ligeramente superior a los tres sistemas.

La desventajas señaladas del cultivo de maíz solo radica en dos aspectos: 1) que su ingreso neto total es menor que las otras alternativas, 2) que en tres o cuatro años la productividad del suelo puede disminuir y las cosechas posteriores serán menores, lo que provoca que el finquero deba buscar otros campos para el cultivo (Cuadro 5).

Tratamiento cultivo de maíz en asocio con eucalipto

En este sistema hay ingresos anuales solamente para los dos primeros años por concepto de producción de maíz, aunque con rendimientos menores que el cultivo del maíz solo. Durante el año tres, la sombra de los árboles impide el cultivo del maíz y en el cuarto año se inicia la cosecha de los árboles; la desventaja principal radica solamente en la ausencia de ingresos en el año tres. Su relación beneficio-costo puede considerarse como intermedia entre los tres tratamientos ($\$2.14$) (Cuadro 5).

Tratamiento plantación pura de eucalipto

Los indicadores financieros y los ingresos brutos son superiores al sistema tradicional de maíz solo y su ventaja sobre los dos tratamientos es que su costo total por hectárea es el menor de las tres alternativas, constituido en 83.8% principalmente por la mano de obra. Su relación beneficio costo es el más alto $\$2.58$. La principal desventaja del sistema de plantación de árboles sin maíz, es la falta de ingresos para el agricultor en los primeros tres años de inversión (Cuadro 5).

Cuadro 5. Costos, ingresos e indicadores económicos en el experimento sobre Sistemas Agroforestales, establecidos en la Finca La Tortolita, Armenia, Sonsonate.

Tratamiento	Producción (qg/ha)	Costo acum. (4 años)	Ingresos $\$$	VAN (20%)	Indicadores B/C (20%)	TIR
Maíz, 4 años	98.6	11.651.20	23.664	9.329.38	2.03	n.a
Maíz-eucalipto	68.4	12.516.74	33.074.69	11.670.43	2.14	193%
Plantac. Eucalipto		7.338.53	25.145.03	8.915.27	2.58	88%

Fuente: Juárez y McKenzie, 1991.

n.a = no aplica. No hay un año en el cual los ingresos son menores que los costos. Siempre hay un valor positivo a cualquiera de la tasa de actualización.

VAN = Valor actual neto

B/C = Relación beneficio-costo

TIR = Tasa interna de retorno

Resultados con ensayos de espaciamento

Efecto del espaciamento en el crecimiento de *Eucalyptus camaldulensis* en El Salvador

Para estudiar el efecto del distanciamiento en el crecimiento del *E. camaldulensis*, se estableció un ensayo (116L) en la Hacienda La Constancia, El Cimarrón, Cantón Mejicapa del municipio de Usulután, en el departamento de Usulután, a 100 msnm, a 13°21' Latitud Norte y 88° 25' Longitud Oeste (Cuadro 6). El ensayo se estableció en julio de 1989, bajo un diseño estadístico de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones, se evaluaron tres variables supervivencia, diámetro, altura de pecho (DAP) y altura total, los tratamientos evaluados se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 6. Espaciamento de *Eucalyptus camaldulensis* utilizados en Hacienda La Constancia, Usulután, El Salvador.

Tratamiento	Espaciamento	Area por árbol (m ²)	Arboles por hectárea
001	2 x 2	4	2500
002	3 x 3	9	1111
003	4 x 4	16	625
004	5 x 5	25	400

Cuadro 7. Crecimientos de *Eucalyptus camaldulensis* a diferentes distanciamientos a los 50 meses de edad Hacienda La Constancia, Usulután, El Salvador.

Tratamientos	Diámetro (cm)	Altura total (cm)	Supervivencia (%)
2.0 x 2.0	11.81	12.79	79.0
3.0 x 3.0	12.87	12.32	71.4
4.0 x 4.0	12.11	11.22	76.0
5.0 x 5.0	8.6	7.96	71.9

RESULTADOS Y DISCUSION

Supervivencia

Los tratamientos se comportaron muy parecido, no existiendo diferencias significativas entre ellos.

Diámetro

Al evaluar estadísticamente el diámetro a los 50 meses de edad, se encontraron diferencias significativas al 95% de probabilidad, encontrándose que el tratamiento 3x3 m obtuvo los mayores crecimientos de diámetro con 12.87 cm (3.1 cm de IMA), superando en un 30% al tratamiento 5x5 con 8.6 cm (2.06 cm de IMA).

Altura total

Al evaluarse esta variable de medición, se encontró que el valor más alto lo alcanzó el tratamiento 2 x 2 m (2500 árboles/Ha), el cual superó al tratamiento 5 x 5 m en 38%, los IMA alcanzados fueron de 1.9 y 3.07 m por año en estos espaciamentos respectivamente.

Resultados con ensayos de fertilización

La fertilización es una práctica poco utilizada en reforestación en El Salvador y, mucho menos, la fertilización post-plantación, además de que se considera como un incremento en los costos de producción. Interesados en evaluar el efecto del comportamiento del *Eucalyptus camaldulensis* a la respuesta de la fertilización a base de nitrógeno y fósforo, se establecieron dos ensayos de fertilización en el país; uno en la Hacienda Santa Lucía Orcoyo, cantón Santa Lucía, municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz y el otro en la Finca La Tortolita, cantón Las Cruces, municipio de Armenia, departamento de Sonsonate.

a) Hacienda Santa Lucía Orcoyo, La Paz

Descripción del experimento

El ensayo (055L) se estableció bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y tres repeticiones y 49 árboles por parcela, espaciamiento 2.0m x 2.0m. La procedencia de la semilla es de León, Nicaragua, Lote 1565 del Banco Latinoamericano de Semillas Forestales del CATIE. Los tratamientos de fertilización consistieron en aplicaciones de nitrógeno y fósforo, dividiéndose en dos aplicaciones: la primera al momento de la siembra se aplicó nitrógeno (21-0-0) en dosis de 0 g, 30 g, 60 g, 90 g y 120 g por planta, en círculo. En la segunda, a los 12 meses de edad, se fertilizó con nitrógeno y fósforo (20-20-0) en las mismas dosis y con el mismo método de aplicación. Durante el primer año, la plantación se asoció con maíz (*Zea mays*).

b) Finca La Tortolita, Sonsonate

El ensayo (060L) se estableció, también bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con dos repeticiones y ocho tratamientos, con un distanciamiento de 2 x 2 m y parcelas de 25 árboles, la fertilización consistió en la aplicación de diferentes dosis de N y P combinados, la fertilización se hizo después de la siembra, utilizando fertilizante en fórmula de sulfato de amonio 21-0-0 y fórmula 16-20-0 y triplefosfato (0-20-0), con dosis de 40 gr/planta para todos los tratamientos.

Cuadro 8. Tratamientos del ensayo de fertilización de *E. camaldulensis* establecidos en El Salvador.

Tratamiento	Código	Dosis/ha
1	P ₀ N ₀	0 Kg P + 0 Kg N
2	P ₀ N ₂₀	0 Kg P + 20 Kg N
3	P ₀ N ₄₀	0 Kg P + 40 Kg N
4	P ₀ N ₆₀	0 Kg P + 60 Kg N
5	P ₂₀ N ₀	20 Kg P + 0 Kg N
6	P ₂₀ N ₂₀	20 Kg P + 20 Kg N
7	P ₂₀ N ₄₀	20 Kg P + 40 Kg N
8	P ₂₀ N ₆₀	20 Kg P + 60 Kg N

Cuadro 9. Supervivencia, altura y diámetro de *Eucalyptus camaldulensis* Denhn, como resultado de la aplicación de fertilizante en El Salvador.

Hacienda Santa Lucía Orcoyo (055L) (34 meses de edad)				Finca La Tortolita (060L) (43 meses de edad)			
Tratamiento (g/planta)	S (%)	Altura (m)	DAP (cm)	Tratamiento (g/planta)	S (%)	Altura (m)	DAP (cm)
30	91	9.07	6.89	P ₀ N ₀ -001	64	9.3	8.2
				P ₀ N ₂₀ -002	78	9.4	8.9
60	89	9.03	6.69	P ₀ N ₄₀ -003	80	10.1	8.2
				P ₀ N ₆₀ -004	66	9.2	8.9
90	69	8.93	7.21	P ₂₀ N ₀ -005	68	7.8	7.6
				P ₂₀ N ₂₀ -006	74	9.6	8.4
120	81	9.73	6.82	P ₂₀ N ₄₀ -007	56	10.4	8.9
				P ₂₀ N ₆₀ -008	56	9.7	8.5
Testigo	91	9.47	7.35	-	-	-	-

Resultados y discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos para *E. camaldulensis* a los 34 meses de edad, en el sitio Hacienda Santa Lucía Orcoyo, la fertilización con nitrógeno y fósforo con el método y período de ejecución practicado no ocasionó variación en la respuesta de *E. camaldulensis* a los diferentes tratamientos con respecto al testigo (Hernández, 1990).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se puede concluir en forma general que *E. camaldulensis* en el país, posee un crecimiento de medio a alto y posee un amplio margen de adaptabilidad a diferentes sitios y a condiciones climatológicas. El *E. camaldulensis* junto con la teca (*Tectona grandis*), son las especies forestales más utilizadas en los programas de reforestación en el país, debido a la promoción realizada por Madeleña. Es importante considerar, la realización de investigaciones sobre mejoramiento genético de la especie en el país.

Conclusiones de procedencias

- 1- La procedencia que mejor respondió en la Hacienda Santa Teresa, Sonsonate, fue procedencia Petfor (4010, BLSF), de Australia que presentó las mejores características fenotípicas y de crecimiento.
- 2- La procedencia Wrotham Park (1827, BLSF) de Australia presentó las mejores características de crecimiento, en el sitio de la Hacienda La Carrera, Usulután.
- 3- La procedencia León, Nicaragua (1665 BLSF) presentó en los dos sitios (Santa Teresa y La Carrera), los mayores porcentajes de bifurcación, siendo esta la procedencia más difundida en El Salvador.
- 4- Es importante realizar evaluaciones a edades mayores para verificar el comportamiento de la especie, especialmente en términos productivos.

Conclusiones de Sistemas Agroforestales

1. Al evaluar los tres tratamientos, el del cultivo de maíz solo obtiene los mejores resultados en lo que se refiere a los criterios financieros; mientras que el sistema maíz en asocio con eucalipto se logran los mejores resultados en un plazo de tiempo mayor. La decisión de alguna de las tres opciones o la combinación de éstas, involucra otros factores, como; la falta de terrenos o de financiamiento para cambiar su sistema actual por otro, o la necesidad sentida de tener su propio maíz, o su propia leña, aspectos que favorecen la selección o no de un sistema.
2. Estadísticamente los tratamientos no presentaron diferencias significativas en sus crecimientos de diámetro y altura.
3. Debido a que en El Salvador la agroforestería ha tomado auge, es recomendable realizar más estudios biométricos y financieros en otros sitios y con otros sistemas de producción.

Conclusiones de espaciamientos

De acuerdo a la única experiencia obtenida en El Salvador, en la Hacienda La Constancia, Usulután sobre el efecto del distanciamiento en *Eucalyptus camaldulensis* se puede concluir:

1. Que el mayor crecimiento en diámetro se obtuvo con el distanciamiento 3 x 3 m.
2. La mayor altura se obtuvo en el tratamiento más denso (2 x 2) 12.79 (m) con un IMA de 3.07 m/año, considerado como alto para El Salvador.
3. Debido a que hubo significancia entre repeticiones, significa que el bloqueo utilizado fue útil.

4. Es conveniente que se establezcan otros ensayos de espaciamientos a mayores edades en el país, para obtener información más completa en relación del efecto del espaciamiento en el crecimiento de *Eucalyptus camaldulensis*.

Ensayo de Fertilización

Al realizar los análisis de los dos experimentos (055L y 060L), resultó que estadísticamente no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, ni entre repeticiones.

En el sitio de la Hacienda La Constancia se obtuvo un promedio en IMA de 2.60 m/año en altura, lo que puede considerarse como un sitio de crecimiento medio y la Finca La Tortolita con un IMA promedio de 3.27 m/año. Es importante considerar realizar el establecimiento de otros ensayos en otros tipos de suelos menos fértiles y con otros métodos de aplicación para obtener un criterio más amplio sobre la respuesta a la fertilización de esta especie.

BIBLIOGRAFIA

- CAMPOS A, J.J. 1989. Predicción de la productividad de *Eucalyptus camaldulensis* en América Central: curvas de índices de sitio. Antigua, Guatemala, IUFRO 13 p. Presentado en: Reunión del Grupo S1-07-09 de IUGRO Manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales con especies de uso múltiple (4, 1989, Antigua, Guatemala).
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central: Resultados de cinco años de investigación. CATIE (C.R.), Serie técnica. Informe técnico No. 86 224 p.
- DENYS, R. 1986. Estudio detallado de los suelos típicos en las parcelas forestales del Proyecto MADELEÑA. CENREN-CATIE. El Salvador. 93 p.
- HERNANDEZ R., L. 1990. Respuesta de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh a la aplicación de cinco tratamientos de fertilización con nitrógeno y fósforo en la Región Sur de El Salvador. Informe Interno No. 8 SV. Abril, 1990, CATIE-DGRNR, El Salvador.
- HUGHELL, D. A. 1990. Modelos para la predicción del crecimiento y rendimiento de *Eucalyptus camaldulensis*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y *Leucaena leucocephala* en América Central. CATIE. Serie Técnica. Boletín Técnico N°22. 57p.
- JUAREZ, M.; MCKENZIE, T. 1991. Sistema Agroforestal maíz-eucalipto en El Salvador: análisis financiero. Silvoenergía No. 45, Junio 1991. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 4 p.
- MARTINEZ, H.A. 1990. Camaldulensis; *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 158, Colección de Guías Silviculturales No.1, 58 p.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1986. Especies para leña: Arbustos y árboles para la producción de energía. Traducido de la versión inglesa por Vera Argüello de Fernández y TRADINSA, Turrialba. CATIE (C.R.) 344 p.
- RUIZ, P.; SALAZAR, R. 1991. Fuentes de germoplasma de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh promisorias para América Central. Silvoenergía No. 47. Agosto, 1991. CATIE, turrialba, Costa Rica.



Parcela demostrativa de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. citriodora* y maicillo (*Sorghum bicolor*), en combinaciones atractivas para el productor. San Pedro Mártir, La Libertad, El Salvador.



Parcela agroforestal de *E. camaldulensis* y maíz, en Santa Lucía, departamento La Paz, El Salvador.

Especie: *Leucaena leucocephala*

Redactor: José Luis Guillén

DESCRIPCION BOTANICA Y ECOLOGICA

Nombre técnico: *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit

Nombres comunes : Universalmente es conocido como leucaena, pero en muchos países recibe nombres locales, en Filipinas se le llama Ipil Ipil, en México: Vaxin, en Hawaii: Koa Hoole, en El Salvador: Guaje y leucaena.

Familia: Leguminosae, Subfamilia mimosoideae.

Origen y distribución

Esta especie es originaria de América Tropical, desde el sur de México (en la provincia de Yucatán), hasta Nicaragua, incluyendo Guatemala, Honduras y El Salvador, crece en forma natural, especialmente en la costa del Pacífico de esta región. Se le considera propia de la zona tropical húmeda (CATIE, 1991).

Descripción botánica

La leucaena es una especie de rápido crecimiento y de uso múltiple; alcanza alturas comprendidas entre 5 y 20 m. Presenta diámetros entre 12 y 20 cm; la corteza externa es lisa o ligeramente fisurada, de color gris parduzco y de tronco torcido, que se bifurca a diferentes alturas. Las hojas son compuestas, bipinnadas alternas, de 9 a 25 cm de largo; presenta inflorescencias en cabezuelas blancas y redondeadas, suavemente perfumadas; los frutos son vainas aplanadas dehiscentes de 10 a 20 cm de largo.

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

Temperatura

Esta especie es susceptible al efecto de la temperatura, generalmente se desarrolla entre los 22°C a 30°C; no resiste las heladas (CATIE, 1991).

Precipitación

La especie crece bien en sitios con precipitaciones anuales, de los 600 hasta los 1800 mm, con un período seco de cuatro a seis meses (CATIE, 1991). Otros estudios muestran que la especie puede adaptarse a condiciones de baja precipitación como Diamond head, Honolulu, que tiene un promedio de sólo 250 mm donde la leucaena constituye la vegetación predominante. Pound, (1985) y Hutton (1979), sugieren que esta resistencia a la sequía es ayudada por la habilidad de sus minúsculas hojuelas de interceptar la humedad del aire.

Altitud

La leucaena se encuentra en forma natural desde los cero hasta los 600 msnm, pero puede desarrollarse en sitios hasta los 1400 m.s.n.m (CATIE, 1986).

Suelos

La especie se desarrolla en suelos arcillosos, profundos, con buen drenaje interno y externo, de reacción alcalina en donde el pH se encuentra de 6.5 hasta 7.5. Prefiere suelos con buena fertilidad y retención de humedad. La mayor limitante para la especie es la presencia de inundaciones, un pH inferior a 5,5 y suelos compactados.

Para un buen desarrollo de la especie, se requieren la presencia de niveles adecuados de calcio, fósforo y zinc, los cuales son elementos indispensables para una buena nodulación (CATIE, 1986).

Benge, citado por Pound, (1985), observó que las plantaciones hechas en suelos con superficie árida, constituidos sobre formaciones de piedra caliza se desempeñaban bien después de un crecimiento inicial retardado y luego la raíz pivotante llegaba a los niveles de subsuelo calizo.

CARACTERISTICAS Y USOS DE LA ESPECIE

Leña

La leucaena es una especie muy apreciada como fuente de leña por ser un árbol de rápido crecimiento, cuya madera tiene un valor calorífico de 4200 a 4600 kcal/kg, por lo que en Filipinas y otros países se usa como leña y para producir carbón, obteniendo rendimientos entre 30 a 40 m³/ha/año de leña (National Academy of Science, 1984). Con este fin se estableció en Panamá una plantación, la cual a 2.5 años ofreció 33 m³/año de volumen sólido (CATIE, 1991).

Mejoramiento de suelos

Por ser leguminosa, tiene la capacidad de absorber el nitrógeno del aire. Por efecto de la bacteria *rhizobium* presenta nodulaciones en su sistema radicular, donde el nitrógeno que toma del aire lo transforma en nitrógeno aprovechable por las plantas. Además el alto contenido de minerales presentes en su follaje, en especial calcio y fósforo, contribuyen a mejorar las características químicas del suelo (Hernández, 1961).

Esta cualidad se aprovecha para cultivarla en asocio con plantas alimenticias como granos básicos (maíz, sorgo) bajo sistemas agroforestales como "cultivo en callejones" (CATIE, 1991).

Forraje

La leucaena es considerada como un forraje de alto valor nutritivo, por su contenido de proteína cruda que va desde 18 hasta 34%, la cual contiene buena proporción de aminoácidos, que hace de la especie una fuente nutritiva similar a otras fuentes de proteína utilizadas en alimentación animal, como la torta de soya, harina de pescado, alfalfa y semilla de algodón (Pound, 1985).

Además de la proteína, la leucaena es una excelente fuente de minerales, en especial calcio y fósforo, así como de vitaminas (National Academy of Science, 1977).

Rendimiento de forraje verde en tres distanciamientos de plantación

En El Salvador, en 1985 se estableció en la Hacienda Santa Lucía Orcuyo, Departamento de La Paz, un ensayo de aprovechamiento de leucaena con el objetivo de evaluar el aporte de follaje por árbol, bajo dos alturas de corte (0.3 m y 2.3 m), observándose una mayor producción en el área cortada a 2.3 m, así como una mayor sobrevivencia después del segundo año de aprovechamiento, lo cual fue congruente a los resultados de Muthi y Gonda, (1982), citados por Pound (1985), quienes al aumentar la altura de corte de 0.15 a 1.5 m obtuvieron un incremento en la producción de follaje de 28.3 ton a 37.8 ton/ha/año.

Cuadro 1. Rendimiento en peso verde de follaje de leucaena en Hacienda Santa Lucía Orcuyo

Distanciamiento de plantación	Rendimiento por árbol (Kg)	No. de árboles por Ha.	Producción por Ha (Kg)	Edad al corte (meses)
3.0 x 1.0 m ^{1/}	4.3	3.333	14 332	12
3.0 x 1.0 m ^{2/}	4.23	3.333	14 099	12

^{1/} Altura de corte: 2.3 m

^{2/} Altura de corte: 0.3 m

Otros estudios como forraje en El Salvador

Con el apoyo del Proyecto MADELEÑA-CENREN/CATIE, se realizaron tres investigaciones para tesis de grado utilizando el follaje de la leucaena como fuente de proteína en animales domésticos.

Guillén y Huevo (1989), evaluaron el follaje deshidratado al 12% (hojas y tallos menores de 1.0 cm de diámetro) de esta especie, con la cual elaboraron cuatro tratamientos de sustitución de harina de algodón en 0%, 30%, 70%, 100% con los cuales alimentaron 16 vacas en producción de raza Pardo Suiza; demostrando que fisiológicamente, la leucaena es mejor fuente nutricional para alimentar ganado, que la harina de semilla de algodón.

Arias y Gonzalez (1988) citados por CATIE (1991), utilizaron hojas de leucaena en diferentes porcentajes (0%, 4.5%, 11.6% y 24.9%) en la formulación de alimento concentrado para alimentar 24 cerdos criollos en etapa de crecimiento (4.5 semanas de edad), demostrando que niveles hasta 11.6% de harina de hoja son factibles utilizar sin efecto negativo en la respuesta biológica de los cerdos criollos.

Así también, Ortiz (1988) citado por CAITE (1991), estableció un trabajo de investigación en alimentación de pollos de engorde, a partir de la cuarta semana con raciones de 0%, 4%, 8% y 12% sustituyendo igual porcentaje de concentrado comercial durante un período de cuatro semanas. Ninguno de los niveles utilizados presentó efectos negativos en conversión alimenticia ni de intoxicación.

Sombra de cultivos permanentes

En El Salvador tradicionalmente se ha utilizado como sombra para café, así como en otros cultivos como el cacao.

SILVICULTURA

Regeneración natural

La leucaena, en sitios que reúnen condiciones favorables a su desarrollo, presenta una gran capacidad de regeneración natural, debido a su alta producción de semillas viables. Llegando en dos a cuatro años a cubrir totalmente un área, en lugares de la costa en El Salvador se le consideraba como maleza por su alta población.

Recolección de semillas

Esta especie es muy prolífica bajo condiciones apropiadas de sitio, en algunos casos es capaz de producir semillas viables en el primer año de plantada; sin embargo es importante que para considerar un rodal semillero, la edad de éste no sea menor de tres o cuatro años, período en el cual cada árbol ha dado indicios de su calidad de forma, buenas características de crecimiento, rendimiento y resistencia a plagas y enfermedades.

Para establecer el rodal semillero, se seleccionan los mejores árboles, eliminando los suprimidos, bifurcados desde la base, enfermos y débiles. La plantación se maneja con distanciamientos de cinco a seis metros entre árboles para favorecer el desarrollo de la copa y la producción de semilla.

Los frutos (vainas) generalmente se cosechan entre febrero y mayo. éstas se deben cortar antes de que maduren totalmente, ya que son dehiscentes; una vez cortadas se extienden sobre lonas o mallas expuestas al sol para que se abran, durante un día; de esta forma la semilla es fácilmente liberada para luego purificarla (eliminación de semillas mal formadas y partes de fruto).

La producción de semilla es abundante, un árbol bien desarrollado puede producir entre 500 y 1500 gramos con un promedio de 18 000 semillas por kilogramo.

Producción de plantas en vivero

Cuando la semilla ha sido almacenada, es necesario aplicarle un tratamiento pregerminativo, consistente en sumergir la semilla en agua caliente a 80 ° C durante 20 segundos; sin embargo, si la semilla ha sido recolectada seis u ocho días antes, es posible alcanzar germinaciones hasta de 90% sin tratamiento en un período de cinco a ocho días.

Una vez que las plantitas han alcanzado de 1 a 1.5 pulgadas de altura, están listas para repicarlas a la bolsa, lo cual debe realizarse en horas frescas del día. Si las bolsas están a pleno sol, es conveniente colocar antes una ramada, la cual se irá eliminando gradualmente en un período de 10 a 15 días.

Para acelerar el desarrollo de las plantas en vivero, las bolsas de polietileno se llenan con una mezcla de suelo y materia orgánica, si el suelo es muy pesado puede agregarse un 20% de arena observando que el pilón mantenga una consistencia no blanda al manipularla. El suelo a utilizar debe tener un pH entre 6 y 7.

Manejo de rebrotes

El uso de *L. leucocephala* es muy importante en El Salvador. La producción de follaje y leña es muy utilizada, debido a la alta calidad de estos productos; el follaje se ha destinado especialmente para consumo animal; sin embargo en la actualidad se le evalúa como incorporador de nutrientes al suelo cultivado para tal fin, en forma de callejones. Se ha demostrado que esta especie puede producir hasta 14.7 tm/ha de follaje verde a los 12 meses de edad con aprovechamientos cada tres o cuatro meses (Guillén y Huevo, 1989).

Altura de corte: Los mejores resultados en cuanto a sobrevivencia y rendimiento se obtuvieron al realizar los cortes a 2,3 m en comparación a los resultados obtenidos al efectuar el corte a 0,3 m (Guillén y Huevo, 1989).

Estudios efectuados en Panamá, en un sitio plano con suelo ligeramente ácido, se aprovechó una plantación de dos años a una altura de 40 cm del suelo estableciéndose cuatro tratamientos: T₁ = 2 rebrotes/tocón, T₂ = 3 rebrotes/tocón, T₃ = 4 rebrotes/tocón y T₄ = Todos los rebrotes por tocón. Los resultados se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Efecto del número de rebrotes en el crecimiento de *L. leucocephala* en Panamá, a los 12 meses.

Número de rebrotes por tocón	Altura en metros	DAP en centímetros
2	5,2	3,5
3	5,4	3,4
4	5,3	3,2
Todos	5,3	3,2

Fuente: Gutiérrez, 1985

De acuerdo con los resultados obtenidos, no se observa una diferencia significativa en cuanto a altura y DAP, sin embargo, el autor informa que al dejar todos los rebrotes se obtuvo mayor cantidad de biomasa con respecto a dejar dos rebrotes por tocón (CATIE, 1986)

Establecimiento de la plantación

Cuando las plantas han alcanzado de 40 a 50 cm de altura están listas para la plantación definitiva; esta altura puede alcanzarse en 60 ó 70 días. El sitio debe ser limpiado, ya que esta especie no tolera la sombra ni competencia con malezas los primeros meses de crecimiento.

Distanciamiento de plantaciones

Los distanciamientos en la plantación obedecen a los objetivos de la misma, si es para producción de leña, puede ser plantada a 2 m x 2 m; si el objetivo es obtener tutores para hortalizas como tomate puede plantarse a 1.3 m x 1.3m. Cuando se le planta para sombra de cultivos permanentes puede aplicarse distanciamientos de 4 m x 4 m ó 5 m x 5 m (CATIE, 1991). Para producir forraje, se sugiere establecer rodales con densidades de 20 000 árboles por ha. (0.5 m x 1.0m) y realizar la primera cosecha un año después de la plantación (Pound, 1985).

En sistema agroforestal, esta especie ha sido utilizada generalmente en "Cultivo en callejones" con distanciamientos de 1m entre árboles en la línea y 3.0 a 5.0 m entre callejones, lo cual depende del tipo de cultivo en asocio y la pendiente del terreno.

En lo que respecta a su utilización como forraje, en El Salvador se evaluó el sistema a 1.0 m x 3.0 m, habiéndose obtenido una producción de 14.7 tm/ha de follaje verde a los 12 meses de edad al primer corte.

Control de malezas

Esta especie no tolera la competencia con malezas, por lo cual requiere una preparación adecuada de sitios que conlleve una eliminación total de éstas, especialmente si son gramíneas ya que provocan una fuerte competencia por agua y nutrientes. La copa angosta y el crecimiento inicial lento, no le permite a la leucaena competir con malezas, muchas de las parcelas de ensayo, aún en sitios excelentes fueron canceladas debido a que la especie fue eliminada por éstas.

Preparación del suelo

Al establecer una plantación forestal se debe tener bien claro que el objetivo es obtener resultados satisfactorios en cuanto a rendimiento, en tal sentido, debe tomarse muy en cuenta la preparación adecuada del sitio de plantación.

En primer lugar, como se señaló anteriormente, deben controlarse las malezas y en segundo lugar adecuar el terreno, si la plantación se establecerá con planta producida en bolsa, debe ahoyarse a una profundidad no menor de 30 cm y un diámetro de 30 cm, lo cual ayudará al desarrollo adecuado del sistema radicular de la planta. Si la plantación será en forma directa (por semilla) y si las condiciones de topografía lo permiten, es bueno arar y rastrear el lugar.

En San Pedro Sula, Honduras, se realizó un ensayo de preparación de suelo con arado para una plantación de leucaena en bolsa; sin embargo, los resultados no fueron significativos en cuanto a desarrollo a los 13, 18 y 24 meses; aunque en este último se observó una ligera ventaja en crecimiento en el terreno arado hasta a 40 cm de profundidad. En el terreno arado los árboles median 5.2 m de altura y 3.9 cm de DAP y en el terreno no arado los árboles alcanzaron una altura de 5.0 m y 3.6 cm de DAP.

Fertilización

La leucaena es una especie propia de suelos alcalinos y ligeramente ácidos, donde usualmente existe una concentración mayor de calcio y fósforo asimilable por la planta. Sin embargo, cuando el suelo es muy alcalino (pH arriba de 8) y el contenido de fósforo es bajo, se afecta el crecimiento de la planta. En Filipinas se observó que a los 7 años, la leucaena alcanzaba hasta 7.0 m de altura y 6.8 cm de DAP en suelos con pH entre 5.6 y 6.3; mientras que en suelos con pH cercano a 8, la altura era de 1.6 m y el DAP de 0.8 cm; esto se debió al bajo contenido de fósforo en el suelo alcalino (Gupta y Patil, 1984).

Entre los sitios donde se establecieron los ensayos de leucaena en El Salvador, se observó que en la hacienda San Diego, donde el contenido de calcio oscilaba de 21.4 a 26.6 meq/100 g de suelo, la respuesta de la leucaena en cuanto a incremento medio anual en altura fue de 3.36 m y 3.37 cm de DAP, siendo el sitio donde la especie presentó un mayor desarrollo. En forma general, se indica que la especie requiere niveles adecuados de boro y molibdeno para obtener una buena nodulación; así como de calcio y azufre para obtener altos rendimientos de biomasa.

Sistemas agroforestales

La leucaena es una de las especies leñosas que más se han utilizado e investigado para asociarla con cultivos agrícolas, debido principalmente a su alta capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo. En 1975, Guevara (1976) investigando en Hawaii, estimó que el equivalente de abono químico de una hectárea de leucaena gigante, cosechada durante un año y utilizada como abono vegetal, ascendía a 500 kg de nitrógeno, 200 kg de fósforo y 500 kg de potasio. También se encontró que el material de poda de leucaena es más eficaz cuando se incorpora al suelo que cuando se emplea como capa vegetal protectora.

En Filipinas se empleó la leucaena para controlar la erosión en laderas y aumentar la producción de maíz en sitios con pendientes. En el experimento se plantó la leucaena en hileras dobles espaciada a 0.10 m entre hileras y 0.10 m dentro de la hilera y 1,0 m de espaciamiento entre hileras; el maíz se sembró entre las hileras. La leucaena se podó cada dos meses y el material se colocó entre las hileras. El cultivo intercalado de maíz se realizó por un período de cuatro años. El rendimiento de maíz aumentó en un 380% en comparación con la parcela experimental y la erosión fue de menos del 2,5% que la parcela experimental testigo (Hernández, 1961).

Otra razón por la cual la leucaena se utiliza bastante en sistemas agroforestales, es su alta capacidad de rebrote. Esta especie produce gran cantidad de rebrotes pocos días después del corte (20 a 30 días), lo importante es la altura de corte, debiendo dejarse el tocón a una altura de 1,0 m para asegurar una producción abundante y vigorosa de rebrotes (CATIE, 1991). Sin embargo, en El Salvador, Guillén y Huevo (1989) encontraron que con el corte del tocón a una altura mayor, se obtenía una mayor producción de follaje y una mayor sobrevivencia de plantas después del primer corte.

A partir de 1995, el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) ha implementado un estudio de la validación de cultivos en callejones con maíz y sorgo, de 18 parcelas en todo el país, con espaciamiento de 10 metros entre callejones y de 1.0m entre árboles; a través del cual se evaluará el mejoramiento químico del suelo como efecto de la incorporación de materia verde proveniente de la poda de los árboles, así como el efecto en la producción de maíz y sorgo por un período de cuatro años.

SITIOS Y EXPERIMENTOS ANALIZADOS EN EL SALVADOR

En El Salvador se establecieron 29 experimentos con esta especie forestal con un total de 100 parcelas, de las cuales se eliminaron 10 experimentos por no existir información sobre ellos debido principalmente a falta de manejo.

Se presenta información proveniente de 19 experimentos, de los cuales 16 fueron establecidos como ensayos de evaluación de especies con diseño estadístico y tres ensayos de crecimiento sin diseño estadístico.

Aspectos ecológicos de los sitios de ensayo

El 93% de los ensayos fueron establecidos en sitios de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical (bh-S) y un 5% , de Bosque Seco Tropical (bs-T), con elevaciones desde los 20, hasta los 1050 msnm, observándose que los mejores resultados en cuanto a IMA en altura fueron

en los sitios ubicados abajo de los 100 msnm, a excepción del denominado San Diego, ubicado a 600 msnm, sin embargo, el período de evaluación de éste, fue únicamente de 13 meses.

La precipitación promedio anual fluctuó, desde los 1582 mm en Valle de San Juan, hasta los 2274 mm en Las Lajas, observándose un déficit hídrico general de seis meses al año. Este factor no fue determinante para el IMA observado en cuanto a altura, ya que tanto en Paraje Galán (1548 mm), como en Los Lagos (2274 mm), el IMA fue bajo. La temperatura promedio en casi todos los sitios fue de 26°C, variando desde los 23°C en la cooperativa San Raymundo, Departamento de Ahuachapán a 26.8°C en la zona costera.

Los suelos existentes en los sitios de ensayo fueron muy variables, sin embargo, en los ubicados en la zona costera del país como Monte Fresco, La Providencia, Astoria, Santa Lucía Orcoyo y Tihuilocoyo, el suelo es del grupo Mollic Haplustalf; donde se observó un IMA calificado como alto (2.3 m), aunque los mayores incrementos se observaron en Santa Lucía Orcoyo y Tihuilocoyo (2.52 y 2.7 m) donde los suelos pertenecen a Udic Haplustalf.

RESULTADOS DE CRECIMIENTO

Sobrevivencia

En la mayoría de los sitios, la especie respondió satisfactoriamente en cuanto a sobrevivencia, observándose un promedio mayor de 50%; sin embargo, existe variabilidad en algunos de los sitios como Hacienda La Carrera, donde la repetición uno presentó un 40% de sobrevivencia, la repetición tres apenas alcanzó un 8%, lo cual fue producto de inundaciones periódicas y alta presencia de malezas.

En el sitio 033 (Monte Fresco) el porcentaje de sobrevivencia fue del 8%; lo cual se debió a falta de manejo (limpia), sin embargo, las plantas sobrevivientes mostraron un incremento medio anual de 2.29 m en altura, considerado como un sitio de crecimiento alto para esta especie.

Crecimiento en altura total

Los 19 sitios de ensayo han sido clasificados en cuatro estratos con base al IMA en altura observado.

- Sitios de crecimiento bajo : IMA < 1.0 m
- Sitios de crecimiento medio : IMA > 1.0m y < 2.0m
- Sitios de crecimiento alto : IMA > 2.0m y < 3.0m
- Sitios de crecimiento excelente : IMA > 3.0m

De todos los sitios, el 42.1% presentó crecimiento medio, el 31.6% crecimiento alto, el 21% crecimiento bajo y únicamente el 5.3% presentó un crecimiento excelente.

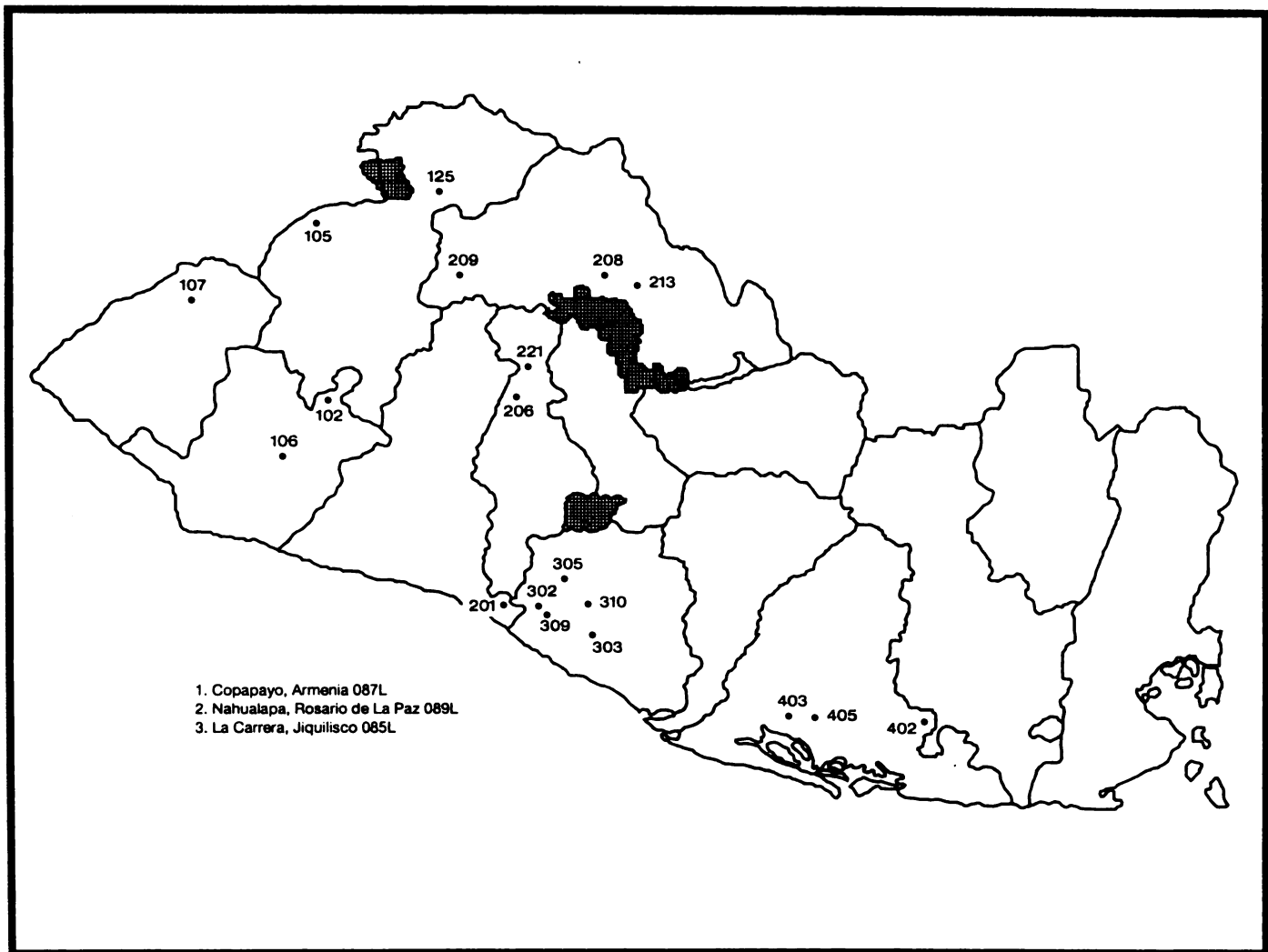


Figura 1. Localización de las parcelas de investigación en *Leucaena leucocephala* establecidas por el Proyecto Madeleña en El Salvador.

Crecimiento en DAP

Según el Cuadro 3, se observa que el efecto de incremento en DAP es proporcional al incremento en altura, a medida que el IMA en altura es superior a 1.18 m, el DAP va siendo más representativo.

Cuadro 3. Localización de los sitios y datos de crecimiento de los experimentos de *Leucaena leucocephala* realizados por el Proyecto Madeleña en El Salvador.

Sitio Nombre	No.	No. Expt.	Altitud. msnm	TMA (%)	No. Mes Secos	PMA (mm)	Zona de vida Hol- dridge	Edad mes	Espac. Inic. (m x m)	Dens. Inic. Arb/ha	Super viven cia %	Altura (m)		DAP (cm)		Incrém. Altura (m/año)
												̄ X	IMA	̄ X	IMA	
Paraje Galán	105	020L	975	23.7	6	1548	Bh-S (c)	32	2x2	2500	88	1.0	0.37	-	-	Bajo ≤ 1.0
Tutultepeque	206	024	450	26.0	6	1940	Bh-S	31	2x2	2500	79	1.6	0.62	3.32	1.28	
Las Lajas	102	010	1050	24.2	5	2274	Bh-S	39	2x2	2500	100	2.4	0.74	2.08	0.64	
Sta. Bárbara Valle Nuevo	208	028	285	25.7	6	1851	Bh-S	30	2x2	2500	73	2.0	0.80	-	-	
San Raymundo	107	027	620	23.0	6	1568	Bh-S	19	2 x 2	2500	86	1.9	1.20	-	-	Medio >1.1 -2.0
Nahualapa	310	089	100	26.8	6	1796	Bh-S	27	2 x 2	2500	87	2.78	1.23	3.85	1.71	
Las Victorias	106	021	635	24.2	6	2274	Bh-S	64	2 x 2	2500	60	6.30	1.18	9.83	1.84	
Potrero Sula	209	030	420	25.7	6	1618	Bh-T	16	2 x 2	2500	80	1.87	1.40	-	-	
Cion.Barillas	213	042	400	25.7	6	2043	Bh-S	19	2 x 2	2500	70	2.50	1.58	2.84	1.80	
Santa Clara	309	065	20	26.4	6	1737	Bh-S	54	2 x 2	2500	60	7.53	1.67	7.46	1.66	
La Carrera	405	083	75	26.6	6	1756	Bh-S	49	2 x 2	2500	34	6.90	1.69	8.06	1.98	
San Francisco Bolívar	221	059	400	23.8	6	1674	Bh-S	32	2 x 2	2500	76	5.05	1.89	4.85	1.82	
Monte Fresco	402	033	75	26.6	5	1721	Bh-S	42	2 x 2	2500	8	7.1	2.03	6.95	1.99	Alto 2.1 -3.0
Valle San Juan	403	057	100	26.6	6	1532	Bh-S	16	2 x 2	2500	75	2.73	2.05	-	-	
La Providencia	302	022	50	26.4	6	2213	Bh-S	30	2 x 2	2500	93	6.07	2.43	5.61	2.24	
Astoria	305	067	20	26.4	6	1727	Bh-S	24	2 x 2	2500	84	4.90	2.45	5.34	2.67	
Sta. Lucía Orc.	201	078	85	26.4	6	2213	Bh-S	43	2 x 2	2500	98	9.00	2.52	9.83	2.75	
Tihuilocoyo	303	025	20	26.8	6	1767	Bh-S	28	2 x 2	2500	66	6.28	2.70	6.82	2.93	
San Diego	125	092	600	25.3	6	1319	Bs-T	13	2 x 2	2500	98	3.63	3.36	3.64	3.37	Excelente ≥ 3.1

Cuadro 4. Propiedades físicas y químicas de los suelos donde se establecieron los ensayos de *Leucaena leucocephala* en El Salvador

No. De Experm	Sitio	No. De Perfil	No. De Horiz.	Textura	pH	MO %	Estractables (meq/100g Suelo)			CIC	Profundidad Superior	Profundidad Inferior
							Ca	Mg	K			
020L	105	47	1	FA	6.3	3.8	13.8	2.8	-	24.6	0	15
020L	105	47	2	FA	6.5	2.0	11.8	2.6	-	25.2	15	50
020L	105	47	3	A	6.5	1.0	15.9	4.8	-	30.1	50	80
020L	105	47	4	A	6.7	0.9	19.1	6.8	-	34.3	80	110
020L	105	47	5	A	7.0	0.8	20.4	6.7	-	33.1	110	145
020L	105	47	6	FA	6.9	0.2	21.3	7.2	-	30.5	+110	-
021L	106	26	1	-	5.3	5.1	13.1	3.8	-	39.8	0	11
021L	106	26	2	-	5.5	2.4	14.9	3.9	-	43.3	11	49
021L	106	26	3	-	6.0						49	84
021L	106	26	4	-	6.0						84	110
022L	302	33	1	-	5.2		4.1	1.1	-		0	20
022L	302	33	2	-	5.7		5.5	1.4	-		20	54
022L	302	33	3	-	5.8						54	70
024L	206	6	1	-	6.0	6.0	10.3	2.4	-	33.3	0	20
024L	206	6	2	-	5.5	1.6	5.1	3.0	-	32.6	20	48
024L	206	6	3	-	5.1						48	62
024L	206	6	4	-	5.0						74	70
025L	303	20	1	-	5.4	2.0	5.3	1.3	-	20.7	0	28
025L	303	20	2	-	5.7	0.5	10.6	2.2	-	33.5	28	54
025L	303	20	3	-	6.0						54	81
025L	303	20	4	-	6.0						81	108
025L	303	20	5	-	6.2						108	140
027L	107	1	1	-	5.6	5.0	12.7	3.8	-	40.9	0	12
027L	107	1	2	-	5.6	2.1	11.7	4.3	-	37.7	12	48
027L	107	1	3	-	5.7						048	74
027L	107	1	4	-	5.7						74	-
028L	208	15	1	FA	5.0	2.4	2.8	0.6	-	13.6	0	23
028L	208	15	2	FA	6.3	0.5	4.2	1.0	-	10.4	23	44
028L	208	15	3	FA	6.3	0.9	10.3	3.1	-	24.4	44	80
028L	208	15	4	A	6.9	0.4	24.6	13.6	-	47.3	>80	-
029L	208	15	1	FA	5.0	2.4	2.8	0.6	-	13.6	0	23
029L	208	15	2	FA	6.3	0.5	4.2	1.0	-	10.4	23	44
029L	208	15	3	FA	6.3	0.9	10.3	3.1	-	24.4	44	80
029L	208	15	4	A	6.9	0.4	24.6	13.6	-	47.3	>80	-
030L	209	25	1	-	5.6	5.8	17.8	7.9	-	47.2	0	12
030L	290	25	2	-	5.6	2.2	21.3	12.5	-	59.4	12	42
030L	290	25	3	-	5.9						42	90
030L	209	25	4	-	6.1						90	105
031L	401	24	1	-	6.3	4.0	24.9	6.8	-	58.0	0	19
031L	401	24	2	-	7.0	1.0	24.7	6.9	-	57.4	19	42
031L	401	24	3	-	7.2						42	84
033L	402	37	1	-	6.4	7.9	23.0	2.6	-	44.6	0	20
033L	402	37	2	-	6.1	6.0	16.8	1.2	-	38.7	20	45
033L	402	37	3	-	6.1						45	76
033L	402	37	4	-	6.1						76	100
042L	213	32	1	-	5.0	3.1	4.9	1.2	-	16.0	0	10
042L	213	32	2	-	4.8	2.0	3.9	0.7	-	16.0	10	60
042L	213	32	3	-	5.0						60	100
042L	213	32	4	-	5.6						100	195

Continúa Cuadro 4.

No. De Exprim	Sitio	No. De Perfil	No. De Horiz.	Textura	pH	MO %	Estractables (meq/100g Suelo)			CIC	Profundidad Superior	Profundidad Inferior
							Ca	Mg	K			
062L	306	35	1	-	5.9	3.7	5.2	0.8	-	16.0	0	18
062L	306	35	2	-	5.8	0.8	4.7	0.8	-	13.8	18	38
062L	306	35	3	-	5.8	-					38	65
062L	306	35	4	-	6.0	-					65	120
062L	306	35	5	-	6.1	-					120	150
065L	309	19	1	-	6.1	2.7	6.6	2.1	-	17.6	0	32
065L	309	19	2	-	6.2	0.5	2.8	0.9	-	10.4	32	46
065L	309	19	3	-	6.0	-	7.8	2.7	-	25.3	46	75
065L	309	19	4	-	6.0	-					75	87
065L	309	19	5	-	6.0	-					87	120
067L	305	21	1	-	5.8	3.9	17.2	2.9	-	28.2	0	16
067L	305	21	2	-	6.8	3.3	17.9	2.4	-	25.2	16	42
067L	305	21	3	-	6.7	-					42	90
067L	305	21	4	-	6.5	-					90	210
078L	201	30	1	-	5.8	2.8	6.8	1.2	-	17.6	0	21
078L	201	30	2	-	5.7	1.5	5.8	1.0	-	14.8	21	68
078L	201	30	3	-	5.6	-					68	100
078L	201	30	4	-	6.0	-					100	118
078L	201	30	5	-	6.0	-					118	150
083L	405	22	1	-	6.2	4.2	15.8	5.4	-	-	0	20
083L	405	22	2	-	6.4	3.1	14.6	5.0	-	-	20	58
083L	405	22	3	-	6.5	-					58	94
083L	405	22	4	-	6.5	-					94	148
083L	405	22	5	-	6.6	-					148	157
089L	310	40	1	F	6.2	2.0	5.1	1.3	-	13.3	0	13
089L	310	40	2	F	6.5	0.5	4.8	1.0	-	12.3	13	35
089L	310	40	3	FL	6.7	0.5	5.6	1.0	-	10.7	35	65
089L	310	40	4	F	6.7	0.1	1.2	0.3	-	3.6	65	77
089L	310	40	5	FA	6.5	1.0	12.5	4.2	-	25.7	77	97
089L	310	40	6	A	6.6	0.7	14.9	6.2	-	37.2	97	125
092L	125	49	1	FA	6.7	6.0	21.4	9.7	-	43.7	0	15
092L	125	49	2	FA	6.9	4.2	25.3	10.9	-	45.6	15	45
092L	125	49	3	FA	6.8	4.0	25.3	8.4	-	47.7	45	80
092L	125	49	4	FA	7.0	3.2	26.6	8.1	-	46.0	80	110
092L	125	49	5	FAL	6.9	2.9	25.1	7.9	-	45.8	+110	

CONCLUSIONES

De acuerdo a los análisis de propiedades físicas y químicas de los suelos en cada uno de los sitios de ensayo en El Salvador, como se detalla en el Cuadro 4, es importante resaltar lo siguiente:

Contenido de pH, materia orgánica y calcio

En 13 de los sitios muestreados se reporta un pH óptimo (de 5 a 6) y en seis de ellos un pH básico (> 6.0); sin embargo, no se considera esto como una variable determinante, ya que en sitios de crecimiento bajo como Santa Bárbara y Valle Nuevo, el pH oscilaba de 6.3 a 6.9 (básico) igual que en Tihuilcoyo considerado como un sitio de crecimiento alto.

En cuanto al contenido de materia orgánica de los suelos, también ha sido muy variable, tanto en sitios de crecimiento bajo como alto, se observa que el contenido de materia orgánica es mediano (con un porcentaje entre 2.1% a 5.0%); así también se observa que en algunos sitios de crecimiento bajo, medio y alto, se encuentran contenidos altos de materia orgánica. Del mismo modo, el contenido de calcio del suelo en todos los sitios de ensayo fue óptimo (4.20 meq/100 g de suelo).

Por las razones anteriores, se concluye que ni el pH, el contenido de materia orgánica ni de calcio, han sido factores determinantes para el crecimiento de la leucaena. Sin embargo, se observa que en aquellos sitios ubicados en la zona costera del país donde la mayoría de los suelos son Regosoles, la especie muestra crecimientos altos, no así en el interior del país. Otro factor determinante aún en la zona costera, es el manejo que se da a la plantación, especialmente en los primeros tres años cuando no se hace control de malezas, la especie tiende a morir.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones sobre los resultados obtenidos en cuanto al incremento medio anual tanto en altura como en diámetro, se recomienda utilizar esta especie para sitios ubicados en la zona costera del país desde los departamentos de Usulután hasta Sonsonate, en sitios cuya altura alcanza como máximo los 125 msnm; los cuales pertenecen a la clasificación de Haplostalf. Así también, se debe realizar un buen control de malezas especialmente durante los primeros tres años de establecimiento.

Sin embargo, la necesidad de mejorar los suelos cultivados con granos básicos a fin de reducir los costos de fertilización hace imperante continuar con más estudios de crecimiento de la especie en sitios de ladera ubicados en la zona norte de El Salvador.

BIBLIOGRAFIA

- BREWBAKER, J.L.; HUTTON, E.M. 1979. *Leucaena*, versatile tropical tree legume In *New Agricultural Crops*. AAAS Westview Press Boulder Colorado.
- CATIE. 1991. *Leucaena*, *Leucaena leucocephala* (Lam. de Wit.): especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 166. 60 p.
- CATIE. 1986. Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central: Resultados de cinco años de investigación, Turrialba, Costa Rica. 220 p.
- GUILLEN, L.; HUEZO, R. 1989. Evaluación de la leucaena (*Leucaena leucocephala*) como sustituto protéico de la harina de semilla de algodón, en alimentación de bovinos lecheros. *Agroforestería (C.R.)* No. 4: 1-6.
- GUPTA, V.; PATIL, B. 1984. Performance of the leucaena species and híbrids. *Leucaena research report* 5. pag. 27-28.
- GUEVARA, A.B. 1976. Managment of *Leucaena leucocephala* (Lam de Wit) for maximun yield and nitrogen contribution to intercropped corn. Tesis doctoral inédita. Universidad de Hawaii.
- HERNANDEZ, C.C. 1961. A new method of farming hillsides *Coffee and Cacao Journal*. vol 14, No.5. Manila.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (NAS).1984. *Especies para leña: Arboles para la producción de leña*, traducción de la edición inglesa por Vera Argüello de Fernández y TRADINSA, Turrialba, Costa Rica, CATIE. 341 p.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (NAS). 1977. *Leucaena Promising forage and tree crop for the tropics*, Washington, D.C.
- POUND, B., 1985. *Leucaena*, su cultivo y utilización, Universidad Autónoma de Santo Domingo, República Dominicana. 289 p.
- SALAZAR R., *et al*, 1987. Comportamiento de *Leucaena* en Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Informe Técnico No. 115. 42 p.



Combinación agroforestal de *Leucaena leucocephala* y piña, en San Andrés, El Salvador.

ESPECIE: *Cassia siamea*

Redactor: Juan Salinas

DESCRIPCION BOTANICA Y ECOLOGICA

Nombre Científico: *Cassia siamea* Lam

Nombre común: Flor Amarilla en El Salvador

Otros nombres : Casia, Casia Amarilla, Flamboyán Amarillo.

Familia: Leguminosae (Caesalpinioideae)

Origen y distribución

Es originaria del sureste asiático, desde el sur de la India y Sri Lanka, Myanmar (antigua Birmania), Tailandia y Malasia. Se encuentra distribuida en varios países tropicales. En América Central se utiliza, como ornamental, protección de fuentes de agua leña y sombra (CATIE, 1986).

Descripción de la especie

Cassia siamea es una especie de rápido crecimiento, siempre verde que puede alcanzar entre 18 y 25 m de altura total y diámetros (DAP) de 30 a 60 cm. El tronco es liso, de forma recta, torcida o curvada; de copa densa redondeada o variable. En terrenos sin pedregosidad, sueltos y profundos, esta especie desarrolla un sistema radicular profundo y en terrenos endurecidos o compactados las raíces son superficiales. Produce grandes ramos de flores amarillas muy vistosas y vainas largas de color café a negro, que cuelgan en racimos terminales (CATIE, 1986). Es muy utilizada por su fácil establecimiento, alta sobrevivencia y potencial para ayudar al control de erosión, tolerancia a la sequía y a los suelos pobres y por los múltiples productos y servicios adicionales que proporciona, tales como leña, postes, sombra, cercas vivas y en linderos.

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

Temperatura

Es una especie propia de climas tropicales sin heladas. En su ámbito natural la especie crece en temperaturas alrededor de 24 °C. En América Central se le ha cultivado en lugares con temperaturas medias entre 24 °C y 28°C y en El Salvador en zonas con temperaturas desde 23 hasta 26.8 °C.

Precipitación

En su región de origen la precipitación varía de 500 a 1800 mm y con tres a seis meses secos. En El Salvador se ha cultivado especialmente en lugares con precipitaciones que van desde 1300 hasta 1900 mm, con cinco a seis meses secos y hasta ocho meses secos en algunos casos.

Elevación

El rango altitudinal varía de 0 a 1000 m, con mejores crecimientos debajo de los 500 msnm. Normalmente es resistente a vientos fuertes. En El Salvador se le ha plantado entre 20 y 975 msnm.

Suelos

Requiere suelos sueltos, arenosos o franco arenosos, profundos, con buen drenaje, relativamente ricos en nutrimentos. Sin embargo, en El Salvador se han observado buenos crecimientos en suelos pedregosos y arcillosos.

Factores limitantes

Los árboles jóvenes sufren ramoneo por ganado y fauna silvestre, por lo que deben protegerse. Otro problema fuerte es el ataque de la hormiga Zompopo (*Atta* sp) por lo que deben combatirse desde el establecimiento de la plantación.

CARACTERISTICAS Y USOS

Leña

Es muy utilizada para leña debido a su alto valor calorífico aunque a veces, dependiendo del estado de la madera, produce mucho humo al arder. Es buena para la producción de carbón. Es fácil de rajar y seca fácil al aire (CATIE, 1986).

Madera

Es dura y de peso específico alto (0.6 a 0.8 g/cm³) puede utilizarse para construcciones, postes, ebanistería, tornería, y puntales de minas.

Otros Usos y servicios

Además de lo mencionado anteriormente, también es utilizada para los siguientes usos y servicios (CATIE, 1986):

- Fija nitrógeno (N) del aire y aporta fósforo (P) y potasio (K) al suelo
- Como ornamental en parques y en el hogar
- Para protección de fuentes de agua
- Como cortina rompevientos, debido a que es una especie siempre verde
- Es muy utilizada para producción de miel
- En agroforestería, como sombra de café y cacao, y en asocio con pastos.
- También se ha utilizado como forrajera para rumiantes.

En El Salvador esta especie está tomando mucho auge en la caficultura donde la están usando como sombra del cultivo del café, específicamente en cafetales ubicados entre Santa Ana y Chalchuapa donde manejan las copas del árbol adecuándola a las necesidades de sombra que el cultivo necesita. Otros usos que se pueden citar es el empleo de esta especie en áreas verdes de residencias, calles, avenidas y parques; donde por su copa densa y bellas flores, se usa como sombra y ornamentación. También es usada en viveros forestales como sombra para protección de las nuevas plantas.

Un caso que no debe dejarse de mencionar es el uso de esta especie en los parques de la ciudad de Ahuachapán, donde en el día es usada como sombra por las personas y en la noche sirve como hospedaje para cientos de aves de distintas especies que, noche tras noche, llegan desde el oriente de Guatemala a reunirse en estos lugares.

SILVICULTURA

Regeneración natural

En su área de distribución natural, la abundante producción de semilla y la germinación fácil y rápida permiten la producción de brinzales en las áreas donde se encuentren rodales de esta especie. Sin embargo, ni en El Salvador ni en América Central se ha observado regeneración natural.

Recolección de semillas

En América Central la época de floración es a finales de la estación lluviosa y la recolección de semillas se puede realizar entre diciembre y junio. En El Salvador, la recolección de frutos se desarrolla principalmente en los meses de abril a junio. Las vainas se recolectan del árbol cuando tienen un color café oscuro, las cuales se secan al sol y las semillas se almacenan en recipientes sellados en lugares secos, frescos y ventilados.

Propagación

Las semillas frescas no requieren tratamiento de presiembra. En semillas almacenadas por largo tiempo se hace necesario tratarla sumergiéndola en agua caliente (80 °C) por 50 segundos; en agua a temperatura ambiental por 24 horas o mediante escarificación mecánica (se recomienda ensayar con pequeñas muestras, antes de trabajar con cualquier método). Las plantas pueden producirse en germinadores de arena, para posterior repique, o sembrar las semillas directamente a la bolsa, colocando 2 ó 3 semillas/bolsa o en bancales para la producción a raíz desnuda o seudoestacas.

El tiempo de germinación varía entre 5 y 12 días. Las plántulas deben permanecer en vivero entre 14 a 16 semanas, cuando se produce planta en bolsa. Para producción de seudoestacas se requieren períodos de hasta un año, cuando han alcanzado al menos un centímetro de diámetro en el cuello de la raíz. La semilla también se puede sembrar directamente en el campo, pero es necesario un buen laboreo del suelo y un buen control de malezas (CATIE, 1986).

Es una especie de fácil reproducción pues ha sido usada en viveros comunales y familiares; allí, personas sin mayor experiencia llevan a cabo todas las faenas que comprende la producción de plántulas, obteniendo buenos resultados. Esto prueba también la buena acogida que esta especie tiene en las zonas rurales por sus diversos usos y fácil reproducción.

Manejo silvicultural

En El Salvador no existe información sobre densidades de plantación y distancias óptimas para diferentes fines, control de malezas, fertilización, y sobre prácticas de manejo como podas, raleos y manejo de rebrotes, por lo que es importante seguir investigando.

En el Cuadro 3 se presentan algunas de las mayores áreas de plantación existentes de esta especie en El Salvador, donde se pueden realizar algunas investigaciones.

SITIOS Y EXPERIMENTOS ANALIZADOS

Características de clima y suelos

Los experimentos analizados para este documento fueron establecidos en 17 lugares completando un total de 49 parcelas. La mayoría de estas parcelas se establecieron en terrenos de asociaciones cooperativas del sector reformado en varios departamentos, según se muestra en el Cuadro 5, cubriendo así la mayor parte del territorio nacional.

En cuanto a los datos climáticos, la elevación de los sitios varió desde los 20 a 975 msnm, la precipitación media anual de 1300 a 2274 mm y la temperatura media anual de 23.0°C a 26.8°C. Estos sitios se ubican en dos zonas de vida; bosque seco y bosque húmedo subtropical (Holdridge).

El mapa mundial de suelos de FAO-UNESCO identifica más de 200 asociaciones diferentes para la región de América Central, compuestas por uno o más suelos que ocupan posiciones características en el paisaje. Los suelos en América Central se distribuyen en dos grandes regiones: Tierras bajas y tierras altas. Las tierras bajas se extienden desde Belice hasta Panamá a lo largo de la costa Antillana.

Dentro de las tierras altas se distinguen cinco subregiones: 1- Las cadenas calizas plegadas y tierras bajas adyacentes a El Petén, Guatemala; 2- Las montañas Mayas; 3- Las tierras altas no volcánicas; 4- Las tierras altas ístmicas y tierras bajas adyacentes y 5- Las tierras altas volcánicas; cada una con características bien diferenciadas (CATIE, 1986).

De acuerdo con el Cuadro 1, los tipos de suelo sobre los que se encuentran los 17 ensayos evaluados para *Cassia siamea*, corresponden a suelos Inceptisols en un 43 %, Alfisols con el 28%, Vertisols y Molisols con 7 % y Entisols con un 14 % de los sitios.

Para tener una idea de los valores, se anotan a continuación los datos de fertilidad del primer horizonte. En estos sitios el pH varió de 5.0 y 7.0, los porcentajes de materia orgánica (MO) variaron de 0.2 que es bajo, hasta niveles adecuados de 6 %; los contenidos de calcio de 2.8 que es adecuado hasta 24.6 meq/100 ml de suelo y el magnesio de 0.6 a 10.1 meq/100 ml de suelo. Estos suelos se caracterizan por tener profundidades que van desde 11 cm en Las Victorias, Caluco hasta los 32 cm en Santa Clara, San Luis Talpa (Cuadro 3).

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas de los suelos donde se establecieron los ensayos de *Cassia siamea* en El Salvador.

No. Exper.	Sitio	No. Perfil	No Horiz	Textura	pH	MO %	Extractables (meq/100 g Suelo)			CIC	Prof. Sup.	Prof. Inf.	Tipo Suelo
							Ca	Mg	K				
013L	103	3	1	-	5.5	3.4	20.1	10.1	-	46.8	0	15	Paralithic
013L	103	3	2	-	5.7	2.0	23.5	15.1	-	55.4	15	52	Udic
013L	103	3	3	-	5.8	-	-	-	-	-	52	83	Ustropept
020L	105	47	1	FA	6.3	3.8	13.8	2.8	-	24.6	0	15	Chromusterts entico
020L	105	47	2	FA	6.5	2.0	11.8	2.6	-	25.2	15	50	
020L	105	47	3	A	6.5	1.0	15.9	4.8	-	30.1	50	80	
020L	105	47	4	A	6.7	0.9	19.1	6.8	-	34.3	80	110	
020L	105	47	5	A	7.0	0.8	20.4	6.7	-	33.1	110	145	
020L	105	47	6	FA	6.9	0.2	21.3	7.2	-	30.5	+110	-	
021L	106	26	1	-	5.3	5.1	13.1	3.8	-	39.8	0	11	Umbric Haplustlf
021L	106	26	2	-	5.5	2.4	14.9	3.9	-	43.3	11	49	
021L	106	26	3	-	6.0	-	-	-	-	-	49	84	
021L	106	26	4	-	6.0	-	-	-	-	-	84	110	
024L	206	6	1	-	6.0	6.0	10.3	2.4	-	33.3	0	20	Udic o Ultic haplustall
024L	206	6	2	-	5.5	1.6	5.1	3.0	-	32.6	20	48	
024L	206	6	3	-	5.1	-	-	-	-	-	48	62	
024L	206	6	4	-	5.0	-	-	-	-	-	62	70	
025L	303	20	1	-	5.4	2.0	5.3	1.3	-	20.7	0	28	Udic haplustall
025L	303	20	2	-	5.7	0.5	10.6	2.2	-	33.5	28	54	
025L	303	20	3	-	6.0	-	-	-	-	-	54	81	
025L	303	20	4	-	6.0	-	-	-	-	-	81	108	
025L	303	20	5	-	6.2	-	-	-	-	-	108	140	
027L	107	1	1	-	5.6	5.0	12.7	3.8	-	40.9	0	12	Undertic haplustalf
027L	107	1	2	-	5.6	2.1	11.7	4.3	-	37.7	12	48	
027L	107	1	3	-	5.7	-	-	-	-	-	48	74	
027L	107	1	4	-	5.7	-	-	-	-	-	74	-	
028L	208	15	1	Fa	5.0	2.4	2.8	0.6	-	13.6	0	23	Trapto Ultic Aerice tropaquept
028L	208	15	2	Fa	6.3	0.5	4.2	1.0	-	10.4	23	44	
028L	208	15	3	FA	6.3	0.9	10.3	3.1	-	24.4	44	80	
028L	208	15	4	A	6.9	0.4	24.6	13.6	-	47.3	>80	-	
029L	208	15	1	Fa	5.0	2.4	2.8	0.6	-	13.6	0	23	
029L	208	15	2	Fa	6.3	0.5	4.2	1.0	-	10.4	23	44	
029L	208	15	3	FA	6.3	0.9	10.3	3.1	-	24.4	44	80	
029L	208	15	4	A	6.9	0.4	24.6	13.6	-	47.3	>80	-	
030L	209	25	1	-	5.6	5.8	17.8	7.9	-	47.2	0	12	Aeric Vertic trapaquept
030L	209	25	2	-	5.6	2.2	21.3	12.5	-	59.4	12	42	
030L	209	25	3	-	5.9	-	-	-	-	-	42	90	
030L	209	25	4	-	6.1	-	-	-	-	-	90	105	
031L	401	24	1	-	6.3	4.0	24.9	6.8	-	58.0	0	19	Vertic Andaquept o tropaquept
031L	401	24	2	-	7.0	1.0	24.7	6.9	-	57.4	19	42	
031L	401	24	3	-	7.2	-	-	-	-	-	42	84	
062L	306	35	1	-	5.9	3.7	5.2	0.8	-	16.0	0	18	
062L	306	35	2	-	5.8	0.8	4.7	0.8	-	13.8	18	38	
062L	306	35	3	-	5.8	-	-	-	-	-	38	65	

062L	306	35	4	-	6.0	-	-	-	-	-	65	120	
062L	306	35	5	-	6.1	-	-	-	-	-	120	150	
065L	309	19	1	-	6.1	2.7	6.6	2.1	-	17.6	0	32	Mollic vitrandept
065L	309	19	2	-	6.2	0.5	2.8	0.9	-	10.4	32	46	
065L	309	19	3	-	6.0	-	7.8	2.7	-	25.3	46	75	
065L	309	19	4	-	6.0	-	-	-	-	-	75	87	
065L	309	19	5	-	6.0	-	-	-	-	-	87	120	
067L	305	21	1	-	5.8	3.9	17.2	2.9	-	28.2	0	16	Mollic ustipsament
067L	305	21	2	-	6.8	3.3	17.9	2.4	-	25.2	16	42	
067L	305	21	3	-	6.7	-	-	-	-	-	42	90	
067L	305	21	4	-	6.5	-	-	-	-	-	90	210	
083L	405	22	1	-	6.2	4.2	15.8	5.4	-	-	0	20	Udic haplustoll
083L	405	22	2	-	6.4	3.1	14.6	5.0	-	-	20	58	
083L	405	22	3	-	6.5	-	-	-	-	-	58	94	
083L	405	22	4	-	6.5	-	-	-	-	-	94	148	
083L	405	22	5	-	6.6	-	-	-	-	-	148	157	
089L	310	40	1	F	6.2	2.0	5.1	1.3	-	13.3	0	13	Vitrandept
089L	310	40	2	F	6.5	0.5	4.8	1.0	-	12.3	13	35	
089L	310	40	3	FL	6.7	0.5	5.6	1.0	-	10.7	35	65	
089L	310	40	4	F	6.7	0.1	1.2	0.3	-	3.6	65	77	
089L	310	40	5	FA	6.5	1.0	12.5	4.2	-	25.7	77	97	
089L	310	40	6	A	6.6	0.7	14.9	6.2	-	37.2	97	125	
092L	125	49	1	FA	6.7	6.0	21.4	9.7	-	43.7	0	15	Ustifluent acuico
092L	125	49	2	FA	6.9	4.2	25.3	10.9	-	45.6	15	45	
092L	125	49	3	FA	6.8	4.0	25.3	8.4	-	47.7	45	80	
092L	125	49	4	FA	7.0	3.2	26.6	8.1	-	46.0	80	110	
092L	125	49	5	FAL	6.9	2.9	25.1	7.9	-	45.8	+110	-	

Características de las parcelas

Las plántulas para los ensayos proviene de semilla donada por el Banco Latinoamericano de Semillas Forestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica, las cuales proceden de los países de Centro América donde ya existían plantaciones adultas y las plantaciones mencionadas en el Cuadro 2, provienen de semillas recolectadas en el Parque Cuscatlán de San Salvador cuyos árboles presentan buena forma y excelente crecimiento.

Todas las pruebas se establecieron siguiendo el diseño estadístico de bloques completos al azar, con diferente número de tratamientos y repeticiones. La unidad experimental estuvo compuesta por una parcela útil de 16 ó 25 árboles con líneas de borde.

Los resultados se presentan a diferentes edades (Cuadro 2). Las variables consideradas para determinar el valor de la especie fueron supervivencia, altura total y diámetro en las condiciones ofrecidas por cada sitio.

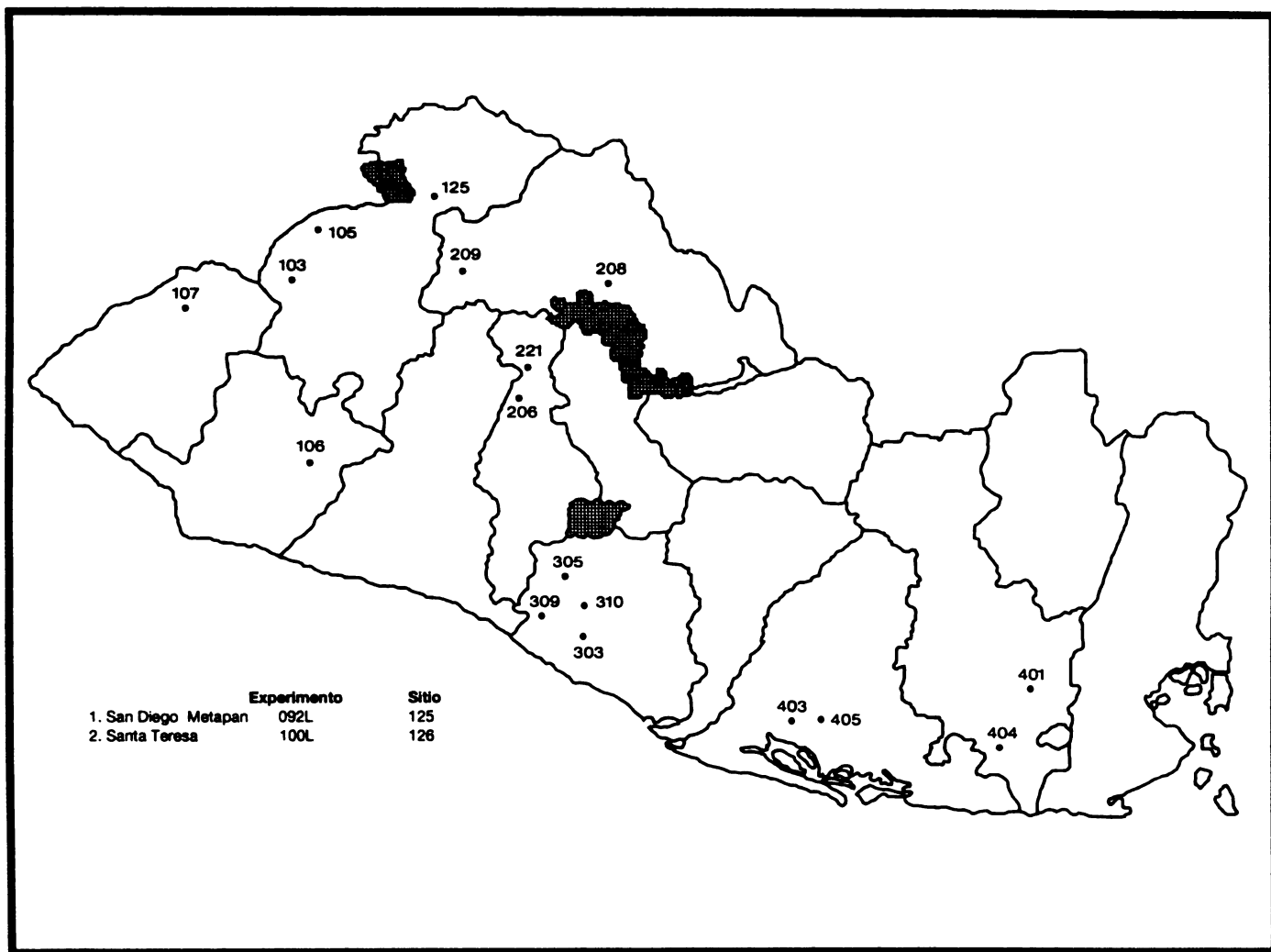


Figura 1. Sitios donde se establecieron parcelas de investigación en *Cassia siamea* en El Salvador.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2 se encuentra la información de crecimiento de las 49 parcelas de los 17 experimentos analizados.

El crecimiento de cualquier especie esta afectado por el manejo que se le dé a la parcela, por su edad y por la calidad del sitio donde está creciendo. La edad de los ensayos analizados a continuación varía de 16 a 66 meses. En todas las parcelas se utilizó un distanciamiento de 2 x 2 m lo que da una densidad de 2500 árboles iniciales por hectárea.

En el cuadro 2 se da a conocer lo que se ha investigado a nivel nacional y el comportamiento de la especie a nivel de campo analizando supervivencia, crecimiento en diámetro y altura para *Cassia siamea*.

Cuadro 2. Localización de los sitios y datos de crecimiento de los experimentos de *Cassia siamea* establecidos por el Proyecto Madeleña en El Salvador.

Sitio Nombre	No. No	No. Exp	Alti msn m	TMA (°C)	No. mes seco	PMA (mm)	Zona Vida Holdridge	Edad meses	Espc. Inicial (mxm)	Dens. Inic. árb/ha	Super viven. %	Altura (m)		DAP (cm)		Increm Altura (m/año)
												\bar{x}	IMA	\bar{x}	IMA	
Paraje Galán Cand. La Frontera Santa Ana Las Victorias Caluco, Sonsonate Tutultepeque Nejapa San Salvador Valle S. Juan Jiquilisco Usulután La Criba Cand. La Frontera Santa Ana San Raymundo Ahuachapán	105	020L	975	23.7	6	1548	Bh-S	19	2 x 2	2500	57.0	1.2	0.7	-	-	Bajo
	106	021L	635	24.0	6	2274	Bh-S	64	2 x 2	2500	77.7	5.2	1.0	7.5	1.42	
	206	024L	450	26.0	6	1940	Bh-S	31	2 x 2	2500	6.0	2.1	0.8	-	-	
	403	057L	100	26.6	6	1532	Bh-S (c)	16	2 x 2	2500	28.0	1.0	0.8	-	-	
	103	013L	640	23.7	6	1548	Bh-S	67	2 x 2	2500	98.5	5.8	1.1	8.81	1.57	
	107	027L	620	23.0	6	1568	Bh-S	19	2 x 2	2500	66.7	2.0	1.2	-	-	
S. Bárbara N.V. El Paraíso Chalatenango Potrero Sula Nva. Concepción Chalatenango La Ceiba San Miguel Chilanguera Chirilagua Usulután S. Fco. Bolívar Aguilares San Salvador La Carrera Jiquilisco Usulután	208	028L	285	25.7	6	1851	Bh-S	30	2 x 2	2500	34.7	3.1	1.3	4.78	1.91	Medio
	209	030L	420	25.7	6	1618	Bh-T	66	2 x 2	2500	73.4	8.4	1.5	8.59	1.56	
	401	031L	70	26.8	6	1300	Bh-S	66	2 x 2	2500	100.0	8.2	1.5	14.14	2.57	
	404	058L	50	26.8	6	1525	Bh-S (c)	58	2 x 2	2500	100.0	7.5	1.6	10.05	2.09	
	221	059L	400	23.8	6	1674	Bh-S	32	2 x 2	2500	68.0	4.5	1.8	5.30	2.04	
	405	083L	75	26.6	6	1756	Bh-S	49	2 x 2	2500	87.0	7.1	1.8	8.34	2.03	
Tihuilocoyo Stgo. Nonualc. La Paz Nahuapala	303	025L	20	26.8	6	1767	Bh-S	61	2 x 2	2500	71.0	10.3	2.0	13.03	2.55	Alto
	310	089L	100	26.8	6	1796	Bh-S	42	2 x 2	2500	58.0	7.0	2.2	8.14	2.54	

11/07/00 D.F.D

Rosario La Paz Santa Clara San Luis Talpa	309	065L	20	26.4	6	1737	Bh-S	58	2 x 2	2500	72.0	10.1	2.1	12.14	2.53	
Astoria San Luis Talpa San Diego	305	067L	20	26.4	6	1727	Bh-S	24	2 x 2	2500	26.0	4.5	2.3	6.10	3.05	
Metapán	125	092L	600	25.3	6	1319	Bh-t	38	2 x 2	2500	84.0	9.1	2.8	9.89	3.09	

Cuadro 3. Plantaciones mayores a dos hectáreas de *Cassia siamea*, establecidas por propietarios particulares en El Salvador.

Ubicación	Propietario	Extensión
Presa Hidroeléctrica 15 de Setiembre, San Vicente	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa CEL	10 (ha)
Presa Hidroeléctrica Cerrón Grande, Cuzcatlán	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa CEL	80 (ha)
Presa Hidroeléctrica 15 de Noviembre, Cabañas	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa CEL	14 (ha)
Granja El Capo, La Paz	INCOCA	2.5 (ha)
Agropecuaria El Triunfo, Sonsonate	ENZO GIAMMATEI	3.0 (ha)

Sobrevivencia

Se observa que, en cuatro experimentos, la *Cassia siamea* presenta sobrevivencias menores del 34.7%, con edades entre los 16 y 31 meses de edad; dichos experimentos se incluyeron porque la pérdida de los árboles se debió a falta de protección y no a problemas de rendimiento de la especie, lo que significa que si los ensayos hubieran recibido mayor atención, los resultados en cuanto a sobrevivencia serían superiores.

Lo mismo ocurrió para los 8 experimentos en los cuales presentan sobrevivencias entre 57 y 73.4%, dos de éstos con sólo 19 meses de edad y los restantes con edades que oscilan entre los 32 y 66 meses. Además, se observa que en cinco experimentos dicha especie presenta un buen prendimiento, encontrándose resultados entre 87 a un 100%. De esta forma se pueden distinguir tres grupos bien diferenciados. Cabe mencionar que la sobrevivencia en otros sitios reportados de plantaciones puras, establecidas por particulares en distintos lugares en el país, ha sido muy buena; alcanzando porcentajes por encima del 90% (Cuadro 2).

Comparando los resultados de supervivencia obtenidos, se puede afirmar que el interés de los propietarios desempeña un papel importante, pues de ello depende la protección que reciban las plantaciones.

Altura

Los valores de los rangos de crecimiento varían por especie. En general se puede concluir que para altura, estos rangos en incremento medio anual (IMA) en metros se encuentran de la siguiente manera:

- Bajo : Menor de 1 metro/año
- Medio : De 1.1 hasta 2.0 metros/año
- Alto : Mayor de 2 metros/año

1. New - 2000
2. New - 2000
3. New - 2000

De acuerdo a los rangos anteriores para *Cassia siamea* en El Salvador, se obtuvieron tres grupos bien diferenciados:

El primero con un IMA entre 0.7 m a 1.0 m, aunque debe aclararse que los ensayos que presentan estos crecimientos han sido analizados a muy poca edad y, según el historial, recibieron mal mantenimiento por lo que se considera que la competencia hizo que la especie tuviera un desarrollo inferior en esos sitios.

Un segundo grupo, considerado de crecimiento medio, presenta crecimientos medios anuales entre 1.1 m y 1.8 m. Debe señalarse que incendios y la competencia con malezas estuvieron presentes en la duración del ensayo.

Por último un tercer grupo que presenta los mejores crecimientos medios anuales, entre 2.0 m y 2.8 m, que se consideran sitios de crecimiento alto para *Cassia siamea* en El Salvador.

Los mejores resultados en cuanto a crecimiento en altura se presentaron en la Hacienda Tihuilocoyo con 10.3 m a los 61 meses (5 años), seguido por Hacienda Santa Clara con 10.1 m a los 58 meses. San Diego alcanzó 9.1 m a los 38 meses de edad siendo el sitio con el mayor IMA en altura 2.8 metros por año.

En los sitios Altos en crecimiento, las elevaciones van desde los 20 a 600 msnm, la temperatura promedio anual es de 25.3 a 26.8 °C y la precipitación promedio anual fue de 1319 a 1796 mm. Para los sitios analizados, el pH y los contenidos de materia orgánica, Ca, Mg, la profundidad del suelo y la precipitación anual, se observa que estos factores aparentemente no han afectado el desarrollo de la especie. Para conocer las variables que afectan los sitios, hace falta establecer ensayos en todas las condiciones de clima y suelos presentes en el país.

Diámetro

En el Cuadro 2 se presentan los diámetros obtenidos a las diferentes edades en que fueron analizados los ensayos. El incremento medio anual en diámetro para *Cassia siamea* en El Salvador varió de 1.42 hasta 3.09 cm/año con un promedio de 2.2 cm/año. Los sitios donde se presentaron los incrementos más bajos, de 1.42 cm a 1.91 cm, tienen condiciones edáficas y climáticas muy similares a los lugares donde se reportan los mayores incrementos que oscilan entre 3.05 cm a 3.09 cm, por lo que se deduce que la falta de un manejo adecuado influyó en la mayoría de los ensayos.

El ensayo que presenta el mayor diámetro con 9.89 cm a los 38 meses está ubicado en San Diego, seguido del experimento establecido en la Hacienda Astoria con 6.10 cm de diámetro a los 24 meses de edad.

CONCLUSIONES

1. La ocurrencia de incendios, la presencia de malezas, los daños causados por el ganado y otros, influyeron en el poco desarrollo de la *Cassia siamea* en la mayoría de los ensayos analizados en este trabajo.
2. Con base en los resultados obtenidos en los ensayos establecidos por el Proyecto MADELEÑA, se deduce que los mejores sitios para *Cassia siamea* son los que presentan condiciones similares a los sitios Tihuilocoyo, Nahualapa, Santa Clara, Astoria y San Diego.
3. Por los resultados obtenidos en los ensayos, aún en condiciones difíciles de mantenimiento, se considera a *Cassia siamea* una especie promisoría en El Salvador.
4. Debido a los problemas de falta de información sobre su manejo, menor crecimiento (comparada con otras especies) y por la susceptibilidad a las malezas, en El Salvador, esta especie ha sido sustituida por otras especies que crecen bien en condiciones similares, tales como camaldulensis y melina.

RECOMENDACIONES

1. Continuar la investigación de *Cassia siamea* en lo que respecta a densidades de plantación o distancias óptimas, control de malezas, fertilización, prácticas de manejo y plantación, manejo de rebrotes, manejo de sistemas agroforestales y cuantificación de productos de la especie (leña y madera).
2. Hacer preparación del sitio y dar un mejor mantenimiento en los primeros meses de edad a plantaciones con esta especie. Esto debido a que el lento crecimiento que presentó, en muchos casos estuvo asociado al mal mantenimiento recibido por la plantación.
3. Plantar esta especie en sitios con condiciones climáticas y edáficas que presenten pH entre 5.4 y 6.7; contenidos de materia orgánica de 0.1 a 3.9; calcio de 1.2 a 17.9; magnesio de 0.3 a 6.2; profundidades de suelo mayores de 60 cm y una precipitación media anual entre 1319 y 1796 mm.

BIBLIOGRAFIA

- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central: Resultados de Cinco Años de Investigación. CATIE (C.R.) Serie Técnica, Informe Técnico No.86. 224p.**
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1986. Especies para leña, Arbustos y Arboles para la producción de energía. Trad. De la versión inglesa por Vera Argüello de Fernández y TRADINSA, Turrialba, Costa Rica. CATIE. 344 p.**
- CENTRO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. 1982-1992. Registro de los ensayos establecidos por los proyectos leña y madeleña en El Salvador. CENREN. CATIE. El Salvador. Varios registros.**
- DENYS, R. 1986. Estudio detallado de los suelos típicos en las parcelas forestales del Proyecto MADELEÑA. CENREN-CATIE. El Salvador. 93 p.**
- GEILFUS, F. 1994. El árbol al Servicio del Agricultor; manual de agroforestería para el desarrollo rural. Santo Domingo, R.D. Turrialba, C.R. CATIE. Tomo I. 505 p.**
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (NAS). 1984. Especies para leña: Arboles y arbustos para la producción de energía. Trad. de la versión inglesa por Vera Argüello de Fernández y TRADINSA, Turrialba, Costa Rica. CATIE. 344 p.**



Plantación de café con sombra permanente de *Cassia siamea*, sobre la carretera de Santa Ana hacia Chalchuapa, en el occidente del país.



Vivero forestal ubicado bajo la protección de un pequeño rodal de *Cassia siamea*, en San Rafael Cedros, Departamento Cuzcatlán.

ESPECIE: *Gliricidia sepium*

Redactor: Héctor Díaz

DESCRIPCION BOTANICA Y ECOLOGICA

Nombre científico : *Gliricidia sepium* (Jacquin) Kunth
ex Walpers

Nombres comunes : Madrecacao, madreado , madero negro, matarratón, cocoite, bala, balo, cacaonance, canté, palo de hierro, madero, sangre de dragón, madrial y otros.

Familia : Leguminoceae , subfamilia faboideae (papilionoideae).

Origen y distribución

Es nativa de las zonas bajas de México y América Central, con una estación seca bien definida. Es una especie que se encuentra en áreas bajo los 1500 msnm, pero principalmente abajo de los 500 msnm. Ha sido introducida en muchas zonas tropicales y naturalizada en el norte de América del Sur, hasta Brasil, el Caribe, Hawaii, en el oeste de Africa, India, Sri Lanka, sureste de Asia, incluyendo Tailandia, Filipinas, Indonesia y Australia (CATIE, 1986; CATIE, 1991).

Descripción de la especie

El madrecacao es una especie de uso múltiple muy promisorio en el país, donde es ampliamente reconocida como productora de leña y carbón. Como madera tiene diversidad de aplicaciones. Constituye una excelente fuente proteica para alimentación de muchos animales domésticos, exceptuando los caballos. Especialmente este último sistema ha mostrado que entre las bondades de la especie está la de permitir la recuperación de suelos degradados por medio de la adición de un mantillo beneficioso, el cual contribuye a solventar la demanda de nitrógeno de cultivos asociados y mejorar la producción de los mismos y a mejorar sus condiciones físicas. Además, es un excelente fijador de nitrógeno.

Es un árbol de tamaño mediano, de hasta 10 a 15 m de altura y generalmente alcanza hasta 40 cm de diámetro, con copa abierta, rala e irregular. El tronco es de base recta y fuste normalmente torcido, con tallos múltiples originados cerca de la base, que decrecen con la edad debido a la autopoda. Las raíces secundarias interrelacionan simbióticamente con bacterias del género *Rhizobium*, que fijan el nitrógeno atmosférico. Las hojas son compuestas, imparipinadas, alternas y deciduas. Las flores son zigomorfas, papilionadas, de color rosado blancuzco. En zonas con estación seca bien pronunciadas, el árbol pierde casi completamente las hojas cuando florece (CATIE, 1991).

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

Temperatura

Crece en las áreas de altas temperaturas, por encima de 20 °C promedio anual. En El Salvador se ha plantado en sitios con temperaturas entre 23.0 y 27.0 °C.

Precipitación

Se le encuentra en zonas con precipitaciones anuales de 1500 a 2500 mm y más, preferiblemente con una estación seca definida de 5 a 8 meses. En El Salvador se ha plantado en sitios con precipitaciones desde 1300 hasta 2300 mm anuales.

Elevación

Normalmente se le encuentra en tierras bajas, por debajo de 500 msnm, pero se han encontrado rodales naturales a 1400 msnm en Guatemala. En El Salvador se ha plantado de 50 a 975 msnm.

Suelos

No es exigente en cuanto a suelos, inclusive crece bien en suelos calcáreos, es poco exigente en cuanto a fertilidad natural pero requiere drenaje. Se han encontrado plantaciones y rodales naturales en playas arenosas, así como en playas inundables por agua salada (CATIE, 1991).

Factores limitantes

La especie no crece bien en suelos con poca retención de humedad; aparentemente su crecimiento se ve afectado en sitios con más de ocho meses de déficit hídrico, o en áreas con menos de 600 mm de lluvia anuales. También en suelos sobrepastoreados o con problemas de inundaciones periódicas, debido al mal drenaje.

Es atacado por insectos, patógenos y animales vertebrados, los que pueden ocasionar severas pérdidas más que todo si el ataque se verifica cuando los árboles se encuentran en stress debido a la falta de humedad (CATIE, 1991).

CARACTERISTICAS Y USOS DE LA ESPECIE

Leña

Es muy apreciada como leña; la madera seca quema lentamente, sin chispas y olores desagradables, produce poco humo y abundantes brasas. La madera raja fácilmente, se puede quemar verde y almacenar al aire libre. Se utiliza en la fabricación de carbón (CATIE, 1986).

Madera

La madera es dura y pesada y difícil de trabajar pero tiene buen brillo, veteada, con líneas finas. Se le utiliza para fabricar pisos, parquet, muebles rústicos, construcciones pesadas y/o rurales, duelas, labrín, acabados de interiores, artículos torneados, hormas para zapatos, espadas, mangos para herramientas y cuchillería fina, artesanías, esculturas, partes de construcciones navales, pilotes para minas, crucetas y traviesas, ebanistería, durmientes para ferrocarril, implementos agrícolas, horcones y varas para secar tabaco y cajas ornamentales (Benítez y Montesinos, 1988).

Otros usos

Como forraje para ganado vacuno, cerdos, cabras, aves y ovejas, aunque es tóxico para algunos animales (CATIE, 1986; Geilfus, 1989; Benavides, 1991), especialmente caballos (NAS, 1984). La suplementación con madero negro en raciones de vacas lecheras en producción, fue superior en un 20% a la suplementación con urea, en un estudio llevado a cabo en la finca experimental de ganadería tropical del CATIE (Camero, 1994)

Como medicinal, las hojas son utilizadas como cataplasmas para combatir enfermedades de la piel (ulceraciones y alergias en general) y para combatir parásitos en nidos de aves y de la piel en perros y ganado (CATIE, 1986).

La hojas son usadas también para eliminar comejenes (Geilfus, 1989). Las flores son utilizadas como alimento humano en Guatemala, El Salvador y Costa Rica (CATIE, 1986; CATIE, 1991).

Tiene amplio uso en sistemas agroforestales como sombra permanente para café, cacao y té; como soporte para pimienta negra y ñame; en cercas vivas y cortinas rompevientos, en cultivos en callejones y bancos de forraje (CATIE, 1986; CATIE, 1991; Geilfus, 1989; Fassbender, 1993); aunque también presenta características alelopáticas importantes (Fassbender, 1993). Este autor recopila una amplia investigación sobre *Gliricidia* en sistemas agroforestales y sus interrelaciones con el suelo.

SILVICULTURA

Regeneración natural

G. sepium se regenera naturalmente, aún en terrenos pobres, libres de malezas o con poca competencia, debido principalmente a la alta producción de semillas y a la capacidad de las mismas para soportar periodos prolongados de sequía (CATIE, 1986).

Recolección de semillas

En la costa pacífica de América Central, la producción de semillas de *Gliricidia sepium* se inicia a finales de enero y se extiende hasta comienzos de abril. Para recoger un kilogramo de semillas se necesitan unas 1000 vainas. Las semillas frescas no requieren de tratamientos pregerminativos pero se sugiere remojar por 4 a 24 horas las semillas que han sido almacenada por más de un año. Como es el caso de *Leucaena*, la inoculación con *Rhizobium* no es necesaria para *Gliricidia*.

Producción en vivero

Para establecer plantaciones de esta especie puede utilizarse siembra directa, que es el sistema más barato, plantar en bolsa, pseudoestacas y plantas a raíz desnuda. Los árboles producidos en el vivero requieren de dos a cinco meses para ser llevados al campo.

Establecimiento de la plantación

Las primeras labores en la preparación del sitio a plantar son la eliminación de todo el material vegetal existente y la quema controlada. Dependiendo del tipo de planta a utilizar, de las condiciones del sitio y del sistema de producción, así será el laboreo que debe realizarse.

El distanciamiento de plantación a utilizar en masas compactas, depende del objetivo de producción. Se sugieren densidades de 4400 a 2500 árboles/ha para maximizar la producción de biomasa y 2500 a 1111 árboles/ha para productos de mayores diámetros.

Control de malezas

La especie es susceptible a la competencia de malezas en las primeras etapas de desarrollo, por lo que es necesario hacer un control de las mismas (CATIE, 1986). CATIE (1991) recomienda la preparación del suelo un mes antes de la plantación, en la época seca, eliminando toda la vegetación existente para evitar la competencia por agua, luz y nutrientes.

Sistemas agroforestales

Entre las combinaciones agroforestales más utilizadas, *Gliricidia* se destaca como: árbol de sombra y soporte, producción de forraje, cercas vivas y cultivo en callejones.

Como árbol para sombra es común su uso en cafetales, cacaotales y plantaciones de té, o como soporte en cultivos de vainilla y pimienta negra. Los bancos de forraje son usados en zonas secas como alimento para rumiantes, fresco o ensilado, sin embargo, es tóxico para la mayoría de los no rumiantes.

La cerca viva es uno de los sistemas más ampliamente difundido en América Central. Este sistema es establecido por lo general a través de estacones de 1.5 a 2.8 m de largo, con espaciamentos que van de 0.5 a 10 m entre estacones. La poda de las cercas vivas está en función del tipo de producto a obtener (protección, postes, forraje, leña), de la edad, densidad de la cerca y de las condiciones climáticas del sitio. Dependiendo de estas condiciones, una cerca viva puede producir de 4 a 60 tm/km de biomasa verde. Otárola y Torres (1994) presentan una excelente guía con las técnicas de establecimiento y manejo de cercas vivas.

El uso de la especie en cultivo en callejones es un sistema muy útil y ha demostrado que puede suplir las necesidades de la mayoría de nutrimentos de cultivos como maíz y frijol. El establecimiento de este sistema se hace mediante la siembra directa o utilizando estacones. Su manejo consiste en mantener podados los árboles mientras el cultivo crece, incorporando al suelo el material que se poda (CATIE, 1991).

Podas

Estas se realizan especialmente en sistemas agroforestales, manteniendo los árboles podados (manejo de la copa) mientras el cultivo crece (CATIE, 1991). Si el objetivo es producir forraje, se puede podar hasta tres veces por año (Geilfus, 1989).

SITIOS Y EXPERIMENTOS ANALIZADOS

Características de clima y suelo en los sitios experimentales

Este estudio comprende el análisis de 19 experimentos con *Gliricidia sepium*, localizados en 18 sitios, los cuales presentan elevaciones de 50 a 975 msnm. La mayoría de los sitios se ubican por encima de los 400 msnm en los valles intermedios. La temperatura media anual varía de 23.0 °C en el sitio Hoja de Sal en la zona de influencia del Parque Nacional El Imposible, hasta 26.9 °C en el sitio La Barrera en el departamento de San Miguel (Cuadro 1).

La precipitación media anual en los sitios experimentales varía de 1300 mm en La Barrera hasta 2274 mm en el sitio Las Victorias. La mayoría de los sitios presentan precipitaciones superiores a 1500 mm anuales. Todos los sitios presentan seis meses de déficit hídrico (precipitación promedio mensual con menos de 50 mm). Las zonas de vida para los sitios experimentales (según Holdridge) es en general bosque húmedo subtropical (bh-S) con transiciones a caliente y fresco. Esta zona de vida representa un 86% del territorio nacional.

Los tipos de suelos en los sitios experimentales son variables; en el Cuadro 2 se muestran los tipos de suelos para los experimentos evaluados.

RESULTADOS DE CRECIMIENTO

En el Cuadro 1 se presenta el crecimiento del madre cacao en los sitios experimentales.

Sobrevivencia

La sobrevivencia mostrada por la especie en todos los sitios experimentales varía de 52% en el sitio San Andrés (experimento 004L), el cual presenta 23,8 °C de temperatura media anual, 1701 mm de precipitación media anual, a 520 msnm; sobre suelos de tipo Alfisoles (Mollic Haplustalf), hasta 100% de sobrevivencia en el mismo sitio (experimento 032L de aprovechamiento forestal). El primer experimento presenta una edad de 50 meses (4.17 años) y el segundo 308 meses (25.67 años)

La mayoría de los sitios presenta sobrevivencias superiores a 84% (Cuadro 1). Los valores inferiores pueden atribuirse a factores adversos como suelos con limitaciones fuertes, mal drenados y a la ocurrencia de incendios que afectaron las plantaciones a temprana edad.

Altura total

La especie alcanza 18.2 m de altura a los 25.67 años de edad en el sitio San Andrés (Cuadro 1). El crecimiento en altura total fue clasificado por rangos de crecimiento en categorías: bajo, medio, alto y excelente en base al incremento medio anual (IMA); encontrándose un 15.8% de las parcelas está creciendo satisfactoriamente (Cuadro 3). La mayoría de las parcelas evaluadas (61.4%) crece en un rango considerado "medio" de 1.1 a 2.0 m por año.

El sitio Talcualhuya a 400 msnm con TMA de 23.9 °C, PMA de 1799 mm, seis meses de déficit hídrico, con zona de vida bosque húmedo subtropical (bh-s) y sobre suelos Vertisoles (Typic chromustert) presenta el valor de IMA más alto observado (5.3 m/año a una edad de 1.83 años), seguido del sitio ENA (Cuadro 1).

Cuadro 1. Localización de los sitios y datos de crecimiento de los experimentos de *Gliricidia sepium*, establecidos por el Proyecto Madeleña en El Salvador.

Sitio Nombre	No. No	No. Exp.	Altitud msnm	TMA (°C)	No. mes seco	PMA (mm)	Zona vida Holdridge	Edad meses	Espc. inicial (mxm)	Dens. inic. árb/ha	Super viven. %	Altura (m)		DAP (cm)		Increm Altura (m/año)
												\bar{x}	IMA	\bar{x}	IMA	
La Criba		013L	840	23.7	6	1548	bh-s	67	2 x 2	2500	89	4.4	0.78	7.8	1.39	Bajo
Cand. La Frontera		027L	600	24.8	6	1863	bh-s	58	2 x 2	2500	84	3.6	0.74	4.9	1.02	
San Raymundo		070L	600	25.3	6	1741	bh-s	104	2 x 2	2500	74	18.3	0.96	3.2	1.53	
Ahuachapán		030L	420	25.7	6	1618	bh-s	66	2 x 2	2500	66	5.4	0.98	6.5	1.2	
San Miguel		032L	520	23.8	6	1701	bh-s	308	2 x 2	2500	100	18.2	0.71	2.1	1.2	
Taxistepeque																Medio
Potrero Sula		020L	975	23.7	6	1548	bh-s	60	2 x 2	2500	85	5.2	1.02	8.5	1.7	
Nueva Concepc.		021L	400	24.2	6	2274	bh-s	64	2 x 2	2500	92	6	1.13	0.8	2.0	
San Andrés		049L	310	23.0	6	1508	bh-s	56	2 x 2	2500	92	5.5	1.19	7.3	1.6	
Ciudad Arce		004L	520	23.8	6	1701	bh-s	50	2 x 2	2500	52	6.3	1.5	7.5	1.8	
Shutia		006L	200	26.6	6	1620	bh-s	49	2 x 2	2500	88	6.8	1.7	7.9	1.9	
La Libertad		024L	500	26.0	6	1940	bh-s	31	2 x 2	2500	92	4.1	1.6	6.9	2.6	
Tutultepeque		028L	400	25.6	6	1810	bh-s	30	2 x 2	2500	85	2.6	1.0	3.7	1.5	
Nejapa																
Sta. Bárbara		041L	800	25.4	6	2036	bh-s	33	2 x 2	2500	92	3.3	1.2	4.4	1.6	
Villa Nueva		031L	70	26.8	6	1300	bh-s	66	2 x 2	2500	95	5.9	1.0	8.0	1.5	
El Paraíso		033L	75	26.6	6	1571	bh-s	36	2 x 2	2500	63	3.8	1.3	5.6	1.9	
Ojos de Agua		097L	80	26.9	6	1300	bh-s	12	2 x 2	2500	100	1.3	1.3	-	-	
Agua Caliente																
La Ceiba																
San Miguel																
Montefresco																
Concep. Batres																
La Barrera																
San Miguel																
La Providencia		022L	50	26.4		1727	bh-s	30	2 x 2	2500	99	5.6	2.2	7.6	3.0	Alto
San Luis Talpa																
Talcualhuya		011L	400	23.9		1799	bh-s	22	2 x 2	2500	96	9.8	5.3	1.4	6.2	Excelen.
San Juan Opico		115L	420	23.9		1690	bh-s	16	2 x 2	2500	84	4.1	3.2	5.8	4.5	
ENA																
Ciudad Arce																

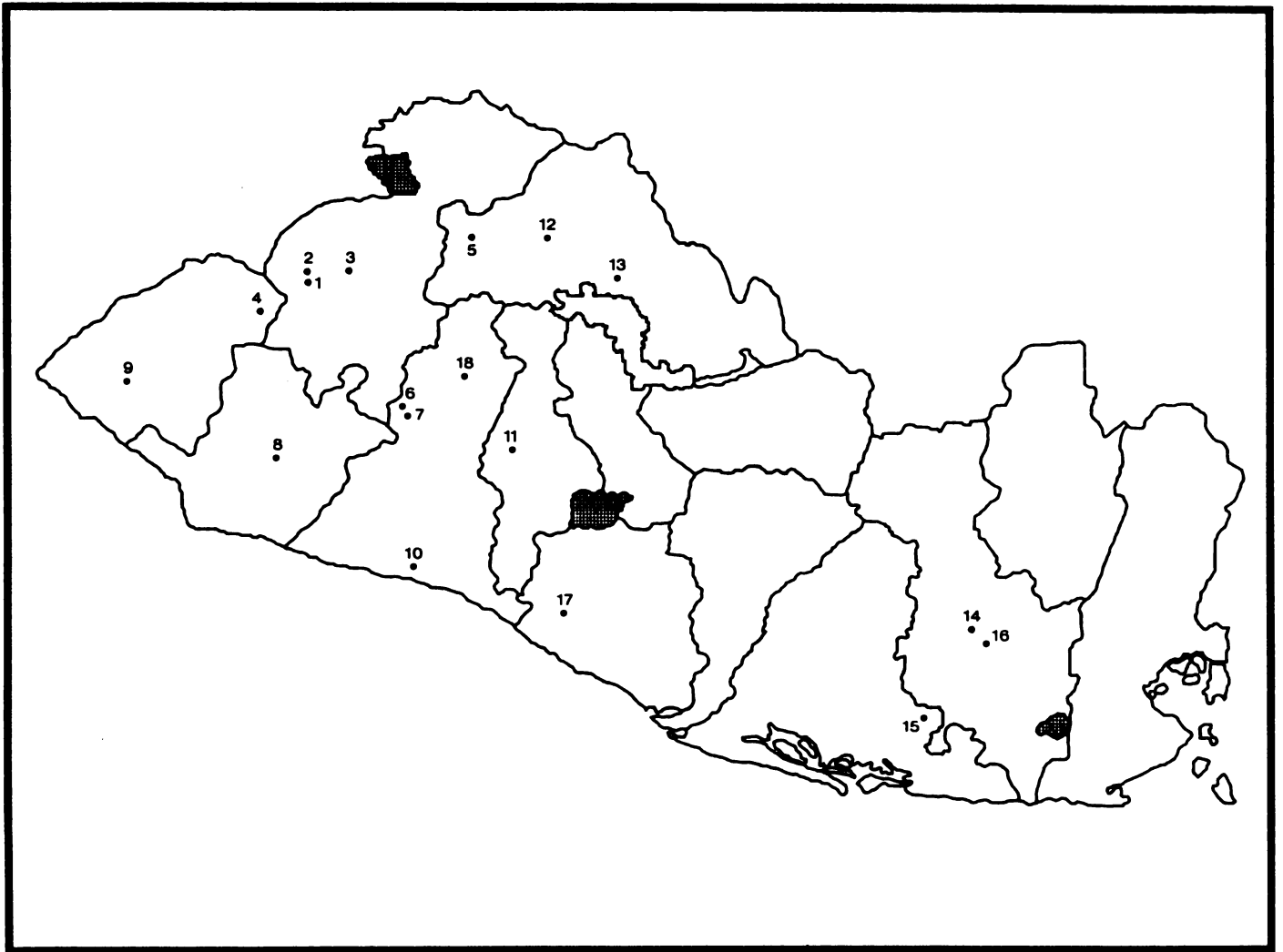


Figura 1. Ubicación de las parcelas experimentales de *Gliricidia sepium*, establecidas por el Proyecto Madeleña en El Salvador.

Los crecimientos más bajos (de 0.78 a 0.98 m/año) fueron observados en los sitios La Criba, San Raymundo, San Miguel Texistepeque, Potrero Sula y San Andrés (Cuadro 1). El análisis de suelo (Cuadro 2) no muestra diferencias para los sitios evaluados. Los valores de pH varían de 5.2 a 5.6; la M.O. de 1.7 a 5.9%; el calcio de 4.1 a 29.0 meq/100 ml de suelo; el magnesio de 1.1 a 10.1 meq/100 ml de suelo. Es de hacer notar que los valores bajos de calcio y magnesio corresponden a sitios donde la especie tiene un comportamiento en altura de alto a excelente. Se deberá entonces estudiar más detalladamente a fin de determinar las interrelaciones de las propiedades químicas del suelo, como el contenido de aluminio, con otros factores como la posición topográfica de los sitios.

Diámetro

El sitio San Andrés (Cuadro 1) presenta un DAP de 32.1 cm a 25.67 años. El incremento medio anual (IMA) para diámetro presenta rangos desde 1.02 cm/año en el sitio San Raymundo con una edad de plantación de 4.83 años y una densidad de 2100 árboles/ha, hasta 6.2 cm/año en el sitio Talcualhuya con una edad de plantación de 1.8 años y una densidad de 2400 árboles/ha. Esta diferencia puede atribuirse a la calidad del sitio, más que a la densidad a estas edades (Cuadro 1).

En general, los IMA en diámetro encontrados para las parcelas evaluadas en el país son superiores a 1 cm/año.

Estudios socioeconómicos

En los Cuadros 5 al 8 se muestran los resultados de la investigación socioeconómica de una plantación de madrecacao de tres años, con una densidad de 2325 árboles/ha (93% de sobrevivencia). Dicho sitio se encuentra localizado en el municipio de San Julián en el departamento de Sonsonate, a 500 msnm; presenta una TMA de 24 °C, y una PMA de 2274 mm. Según la clasificación de Holdridge, el sitio corresponde a bosque húmedo Tropical (bh-T). La pendiente del terreno es de 25%, con textura franco-arenosa.

Al aprovechar la plantación con el fin de obtener leña, el análisis financiero arroja un flujo de caja negativo, por lo que se recomienda aprovechar a turnos más largos con el fin de obtener productos rollizos de mayor valor económico y/o combinar la especie en sistemas agroforestales a fin de mejorar los ingresos.

Cuadro 2. Propiedades físicas y químicas de los suelos donde se establecieron los ensayos de *Gliricidia sepium* en El Salvador.

No. Exper.	Sitio	No. Perfil	No Horiz	Textura	pH	MO %	Extractables (meq/100 g Suelo)			CIC	Prof Sup.	Prof. Inf.	Tipo Suelo
							Ca	Mg	K				
006L	203	8		-	5.6	5.3	11.1	5.4	-	38.9	0	10	Paralithic Ustropept
006L	203	8		-	5.7	3.6	10.1	6.1	-	40.0	10	45	
006L	203	8		-	5.8	-	-	-	-	-	45	80	
006L	203	8		-	5.9	-	-	-	-	-	80	-	
011L	205	10	1	-	5.5	1.7	29.0	9.2	-	56.3	0	10	Typic Chromustert
011L	205	10	2	-	5.6	4.1	27.6	7.1	-	51.8	10	42	
011L	205	10	3	-	5.8	-	-	-	-	-	42	67	
011L	205	10	4	-	5.7	-	-	-	-	-	67	82	
013L	103	3	1	-	5.5	3.4	20.1	10.1	-	46.8	0	15	Paralithic Udic Ustropept
013L	103	3	2	-	5.7	2.0	23.5	15.1	-	55.4	15	52	
013L	103	3	3	-	5.8	-	-	-	-	-	52	83	
020L	105	47	1	FA	6.3	3.8	13.8	2.8	-	24.6	0	15	Entic Chromustert
020L	105	47	2	FA	6.5	2.0	11.8	2.6	-	25.2	15	50	
020L	105	47	3	A	6.5	1.0	15.9	4.8	-	30.1	50	80	
020L	105	47	4	A	6.7	0.9	19.1	6.8	-	34.3	80	110	
020L	105	47	5	A	7.0	0.8	20.4	6.7	-	33.1	110	145	
020L	105	47	6	FA	6.9	0.2	21.3	7.2	-	30.5	+110	-	
021L	106	26	1	-	5.3	5.1	13.1	3.8	-	39.8	0	11	Umbric Haplustalf
021L	106	26	2	-	5.5	2.4	14.9	3.9	-	43.3	11	49	
021L	106	26	3	-	6.0	-	-	-	-	-	49	84	
021L	106	26	4	-	6.0	-	-	-	-	-	84	110	
021L	302	33	1	-	5.2	-	4.1	1.1	-	-	0	20	
021L	302	33	2	-	5.7	-	5.5	1.4	-	-	20	54	
021L	302	33	3	-	5.8	-	-	-	-	-	54	70	
024L	206	6	1	-	6.0	6.0	10.3	2.4	-	33.3	0	20	
024L	206	6	2	-	5.5	1.6	5.1	3.0	-	32.6	20	48	Udic Haplustalf
024L	206	6	3	-	5.1	-	-	-	-	-	48	62	
024L	206	6	4	-	5.0	-	-	-	-	-	62	70	
027L	107	1	1	-	5.6	5.0	12.7	3.8	-	40.9	0	12	
027L	107	1	2	-	5.6	2.1	11.7	4.3	-	37.7	12	48	Ubertyc Haplustalf
027L	107	1	3	-	5.7	-	-	-	-	-	48	74	
027L	107	1	4	-	5.7	-	-	-	-	-	74	-	
028L	208	15	1	FA	5.0	2.4	2.8	0.6	-	13.6	0	23	
028L	208	15	2	FA	6.3	0.5	4.2	1.0	-	10.4	23	44	Trapto Ultic Aeric tropaquet
028L	208	15	3	FA	6.3	0.9	10.3	3.1	-	24.4	44	80	
028L	208	15	4	A	6.9	0.4	24.6	13.6	-	47.3	>80	-	
030L	209	25	1	-	5.6	5.8	17.8	7.9	-	47.2	0	12	
030L	209	25	2	-	5.6	2.2	21.3	12.5	-	59.4	12	42	Aeric Vertic Tropaquet
030L	209	25	3	-	5.9	-	-	-	-	-	42	90	
030L	209	25	4	-	6.1	-	-	-	-	-	90	105	
031L	401	24	1	-	6.3	4.0	24.9	6.8	-	58.0	0	19	
031L	401	24	2	-	7.0	1.0	24.7	6.9	-	57.4	19	42	Vertic Tropaquet
031L	401	24	3	-	7.2	-	-	-	-	-	42	84	

Continúa Cuadro 2.

No. Exper.	Sitio	No. Perfil	No Horiz	Textura	pH	MO %	Extractables (meq/100 g Suelo)			CIC	Prof Sup.	Prof. Inf.	Tipo Suelo
							Ca	Mg	K				
033L	402	37	1	-	6.4	7.9	23.0	2.6	-	44.6	0	20	Mollic Vitrandept
033L	402	37	2	-	6.1	6.0	16.8	1.2	-	38.7	20	45	
033L	402	37	3	-	6.1	-	-	-	-	-	45	76	
033L	402	37	4	-	6.1	-	-	-	-	-	76	100	
041L	212	17	1	-	5.0	3.8	9.2	2.1	-	25.6	0	30	Typic Rhodustuh
041L	212	17	2	-	5.4	0.7	14.0	3.0	-	29.0	30	80	
041L	212	17	3	-	5.6	-	-	-	-	-	80	125	
041L	212	17	4	-	5.7	-	-	-	-	-	125	170	
049L	108	2	1	-	5.2	5.6	7.4	1.9	-	36.2	0	23	Ustic Dystropept
049L	108	2	2	-	5.5	2.0	6.7	1.7	-	34.4	23	46	
049L	108	2	3	-	5.6	-	-	-	-	-	46	75	
049L	108	2	4	-	5.7	-	-	-	-	-	75	130	
049L	108	2	5	-	5.9	-	-	-	-	-	130	175	
070L	114	52	1	FA	5.6	5.9	21.7	5.7	-	42.0	0	12	Haplustalf litico
070L	114	52	2	FA	5.8	0.9	19.8	2.5	-	42.4	12	56	
070L	114	52	3	A	6.0	0.6	23.7	2.7	-	42.2	56	80	
070L	114	52	4	FA	6.2	0.4	22.9	2.5	-	38.8	>80	-	

Cuadro 3. Categorías y rangos de incremento medio anual en altura para *Gliricidia sepium* en El Salvador.

Categoría	Rango de altura (IMA)	No. de parcelas	Porcentaje
Bajo	Menor de 1.0 m	13	22.8
Medio	De 1.1 a 2.0 m	35	61.4
Alto	De 2.1 a 3.0 m	4	7.0
Excelente	Mayor de 3.0 m	5	8.0
TOTAL		57	100.0

Cuadro 4. Manejo silvicultural realizado en plantación de *Gliricidia sepium*, establecida en San Julián, Sonsonate, con turno de aprovechamiento al tercer año. 1991.

ACTIVIDADES	AÑOS
- Preparación del terreno	1
- Siembra directa	1
- Mantenimiento (limpia, control de plagas y enfermedades)	1
- Mantenimiento (limpia, poda, brecha contra fuego)	2, 3
- Aprovechamiento (tumbado, desramado, picado de leña, acarreo y panteo)	3
- Administración/imprevistos	1, 2, 3

Cuadro 5. Detalle de los costos de establecimiento de *G. sepium* en El Salvador datos/ha (año 1).

Actividad	Jornales		Insumos				Costo
	D/H	Costo ¢ ¹	Clase	Cantidad	Unidad	Costo	Total
Preparación del terreno	23.0	460.00					460.00
Picar tierra	7.0	140.00					140.00
Hechura de estacas	0.1	2.00	Estaca	20	c/u	20.00	22.00
Traza y estaquillado	6.0	120.00					120.00
Siembra directa	2.9	58.00	Semilla ²	2.5	Kgs	75.00	133.00
SUBTOTAL	39	780.00				95.00	875.00
Administración (3%)							96.25
SUBTOTAL							901.25
Imprevistos (5%)							45.06
TOTAL							945.31

1/ Costo/jornal en el lugar ¢20.00

2/ Dos semillas/postura ¢30.00/kg de semilla

* US\$1.00 = 6.5 colones.

Cuadro 6. Detalle de costo de aprovechamiento de *G. sepium* en El Salvador. Datos/ha (año 3).

Actividad	Jornales		Costo Total
	Días/hombre	Costo	
Tumbado	6	20.00	120.00
Desramado	8	20.00	160.00
Picado de leña	21	20.00	420.00
Acarreo y panteo ¹	13	20.00	260.00
BUBTOTAL	48		960.00
Administración (3%)			28.80
SUBTOTAL			988.80
Imprevistos (5%)			49.44
TOTAL			1038.24

1/ Manual. Distancia a 12 m del sitio del derribo al de panteo.

Cuadro 7. Productos e ingresos obtenidos en aprovechamiento de *G. sepium* en El Salvador Datos/ha (año 3).

Producción obtenida	Cantidad	m ³ sólidos	Costo unit. ¢	Costo total ¢
Leña	20.4 pantes	13.26	80.00	1632.00

Cuadro 8. Flujo de caja al tercer año de aprovechamiento de una plantación de madrecaao en San Julián, Sonsonate. 1991 (Datos/ha).

Descripción	1	2	3	Total
Ingresos				
Leña (pante)	-	-	1632	1632
Total de ingresos	-	-	1632	1632
Costos				
Establecimiento	946.31	-	-	946.31
Mantenimiento	1646.29	872.22	504.88	3023.50
Aprovechamiento	-	-	1038.24	1038.24
Total de costos	2592.60	872.33	1543.12	5008.05
Flujo de caja	-2592.60	-872.33	+88.88	-3376.05
Factor actualizado (6%)	.943	.890	.840	
Valor actual neto (6%)	-2444.82	-776.37	+74.66	-3146.53
VALOR TOTAL (6%)	-3146.53			
B/C	-			
TIR	-			

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. *Gliricidia sepium* es una especie nativa muy promisorio, de rápido crecimiento y gran adaptabilidad a las condiciones ecológicas del país. La capacidad de la especie de fijar nitrógeno atmosférico la constituye en una excelente alternativa para combinaciones agroforestales.
2. La adición de mulch de follaje de *G. sepium* permite la recuperación y reconstrucción de suelos degradados. Los análisis financieros demuestran que no hay rentabilidad de plantaciones de *G. sepium* cuando el objetivo es solamente la producción de leña.
3. Los suelos con poca retención de humedad, sobrepastoreados, mal drenados y en sitios con poca precipitación limitan el crecimiento de la especie.
4. Es importante la evaluación de un mayor número de sitios nativos, a fin de seleccionar las mejores procedencias a nivel de país y conducir estudios referentes a determinar los requerimientos nutrimentales de la especie y el crecimiento y rendimiento de la especie en sistemas agroforestales.
5. Igualmente importante es el estudio de las interrelaciones suelo, planta y medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- BENAVIDES, J.E. 1991. Integración de árboles y arbustos en los sistemas de alimentación para cabras en América Central. Un enfoque agroforestal. *El Chasqui* (C.R.) 25:6-36
- BENITEZ R., R.F.; MONTESINOS L., J.L. 1988. Catálogo de cien especies forestales de Honduras: Distribución, propiedades y usos. Siguatepeque, Honduras, ESNACIFOR. 216 p
- CAMERO R., L.A. 1994. Poró (*Erythrina poeppigiana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*) suplementos protéicos en la producción de leche. *Agroforestería en las Américas* (C.R.) 1(1): 6-8
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central; resultados de cinco años de investigación CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No.86 222 p.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1991. Madreado (Madero negro, Madrecacao...) (*Gliricidia sepium* (Jaccquin) Kunth ex Walpers): especie de árbol de uso múltiple en América Central, CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No.1 180; Colección de Guías Silviculturales No.4. 79 p.
- FASSBENDER, H. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Segunda edición, CATIE. Turrialba, Costa Rica. 530 p.
- GEILFUS, F. 1989. El Arbol al Servicio del Agricultor: manual de agroforestería para el desarrollo rural. Guía de especies, Santo Domingo, R.D. ENDA-CARIBE. Vol.2. 778 p.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1984. Especies para leña: arbustos y árboles para la producción de leña, trad. de la edición inglesa por Vera Argüello de Fernández y TRADINSA. Turrialba, C.R. CATIE. 344 p.
- OTAROLA, A; TORRES, M.J. 1994. Las cercas vivas de madero negro (*Gliricidia sepium*): una técnica agroforestal promisorias para el Pacífico Seco de Nicaragua. Turrialba, CATIE. Proyecto MADELEÑA. 60 p.



Parcela agroforestal de *Gliricidia sepium* con maíz, en Barranca Honda, San Juan Opico, El Salvador.

ESPECIE : *Gmelina arborea*

Redactor: Ing. José Miguel Valle

DESCRIPCION BOTANICA Y ECOLOGICA

Nombre Científico : *Gmelina arborea* Roxb

Nombre Común : Melina, gmelina, yemane

Familia : Verbenaceae

Origen y distribución natural

La especie se distribuye en forma natural en una vasta región geográfica del continente asiático, se extiende desde las zonas bajas del Himalaya, a los 30° de latitud norte, en el curso del río Chenab (al oeste de Pakistán), hacia el sureste y sur a través de la India, Nepal, Sikkim Assam al este de Pakistán y Sri-Lanka. Continúa su distribución a lo largo de Myanmar (antigua Birmania), casi toda la península de indochina y las provincias sureñas de China (Yunnan y Kwangsi) e Indonesia (CATIE, 1991).

Ha sido introducida con éxito en diversos países tropicales, incluyendo los de América Central; se le planta desde el nivel del mar hasta 1000 msnm, con mejores crecimientos por debajo de los 500 msnm (CATIE, 1991). Aunque no se conoce con certeza la época de introducción de esta especie en El Salvador, se conocen plantaciones con más de 20 años en Parras Lempa en San Vicente y Casas en Sonsonate. En El Salvador existen plantaciones desde el año 1969 siendo las primeras plantaciones las ubicadas en CEDEFOR, San Andrés.

Distribución Ecológica

En general la especie se adapta mejor a las zonas de vida del bosque seco tropical, bosque húmedo tropical y bosque muy húmedo tropical. Presenta variaciones en su desarrollo, que parece dependen del tipo de suelo.

Muestra su mejor desarrollo cuando se planta en sitios con rangos de temperatura extrema de 18°C a 38 °C. En América Central se le ha plantado con éxito en sitios con temperatura media anual entre 24°C y 29°C. La precipitación óptima varía de 1,800 a 2,300 mm, aunque crece bien en sitios de hasta 4,500 mm con un período seco de entre dos y ocho meses. En la región se ha plantado en zonas con precipitaciones desde 700 hasta 3100 mm anuales. La melina es una especie esencialmente heliófita, que no tolera la sombra.

Descripción de la especie

Melina es una especie caducifolia que puede alcanzar alturas entre 12 y 30 m y un diámetro máximo entre 60 y 100 cm. Cuando crece aislada, desarrolla una copa amplia, ramas gruesas, bajas y tronco muy cónico. En plantaciones densas desarrolla un fuste limpio de ramas bajas y menos cónico. El tronco es de base recta corteza externa lisa, gris blanquecina; corteza interna amarillenta, moteada que pardea rápidamente cuando se expone al aire (CATIE, 1986). El sistema radicular es profundo, con una raíz principal pivotante, cuando se desarrolla en suelos arenosos profundos; en suelos con impedimentos desarrolla un sistema radicular superficial (CATIE, 1991).

Las hojas son simples, opuestas, grandes, ovalacuminadas y con base cordada. El haz es normalmente glabro o con muy poca vellosidad. El envés presenta pubescencia estrellada de color amarillo-oscuro. Sus flores son numerosas y se presentan en panículas terminales, ramificadas y densamente pubescentes. La floración se produce en la época seca o al inicio de las lluvias. Las flores son monoicas perfectas o hermafroditas. Sus frutos (drupas) son abundantes, ovaliformes, de color amarillo.

Cuando los frutos están maduros alcanzan de 2 a 2.5 cm de longitud, con un endocarpo endurecido que contiene de una a cuatro semillas en sus cavidades normalmente; solo germinan de una a tres semillas por fruto.

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

Temperatura

En su rango natural de distribución, las temperaturas mínimas absolutas están entre -1 °C y 16°C y las máximas entre 38°C y 48°C. Las heladas pueden dañarla en forma severa. Las temperaturas medias mensuales oscilan entre 24° y 35°C. En América Central se le ha plantado con éxito en sitios con temperatura media anual entre 24° y 29°C (CATIE, 1991).

En El Salvador se han plantado en la Zona Central, Occidental y Oriental del país, con temperaturas que oscilan entre 23.8 y 26.6 °C, con excelentes resultados (ver sitios de plantación, Cuadro 2).

Precipitación

Crece naturalmente en áreas con precipitación anual de 750 a 2000 mm (CATIE, 1986). La precipitación óptima es de 1800 a 2300 mm aunque puede crecer en sitios con 4500 mm. Requiere un período seco de dos a ocho meses. En América Central se le ha plantado en zonas con precipitaciones desde 850 hasta 3800 mm anuales y cinco y ocho meses con déficit hídrico. En El Salvador se ha plantado en sitios con precipitaciones de 1450 a 2300 mm.

Altitud

La mayor parte de la zona de distribución natural se encuentra entre 90 y 900 msnm. En la parte occidental del Himalaya se encuentra hasta 1200 m y en Sri Lanka se le ha encontrado hasta 1500 m. En América Central se le ha plantado desde el nivel del mar hasta los 800 m y en El Salvador entre los 50 y 975 msnm.

Suelos

Tiene mejor desarrollo en suelos profundos, húmedos, bien drenados y con un buen suministro de nutrimentos, puede crecer en suelos desde ácidos o calcáreos, hasta lateríticos. Ve afectado su crecimiento en suelos superficiales, con capas endurecidas, impermeables, pedregosos, o en suelos ácidos muy lixiviado o arenas secas.

En Guanacaste, Costa Rica, los mejores sitios se ubican en zonas de fondos planos donde los suelos son profundos y con contenidos de calcio y magnesio de más de 10 y 6 meq/100 ml de suelo (Vásquez, 1995). En El Salvador también respondió mejor la plantación en suelos planos, profundos y con más contenido de calcio y magnesio.

Factores limitantes

Las condiciones de suelo son de gran importancia en el desarrollo de la especie. Aunque puede establecerse en muchos tipos de suelo, los rendimientos más satisfactorios se dan en suelos profundos, húmedos, pero bien drenados y sin obstáculo, ya que las raíces no pueden traspasar capas endurecidas o de grava compacta (Lamb, 1970). En general, la especie es susceptible a la competencia de gramíneas u otras malezas. En zonas húmedas se ha visto invasión de enredaderas de la familia convolvulaceae que pueden ahogar las plantas. En América Central las plantaciones, especialmente las más jóvenes, han sido atacadas por zompopas (género *Atta* spp).

En condiciones de bosque muy húmedo premontano o en suelos muy erosionados o compactados, de topografía quebrada y muy superficiales, la plantación puede mostrar algunas características indeseables como, por ejemplo, la presencia de muchos árboles con fuste torcido, de poca altura, muy ramificados y con aspecto arbustivo. Asimismo en zonas donde pega fuerte el viento, la especie limita su desarrollo y presenta mala forma y gran cantidad de ramas quebradas.

El crecimiento se ve afectado por la falta de espacio especialmente en sitios con crecimiento alto porque el manejo (podas y raleos) es imprescindible cuando el objetivo es madera para aserrío.

CARACTERISTICAS Y USOS DE LA ESPECIE

Leña

La melina ha sido utilizada como leña en Malawi, Sierra Leona y Nigeria. En El Salvador esta especie se utiliza para leña. En un estudio de comportamiento de nueve especies para producción de leña, la melina ocupó uno de los primeros lugares como productora de leña a los 43 meses (Zavala, 1990).

Madera

El valor promedio del peso específico de melina es de 0.37, con un ámbito de 0.29 a 0.44 g/cm³. Este valor aumenta desde el centro hacia la corteza y de la primera troza hacia la última. Se ha encontrado que, a mayor peso específico, mayor es la longitud de fibras y que a mayor altura en el tronco, disminuye el peso específico de la madera en una proporción de 3% (CATIE, 1991).

En los primeros años de edad la longitud de la fibra es de 5 a 8 mm y aumenta a 10 y 14 mm después del cuarto año, momento en el cual puede ser utilizada como pulpa para papel. Existe una ligera tendencia de que a mayor velocidad de crecimiento del árbol, mayor es la longitud de fibra. La madera de melina es de color amarillento grisáceo o blanco-rosáceo. No se diferencia la albura del duramen, especialmente después de secada la madera. El grano es recto en la mayoría de los casos, aunque suelen aparecer individuos con grano moderadamente entrecruzado y a veces rizado.

El módulo de ruptura verde es de 378.8 (kg/cm³) (de 294 a 469) y el módulo de elasticidad verde es de 9200 y seco de 9600 kg/cm². La especie presenta madera juvenil en los primeros tres o cuatro años y de ahí inicia la transición a madera adulta, la cual se estabiliza a partir de los cinco o seis años. En Hojanca, Costa Rica la madera es utilizada para construcción interior y para muebles, siempre que tenga al menos 7 u 8 años de edad.

Melina es una especie importante como fuentes de pulpa para papel; tiene un contenido alto de celulosa de 40 a 47% y holocelulosa verde desde 65.1% hasta un 71.7%. Varias ligninas han sido extraídas de la madera, entre ellas: furofuran, gmelofuran, bromina, arboresos, cluytil forulate. El contenido total de ligninas es de un 29.7%.

La especie es de secado lento y no presenta problemas de rajado durante el proceso, si se realiza según un programa adecuado de secado. Es una madera fácil de desarrollar en la industria del plywood y "paletas". En exteriores, la especie ha dado muy buenos resultados; resiste bien la humedad debido al contenido de ceras, grasas y resinas naturales en sus tejidos.

Otros usos

Las flores de la especie producen miel de excelente calidad. El follaje joven es apetecido por animales que pueden producir daño a las plantaciones jóvenes o a los rebrotes por el ramoneo. Los frutos, hojas, flores, raíces y corteza son utilizados en el sureste asiático como medicina para diferentes enfermedades.

Se planta para la protección de campos cultivados, ya sea como cerco vivo o árboles en línea. En zonas de poca pendiente se recomienda plantarla asociada con cultivos anuales durante el primero o los dos primeros años.

SILVICULTURA

Regeneración natural

En Africa, en suelos arenosos y sin malezas, alrededor de los árboles se produce abundante regeneración natural. La semilla puede germinar debajo de la plantación de árboles aislados cuando tiene buena disponibilidad de luz.

En la Hacienda Monterrico, departamento de Sonsonate, en un sitio con buena disponibilidad de humedad en El Salvador, se le puede observar regenerando bajo árboles aislados y en cerca viva, lo que demuestra su buena adaptación a las condiciones de estos sitios.

Recolección de semillas

G. arborea produce semillas desde los 3 a 4 años de plantada. En América Central la floración se produce generalmente entre enero y febrero. En Costa Rica la floración se produce entre diciembre y enero. La recolección de frutos se realiza entre febrero y mayo y aún junio en zonas secas. Las mejores procedencias de semilla en Costa Rica proceden de rodales semilleros del cantón de Hojanca.

Producción en vivero

La semilla presenta germinación epígea, similar a la de teca. El endocarpo se abre mediante una o dos valvas. Primero emerge la radícula y posteriormente los cotiledones. La producción de plantas puede ser por bolsas o por pseudoestacas. En los germinadores los endocarpos deben quedar cubiertos (con suelo, paja y otro material), para evitar pérdida de humedad. Para estimular y uniformizar la germinación, se recomienda poner las semillas en agua durante 3 ó 4 días, cambiando el agua cada día. La semilla se deja inmersa en agua por las noches y se coloca a la sombra en el día.

Una vez sembradas las semillas en los bancales, deben regarse abundantemente. Las semillas normalmente germinan en un período de 2 a 4 semanas. La distancia entre plantas en estos bancales debe ser aproximadamente 20 cm x 20 cm.

La producción de bolsas solo es recomendable cuando las condiciones climáticas o de suelo donde se plantará el material son muy difíciles y cuando se utiliza planta propagada por estacas.

Para el traslado al campo definitivo, las seudoestacas deben tener 15 a 20 cm de raíz y un tocón de 10 a 15 cm de longitud y 1.5 cm a 2 cm de diámetro al cuello. Este tipo de material se puede conseguir en vivero en un período de 6 a 8 meses. Al producir seudoestacas se debe tener cuidado que el tocón este lignificado. Es recomendable hacer un corte en bisel (inclinado) de un solo plano.

Establecimiento de la plantación

Esta especie es muy susceptible a la competencia de malezas por lo que es necesaria una buena preparación del terreno (limpieza). Donde las condiciones lo permitan, es recomendable quemar la maleza antes de la plantación.

La distancia de plantación que más se ha utilizado en América Central es 2.0 m x 2.0 m, pero también se han empleado distancias de 2.5 m x 2.5 m y 3.0 m x 3.0 m. Aunque no se han realizado ensayos sobre distanciamientos de plantación en El Salvador, el comportamiento de las plantaciones estudiadas parece confirmar que 3.0 m x 3.0 m es el mejor distanciamiento cuando se desean productos de mayor diámetro.

Preparación del suelo

El objetivo de la preparación del terreno es crear condiciones favorables para el establecimiento de la planta, esto permitirá aumentar las probabilidades de sobrevivencia, un crecimiento rápido y el árbol estará en condiciones de competir ventajosamente con las malezas, a más temprana edad.

En el caso de áreas cubiertas de pastos, es necesario el uso de herbicidas para la erradicación de las gramíneas. Es importante también que las dosificaciones indicadas respondan a estudios hechos por la casa productora y que contemplen el poder contaminante del producto; el uso de sobredosis puede acarrear desequilibrios ecológicos e incluso trastornos fisiológicos a la especie que interesa proteger.

Control de malezas

El objetivo del control de malezas es manejar sus niveles de población, para ofrecer a los árboles condiciones óptimas de crecimiento, a un costo razonable. En los primeros meses de la plantación, los árboles aún no están en condiciones de competir y pueden ser asfixiados por las malezas. La mayoría de malezas disminuye ante la reducción de la intensidad de luz. Esta reducción se da al cerrarse el dosel de la plantación, por lo que las deshierbas se deben concentrar en los primeros dos o tres años.

Es necesario visitar frecuentemente la plantación y determinar en qué momento es necesaria una operación de deshierba. Las deshierbas se inician alrededor de cuatro semanas después de la plantación. Para disminuir costos se puede realizar un placeado o plazoleado, que consiste en la eliminación total de las malezas en una circunferencia en un metro de diámetro alrededor del árbol.

Fertilización

Las especies de rápido crecimiento requieren una adecuada disponibilidad de nutrientes, para que éstos no sean un factor limitante de su desarrollo. La respuesta a la fertilización estará en función de las características de cada suelo, por lo que primero es necesario un análisis para determinar los posibles requerimientos de fertilización en cada sitio. En un experimento con melina en el que se aplicó 50, 100 y 150 kg/ha. de un fertilizante de fórmula 14-14-14(N-P-K), la dosis de 100 kg/ha dio los mejores resultados (Mendoza y Glori, 1976; citados en CATIE, 1991).

En Guatemala un ensayo de fertilización en una plantación de un año, con distanciamiento de 2.0 m x 2.0 m donde se aplicaron cuatro dosis de fertilizante N-P-K (15-15-15): 50, 100 y 150 gr/planta, en un círculo a 15 cm de la base de los árboles, cubriendo con tierra luego de la aplicación del fertilizante; indican una ligera ventaja para los tratamientos 50 y 150 gr/planta, sin embargo, se recomienda mayor investigación al respecto.

Sistemas agroforestales

La especie ha sido utilizada en sistemas agroforestales; sin embargo, su crecimiento rápido y amplia densidad de copa impiden su asocio durante el primer año de establecida la plantación, con los espaciamientos tradicionalmente utilizados (2.5 m x 2.5 m y 3m x 3m) en Hojancha, Costa Rica; no obstante, los mejores resultados se han observado al ser utilizados en cercas vivas.

Manejo de la plantación

Deshija

Cuando se utiliza seudoestaca, la primera labor de manejo es la deshija. Esta labor consiste en dejar el mejor rebrote y se debe realizar cuando los rebrotes alcanzan entre 1 y 1.5 m de altura total (Galloway, 1993).

Podas y raleos

La poda es, en esencia, la eliminación o remoción de partes del árbol, principalmente ramas. Si la poda se hace muy alta se puede reducir el potencial de fotosíntesis y se ocasiona un retraso en el crecimiento del árbol. En Turrialba, Costa Rica, Salazar (1988) encontró que la poda del 25% de la copa tiende a aumentar el crecimiento en diámetro y volumen, pero podas de más del 50% tuvieron un efecto negativo.

La primera poda se recomienda cuando los árboles alcanzan de 3 a 4 metros y se realiza hasta una altura no mayor del 50 % del árbol (Galloway, 1993). La segunda poda se debe hacer después del primer aclareo, con el objeto de mejorar la calidad de la madera de los mejores árboles. La poda como cualquier operación silvicultural, es una inversión que se hace en el rodal y como tal, se espera que la misma sea retribuida.

El objetivo de los raleos es concentrar el potencial de crecimiento en los mejores árboles. Los árboles a dejar en la plantación son los de mejor forma y tamaño. Además, el raleo permite dar las condiciones óptimas de crecimiento a cada árbol y al rodal en general. También favorece el crecimiento de las plantas del sotobosque eliminando el riesgo de erosión, especialmente en sitios con pendiente. Galloway (1993) recomienda el primer raleo en plantaciones a 3 x 3 m, cuando los árboles alcanzan entre 7 y 9 metros eliminando un árbol de cada dos. El segundo raleo se recomienda cuando los árboles alcanzan entre 12 y 14 metros y las copas de los mismos comienzan a tocarse.

SITIOS Y EXPERIMENTOS ANALIZADOS

Las plántulas para los ensayos se produjeron con semilla donada por el Banco Latinoamericano de Semillas Forestales, CATIE, Turrialba, Costa Rica y además se usaron fuentes nacionales ubicadas en CEDEFOR, San Andrés, La Libertad. Todas las pruebas se establecieron siguiendo el diseño estadístico de bloques completos al azar, con diferente número de tratamientos y repeticiones. La Unidad Experimental estuvo compuesta por una parcela útil de 16 ó 25 árboles con una línea de borde.

Se consideraron un total de 12 sitios cuyas edades varían desde 20 hasta 135 meses. Los espaciamientos utilizados fueron de 2x2 m y 2.5 x 2.5 m, lo que corresponde a 1600 y 2500 árboles por hectárea.

Datos de clima

Los experimentos analizados fueron establecidos en 12 sitios con un total de 43 parcelas, la mayoría en terrenos de propietarios particulares y localizados en varios departamentos, los cuales cubrieron un rango de elevación desde los 50 hasta los 975 msnm. La precipitación media anual varió desde 1457 a 2274 mm y la temperatura media anual de 23.7 a 27.4 °C. Estos sitios cubrieron básicamente la zona de vida de bosque húmedo subtropical (Cuadro 1).

Datos de suelos

Los suelos en América Central se distribuyen en dos grandes regiones: Tierras bajas y tierras altas. Las tierras bajas se extienden desde Belice hasta Panamá a lo largo de la costa Antillana. Dentro de las tierras altas se distinguen cinco subregiones:

1. Las cadenas calizas plegadas y tierras bajas adyacentes a El Petén, Guatemala,

2. Las montañas mayas
3. Las tierras altas no volcánicas
4. Las tierras altas ístmicas y tierras bajas adyacentes
5. Tierras altas volcánicas.

Las condiciones físico-químicas donde se evaluaron los sitios se presentan a continuación; los valores extremos corresponden al primer horizonte. En 6 de los 12 sitios evaluados, la textura de estos suelos va desde franco, franco arenosos, franco arcillosos. El pH, materia orgánica, calcio, magnesio y profundidad del suelo no tuvieron diferencias marcadas en cuanto a crecimientos altos y bajos. En cuanto a la precipitación media anual, existe una diferencia, ya que en los lugares altos la precipitación tuvo un rango de 1600 a 2500 mm en lugares de crecimiento alto.

RESULTADOS DE CRECIMIENTO

Para clasificar el crecimiento de estos sitios en Excelente, Alto, Medio o Bajo, se utilizó el IMA en altura total, como se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación por rangos de crecimiento en altura total para *Gmelina arborea* en El Salvador.

Categoría de crecimientos	Crecimientos		No. de experimentos	No. de parcelas	% de parcelas
	IMA	Altura			
Bajo	≤ 1.0		2	5	10.4
Medio	1.1	- 2.0	5	24	50.0
Alto	2.1	- 2.9	3	12	25.0
Excelente	≥ 3.1		2	7	14.6
			12	48	

Cuadro 2. Localización de los sitios y datos de crecimiento de los experimentos de *Gmelina arborea* realizados por el Proyecto Madeña en El Salvador.

Sitio		No. Exp.	Altitud. msnm	TMA (°C)	No. Mes seco	PMA (mm)	Zona Vida Holdrid	Edad Meses	Esp. Inicial mxm	Dens. Inic. Arb/ha	Super viven. %	Altura (m)		DAP (cm)		Incr. Altura (m/año)
Nombre	No											\bar{x}	IMA	\bar{x}	IMA	
Hda Pje. Galán	105	020L	975	23.7	6	1548	bh-S	32	2 x 2	2.500	52	1.3	0.5	3.7	1.4	Bajo
Cand. La Frontera	202	002L	520	23.8	6	1701	bh-S	115	2 x 2	2.500	70	8.8	0.9	15.1	1.7	
Hda. San Andrés	103	013L	840	23.7	6	1548	bh-T	67	2 x 2	2.500	100	6.1	1.1	9.9	1.8	Medio
Cand. La Frontera	202	130L	520	23.9	6	1699	bh-S	85	2 x 2	2.500	100	8.9	1.2	10.2	1.4	
Hda. San Andrés	106	021L	400	24.2	6	2274	bh-S	64	2 x 2	2.500	81	7.3	1.4	11.1	2.1	
Ciudad Arce	301	126L	100	27.4	6	1457	bh-S	75	2 x 2	2.500	76	9.2	1.5	13.8	2.3	
Hda. Las Victorias	409	102L	80	26.6	6	1922	bh-S	20	2 x 2	2.500	86	3.4	2.0	4.7	2.8	
Caluco	310	089L	100	26.4	6	1761	bh-S	42	2 x 2	2.500	83	8.2	2.3	10.0	2.9	Alto
Hda. Parras Lempa	314	142L	100	-	6	1846	bh-S	135	2.5x2.5	2.500	59	26.3	2.3	25.5	2.3	
San Vicente	405	083L	75	26.6	6	1756	bh-S	49	2 x 2	2.500	100	10.3	2.5	10.7	2.6	
CENTA	302	022L	50	26.4	6	2213	bh-S	30	2 x 2	2.500	97	7.6	3.0	8.8	3.5	Excelent.
Usulután	125	092L	600	25.3	6	1606	bh-S	38	2 x 2	2.500	81	9.7	3.0	12.8	4.0	

Cuadro 3. Propiedades físicas y químicas de los suelos donde se establecieron los ensayos de *Gmelina arborea* en El Salvador.

No. Exper.	Sitio	No. Perfil	No Horiz	Textura	pH	MO %	Extractables (meq/100 g Suelo)			CIC	Prof Sup.	Prof. Inf.	Tipo Suelo
							Ca	Mg	K				
002L	202	7	1	Fcl	5.7	3.9	8.1	4.2	-	38.8	0	20	Andic Paralithic Haplustalf
002L	202	7	2		5.8	2.7	8.5	4.3	-	44.4	20	42	
002L	202	7	3		5.9	-	-	-	-	46	62	75	
002L	202	7	4		6.1	-	-	-	-	62	75	90	
002L	202	7	5		6.2	-	-	-	-	75	90	90	
013L	103	3	1	Fcl	5.5	3.4	20.1	10.1	-	46.8	0	15	Paralithic Udic Ystraeot
013L	103	3	2		5.5	3.4	20.1	10.1	-	46.8	0	15	
013L	103	3	3		5.7	2.0	23.5	15.1	-	55.4	15	52	
013L	103	3	4		5.8	-	-	-	-	52	83	83	
020L	105	47	1	Fc	6.3	3.8	13.8	2.8	-	24.6	0	15	Chromusterts Entico
020L	105	47	2		6.5	2.0	11.8	2.6	-	25.2	15	50	
020L	105	47	3		6.5	1.0	15.9	4.8	-	30.1	50	80	
020L	105	47	4		6.7	0.9	19.1	6.8	-	34.3	80	110	
020L	105	47	5		7.0	0.8	20.4	6.7	-	33.1	110	145	
020L	105	47	6		6.9	0.2	21.3	7.2	-	30.5	+110	+145	
021L	106	26	1	Fc	5.3	5.1	13.1	3.8	-	39.8	0	11	
021L	106	26	2		5.5	2.4	14.9	3.9	-	43.3	11	49	
021L	106	26	3		6.0	-	-	-	-	49	84	84	
021L	106	26	4		6.0	-	-	-	-	84	110	110	

022L	302	33	1	Fcl	5.2	-	4.1	1.1	-	-	0	20	Mollic Vitlandept
022L	302	33	2		5.7	-	5.5	1.4	-	-	20	54	
022L	302	33	3		5.8	-	-	-	-	-	54	70	
083L	405	22	1	Fcl	6.2	4.2	15.8	5.4	-	-	0	20	Udic Haplustall
083L	405	22	2		6.4	3.1	14.6	5.5	-	-	20	58	
083L	405	22	3		6.5	-	-	-	-	-	58	94	
083L	405	22	4		6.5	-	-	-	-	-	94	148	
083L	405	22	5		6.6	-	-	-	-	-	148	157	
089L	310	40	1	Fcl	6.2	2.0	5.1	1.3	-	13.3	0	13	Vitrandept
089L	310	40	2		6.5	0.5	4.8	1.0	-	12.3	13	35	
089L	310	40	3		6.7	0.5	5.6	1.0	-	10.7	35	65	
089L	310	40	4		6.7	0.1	1.2	0.3	-	3.6	65	77	
089L	310	40	5		6.5	1.0	12.5	4.2	-	25.7	77	97	
089L	310	40	6		6.6	0.7	14.9	6.2	-	37.2	97	125	
092L	125	49	1	Fc	6.7	6.0	21.4	9.7	-	43.7	0	15	Ustifluent Acuico
092L	125	49	2		6.9	4.2	25.3	10.9	-	45.6	15	45	
092L	125	49	3		6.8	4.0	25.3	8.4	-	47.7	45	80	
092L	125	49	4		7.0	3.2	26.6	8.1	-	46.0	80	110	
092L	125	49	5		6.9	2.9	25.1	7.9	-	45.8	+110	+145	
102L	409	43	1	F	6.4	1.6	15.3	4.5	-	33.1	0	31	Typic Haplustalf
102L	409	43	2		6.7	1.5	18.5	4.9	-	33.9	31	52	
102L	409	43	3		6.7	1.0	19.1	4.9	-	33.7	52	107	
102L	409	43	4		7.0	0.6	17.8	4.8	-	32.9	107	137	
102L	409	43	5		6.9	0.4	17.3	5.2	-	31.7	+13	7	

Sobrevivencia

En el Cuadro 2 se presentan datos de sobrevivencia de los ensayos y puede observarse que el porcentaje menor es de 52% y la máxima es del 100%.

Los rangos inferiores los presentan los sitios de Paraje Galán y Hacienda San Andrés, con 52% y 70%, respectivamente; mientras que los mejores sitios en cuanto a sobrevivencia se encuentran en Hacienda La Criba, Hacienda San Andrés, Hacienda La Carrera con un 100%. Debe considerarse que se han evaluado varios tipos de experimentos como son ensayos de eliminación de especies, de fertilización, parcelas de crecimiento y de manejo.

En base a lo anterior se nota que *Gmelina arborea* Roxb posee buen prendimiento aunque requiere de buena asistencia de las plantaciones.

Las parcelas ubicadas en los sitios que no tuvieron un manejo adecuado como son Hacienda San Andrés, Hacienda Las Victorias, Hacienda Parras Lempa y Hacienda San Bruno son plantaciones de mayor edad y a pesar de esto el rango de sobrevivencia fue de 59% a 100%. Si en un principio se le hubiera dado manejo tendrían mejores índices de sobrevivencia.

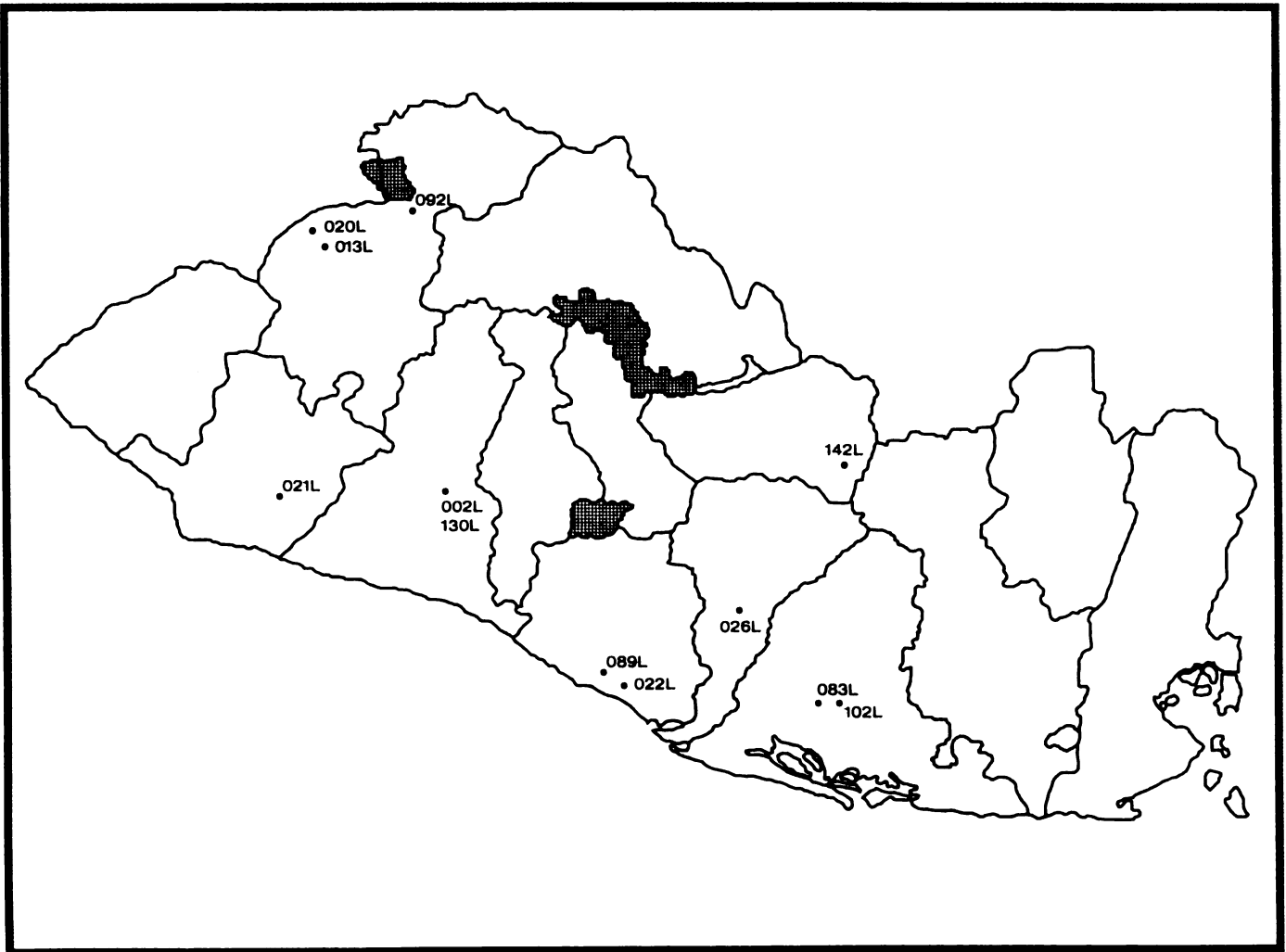


Figura 1. Localización de los sitios de investigación sobre *Gmelina arborea* establecidos en El Salvador.

Altura

Tomando como base el incremento medio anual en altura total registrado en los ensayos establecidos, se pueden conformar en tres grupos, los cuales presentan un Incremento Medio Anual (IMA) en rangos \leq a 1 metro, de 1.1 m a 2.0 m y de 2.1 m a 3.0 m. y \geq 3.0 m (Cuadro 1).

En el Cuadro 2 se presentan los valores promedios de los crecimientos e incrementos medios anuales obtenidos en cada experimento. Según estos datos, los sitios de Hacienda Paraje Galán y Hacienda San Andrés, presentan los incrementos menores, con 0.5 y 0.9 metros por año, mientras que los mejores desarrollos en altura se presentan en Hacienda La Providencia y Hacienda San Diego.

Las condiciones que presentan los sitios son muy diferentes, para la hacienda La Providencia se tiene que está ubicado en un Bh-S, con una altitud de 50 msnm, 26.4°C de temperatura, 2213 mm de precipitación media anual, con suelos del tipo Mollic vitrandept y textura Franco Arcillo Limosos; mientras que el otro sitio, Hacienda San Diego, está ubicado en el Bh-T y presenta una altura de 600 msnm, 25.3°C de temperatura, 1606 mm de precipitación, el suelo es de tipo Ustifluent acuico y de textura Franco Arcilloso, estos son los mejores sitios y ambos son ensayos de eliminación de especies.

Los sitios bajos como Hacienda Paraje Galán, Santa Ana están ubicado en bh-S con una altitud de 975 msnm, temperatura promedio de 23.7°C y 1548 mm de precipitación anual, con suelos del tipo Chromusterts, entico y textura franco arcillosa; mientras el otro sitio Hacienda San Andrés, La Libertad está ubicado en bh-S con una altitud de 520 msnm, temperatura promedio de 23.8 °C y precipitación anual de 1701 .mm, con suelos del tipo Andic paralithic haplustalf, el primero es ensayo de especies y el segundo ensayo de crecimiento.

Diámetro

Los diámetros menores se ubicaron en Hacienda Paraje Galán, Candelaria, Santa Ana y Hacienda San Andrés en La Libertad, con un incremento anual de 1.4 cm y 1.7 cm respectivamente y los mayores diámetros en los ensayos establecidos en las Haciendas la Providencia y San Diego con 3.5 cm y 4.0 cm respectivamente.

A pesar de que el crecimiento en diámetro en las parcelas de Paraje Galán (edad 32 meses) y San Andrés (edad 115 meses) es bajo, se ve que por la edad y el mal manejo no creció en diámetro pero suponemos que puede ser un buen sitio.

CONCLUSIONES

1. Debido a que melina puede crecer en pendientes fuertes sin problemas de erosión como sucede en plantaciones de teca; melina debe verse como una especie potencial para aquellos sitios que por su pendiente no se puede plantar teca.
2. Los mejores sitios para el desarrollo de *Gmelina arborea*, estuvieron ubicados en Hacienda La Providencia en el departamento de La Paz y la Hacienda San Diego en Metapán, Santa Ana.
3. El desarrollo de *Gmelina arborea* en El Salvador es considerado muy bueno, alcanzando un incremento medio anual de 3.0 m de altura y 4.0 cm de diámetro en los mejores sitios.
4. Los ensayos establecidos son pocos para dar recomendaciones a nivel de país ya que los resultados presentados pertenecen a un total de 48 parcelas en 12 experimentos.
5. El viento afecta negativamente el crecimiento de melina.

RECOMENDACIONES

1. Establecer plantaciones de *Gmelina arborea*, en sitios que presenten similitud en condiciones climáticas y edáficas a las Haciendas La Providencia, La Paz y San Diego, Metapán, Santa Ana.
2. Continuar con el establecimiento de parcelas de crecimiento en todo el país, bajo diferentes condiciones, para encontrar mediante análisis más precisos, las características de sitio que clasifican los mejores sitios.
3. Establecer nuevos ensayos en zonas donde el Proyecto MADELEÑA no trabajó y darle una cobertura a todo el país, donde existan sitios con potencial.
4. Algunos ensayos fueron afectados negativamente en su sobrevivencia por efecto del fuego. Por lo anterior, se recomienda no establecer parcelas de crecimiento en sitios afectados por fuego.

BIBLIOGRAFIA

- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA.1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central. Resultado de cinco años de investigación. CATIE. Costa Rica. Serie técnica, Informe técnico No. 86. 222 p.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1991. Melina, *Gmelina arborea* Roxb: Especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Costa Rica. Serie técnica, Informe técnico No. 181. 69 p.
- GALLOWAY, G. 1993. Manejo de plantaciones forestales: Guia técnica para el extensionista forestal. CATIE. Serie técnica. Manual técnico No. 7, Proyecto Diseminación del cultivo de Arboles de Uso Múltiple. Colección materiales de extensión No. 1, 59 p.
- HOLDRIDGE, L.R. 1975. Zonas de vida ecológicas de El Salvador, FAO, Proyecto Desarrollo Forestal y Ordenación de Cuencas Hidrográficas, Offset MAG. Santa Tecla, 98 p.
- LAMB A., F.A. 1970. Especies maderables de crecimiento rápido en tierra baja tropical: *Gmelina arborea*. Boletín Instituto Forestal Latinoamericano (Ven.) No. 33/34:21-34.
- VASQUEZ, W. 1995. Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Pinus caribaea* en Guanacaste, Costa Rica.
- ZAVALA, M. 1990. Comportamiento de nueve especies forestales con potencial para la producción de leña en Taulabe, Honduras.CATIE. Honduras. Informe interno No. 16. p.irr. Borrador sin publicar.



Combinación agroforestal con *Gmelina arborea*, maíz y maicillo (sorgo), en Sonsonate, El Salvador.



Combinación agroforestal de melina con frijol en San Julián, El Salvador.

ESPECIE *Tectona grandis*

Redactor: Héctor Díaz

DESCRIPCION BOTANICA Y ECOLOGICA

Nombre científico : *Tectona grandis* L. F.

Nombres comunes : Teca (varios países), sagún, sagón,
saguán, skhu, teak, shilp tru, indian oak (India)

Familia : Verbenaceae

Origen y distribución

Es originaria de India, Birmania, Tailandia, Laos e Indonesia. Se encuentra naturalizada en Java. La especie fue introducida a Trinidad en 1913, con semilla procedente de Tenasserim en Birmania (Myanmar), de ahí fue introducida a Belice, Antigua, República Dominicana, Jamaica, Costa Rica, Cuba, Colombia, Venezuela, Haití, Puerto Rico, Ecuador, Guayana Francesa, México, Brazil, Perú, El Salvador (en 1950), Honduras y Argentina.

En América Central se identifican dos procedencias: Tenasserim (Myanmar) en Trinidad y Sri Lanka (Ceylán) en Panamá (CATIE, 1986; CATIE, 1991)

Descripción de la especie

La teca es una especie maderable de gran valor comercial; su rápido crecimiento, adaptabilidad y calidad de la madera, junto a otras características como capacidad de rebrote en forma vigorosa, resistencia a incendios y de fuste recto, permiten una amplia gama de usos de esta especie, por lo que goza de gran aceptación en programas de reforestación. Los productos finales como muebles, son muy apreciados y alcanzan altos precios en el mercado nacional e internacional. Esta especie constituye una alternativa para la obtención de productos maderables a corto y mediano plazo.

Es un árbol grande, decíduo, que puede alcanzar más de 50m de altura y de 1.5 a 2.0 m de diámetro en su lugar de origen. Posee fuste recto y limpio, con corteza áspera y delgada, fisurada, de color café claro; sin olor o sabor característico. Los árboles generalmente presentan dominancia apical, que se pierde con la madurez o cuando florece a temprana edad.

Las hojas son grandes, opuestas, elípticas u ovoides y rugosas. Las flores son pequeñas, de color blanco verdoso a amarillo verdoso, en inflorescencias terminales, erectas y grandes. Los frutos son drupas irregulares, subglobosas, que contienen cuatro cámaras seminales, que encierran una o dos semillas de 5 mm de largo.

En el área centroamericana, la especie inicia la floración entre los 5 y 8 años, a partir de los cuales produce semilla fértil; presenta generalmente latencia, por lo que la semilla requiere escarificación (CATIE, 1986; CATIE, 1991). La floración se da en los meses de julio-agosto (en El Salvador) y la fructificación de diciembre-marzo. Presenta de 800 a 1780 frutos por kilogramo según la procedencia (Salinas, 1993).

La teca presenta un sistema radical de tres a seis raíces laterales, las que pueden algunas veces penetrar verticalmente hasta aproximadamente un metro de profundidad (CATIE, 1991).

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

Temperatura

La especie es propia de las regiones tropicales cálidas, libres de heladas. En su área de distribución natural crece en sitios con temperaturas entre 13 y 35 °C. Para América Central, se recomienda considerar temperaturas óptimas de 25 a 28 °C; fuera de este rango el crecimiento puede no ser satisfactorio.

En América Central se ha plantado en sitios con temperaturas entre 23 y 28 °C (CATIE,1986; CATIE, 1991). Los sitios plantados en El Salvador se encuentran dentro de este mismo rango de temperaturas.

Precipitación

La especie requiere de 1000 a 1800 mm anuales; sin embargo, en Centroamérica se ha plantado en sitios con rango entre 1250 y 3500 mm por año, con una estación seca bien definida de 3 a 5 meses. Sitios con precipitaciones mayores a 3500 mm por año y en zonas propensas a inundaciones en ciertos periodos del año, presentan problemas con algunas enfermedades (CATIE, 1991). En El Salvador se le ha plantado en sitios con precipitaciones de 1200 a 2200 mm anuales.

Elevación

En el área de distribución natural, la especie se encuentra desde 0 a 1000 msnm. En general, se planta en las zonas bajas tropicales. Los mejores rendimientos de la especie se dan en elevaciones inferiores a los 600 msnm (CATIE, 1986). En el Salvador se han obtenido buenos crecimientos a 700 msnm en el sitio la Cooperativa Talcualhuya, en San Juan Opico, que está ubicado cerca de una quebrada.

Suelos

La especie se adapta a gran diversidad de suelos; normalmente prefiere suelos francoarenosos y ligeramente arcillosos, fértiles y profundos, bien drenados, con pH neutro o ligeramente ácido, los mejores crecimientos en su hábitat natural se presenta en suelos aluviales, fértiles y bien drenados.

No es recomendable plantar en sitios con pendientes fuertes, porque ocasiona erosión si no se acompaña con estrategias de conservación de suelos y un manejo apropiado de la densidad (CATIE,1986).

Factores limitantes

Factores limitantes para el desarrollo de la especie son: los suelos poco profundos, compactados con mal drenaje, textura arcillosa, malezas y los incendios (CATIE,1986). Además, el bajo contenido de calcio y magnesio limita el buen desarrollo de la especie (CATIE,1991; Vásquez y Ugalde, 1995).

La teca es considerada como muy resistente al ataque de plagas y enfermedades. Los ataques registrados en bosques naturales, plantación o madera en uso han sido de poca importancia (CATIE,1991). La especie requiere de plena exposición solar para su crecimiento.

CARACTERISTICAS Y USOS DE LA ESPECIE

Leña

La producción de residuos durante las operaciones silviculturales y de aprovechamiento brindan la oportunidad de uso como leña; el poder calórico de ésta es de 5000 kcal/kg y puede utilizarse para fabricación de carbón (CATIE, 1986).

Madera

Sus usos como madera son muy variados, se utiliza generalmente en muebles, construcciones marinas, postes, durmientes, pilotes, construcción de embarcaciones, pisos, estructuras para interiores y exteriores, puertas y ventanas, muebles, ebanistería fina, paredes interiores, artesanías finas, bates deportivos, tonelería y recipientes de laboratorio, utensilios domésticos, esculturas, chapas e instrumentos de precisión (Benítez y Montesinos, 1988).

SILVICULTURA

Regeneración natural

Produce gran cantidad de regeneración natural, cuando los frutos caen en lugares libres de competencia de malezas y de sombra.

Recolección de semillas

En El Salvador, la época de recolección es en los meses de diciembre-marzo y se manifiesta cuando la envoltura de los frutos (cáliz persistente) cambia de un color verde a café (Salinas, 1993).

Producción en vivero

La producción puede hacerse en bolsas o en pseudoestacas. Las semillas requieren tratamiento pregerminativo, que consiste en sumergir la semilla en agua durante 3 ó 4 días por la noche cambiando el agua todos los días.

Luego la semilla se pone a germinar en almácigos para la germinación, desde donde son trasplantadas a las bolsas o directamente en bancales para la producción de pseudoestacas. La producción en bolsa está lista para el campo en tres meses, mientras que las pseudoestacas requieren de seis a ocho meses. La aplicación de nitrógeno-fósforo-potasio en el vivero mejora el color, el vigor y el crecimiento de los arbolitos (CATIE, 1986; CATIE, 1991).

Establecimiento de la plantación

No se recomienda establecer plantaciones densas en terrenos con pendientes fuertes, debido a que la sombra de la teca elimina el sotobosque. Las hojas acumulan mucha agua durante las lluvias y la descargan en forma de chorro, ocasionando erosión.

Se recomiendan espaciamientos de 3.0 x 3.0 m, 3.5 x 3.5 m y 4 x 3 m, porque se obtienen mejores resultados y se evita la necesidad de raleos tempranos; además, se reducen los costos de establecimiento y los primeros raleos tienen un mayor diámetro. En algunos sitios en El Salvador se han utilizado espaciamientos amplios con cultivos intercalados, como melón y actualmente es común encontrarse en algunos sitios asociada a cultivos como maíz y frijol.

Control de malezas

El método más común para preparar el sitio en áreas de plantación sin árboles remanentes o sin tacotales, es la chapea manual, aunque se puede utilizar el control químico o la quema antes del laboreo del suelo.

Luego de plantada, la especie es muy susceptible a la competencia por malezas. En casos donde existen malezas agresivas que compiten y se enrollan en el árbol, éstas pueden agobiar las plantas y producir deformaciones. Se recomienda realizar limpiezas hasta el tercer año, cuidando de no eliminar completamente la cobertura vegetal, a fin de proteger el suelo contra la erosión (CATIE, 1991).

Preparación del suelo

En suelos compactos es conveniente un buen laboreo del suelo mediante arado, subsolado y la realización de hoyos de buen tamaño (30x30x30 cm), para favorecer la penetración de las raíces.

Fertilización

De acuerdo con las condiciones del suelo, un análisis puede indicar la necesidad de aplicar o no fertilizante. En caso que se necesite, se puede aplicar una dosis de 50 a 100 gramos por árbol de fertilizante rico en fósforo (NPK 10-30-10 ó 12-24-12) al inicio de la plantación. Las plantas de esta especie son sensibles a la deficiencia de calcio (Ca); grandes cantidades de este elemento son removidas del sitio durante el aprovechamiento forestal y es difícil restituirlo, ya que sufre mineralización (CATIE, 1991).

Manejo

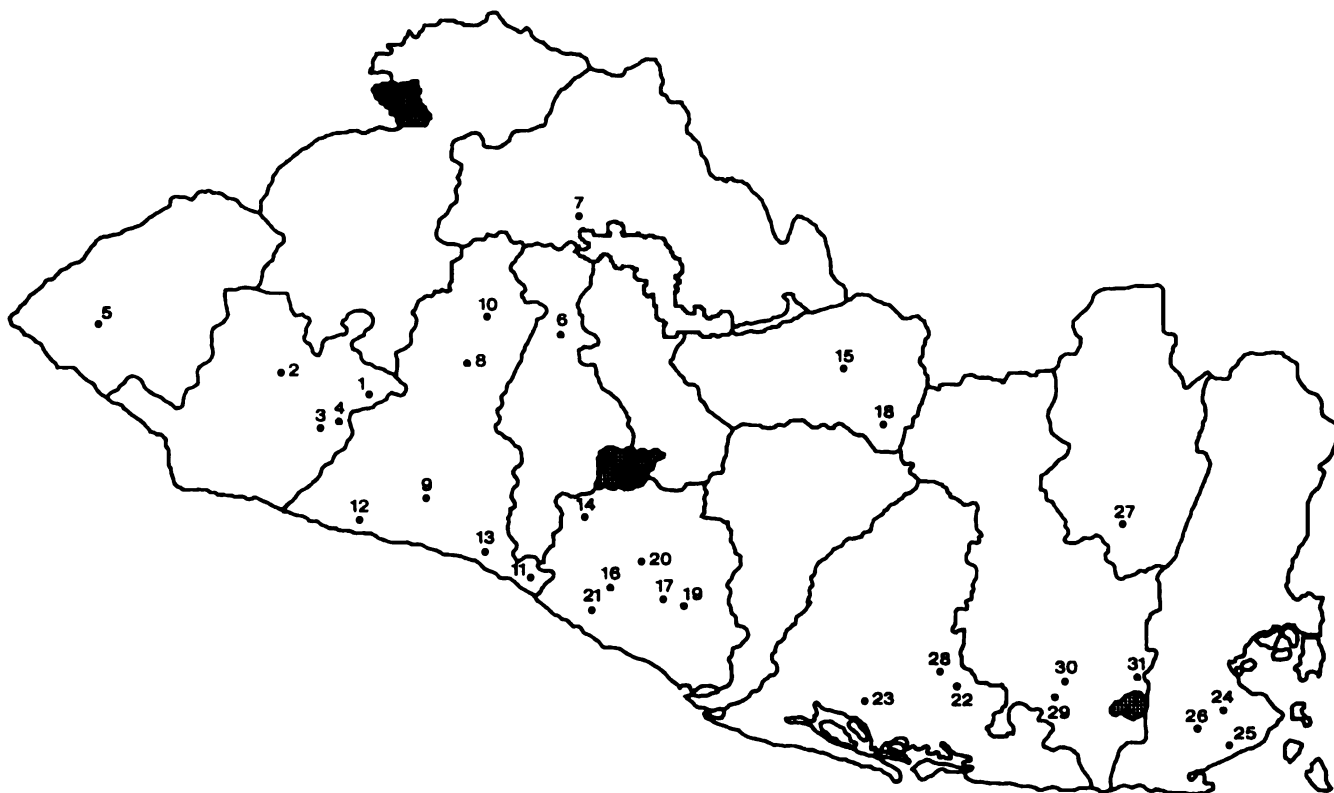
Existen diferencias marcadas en cuanto a crecimiento, como consecuencia de las diversas calidades de sitio, edad, densidad de plantación y manejo. En general se reporta un crecimiento anual que varía entre 8 a 25 m³/ha/año. La evaluación del índice de sitio se ha basado en la determinación directa, a través la altura. Se consideran sitios buenos los que tienen más de 18 m de altura promedio, a una edad base de 10 años. De las variables ambientales analizadas, la precipitación influye favorablemente en la calidad de sitio (CATIE, 1991).

Se han propuesto varios sistemas de aclareo basados en la altura total de los árboles y el área basal. Se propone realizar el primer raleo cuando los árboles alcanzan 8 m de altura, eliminando el 50% de los árboles y la segunda intervención cuando los árboles alcanzan los 15 m. Los raleos posteriores deben dejar una densidad final de 100 a 150 árboles/ha, según la calidad del sitio y las dimensiones del producto final deseado. Se recomienda realizar la primera poda inmediatamente después del primer aclareo; se efectúa hasta una altura de 3 m sobre el fuste (CATIE, 1991).

SITIOS Y EXPERIMENTOS ANALIZADOS

Características de clima y suelo en los sitios experimentales

Este estudio comprende el análisis de 35 experimentos con *Tectona grandis* localizados en 32 sitios, los cuales comprenden elevaciones bajas desde 20 msnm en San Luis Talpa, Rosario de La Paz y Santiago Nonualco del departamento de La Paz, hasta 700 msnm en Guacotecti del departamento de Cabañas (Cuadro 2).



No. en mapa	Localización	Sitio	No. en mapa	Localización	Sitio
1	-Santa Teresa, Armenia	126	16-	Astoria, San Luis Talpa	305
2	-San Isidro, Izalco	127	17-	El Cauca, Rosario de la Paz	312
3-	El Sunza, Izalco	101	18-	Guacotecti, Guacotecti	320
4-	La Tortolita, Armenia	124	19-	Tihuilocoyo, Santiago Nottualco	303
5-	El Cortijo, San Francisco Menéndez	129	20-	Nahualapa, Rosario de La Paz	310
6-	San Francisco Bolívar, Aguilares	221	21-	Santa Clara, San Luis Talpa	309
7-	Quitasol, Tejutla	211	22-	Montefresco, Concepción Batres	402
8-	La Isla, San Juan Opico	219	23-	La Carrera, Jiquilisco	405
9-	San Alfonso, Tamanique	218	24-	El Retiro, Conchagua	416
10-	Talcualuya, San Juan Opico	205	25-	Maquigue, Conchagua	418
11-	Santa Lucía Orcoyo, San Luis Talpa	201	26-	San Ramón, Conchagua	417
12-	Shutia, La Libertad	203	27-	Santa Bárbara, San Carlos	411
13-	San Arturi, La Libertad	220	28-	Ereguayquin, Ereguayquin	408
14-	Santa Barbara, Olocuilta	304	29-	Chilanguera, Chirilagua	404
15-	San Bruno, Villa Dolores	341	30-	Pueblo Viejo, San Miguel	410
			31-	Rancho Grande, San Antonio Silva	412

Figura 1. Ubicación de sitios de investigación de *Tectona grandis* L. en El Salvador.

La precipitación media anual varía de 1253 mm en Pueblo Viejo del departamento de San Miguel hasta 2213 mm, en Santa Lucía Orcoyo del municipio de San Luis Talpa, departamento de La Paz. Todos los sitios presentan un déficit hídrico de seis meses. La temperatura media anual varía desde 23 °C en Olocuilta del departamento de La Paz hasta 27,8 °C en Conchagua del departamento de La Unión.

El 93.8% de los sitios evaluados se ubican en la zona de vida bosque húmedo Subtropical (bh-S); se encuentra sólo un sitio en bosque seco Tropical (bs-T) en San Carlos, Morazán y un sitio en bosque húmedo Tropical (bh-T) en El Sunza e Izalco del departamento de Sonsonate. Asimismo, existe un amplio rango de tipos de suelos en los sitios experimentales. Las características climáticas y de los suelos por experimento se presentan en el Cuadro 3.

RESULTADOS DE CRECIMIENTO

Sobrevivencia

En general, en la mayoría de los sitios ensayados, la sobrevivencia de la teca en los dos primeros años bajo las diferentes condiciones de sitio es muy buena (75 a 100%). Valores bajos observados (menores de 60%) pueden ser atribuidos a la competencia por la alta densidad mostrada a mayor edad de la plantación. En el caso de la cooperativa La Carrera, cuya plantación sin un manejo oportuno, tiene una densidad del 25% de los árboles originales a una edad de 24 años.

Otros factores que afectan la sobrevivencia son suelos compactados y pesados; por ejemplo algunos sitios como el caso de la cooperativa La Aguja en Sonsonate, donde la formación de grietas en el suelo tipo vértico, durante la estación seca, provoca la ruptura de las raíces y muerte de los arbolitos. Asimismo, los incendios provocados y la competencia por malezas, especialmente lianas que agobian las plantas son otros factores que han afectado la sobrevivencia de la especie. Más del 90% de las parcelas evaluadas presentaron una sobrevivencia arriba del 75%, lo que indica la buena adaptación de esta especie.

Crecimiento en altura total

Los valores más altos observados en altura corresponden a la cooperativa La Carrera, en Usulután, donde alcanzan los 25.6 m de altura promedio a la edad de 24 años (Cuadro 2). Los crecimientos medios anuales (IMA) en altura total muestran rangos de crecimiento considerados: bajos con un IMA menor de 1.0 m; medios con rango de IMA de 1.1 a 1.5 m; alto con rango de IMA de 1.6 a 2.5 m y excelente con IMA superior a 2.5 m (Cuadro 2). En el Cuadro 1 se muestra el porcentaje de parcelas correspondientes a cada rango de crecimiento.

Cuadro 1. Rangos de incremento medio anual (IMA) en altura total promedio y porcentaje de parcelas por rango de crecimiento de *Tectona grandis* L.f, evaluadas en El Salvador.

Categoría	Rango de altura (IMA)	No. parcelas	Porcentaje
Bajo	≤ 1.0 .	6	5.9
Medio	De 1.1 a 1.5 m	39	38.2
Alto	De 1.6 a 2.5 m	55	53.9
Excelente	> 2.5 m	2	2.0
TOTAL		102	100

El 53.4% de las parcelas evaluadas en el país presentan crecimiento alto; 2% son de crecimiento excelente; 3.82% de crecimiento medio y sólo un 5.9% de crecimiento bajo, lo que indica la buena adaptación de la especie en la mayoría de los sitios evaluados.

Los rangos de IMA en altura total varían de 0.8 a 2.9 m/año. El IMA más alto es alcanzado por una parcela en Guacotecti, Cabañas, cuyo valor es de 2.9 m a la edad de 30 meses (2.5 años), aunque en ese sitio las otras tres parcelas del experimento tienen valores de IMA considerados de medios a altos. Este sitio se ubica a 700 msnm, con 26.6 °C; PMA de 1954 mm y corresponde a la zona de vida bosque húmedo Subtropical (bh-S). El sitio se encuentra aledaño a una pequeña quebrada que podría ser la causa de que se observe alto crecimiento de la especie, lo que sugiere evaluar la posibilidad de riego en donde la disponibilidad de agua lo permita.

Otro sitio clasificado con crecimiento alto se encuentra Santa Clara en La Paz, a 20 msnm, con TMA de 26.4 °C; PMA de 1737 mm, correspondiente a un bosque húmedo Subtropical (bh-S) y con suelos Inceptisoles (mollic vitrandept) con un IMA de 2.58 m a la edad de 26 meses (2.17 años).

Los crecimientos bajos que se presentan en Santa Bárbara, Olocuilta a 380 msnm, con TMA de 26.4 °C, PMA de 2025 mm, zona de vida bosque húmedo subtropical y con suelos Inceptisoles (typic vitrandept), se deben a la edad avanzada de estos rodales con 133 meses (11 años). Esto se puede afirmar debido a que dos experimentos en el mismo tipo de suelo tienen crecimiento alto en Olocuilta y Santa Lucía Orcoyo en San Luis Talpa; ambos sitios se encuentran en el departamento de La Paz.

Otro sitio con crecimiento bajo es San Francisco Bolívar en Aguilares, del departamento de San Salvador, a 400 msnm, con TMA de 23,8 °C, PMA de 1674 y bosque húmedo Subtropical, que presenta un IMA de 0.8 a 1.0 m en dos parcelas evaluadas en el sitio.

Crecimiento en diámetro promedio

El crecimiento en DAP promedio varía de acuerdo con la edad y la densidad de la plantación. Los valores más altos en IMA son alcanzados a edades tempranas.

Es evidente que en los mejores sitios, para mantener un buen crecimiento los raleos deben ser realizados temprano y en forma fuerte, para aumentar el espacio por árbol y lograr mayor crecimiento en diámetro.

El mayor diámetro se logró a los 288 meses (24 años) en el sitio conocido como La Carrera en Jiquilisco pero el manejo no fue adecuado. Manteniendo IMA en dap de 1.6 a 2.5 cm/año será posible alcanzar diámetros comerciales de 40 cm entre 16 y 25 años, siempre que los raleos se hagan temprano y fuertes. Lo anterior es posible considerando que en general se mantiene un promedio de IMA en DAP de 1.5 a 2.0 cm en los sitios evaluados.

Ensayo de espaciamiento

En Ereguayquín, departamento de Usulután, a 80 msnm, una TMA de 26.6 °C, una PMA

de 1922 mm, zona de vida bosque húmedo subtropical (bh-S) y con suelos Alfisoles; se estableció un ensayo de espaciamiento. Los tratamientos probados fueron: 2x2 m (2500 árboles/ha); 2.8x2.8 m (1275 árboles/ha); 3.45x3.45 m (840 árboles/ha) y 4x4 m (625 árboles/ha).

A 61 meses de edad (5.08 años) no se encontraron diferencias significativas en altura entre los tratamientos. El espaciamiento 3.45x3.45 m superó en 11.4% al tratamiento 2x2 m y en 1.7% al espaciamiento 4x4 m. Se recomienda evaluar a mayor edad y bajo otras condiciones de sitio.

Ensayo de fertilización

El sitio La Tortolita en Armenia del departamento Sonsonate, a 600 msnm, con TMA de 23.8 °C, PMA de 1672 mm, suelos Alfisoles, pertenece a la zona de vida bosque húmedo subtropical (Bh-S).

En dicho sitio se estableció un ensayo de fertilización; los tratamientos consistieron en la aplicación de dosis de fertilizante fórmula 20-20-0, equivalentes a 6, 12, 18, 24 y 30 grs/planta de elementos puros (N y P) El fertilizante se aplicó a un año de la plantación, alrededor de los arbolitos y colocándolo mezclado con la capa superficial del suelo. Se realizaron cuatro mediciones de sobrevivencia, diámetro y altura total a 1, 11, 44 y 60 meses de edad. Asimismo, en la última medición se practicó el aprovechamiento total.

A 60 meses de edad, las dosis aplicadas influyeron significativamente sobre el peso verde del fuste, que representa el 59% del peso total. Los tratamientos 6, 24 y 30 g/planta de elementos puros (N-P-K) fueron superiores a los tratamientos con 12 y 18 grs /planta y éstos, a su vez, superiores al testigo.

El valor de peso verde de fuste fue de 36.25 kg para el tratamiento de 24 g/planta; superó en 10% al tratamiento de 30 g/planta y en 45% al testigo. El diámetro y altura promedio fueron superiores a los 60 meses de edad; los tratamientos 6, 24 y 30 g/planta fueron superiores a los demás. Para diámetro se alcanzaron valores de 8.1 a 10.1 cm y para altura promedio de 8.1 a 9.6 m.

A esta edad de medición, las diferencias en sobrevivencia no fueron significativas, presentando valores de 94.5 a 100%.

Se realizó un análisis financiero de *Tectona grandis*, después de cinco años de establecida la plantación en la Finca La Tortolita, Armenia, del departamento de Sonsonate. Este estudio fue llevado a cabo por el área socioeconómica del proyecto "Cultivo de Arboles de Uso Múltiple" (Madeleña) en 1991. Los resultados de la investigación se muestran en los Cuadros 4 al 7.

Cuadro 2. Localización de los sitios y datos de crecimiento de los experimentos de *Tectona grandis*, establecidos por el Proyecto Madeña en El Salvador.

Sitio Nombre	No	No. Exp.	Altitud msn m	TMA (°C)	No. mes seco	PMA (mm)	Zona Vida Holdridge	Edad meses	Espc. Inicial (mxm)	Dens. Inic. árb/ha	Super viven. %	Altura (m)		DAP (cm)		Incrém Altura (m/año)
												\bar{x}	IMA	\bar{x}	IMA	
Santa Bárbara Olocuilta	304	035L	380	26.4	6	2025	Bh-S	133	2.5x2.5	1600	84	11.4	1.02	11.5	1.4	Bajo
San Fco. Bolívar Aguilares	221	059L	400	23.8	6	1674	Bh-S	32	2.5x2.5	1600	84	2.4	0.9	3.5	1.33	
Quitazol Tejutla	211	039L 053L	300	25.7	6	2059	Bh-S	110	2 x 2	2500	86	10.8	1.2	11	1.2	Medio
La Isla	219	118L	510	23.8	6	1701	Bh-S	109	2.5x2.5	1600	95	10.9	1.2	13.09	1.53	
San Juan Opico Santa Teresa	126	103L	470	23.8	6	1672	Bh-S	181	2.5x2.5	1600	100	17.7	1.2	18.8	1.2	
Armenia	126	103L	470	23.8	6	1672	Bh-S	181	2.5x2.5	1600	100	17.7	1.2	18.8	1.2	
San Isidro	126	103L	470	23.8	6	1672	Bh-S	181	2.5x2.5	1600	100	17.7	1.2	18.8	1.2	
Izalco	127	105L	640	24.2	6	1767	Bh-S	173	2.5x2.5	1600	68	16.1	1.1	20.8	1.4	
Guacotecti	320	153L	700	26.6	6	1954	Bh-S	79	2.5x2.5	2500	86	9.1	1.4	10.3	1.6	
Guacotecti Astoria	320	153L	700	26.6	6	1954	Bh-S	79	2.5x2.5	2500	86	9.1	1.4	10.3	1.6	
San Luis Talpa	305	037L	20	26.4	6	1727	Bh-S	68	2.5x2.5	1600	90	7.0	1.2	12.9	2.3	
San Alfonso	218	051L	330	26.4	6	1647	Bh-S	110	2.5x2.5	1600	87	12.8	1.4	13.6	1.5	
Tamanique	218	119L	330	26.4	6	1647	Bh-S	110	2.5x2.5	1600	87	12.8	1.4	13.6	1.5	
Talcualhuya	205	106L	400	23.9	6	1698	Bh-S	99	2.5x2.5	1600	100	11.8	1.4	13.1	1.9	
San Juan Opico	205	106L	400	23.9	6	1698	Bh-S	99	2.5x2.5	1600	100	11.8	1.4	13.1	1.9	
Ereguayquin	408	101L	80	26.6	6	1922	Bh-S	61	2.5x2.5	1600	87	7.7	1.4	10.8	2.1	
Ereguayquin	408	101L	80	26.6	6	1922	Bh-S	61	2.5x2.5	1600	87	7.7	1.4	10.8	2.1	
El Cauca	312	112L	20	26.8	6	1767	Bh-S	96	2.5x2.5	1600	100	10	1.2	14.3	1.8	
Rosario La Paz	312	112L	20	26.8	6	1767	Bh-S	96	2.5x2.5	1600	100	10	1.2	14.3	1.8	
La Carrera	405	117L	75	26.6	6	1756	Bh-S	288	2.5x2.5	1600	25	25.6	1.1	32.2	1.3	
Jiquilisco	405	117L	75	26.6	6	1756	Bh-S	288	2.5x2.5	1600	25	25.6	1.1	32.2	1.3	
El Retiro	416	125L	180	27.8	6	1735	Bh-S	85	2.5x2.5	1600	60	9.2	1.3	11.1	1.6	
Conchagua	416	125L	180	27.8	6	1735	Bh-S	85	2.5x2.5	1600	60	9.2	1.3	11.1	1.6	
Maquique	418	129L	30	26.9	6	1863	Bh-S	73	2.5x2.5	1600	76	7.8	1.3	9.2	1.5	
Conchagua	418	129L	30	26.9	6	1863	Bh-S	73	2.5x2.5	1600	76	7.8	1.3	9.2	1.5	
San Bruno	341	127L	100		6	1846	Bh-S	100	2.5x2.5	1600	97	12.8	1.5	9.4	1.1	
Villa Dolores	341	127L	100		6	1846	Bh-S	100	2.5x2.5	1600	97	12.8	1.5	9.4	1.1	
San Ramón	417	128L	56	26.9	6	1863	Bh-S	85	2.5x2.5	1600	57	9.2	1.3	11.4	1.6	
Conchagua	417	128L	56	26.9	6	1863	Bh-S	85	2.5x2.5	1600	57	9.2	1.3	11.4	1.6	
Santa Bárbara	411	128L	220	26.4	6	2076	Bh-T	88	2.5x2.5	1600	100	10.4	1.4	13.4	1.8	
San Carlos	411	128L	220	26.4	6	2076	Bh-T	88	2.5x2.5	1600	100	10.4	1.4	13.4	1.8	
El Sunza	101	104L	600	24.2	6	1767	Bh-T	158	2.5x2.5	1600	73	18.3	1.4	17.7	1.3	
Izalco	101	104L	600	24.2	6	1767	Bh-T	158	2.5x2.5	1600	73	18.3	1.4	17.7	1.3	
Talcualhuya	205	034L	400	23.8	6	1753	Bh-S	121	2x2	1600	82	17.1	1.7	17.7	1.7	Alto
San Juan Opico	205	034L	400	23.8	6	1753	Bh-S	121	2x2	1600	82	17.1	1.7	17.7	1.7	
La Tortolita	124	061L	600	23.8	6	1672	Bh-S	58	2x2	2500	96	8.6	1.8	10	2	
Armenia	124	118L	600	23.8	6	1672	Bh-S	58	2x2	2500	96	8.6	1.8	10	2	
Santa Bárbara	304	113L	380	23.0	6	2025	Bh-S	80	2.5x2.5	1600	100	17.7	1.2	18.8	1.2	
Olocuilta	304	113L	380	23.0	6	2025	Bh-S	80	2.5x2.5	1600	100	17.7	1.2	18.8	1.2	
El Cortijo	129	124L	350	25.4	6	1578	Bh-S		2.5x2.5	1600	77	11.8	1.9	12.4	2	
San Fco.	129	124L	350	25.4	6	1578	Bh-S		2.5x2.5	1600	77	11.8	1.9	12.4	2	
Menénd.	201	113L	380	26.4	6	2213	Bh-S	42	2.5x2.5	1600	98	6.4	1.8	8.7	2.5	
Santa Lucía Or.	201	113L	380	26.4	6	2213	Bh-S	42	2.5x2.5	1600	98	6.4	1.8	8.7	2.5	
San Luis Talpa	203	012L	200	26.4	6	2004	Bh-S	43	2.5x2.5	1600	92	5.6	1.5	7.4	2	
Shutia	203	012L	200	26.4	6	2004	Bh-S	43	2.5x2.5	1600	92	5.6	1.5	7.4	2	
La Libertad	402	033L	75	26.6	6	1721	Bh-S	42	2.5x2.5	2500	93	7.2	2	7.7	2.2	
Montefresco	402	119L	75	26.6	6	1721	Bh-S	42	2.5x2.5	2500	93	7.2	2	7.7	2.2	
Concep. Batres	303	047L	20	26.8	6	1727	Bh-S	104	2.5x2.5	2500	94	12.7	1.5	14.4	1.6	
Tihuilocoyo	303	111L	20	26.8	6	1727	Bh-S	104	2.5x2.5	2500	94	12.7	1.5	14.4	1.6	
Stgo. Nonualc.	220	054L	125	26.4	6	1731	Bh-S	50	2.5x2.5	1600	91	7.8	1.9	10.9	2.6	
San Arturo	220	054L	125	26.4	6	1731	Bh-S	50	2.5x2.5	1600	91	7.8	1.9	10.9	2.6	
La Libertad	404	058L	50		6	1508	Bh-S	58	2.5x2.5	1600	100	7.4	1.5	10.4	2.2	
Chilanguera	404	058L	50		6	1508	Bh-S	58	2.5x2.5	1600	100	7.4	1.5	10.4	2.2	
Chirilagua	404	058L	50		6	1508	Bh-S	58	2.5x2.5	1600	100	7.4	1.5	10.4	2.2	

Continuación Cuadro 2.

Sitio	No.	Altitud	TM	No.	PMA	Zona	Edad	Espec.	Dens.	Super	Altura (m)	DAP (cm)	Increment			
Nombre	No	Exp. msnm	A (°C)	mes seco	(mm)	Vida Holdridge	meses	Inicial (mxm)	Inic. árb/ha	vivenc %	\bar{x}	IMA	\bar{x}	IMA	Altura (m/año)	
Pueblo Viejo San Miguel Rancho Grande	410	107L	130	26.9	6	1253	Bh-S	80	2.5x2.5	1600	58	13.9	2.1	18.3	2.7	Alto
San Antonio S. Nahualapa	412	109L	180	26.9	6	1253	Bh-S	64	2.5x2.5	1600	97	8.7	1.6	9.7	1.8	
Rosario La Paz	310	110L	100	26.4	6	1647	Bh-S	103	2.5x2.5	1600	100	13.5	1.6	16.8	1.9	
Santa Clara San Luis Talpa Guacotecti	309	065L	20	26.4	6	1737	Bh-S	26	2 x 2	2500	75	5.6	2.6	6.1	2.8	Excelente
Guacotecti	320	153L	70	26.6	6	1954	Bh-S	30	2 x 2	2500	94	7.4	2.9	7.8	3.1	

Bajo: menor de 1/año; Medio: de 1 - 1.5 m/año; Alto: de 1.6 - 2.5 m/año; Excelente: mayor de 2.5 m/año.

Cuadro 3. Propiedades físicas y químicas de los suelos donde se establecieron los ensayos de *Tectona grandis* en El Salvador.

No. Exper.	Sitio	No. Perfil	No Horiz	Textura	pH	MO %	Extractables (meq/100 g Suelo)			CIC	Prof Sup.	Prof. Inf.	Tipo Suelo
							Ca	Mg	K				
001L	201	13	1	-	5.5	0.7	4.5	0.8	-	17.2	0	32	Typic Vitrandept
001L	201	13	2	-	5.7	0.5	3.7	0.5	-	11.0	32	47	
001L	201	13	3	-	5.9	-	-	-	-	-	47	75	
001L	201	13	4	-	6.0	-	-	-	-	-	75	83	
033L	402	37	1	-	6.4	7.9	23.0	2.6	-	44.6	0	20	Mollic Vitandept
033L	402	37	2	-	6.1	6.0	16.8	1.2	-	38.7	20	45	
033L	402	37	3	-	6.1	-	-	-	-	-	45	76	
033L	402	37	4	-	6.1	-	-	-	-	-	76	100	
034L	205	48	1	FA	6.2	3.2	32.5	8.3	-	50.0	0	12	Vertic Ustropept
034L	205	48	2	A	6.5	1.6	38.3	10.0	-	56.0	12	28	
034L	205	48	3	A	5.8	1.4	43.6	11.1	-	63.0	28	59	
034L	205	48	4	A	7.2	1.3	44.4	10.9	-	65.7	59	82	
034L	205	48	5	A	7.0	1.4	45.4	11.1	-	58.5	82	127	
034L	205	48	6	FA	7.2	0.1	64.5	13.3	-	78.2	+127		
035L	304	34	1	-	5.4	3.4	5.5	0.9	-	17.2	0	13	Typic Vitrandept
035L	304	34	2	-	5.4	0.8	4.1	0.7	-	15.8	13	54	
035L	304	34	3	-	5.7	-	-	-	-	-	54	106	
035L	304	34	4	-	5.9	-	-	-	-	-	106	184	
051L	218	31	1	-	5.9	3.9	17.3	3.0	-	41.4	0	30	Mollic Haplustalf
051L	218	31	2	-	6.2	1.6	17.6	4.1	-	45.4	30	49	
051L	218	31	3	-	6.2	-	-	-	-	-	49	100	
051L	218	31	4	-	6.1	-	-	-	-	-	100	140	
054L	220	38	1	-	5.1	4.9	16.8	2.1	-	39.8	0	14	Udic Haplustoll
054L	220	38	2	-	5.5	2.8	17.5	2.0	-	41.9	14	75	
054L	220	38	3	-	5.6	-	-	-	-	-	75	104	
054L	220	38	4	-	5.9	-	-	-	-	-	104	138	
054L	220	38	5	-	5.7	-	-	-	-	-	138	155	
065L	309	19	1	-	6.1	2.7	6.6	2.1	-	17.6	0	32	Mollic Vitrandept
065L	309	19	2	-	6.2	0.5	2.8	0.9	-	10.4	32	46	
065L	309	19	3	-	6.0	-	7.8	2.7	-	25.3	46	75	
065L	309	19	4	-	6.0	-	-	-	-	-	75	87	
065L	309	19	5	-	6.0	-	-	-	-	-	87	120	

Continuación Cuadro 3.

No. Exper.	Sitio	No. Perfil	No Horiz	Textura	pH	MO %	Extractables (meq/100 g Suelo)			CIC	Prof. Sup.	Prof. Inf.	Tipo Suelo
							Ca	Mg	K				
101L	408	58	1	F	6.5	3.2	14.8	4.4	-	31.1	0	28	Typic Haplustalf
101L	408	58	2	F	6.7	2.4	14.9	3.5	-	31.1	28	56	
101L	408	58	3	F	6.9	1.1	15.3	4.1	-	26.7	56	100	
101L	408	58	4	F	7.0	1.0	15.4	4.0	-	27.9	100	151	
101L	408	58	5	F	6.8	.09	15.2	4.1	-	24.9	+151		
103L	126	42	1	F	6.4	3.3	9.3	3.6	-	22.8	0	23	Typic Ustifluent
103L	126	42	2	F	6.4	3.4	10.8	3.8	-	25.5	23	55	
103L	126	42	3	FA	6.7	3.4	15.8	5.3	-	30.7	55	80	
106L	205	48	1	FA	6.2	3.2	32.5	8.3	-	50.0	0	12	Typic Chromustert
106L	205	48	2	A	6.5	1.6	38.3	10.0	-	56.0	12	28	
106L	205	48	3	A	5.8	1.4	43.6	11.1	-	63.0	28	59	
106L	205	48	4	A	7.2	1.3	44.4	10.9	-	65.7	59	82	
106L	205	48	5	A	7.0	1.4	45.4	11.1	-	58.5	82	127	
106L	205	48	6	FA	7.2	0.1	64.5	13.3	-	78.2	+127		
107L	410	44	1	F	6.7	3.1	18.8	4.8	-	27.8	-	-	Ustifluven
107L	410	44	2	A	6.7	1.1	32.6	10.1	-	47.3	-	-	
107L	410	44	3	F	7.3	0.8	19.7	7.7	-	30.3	-	-	
107L	410	44	4	FA	6.6	1.4	12.7	3.2	-	21.2	-	-	
107L	410	44	5	FA	7.0	0.0	2.4	0.9	-	4.0	-	-	
107L	410	44	6	A	6.6	0.7	35.3	12.8	-	50.7	-	-	
107L	410	44	7	A	7.1	0.6	37.9	13.1	-	47.7	-	-	
107L	410	44	8	FA	7.1	0.1	6.4	2.7	-	9.3	-	-	
108L	411	57	1	F	5.4	6.1	22.8	10.1	-	41.8	-	-	Haplustalf
108L	411	57	2	A	5.1	1.4	26.8	15.4	-	48.5	-	-	
108L	411	57	3	A	5.2	1.0	28.5	18.0	-	50.0	-	-	
108L	411	57	4	A	5.7	0.3	32.3	18.9	-	51.3	-	-	
108L	411	57	5	A	5.1	0.3	40.4	22.8	-	60.2	-	-	
108L	411	57	6	A	5.6	0.6	30.4	19.1	-	48.8	-	-	
109L	412	45	1	A	6.3	4.7	15.7	4.4	-	33.1	-	-	Typic Haplustalf
109L	412	45	2	FA	5.6	2.4	22.7	11.9	-	41.3	-	-	
109L	412	45	3	A	6.0	0.9	8.7	2.6	-	25.7	-	-	
109L	412	45	4	A	6.3	0.5	8.8	3.1	-	25.9	-	-	
110L	310	40	1	F	6.2	2.0	5.1	1.3	-	13.3	0	13	Mollic Haplustalf
110L	310	40	2	F	6.5	0.5	4.8	1.0	-	12.3	13	35	
110L	310	40	3	FL	6.7	0.5	5.6	1.0	-	10.7	35	65	
110L	310	40	4	F	6.7	0.1	1.2	0.3	-	3.6	65	77	
110L	310	40	5	FA	6.5	1.0	12.5	4.2	-	25.7	77	97	
110L	310	40	6	A	6.6	0.7	14.9	6.2	-	37.2	97	125	
112L	312	39	1	FA	5.1	2.4	7.3	1.4	-	17.0	0	12	Typic Ustipsamment
112L	312	39	2	FA	5.8	1.5	6.1	0.7	-	14.3	12	38	
112L	312	39	3	A	6.5	0.1	4.5	0.8	-	11.1	38	98	
112L	312	39	4	FA	6.7	0.8	13.0	2.5	-	24.0	98	110	
112L	312	39	5	FA	6.7	0.3	9.2	2.8	-	19.2	110	132	
112L	312	39	6	F	6.8	0.1	7.9	3.5	-	16.2	132	144	
112L	312	39	7	FA	6.8	0.2	16.2	7.1	-	32.1	144	160	
112L	312	39	8	F	6.8	0.5	12.2	4.5	-	24.2	+160	-	

El análisis de suelo (Cuadro 3) muestra que no se observan fuertes variaciones entre los sitios se requiere entonces un estudio más detallado de las interrelaciones del suelo con otros factores como la posición topográfica, profundidad del suelo, uso anterior, manejo y otros, para determinar los factores limitantes.

Sitios como Talcualhuya, Montefresco, Pueblo Viejo, Rancho Grande, Nahualapa y Santa Clara, que presentan crecimientos altos, muestran variaciones de pH de 5.1 a 6.7 en el primer horizonte; contenidos de M.O. de 2 a 7.9% ; calcio de 5.1 a 32.5 meq/ 100g de suelo; magnesio de 1.3 a 8.3 meq/100 g y con capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 13.3 a 50 meq/100 g de suelo.

En Santa Bárbara, Olocuilta, un sitio con crecimiento bajo presenta pH de 5.4; contenidos de materia orgánica de 3.4%; calcio de 5.5 meq/100g de suelo; magnesio de 0.9 meq/100g de suelo y capacidad de intercambio catiónico de 17.2 meq/100g de suelo. Se observa que el contenido de magnesio está en cantidades cercanas al nivel crítico y éste se considera un factor limitante para el desarrollo de la teca. La mayoría de los sitios presentan suelos con profundidades mayores a un metro.

Cuadro 4. Sistema de manejo silvicultural para *Tectona grandis*, con turno de aprovechamiento al quinto año, Finca La Tortolita, Armenia, Sonsonate, 1991.

ACTIVIDAD	AÑOS
Preparación del terreno	1
Plantación	1
Fertilización	1
Protección	1
Poda	1
Deshierbe	2
Aprovechamiento	3
Administración/imprevistos	1, 2, 3, 5

Cuadro 5. Costos de insumos y mano de obra para el establecimiento de una hectárea de *Tectona grandis*, Finca La Tortolita, Armenia, Sonsonate, Año 1, 1991. (Datos/ha).

Detalle	Cantidad	Valor	Total ¢
Insumos			3075.57
Arboles	2750 ^{1/}	1100.00	
Mirex	23.5	385.40	
Postes	128.0	384.00	
Alambre	3 rollos	342.00	
Grapas	8 lbs	29.20	
Fórmula 16-20-0	4.5 sacos	834.97	
Preparación y plantación	Días/hombre ^{2/}		2728.00
Preparación terreno	66.6	1065.60	
Plantar árboles	38.9	622.40	
1ra. Fertilización (año 1)	15.0	240.40	
Aplicar insecticida (año 1)	10.0	160.00	
Protección cerco (año 1)	33.0	528.00	
Vigilancia	2.0	32.00	
Pago 7° día (año)	5.0	80.00	
SUBTOTAL			5803.57
Administración (3%)			174.11
SUBTOTAL			5977.68
Imprevistos (5%)			248.88
TOTAL			6276.56

1/ Incluye 10% de pérdida. 2/ Costos de mano de obra ¢16.00 US\$1.00 = ¢8.70

Cuadro 6. Costos de mano de obra e insumos para el mantenimiento de una hectárea de *Tectona grandis*, años 2 y 3, Finca La Tortolita, Armenia, Sonsonate, 1991.

Detalle	Año 2		Año 3	Total Año 2		Total Año 3
	Jornal	Insumos	Jornal	Jornal	Insumo	Jornal
Poda	18	-	-	288.0	-	-
Fertilización ¹	15	4.5 saco	-	240.0	424.12	-
Deshierbos	-	-	33.3	-	-	532.80
Vigilancia	4	-	4.0	64.0	-	64.00
SUBTOTAL	37		37.3	1016.12		596.80
Administración (3%)				30.48		17.90
SUBTOTAL				1046.60		614.70
Imprevistos (5%)				52.23		30.74
TOTAL				1098.93		645.44

1/ Aplicación de sulfato de amonio

Cuadro 7. Costos de mano de obra para el aprovechamiento de una hectárea de *Tectona grandis* al 5°. Año, finca la Tortolita, Armenia, Sonsonate, 1991.

Actividad	Día/hombre	Costos totales
- Tumbado	9.10	145.60
- Desrame	21.76	348.16
- Picado	34.10	345.60
- Troceado	10.64	170.24
- Acarreo	16.32	281.12
SUBTOTAL	91.92	1470.72
Administración (3%)		44.12
SUBTOTAL		1514.84
Imprevistos (5%)		75.74
TOTAL		1590.58



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La teca es una especie promisorias, cuya madera tiene un gran valor comercial en el país; sus características deseables, como rápido crecimiento, madera de alto valor, adaptabilidad, capacidad de rebrote, resistencia a incendios, desarrollo de fuste recto, constituyen factores de aceptación para los programas de reforestación a todo nivel.
2. Los factores que limitan su desarrollo son los suelos poco profundos, compactados y con pobre drenaje, suelos con bajo contenido de calcio y magnesio y los incendios en plantaciones jóvenes.
3. Los factores que pueden permitir mayores desarrollos son los suelos profundos, bien drenados, ubicados en partes bajas tales como pie de monte o valles donde se observa mayor profundidad y humedad de los suelos; al igual que áreas cercanas a fuentes y cauces de agua, como quebradas y pequeños ríos.
4. Es importante iniciar la evaluación de esta especie en parcelas bien manejadas, a fin de obtener parámetros de predicción del rendimiento más confiables, al igual que evaluar los beneficios de la incorporación de la especie como componente productivo en sistemas agroforestales.

BIBLIOGRAFIA

- BENITEZ R., R.F.; MONTESINOS L., J.L. 1988. Catálogo de cien especies forestales de Honduras; distribución, propiedades y usos. Siguatepeque, Honduras. ESNACIFOR, 216 p.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central: Resultados de cinco años de investigación. Serie técnica. Informe técnico 86. 227 p.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1991. Teca (*Tectona grandis* l.f.) especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Serie técnica. Informe técnico 179. 60 p.
- HERNANDEZ, A. 1990. Fertilización de *Tectona grandis* l.f. en la región occidental de El Salvador. CATIE (Salv). Informe Técnico Interno No. 23. 13 p. Borrador sin publicar.
- SALINAS, J.A. 1993. Obtención de semillas forestales. Informe de trabajo. San Salvador, El Salvador. DGRNR. P. irr. Borrador sin publicar.
- VASQUEZ, W; UGALDE, L. 1995. Rendimiento y calidad de sitio para *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Bombacopsis quinatum* y *Pinus caribaea* en Guanacaste, Costa Rica. Serie Técnica; Informe Técnico No256. 33p.



Combinación agroforestal de teca con maíz y frijol en San Julián, El Salvador.

1

ESPECIE : *Acacia mangium*

Redactor: Carlos García

DESCRIPCION BOTANICA Y ECOLOGICA

Nombre científico: *Acacia mangium* Willd

Nombre común : Mangium, acacia de las molucas

Sinónimo : *Acacia glaucescens* (Sensu Kanehira and Hatusima)

Familia : Leguminosae. Mimosoideae

Características sobresalientes

Es un árbol robusto de fácil establecimiento en plantaciones. En sitios buenos tiene alta sobrevivencia y buen crecimiento inicial. Sin embargo, en suelos compactados, degradados, ácidos (pH hasta 4.2) y con contenidos altos de aluminio, ha superado a otras especies probadas (National Academy of Sciences, 1984).

Origen y distribución

Originaria del Noreste de Australia (Queensland), Nueva Guinea y las Islas Molucas (Este de Indonesia). En Australia se encuentra a baja altitud, cerca de los manglares y a lo largo de los ríos. Es un árbol que se desarrolla en los márgenes y claros del bosque pluvial y en la regeneración secundaria. Hoy en día mangium es plantada principalmente en Sabah (Norte de Borneo), en donde se empezó su silvicultura en Indonesia, y otras partes de Malasia. Ha sido introducida en Centroamérica y República Dominicana.

Descripción de la especie

Esta especie alcanza generalmente entre 15 y 30 m de altura, con fuste recto y libre de ramas en gran parte de la altura total. En rodales naturales se han observado diámetros de hasta 90 cm, la copa es abierta en árboles aislados y columnar en plantaciones. La corteza es gruesa, áspera, surcada longitudinalmente y de color café oscuro.

Las hojas de las plantas recién germinadas son compuestas, pero luego de pocas semanas son sustituidas por los filodios. Estos son pecíolos aplanados que funcionan como una hoja y tienen apariencias de hojas simples, de 25 cm de longitud por 10 cm de ancho. La inflorescencia es una espiga de hasta 10 cms de largo compuesta por flores pequeñas de color blanco o crema. Las vainas se agrupan en forma espiraladas y presentan pocas semillas pequeñas, aplastadas de color negro brillante, unidas a la vaina por un funículo anaranjado

muy llamativo. Hay aproximadamente de 80.000 a 110.000 semillas por kg. La madera de mangium posee poca albura y duramen duro y fuerte de coloración café claro atractiva; tiene buena durabilidad si no está en contacto con el suelo.

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

Acacia mangium "crece sobre las rocas" (Udarbe y Hejoburn, 1987), es la frase que se ha popularizado en Sabah, luego de varios años de promover plantaciones en muchos miles de hectáreas con esta especie.

Crece bien en suelos erosionados, con pendiente fuerte, pH hasta de 4.0; aunque según Skelton (1987), el pH más bajo reportado es de 3.5, soporta además períodos secos prolongados (siete meses) (Udarbe y Hepburn, 1987). La habilidad de fijar nitrógeno y el aporte de hojarasca en forma abundante, colocan a la especie como árbol de alto potencial para la recuperación de suelos degradados (Udarbe y Hepburn, 1987).

Acacia mangium es nativa de áreas donde la precipitación media anual varía de 1000 a más de 4500 mm por año, su mayor ocurrencia se da en áreas con 4400 mm por año. En Queensland, Australia, donde mangium es nativa en la época más cálida del año la temperatura llega hasta 34 °C y, en la época más fría, a 12 °C. Si bien la especie soporta escarcha en forma ocasional, normalmente no se le encuentra en esa condición; en Sabah, la temperatura es más estable, varía de 22 °C a 25 °C.

En América Central, el rango de temperatura de los sitios donde se ha plantado mangium varía de 21 °C a 27 °C, en elevaciones que van desde 30 msnm en Panamá, hasta 1100 msnm en Costa Rica (Jiménez y Picado, 1987).

Factores limitantes

Por las condiciones de distribución natural y los resultados preliminares de pruebas conducidas en diversas localidades del trópico, *A. mangium* debe plantarse en las tierras bajas húmedas, donde la precipitación es normalmente superior a 2000 mm por año y la temperatura es estable. Los períodos secos pronunciados limitan el crecimiento.

En el Sur de Costa Rica, se ha presentado muerte regresiva en plantaciones después de los tres años de edad, en suelo con alto contenido de aluminio (más de 50% de saturación).

CARACTERISTICAS Y USOS DE LA ESPECIE

Leña

La *Acacia mangium* tiene un poder calórico de 20.000 a 20.500 kj/kg (4770 a 4900 kcal/kg), lo que indica buen potencial para ser usada como leña y carbón.

Madera de uso comercial y familiar

La madera de mangium es moderadamente pesada, en rodales naturales tienen una gravedad específica alrededor de 0.6 g/cm³, mientras que en plantaciones varía entre 0.40 a 0.45 g/cm³. Es de fácil trabajabilidad y presenta una superficie lisa y lustrosa. No presenta problemas para taladrar ni torneear puede ser empleada en ebanistería, carpintería, construcciones y también para nacer laminadas y chapas de fibras de partículas. La madera sirve para pulpa, lo cual presenta propiedades similares a la de los Eucaliptus comerciales.

Otros usos

Puede ser plantada como rompevientos en cercas o caminos y para el control de erosión. El árbol tiene un aspecto atractivo por lo que puede ser empleada como ornamental las "hojas" o filodios pueden ser usados como forraje. Respecto a la toxicidad para humanos, hay indicios de elementos tóxicos cuando se trabaja con las semillas, o al contacto con el polen (National Research Council, 1983).

Mejores procedencias

En las pruebas de procedencia realizadas por el Proyecto MADELEÑA en América Central se ha observado que en general el comportamiento de las procedencias probadas es similar en cuanto a forma, sobresaliendo entre las procedencias las de Iron Range y Oriomo River.

SILVICULTURA

Establecimiento de la plantación

Mangium se planta generalmente a una distancia de 3x3m, realizando antes una buena preparación inicial del sitio. Se sugiere aplicar, al momento de la plantación, de 30 a 60 gr de NPK, en el fondo del hoyo. Mantener una plantación libre de malezas es esencial para lograr una supervivencia alta y buen crecimiento inicial, al menos hasta los 24 meses de establecida la plantación.

Mangium también puede ser propagada vegetativamente, por enraizamiento de estacas o acodos aéreos, o bien por micropropagación, con hormonas enraizadoras; la propagación por estacas de plantas jóvenes se puede lograr a nivel masivo; en algunos ensayos, la edad del material que presentó el mayor poder de enraizamiento fue de 12 meses (Darus y Ahmad, 1991, citado en Paraguirre, 1992).

Producción

Se ha registrado que *mangium* tiene un crecimiento muy rápido. En Sabah, se ha registrado un crecimiento de 23 metros de altura en 9 años; con una producción de 415 metros cúbicos de madera por ha. En El Salvador se han reportado alturas de 9.5 m para 2.5 años con un IMA en altura de 4.7 m/año.

Plagas y enfermedades

En Hawaii, el hongo del género *Oidium* ataca las plántulas en viveros, lo cual se manifiesta como mal de talluelo; en sus primeros estadios, la plantación es muy apetecida por zomposos del género *Atta*.

Comentario

Los crecimientos que ha mostrado en varios países tropicales, superan los de *Gmelina arborea* y *Eucalyptus deglupta* en sitios similares, consideradas entre las especies de crecimiento rápido en el trópico húmedo. Es una especie nueva y se requiere que se investigue más para su comprobación.

En algunos sitios de Costa Rica se ha observado que, después de un desarrollo y apariencia aceptables, sobreviene la muerte regresiva, por lo que debe tenerse cuidado en la selección de sitios y el manejo apropiado para esta especie.

RESULTADOS DE CRECIMIENTO

Mangium fue introducida en El Salvador por el Proyecto MADELEÑA, en 1987, cuando se estableció un ensayo de eliminación de especies en Villa Victoria, Sensuntepeque y, posteriormente, se estableció un ensayo de procedencia de *mangium* en la Hacienda Santa Teresa, Armenia, Sonsonate. En los lugares donde la especie obtuvo un buen desarrollo en crecimiento y buena forma, este experimento sirvió como ventana para que en El Salvador se conociera y se difundiera a técnicos de otras instituciones nacionales y privadas relacionadas con el quehacer forestal. Este sitio ha estado incluido en muchas giras de campo para agricultores, técnicos y decisores del Gobierno, para observar la adaptabilidad de la especie en El Salvador.

Actualmente *mangium*, como se le conoce en El Salvador, es una especie considerada como entre las 14 especies forestales prioritarias que ha impulsado MADELEÑA (DGRNR/CATIE) y ha sido muy aceptada por el agricultor salvadoreño. Esta especie ha sido introducida por los proyectos nacionales de reforestación y las instituciones financieras que promueven proyectos de esta índole la han considerado entre la lista de especies a impulsar en la reforestación en el país.

Experimentos de investigación sobre *Acacia mangium* establecidos en El Salvador

En el país se establecieron cuatro experimentos de investigación con diseño estadístico, de los cuales dos experimentos se cancelaron a muy temprana edad, debido a que alcanzaron muy baja sobrevivencia a consecuencia del mal manejo que se dio en su establecimiento y no a la poca o baja adaptabilidad de la especie al sitio.

Los otros dos experimentos corresponden a la Hacienda Santa Teresa en Armenia, Sonsonate; fueron ensayos de procedencia (100L); se encuentra actualmente en buen estado y es considerado como una fuente de semilla que abastece las necesidades de semillas de esa especie en El Salvador. El otro experimento (092L), se estableció en la Hacienda San Diego, Metapán, Santa Ana, un ensayo de eliminación de especies; más adelante se discutirán los resultados obtenidos en este último experimento.

Cuadro 1. Localización de los sitios y datos de clima de los experimentos de *Acacia mangium*, establecidos por el Proyecto Madeleña en El Salvador.

Sitio		No.	Altit.	TM	No.	PMA	Zona	Edad	Espc.
Nombre	No	Exp.	msnm	A (°C)	mes seco	(mm)	Vida Holdridge	meses	Inicial (mxm)
Santa Teresa Armenia	126	100L	470	23.9	-	1376	Bh-S (f)	30	2 x 2
San Diego Metapán	125	092L	600	25.3	-	1606	Bh-t	13	2 x 2

Cuadro 2. Propiedades físicas y químicas de los suelos donde se establecieron los ensayos de *Acacia mangium* en El Salvador.

No. Exper.	Sitio	No. Perfil	No Horiz	Textura	pH	MO %	Ca	Mg	K	CIC	Prof Sup.	Prof. Inf.
092L	125	49	1	FA	6.7	6.0	21.4	9.7	-	43.7	0	15
092L	125	49	2	FA	6.9	4.2	25.3	10.9	-	45.6	15	45
092L	125	49	3	FA	6.8	4.0	25.3	8.4	-	47.7	45	80
092L	125	49	4	FA	7.0	3.2	26.6	8.1	-	46.0	+110	110
092L	125	49	5	FAL	6.9	2.9	25.1	7.9	-	45.8		
100L	126	42	1	F	6.4	3.3	9.3	3.6	-	22.8	0	23
100L	126	42	2	F	6.4	3.4	10.8	3.8	-	25.5	23	55
100L	126	42	3	FA	6.7	3.4	15.8	5.3	-	30.7	55	80

Evaluación de adaptación y crecimiento de cuatro procedencias, en el departamento de Sonsonate. En el Cuadro 1 se presentan las características de sitio y del experimento.

Este ensayo se estableció en julio de 1988, con un diseño del bloques completos al azar con tres repeticiones y cuatro procedencias (Cuadro 2). Cada unidad experimental o parcela estuvo constituida por 36 árboles distanciados a 2x2 m , lo cual correspondía a un área de 144 m². La preparación del suelo se basó de limpieas manuales, la edad de los árboles en vivero fue de 6 meses, con altura promedio de 30 cm En el primer año de establecimiento del ensayo se cultivó frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Cuadro 3. Procedencias de *Acacia mangium* para determinar su adaptación y crecimiento en el Departamento de Sonsonate, El Salvador.

Procedencias No. BLSF*	Nombre del sitio	Estado	País
2741	Oriomo	PNG Papúa	Nueva Guinea
2742	Sur de Helenvale	Queensland	Australia
2744	Lanner Cost. S. Of Ingha	Queensland	Australia
2745	66 K. N. Of Tow	Queensland	Australia

*BLSF: Banco Latinoamericano de Semillas Forestales del CATIE

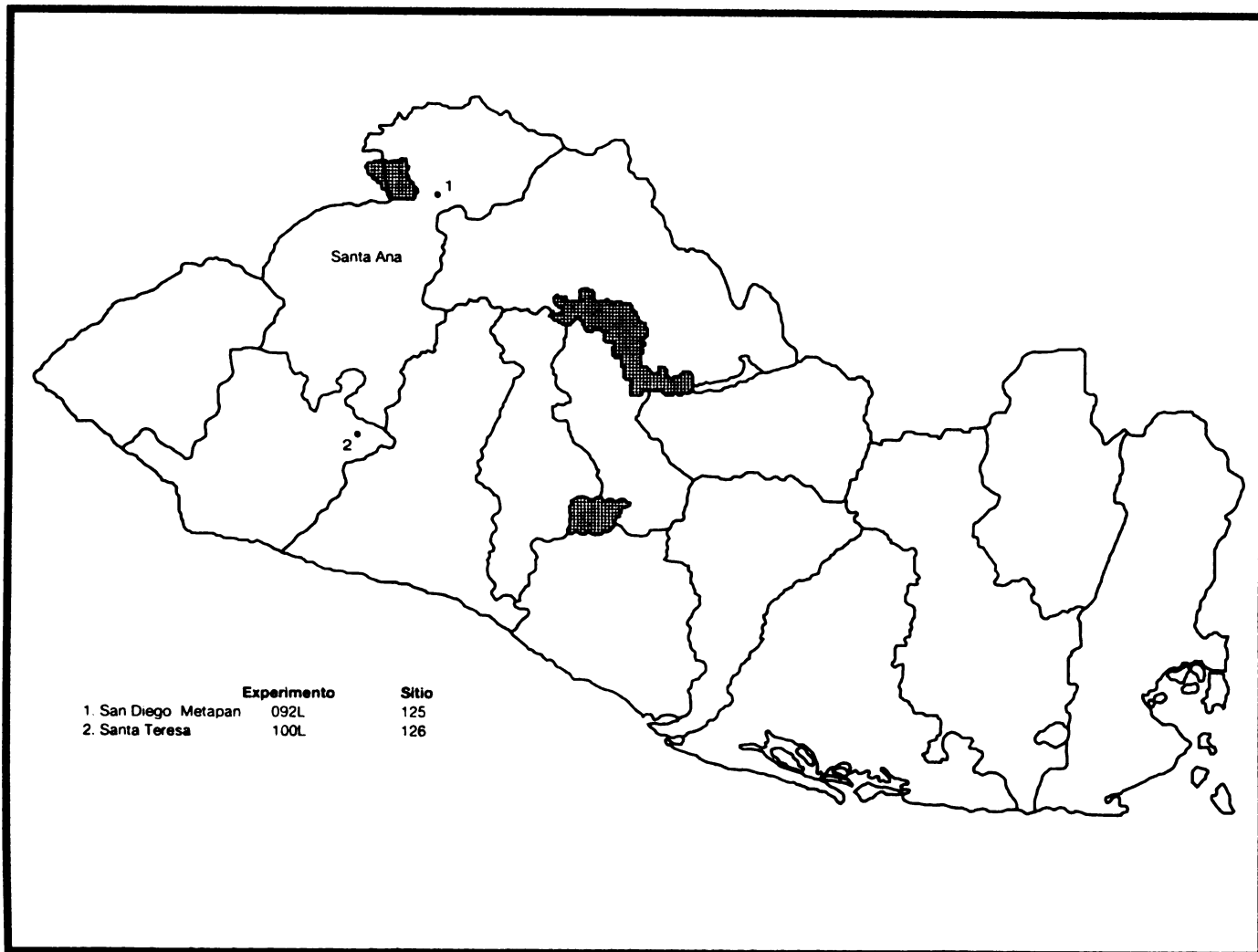


Figura 1. Sitios donde se establecieron parcelas de investigación sobre *Acacia mangium* en El Salvador.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 4 se resumen los promedios de crecimiento de alturas, diámetros y sobrevivencias. Sobre el comportamiento de 4 procedencias de *Acacia mangium* en el departamento de Sonsonate, en El Salvador (Cuadro 3).

Sobrevivencia

En las tres evaluaciones realizadas al ensayo, se puede notar que las cuatro procedencias una de PNG (2741) y tres de Queensland (2742, 2744 y 2745) mantuvieron durante su estudio un comportamiento muy similar, las procedencias de Queensland a los 30 meses de evaluación tuvieron una pequeña diferencia sobre la Papua-Nueva Guinea que no fue significativa (Cuadro 3).

El análisis estadístico muestra una diferencia significativa al 5%, entre repeticiones durante las 3 evaluaciones realizadas, no así entre tratamientos o procedencias que no presentaron diferencia significativa.

Altura

El crecimiento en alturas, se mantuvo bastante parecido entre procedencias. La procedencia de PNG (2741) mantuvo durante la evaluación una pequeña superioridad que no es representativa sobre las de Queensland. A los 30 meses de edad la procedencia de PNG alcanzó una altura promedio de 10.4 y la mayor de Queensland (2744) una altura de 9.5 m, la 2745 alcanzó 8.9 m y la 2742 tuvo una altura de 8,3 m (Cuadro 3).

Cuadro 4. Sobrevivencia, diámetro y altura de cuatro procedencias de *Acacia mangium*, a diferentes edades para evaluar su adaptación y crecimiento en el Departamento de Sonsonate, El Salvador.

Procedencia	6 meses			19 meses			30 meses		
	Alt. (m)	Sobrev (%)	DAP (cm)	Alt. (m)	Sobrev (%)	DAP (cm)	Alt. (m)	Sobrev. (%)	DAP (cm)
2741,001	1.1	86	6.1	6.1	83	9.7	10.4	83	
2742,002	0.9	88	4.9	4.7	86	7.9	8.3	84	
2745,003	1.0	88	5.4	5.4	88	8.5	8.9	88	
2744,004	1.3	90	5.8	5.8	86	8.7	9.5	86	

El Análisis de Varianza muestra a los 6 meses de edad una significancia del 5% entre repeticiones y no así entre las dos evaluaciones siguientes. El comportamiento de las procedencias entre ellas no presentó ninguna significancia.

Diámetro

La variable diámetro a la altura de pecho se evaluó a partir de los 19 meses de edad, presentando a esta edad una ligera dominancia de la procedencia PNG (2741) con 6.1 m sobre las de Queensland, con una altura de 5.4 m para las procedencias 2745, 2744 y 2742 con 4.9 m. A los 30 meses de edad el comportamiento de las procedencias se mantuvo igual (Cuadro 3).

Los análisis estadísticos confirman que el crecimiento en diámetro de las procedencias en estudio mantuvieron un comportamiento similar, no encontrándose diferencias significativas entre ellas.

CONCLUSIONES

1. En cuanto al comportamiento de las procedencias evaluadas de *Acacia mangium*, en el departamento de Sonsonate, El Salvador, presentaron características similares en cuanto a adaptabilidad y crecimiento; se consideran como procedencias que se adaptan muy bien al lugar.
2. Parraguirre (1992), en su estudio sobre fuentes de germoplasma de *Acacia mangium* para América Central, menciona que los mayores rendimientos en volumen de *A. mangium* en varios ensayos en América Central, se encuentran en la Hacienda Santa Teresa, El Salvador, logrando incrementos de 27 m³/ha/año. Asimismo, menciona que la especie crece muy bien en sitios con precipitación mayor a los 2000 mm anuales y que, además, presente suelos ácidos. Esta afirmación coincide con lo reportado para otros sitios de Malasia (National Research Council, 1983).
3. Sería conveniente seguir evaluando la procedencia 2741 (BLSF) de Oriomo River en El Salvador en otros sitios para investigar su adaptabilidad, ya que resultó ligeramente mejor que las otras procedencias.

Ensayo de eliminación de especie

En la Hacienda San Diego, Metapán, Departamento de Santa Ana, se estableció un ensayo de eliminación, en el cual se sometieron a competencia siete especies forestales: Flor Amarilla (*Cassia siamea*), Melina (*Gmelina arborea*), Citriodora (*Eucalyptus citriodora*), Mangium (*Acacia mangium*), camaldulensis (*Eucalyptus camaldulensis*), Leucaena (*Leucaena leucocephala*) y Paraíso (*Melia azedarach*).

Cuadro 5. Resultados de crecimiento del ensayo de eliminación de especies. Hacienda San Diego, Letapán, Santa Ana, Experimento 092L. 13 meses de edad.

Especie	Superv	DCM	Alto	Arb Ne	Espac. 1	Espac. 2	Alt. Dom.
<i>Acacia mangium</i>	41	0.0	1.4	25	200	200	2.3
<i>Cassia siamea</i>	96	4.8	2.9	25	200	200	3.5
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	97	3.3	3.3	25	200	200	3.8
<i>Eucalyptus citriora</i>	72	3.4	2.9	25	200	200	2.8
<i>Gmelina arborea</i>	91	5.0	3.4	25	200	200	5.6
<i>Leucaena leucocephala</i>	99	3.6	3.6	25	200	200	4.6
<i>Melia azedarach</i>	99	5.6	4.6	25	200	200	5.2

El ensayo se estableció con 7 tratamientos y 3 repeticiones, bajo la estructura de un diseño de bloques completos al azar.

El historial del experimento nos reporta que el problema más serio, que podría afectar el crecimiento de las especies estudiadas fue que periódicamente se inundaba el sitio y la infiltración del agua fue bastante lenta, otro problema fue la falta de mantenimiento.

Discusión de resultados

Según el Cuadro 6, sobre el resultado de crecimiento del ensayo de eliminación de especies Hacienda San Diego, Metapán, Santa Ana, puede notarse entre las especies evaluadas que *Acacia mangium* alcanzó el menor crecimiento en altura en comparación con las otras especies, alcanzando 1.4 m a los 13 meses de edad, este bajo crecimiento pudo deberse a que los factores inundación y falta de mantenimiento, incidieron directamente sobre el crecimiento de la especie en ese sitio. En la medición de los 24 meses la mayoría de los árboles estaban muertos.

Por lo que puede concluirse que las inundaciones periódicas y las malezas afectan mucho más directamente el desarrollo de la *mangium* en comparación con las otras especies probadas.

Conclusiones y recomendaciones sobre procedencias

1. El comportamiento de las procedencias de *Acacia mangium* Willd evaluadas en el departamento de Sonsonate, presentaron características similares en cuanto a adaptabilidad y crecimiento; considerándose como procedencias que se adaptan muy bien al lugar.
2. La procedencia de Oriomo River (2741, BLSF), sería conveniente seguirla evaluando en otros sitios de El Salvador, para investigar su adaptabilidad, ya que resultó ligeramente mejor que las otras procedencias.

BIBLIOGRAFIA

- GARCIA, C.M. 1991. Evaluación de la adaptación y crecimiento de cuatro procedencias de *Acacia mangium* Willd en el departamento de Sonsonate, El Salvador. Informe Técnico Interno no. 38. Proyecto Madeleña/CATIE/DGRNR. El Salvador. p irr. (mimeografiado)
- JIMENEZ M, V.; Picado V., W. 1987. Algunas experiencias con *Acacia mangium* en Costa Rica. Silvoenergía (C.R.) No. 22. CATIE. 4 p.
- NATIONAL ACADEMY of SCIENCES. 1984. Especies para leña: Arboles y arbustos para la producción de energía. Traducido de la versión inglesa por Vera Argüello de Fernández y TRADINSA, Turrialba, Costa Rica. CATIE, 344 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1983. Mangium and other fast-growing acacias for the humids tropics. Washington D.C. EE.UU. Academy Press. 62 p.
- PARRAGUIRRE, C. 1992. Fuentes promisorias de germoplasma de *Acacia mangium* Willd, para América Central. Silvoenergía (C.R.) No. 50. CATIE. 4 p.
- SHELTON, D.J. 1987. Distribution and ecology of Papua-New Guinea acacias. In Australian acacias in Developing countries: International Workshop (1986, Gympie, QLD, Australia). Proceedings. Ed. by J.W. Turnbull. ACACIAR proceedings. No. 16. p. 38-44.
- UDARBE, M.P.; HEPBURN, A.J. 1987. Development of *Acacia mangium* as a plantation specie in Sabah. In Australian Acacias in Developing countries: International Workshop (1986, Gympie, QLD, Australia). Proceedings. Ed. by J.W. Turnbull. ACACIAR proceedings. No. 16. p. 157-159.



Arboles de *Acacia mangium* en hileras, en un vivero forestal en San Rafael Cedro, El Salvador.



Plantación joven de *Acacia mangium* en Tonacatepeque, El Salvador.

Especie: *Eucalyptus saligna*

Redactor: Carlos García

DESCRIPCION BOTANICA Y ECOLOGICA

Nombre científico: *Eucalyptus saligna* Smith

Nombre común: Eucalipto, saligna, Sidney blue gum o blue gum (Australia).

Familia: Myrtaceae

Origen y distribución

E. saligna es una especie nativa del sureste de Australia y aparece desde la Bahía de Batemans, en la parte meridional de Nueva Gales del Sur, hasta el Suroeste de Queensland. Al norte, el límite es confuso por la dificultad en separarlo de *E. grandis* en las áreas del Norte de Gympie, pero se extiende hasta el área de Eungella, cerca de Mackay en el Centro de Queensland. El rango longitudinal está entre los 28°C y 35° de latitud Sur. Usualmente se adentra hasta 160 km en el continente, en altitudes hasta de 300 msnm en el sur y hasta los 1200 msnm en el Norte (Turnbull y Pryor, 1978; Boland *et al.*, 1985; Poynton, 1979, citados en CATIE, 1991).

En el sur de su ámbito de distribución natural, *E. saligna* crece en valles y laderas protegidas entre la gran cordillera australiana y el océano. En el norte se extiende hasta las montañas altas. Se ha plantado extensamente en Africa (Zambia, Rhodesia, Africa del Sur, Mozambique), Nueva Zelanda y América del Sur (Brasil, Argentina, Uruguay) (CATIE, 1986; Poynton, 1979, citados por CATIE, 1991). En América Central fue introducida en los años 60, como la mayoría de los eucaliptos, se ha plantado en varios sitios con resultados satisfactorios (CATIE, 1986).

Mejores procedencias

La fuente más segura para obtener semilla pura de *E. saligna* es Australia, de las procedencias de Nueva Gales del Sur y de Queensland. En otros lugares se corre el riesgo de adquirir semilla de *E. grandis*. Otras fuentes son Minas Gerais en Brasil; Juan Viñas en Turrialba, Costa Rica, aunque el número de árboles semilleros es muy reducido; también de Guyra y de Tansmania en Australia (Ruiz, s.f.; CATIE, 1986; Ruiz, 1990, citados en CATIE, 1991).

Descripción botánica

Eucalyptus saligna Smith es un árbol grande de muy buena forma que puede alcanzar de 40 a 55 m de altura o más y diámetro de 1.2 a 1.8 m, la copa es abierta, irregular y extendida. Fuste recto, libre de ramas aproximadamente las dos terceras partes de la altura total, base recta y raíces profundas. Posee lignotubérculos, corteza azulada mate o gris-verdosa, lisa, que se desprende en capas y deja expuesta una capa amarillenta. En árboles maduros la corteza en la base (hasta aproximadamente 9 m de altura) es gruesa, rugosa, persistente y agrietada. Ramillas delgadas, angulosas, de color verde amarillento a rosado (CATIE, 1986; FAO, 1979; Gramajo, 1981; Ruiz,

s.f., citados en CATIE, 1991). Hojas alternas (opuestas cuando joven) con pecíolo delgado y corto, de inserción oblicua u horizontal. Lámina foliar lanceolada, curvada, acuminada y delgada en la base, glabra, verde mate o verde oscuro en el haz y verde pálido en el envés (CATIE, 1986; Gramajo, 1981, Boland *et. al.*, 1985, citados en CATIE, 1991).

La inflorescencia de *E. saligna* está compuesta por umbelas axilares de 7 a 11 flores, dispuestas sobre un pedúnculo aplastado de 4 a 18 mm de longitud; posee yemas sésiles de 4 a 5 mm de diámetro. Los estambres son todos fértiles, las anteras ovoides, son dehiscentes por dos hendiduras longitudinales, provistas de una glándula notable apical. Los frutos son cápsulas, con pedicelos muy cortos y ligeramente acampanulados, miden de 5 a 8 mm de diámetros con el borde hundido (CATIE, 1986; Ruiz, s.f.; Boland *et al.*, 1985; citados en CATIE, 1991).

Las semillas son pequeñas, de 1 a 2 mm de longitud de color pardo mate, con porcentajes de germinación de 30 a 50 por ciento, aunque con semillas del Banco Latinoamericano de Semillas Forestales del CATIE se han obtenido porcentajes de 80% de germinación. Se encuentran entre 2.5 a 3.5 millones de semillas por kilogramos (CATIE, 1986; Ruiz, s.f., citados en CATIE, 1991). En Costa Rica se reporta la recolección entre los meses de diciembre a abril. La recolección resulta dificultosa y riesgosa, debido a la gran altura de los árboles adultos (CATIE, 1986). La madera es usualmente rojiza, de textura áspera, generalmente tiene grano recto y a veces entrecruzado, por lo que en ocasiones muestra una figura ondulada. Es moderadamente densa, fuerte, durable, relativamente fácil de trabajar y de preservar y tiene buen acabado (Poynton, 1979; Boland *et al.*, 1985; Alcántara 1975; citados en CATIE, 1991).

Debido a lo fácil que resulta confundir a *E. saligna* con *E. grandis*, a pesar de contar con una buena descripción botánica, en el Cuadro 1 se enumeran las principales características distintivas de ambas especies.

Cuadro 1. Principales características distintivas entre *Eucalyptus saligna* Smith y *Eucalyptus grandis*.

	<i>Eucalyptus grandis</i>	<i>Eucalyptus saligna</i>
Corteza	Lisa, blanco, plateado, algunas veces verdoso, rugosa en la base del tallo, a menudo extendiéndose más que en <i>E. saligna</i> . Descorteza más fácilmente.	Lisa, onduladas, algunas veces verdosa, rugosa en la base del tallo.
Yemas o Retoños	Más grande que en <i>E. saligna</i> , con un florecimiento azulado.	Más pequeñas que en <i>E. grandis</i> con menos florecimiento.
Frutos	Usualmente con florecimiento azulado, con 4 a 6 valvas predominantemente 5, pálidas con extremos despuntados hacia dentro como dedos apretados, frutos en forma de pera con ahusamiento gradual hasta indefinirse en el tallo. Usualmente más largo y áspero que <i>E. saligna</i> .	Sin florecimiento, valvas predominantemente de 3 a 4, del mismo color del fruto, con los extremos rectos o extendidos y puntiagudos a menudo quebradas. Frutos desde ovoide hasta en forma de pera ahusándose bruscamente en el tallo. Usualmente más pequeño y más delicado que <i>E. grandis</i> .
Raíces	Sin protuberancias Lignotuberosas, justamente debajo del suelo superficial.	Con lignotubérculos en el cuello de la raíz de plantas jóvenes.
Ramas	Mueren rápidamente bajo sombra.	Más persistentes y viven más tiempo bajo sombra.
Sitios adecuados	Húmedos, cálidos, subtropicales.	Húmedos, templados, montañosos.

Fuente: FAO, 1979, citado por CATIE, 1991.

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

Temperatura

En el área de distribución natural del *E. saligna*, se presenta un clima de temperatura cálida a subtropical y húmedo. En las zonas más frías pueden ocurrir hasta 60 heladas al año y la temperatura mínima absoluta puede descender hasta -8°C. En América Central se ha plantado en lugares con una temperatura media anual entre 18°C y 26°C. (Poynton, 1979; Boland *et al*, 1985; Ruiz, s.f.; CATIE, 1986; citados por CATIE, 1991).

Precipitación

En el área de origen la precipitación varía entre 800 mm y 1800 mm con máximos en el verano en Queensland y distribución más uniforme en el Sur. En América Central se ha experimentado en sitios con precipitaciones generalmente mayor de 1900 mm, pero con cuatro a cinco meses con déficit hídrico (CATIE, 1986).

Altitud

El ámbito altitudinal en que esta especie se encuentra naturalmente, varía desde el nivel del mar hasta los 1100 m de altitud. No obstante, en su distribución en los distintos países tropicales,

se ha adaptado a condiciones diferentes a las del lugar del origen. En Sri-Lanka, se ha plantado con éxito a 1400 msnm; en América Central se ha plantado hasta los 1800 msnm y en Ecuador desde los 100 hasta 2300 msnm (Ruíz, S.F.; CATIE, 1986; Poynton, 1979; Boland *et. al.*, 1985; citados por CATIE, 1991).

Suelos

Se desarrolla en suelos limosos y arcillosos moderadamente fértiles, húmedos pero no inundables. Otros suelos en los que crece, son podsoles y limos volcánicos. El origen de estos suelos puede ser arenizas, conglomerados o basaltos (Poynton, 1979; Boland *et al.*, 1985 citados por CATIE 1991). En América Central los mejores desarrollos se dan en suelos sueltos, bien drenados de origen volcánico. El pH recomendado para esta especie debe ser de neutro a ácido y la textura de arenosa a franco-arenosa, con buen drenaje (Webb, 1980; citado por CATIE, 1991).

Factores Limitantes

Las principales limitantes para esta especie son los suelos compactados con presencia de horizontes endurecidos y mal drenados, la competencia por luz, agua y nutrientes, provocados por la presencia de malezas durante su fase inicial de establecimiento.

Susceptible al ataque de zompopos (*Atta sp*) en edad temprana, esta plaga puede controlarse con insecticida Atamix* depositados en bolsas plásticas selladas de 5 a 10 g, que las hormigas se encargan de abrir.

CARACTERISTICAS Y USO DE LA ESPECIE

Leña

Es una especie con gran potencial para la producción de leña, dada la gran cantidad de biomasa que produce en un corto período. El potencial calórico es de 18,390 KJ/Kg, siendo de lenta combustión y rápido encendido. Para leña generalmente se corta a los cinco años. En Guatemala, se ha utilizado la leña para el secado del té, mientras que en Costa Rica, se emplea en los trapiches para la producción de dulce o panela. En El Salvador se ha utilizado como leña para hornos en ladrilleras (CATIE, 1986; Gramajo, 1981; Salazar, 1986; citados por CATIE, 1991).

Madera de uso comercial y familiar

Es una madera moderadamente pesada, con un peso específico de 0.486 y una densidad aproximada de 0.839g/cm³, medianamente durable, de amplia utilidad en la construcción en general, como en el armado de barcos, durmientes de ferrocarril, pisos, carpintería, tornería y obtención de chapas.

Pulpa

En estudios realizados en Estados Unidos y Africa del Sur, se concluyó que *E. saligna* produce una buena cantidad de pulpa de fibra corta y de resistencia moderada. Cuando el árbol crece lentamente puede presentar problemas para el pulpeado semi-químico. (Gramajo, 1981; Turnbull y Pryor, 1978, citados por CATIE, 1991).

* La mención de nombres comerciales no implica recomendación por parte del CATIE.

Carbón

E. saligna posee la característica de romperse con facilidad arde bien y continúa desprendiendo calor durante mucho tiempo. En Brasil, se convierte madera de esta especie en carbón, para utilizarlo en la industria del acero (CATIE, 1986; Gramajo, 1981; citados por CATIE, 1991).

Postes

Por presentar un fuste alto, recto, cilíndrico y sin nudos, se recomienda su uso para postes. En general, se recomienda para postes de cerca, puntales para minas y postes para alumbrado eléctrico.

La madera de *E. saligna* seca rápidamente al aire y requiere de 105 días para pasar de 90% a 18% en contenido de humedad. Para el tratamiento químico sobre su preservación se considera su albura como fácil de impregnar y el duramen como impenetrable y difícil impregnar (Alcántara, 1975; citado por CATIE, 1991).

Otros Usos

La especie se ha utilizado como ornamental o como especie para sombra. Produce abundante néctar y polen pero la miel derivada no es de la mejor calidad. De la corteza del árbol se extraen taninos (5 a 11%). Se utiliza para la obtención de chapas y contrachapado, así como parquet y cajones para fruta (CATIE, 1986; Gramajo, 1981; Poyton, 1979; Alcántara, 1975; citados por CATIE, 1991).

SILVICULTURA

Recolección de Semillas

La recolección manual de semillas es difícil en árboles adultos, por la altura que presenta ésta. Los frutos deben recolectarse antes de que se abran y dispersen sus semillas, ya que resulta imposible recolectar semillas del suelo debido a su pequeño tamaño.

En Costa Rica la producción de frutos se presenta de agosto a setiembre y la época de recolección de los mismos puede iniciarse entre diciembre y mayo, especialmente a partir del mes de marzo, cuando se da la mayor producción. Los frutos sin abrir son secados al sol durante 24 a 28 horas, para lograr una rápida apertura de las cápsulas. Las semillas se almacenan en un lugar seco y fresco, de baja humedad relativa, de preferencia en una cámara fría a 5°C y 12% de humedad. El porcentaje de germinación de *E. saligna*, decrece con la humedad relativa arriba del 40% y con el tiempo de almacenamiento. A temperatura ambiente mantienen su poder germinativo hasta 270 días, en recipientes herméticos para controlar la humedad (Bianchetti, 1981, citado por CATIE, 1991). Para almacenamiento por periodos de 3 a 5 años, generalmente se usan cámaras de refrigeración a temperatura constante de 5°C.

Producción en viveros

Germinación

Se recomienda que el medio para una mejor germinación sea en una textura liviana, con una mezcla en proporción 1:1 de suelo fértil y arena, o sólo con arena. También es recomendable desinfectar el medio para evitar el ataque del mal del talluelo, puede utilizarse como desinfectante captán o bromuro de metilo a razón de 20 cm³/m².

La mayoría de los eucaliptos no presentan condiciones de letargo y la semilla puede germinar inmediatamente después de su maduración. *E. saligna* no requiere de tratamientos pregerminativos. Se manejan datos muy contrastantes sobre el número de semilla por kilogramo, desde 600 a 650 mil (Gramajo, 1981; Webb, 1980, citados en CATIE, 1991), hasta 2.5 a 3.5 millones (CATIE, 1986; Ruiz, s.f., citados en CATIE, 1991). Se puede utilizar la información proporcionada por el Banco Latinoamericano de Semillas Forestales, que indica que se obtienen como mínimo 250 plantas de cada gramo de semilla.

Repique

Se realiza a las cuatro semanas o más, cuando las plantitas presentan cuatro hojas verdaderas y aproximadamente a 5 cm de altura, se debe realizar el repique en bolsas de polietileno, la cual se llena con tierra fértil y con otro componente (viruta, aserrín, granza, u otros), que proporcionen una buena estructura al suelo y buenas características de humedad y drenaje. Cuando se realice el repique debe tenerse el cuidado de que las raíces vayan extendidas a través del agujero y realizar una presión moderada para evitar las bolsas de aire.

Establecimiento de la plantación

En suelos compactados deben realizarse hoyos más grandes que lo recomendado (30x30x30 cm) y también todas las actividades que la especie necesita para su buena adaptación, tales como: a) control de malezas, b) trazado y marcado de acuerdo a la pendiente del terreno; c) los cuidados necesarios para la plantación y d) fertilización.

En eucalipto, la respuesta inicial al fertilizante tiende a desaparecer conforme avanza la edad de plantación y se deja de notar hasta aproximadamente los cuatro años. Sin embargo, esa ganancia inicial en crecimiento, provocada por esta práctica, permanece durante la vida de la plantación, lo que justifica la adopción de la fertilización, como técnica recomendada (Barros *et al*, 1984; CATIE, 1986). La dosis de 50 a 100 gr por planta de un fertilizante que contenga los elementos principales N-P-K, puede producir buenos resultados, dependiendo del tipo y condición del suelo.

El distanciamiento adecuado entre plantas depende de los objetivos de la plantación. Para la producción de madera y postes, se utilizan densidades iniciales de 2500 a 1100 árboles por ha (2 x 2 m y 3 x 3 m). Una actividad que debe tomarse en cuenta es la creación y mantenimiento de barreras corta fuegos para evitar posible daño de incendios. También es importante la cerca para evitar la entrada especialmente de ganado que pueda dañar el cultivo.

Manejo

En América Central *E. saligna* se ha plantado en una amplia variedad de sitios, con resultados satisfactorios. Las situaciones ambientales no parecieran ser las más críticas que influyen en su crecimiento, sino más bien, los problemas de suelo y el inadecuado establecimiento y mantenimiento de la plantación. Crece en zonas de vida de bosque húmedo, muy húmedo tropical y húmedo subtropical.

Crecimiento

En los mejores sitios, logra incrementos medios anuales en altura desde 3.9 hasta 4.3 m/año, mientras que en diámetro los incrementos son de 3.6 a 4.1 cm/año. En los lugares de crecimiento bajo, el incremento en diámetro oscila entre 0.6 y 1.2 cm/año, en tanto que en altura varía desde 0.4 hasta 1.2 m/año. En sitios catalogados como de rendimiento medio, el diámetro se incrementa entre 1.9 y 3.3 cm/año y la altura entre 2.1 y 3.5 m/año (CATIE, 1991).

En América Central, el índice de sitio o altura dominante a la edad de 72 meses (6 años), varía desde 3 m en los sitios más pobres, hasta 28 m en los mejores sitios. Los rendimientos en volumen total por hectárea en rodales sin manejo, a los 10 años de edad son de 160 y 516 m³/ha para los índices de sitio 12, 18 y 24 m respectivamente (CATIE, 1991).

Responde positivamente a la fertilización, siendo el fósforo, el elemento cuya deficiencia causa más limitaciones en su desarrollo. Es una especie que posee una alta capacidad de rebrote y la presencia de protuberancias lignotuberosas, representa una ventaja adicional bajo condiciones adversas debidas al suelo y el clima, ayudando a obtener altos índices de supervivencia. La edad de corta depende en gran medida de las necesidades del mercado, del uso que se le pretende dar a la madera y de los objetivos establecidos por el productor. Sin embargo, se puede indicar de manera general, que una edad, entre cinco y ocho años es adecuada, cuando la producción se destina para leña y pulpa.

En Brasil, se determinó la época de corte en función de la producción volumétrica (metros estéreos/ha/año) y resultó que para aprovechar al máximo el potencial de crecimiento volumétrico, el corte debe ser ejecutado entre el quinto y sexto año. En la producción de madera para aserrío, aunque la literatura indica un turno entre los 20 y 30 años (Barros *et. al*, 1984; FAO, 1981; Veiga, 1965; Ferreira y Timoni, 1978), en Turrialba, Costa Rica, aprovechamientos de plantaciones de 22 años, de *E. grandis* una especie muy emparentada y de manejo muy similar a *E. saligna*, indican que el turno biológico de este género, se alcanza alrededor de los 15 años y a esta edad, una gran mayoría de árboles estaban huecos en la base hasta una altura aproximada de ocho metros, en los mayores diámetros (CATIE, 1991).

SITIOS Y EXPERIMENTOS ANALIZADOS

Los ensayos y experimentos realizados por el Proyecto Madeleña en El Salvador, presentaron datos de crecimiento y sobrevivencia con gran diferencia entre ellos (Cuadro 2). Por otro lado, el Cuadro 3 muestra las propiedades físicas y químicas de los suelos donde fueron establecidos esos ensayos y experimentos.

Cuadro 2. Localización de los sitios y datos de crecimiento de los experimentos de *Eucalyptus saligna* realizados por el Proyecto Madeleña en El Salvador.

Sitio		No. Exp.	Altitud Msnm	TMA (°C)	PMA (mm)	Zona vida Holdridge	Edad meses	Espac inic. (m x m)	Dens. inicial (árb/ha)	Superv. %
Nombre	No.									
Hacienda Copapayo	122	079 L	470	23	1672	Bh-st (f)	45	2 x 2	2500	46
Hda. La Carrera	405	086 L	75	26.6	1756	Bh-st (c)	5	2 x 2	2500	74
Los Guerra	128	122 L	700	23.7	1548	Bh-st	17	2 x 2	2500	35

Cuadro 3. Propiedades físicas y químicas de los suelos donde se establecieron los ensayos de *Eucalyptus saligna* en El Salvador.

Núm. Exper.	Sitio	Num. perfil	Num. Horizonte	Textura	pH	MO %	Extractables (meq/100g suelo)			CIC	Profundid. superior	Prof. inferior	Tipo de suelo
							Ca	Mg	K				
079 L	122	41	1	F	6.5	4.6	11.7	2.9	-	23.4	0	11	
079 L	122	41	2	F	6.6	0.8	4.8	1.2	-	12.7	11	42	
079 L	122	41	3	FA	6.7	0.3	3.1	0.8	-	7.1	42	70	
079 L	122	41	4	FA	6.6	0.1	5.2	1.4	-	10.5	+70		
086 L	405	22	1	-	6.2	4.2	15.8	5.4	-	-	0	20	Udic Haplustall
086 L	405	22	2	-	6.4	3.1	14.6	5.0	-	-	20	58	
086 L	405	22	3	-	6.5	-	-	-	-	-	58	94	
086 L	405	22	4	-	6.5	-	-	-	-	-	94	148	
086 L	405	22	5	-	6.6	-	-	-	-	-	148	157	
122 L	128	60	1	F	6.2	2.0	19.0	6.8	-	31.6	0	17	Typic Chromuster t
122 L	128	60	2	A	6.6	1.5	26.1	11.1	-	44.9	17	36	
122 L	128	60	3	A	6.8	1.4	29.3	12.8	-	47.9	36	69	
122 L	128	60	4	A	7.0	0.9	29.9	12.6	-	44.3	69	99	
122 L	128	60	5	A	7.0	0.5	33.5	13.4	-	45.8	99	127	
122 L	128	60	6	FA	6.9	0.4	34.3	12.7	-	47.5	127	180	

La investigación silvicultural en El Salvador con *Eucalyptus saligna*, estuvo comprendida en tres sitios con ensayos ubicados en altitudes bajas de 75 a 700 mnsn y en suelos relativamente buenos, probándose en experimentos de procedencias (Figura 1). De los tres experimentos establecidos (079L, 086L y 122L), el 079L establecido en la Hacienda Copapayo, Departamento de Sonsonate, recibió el mantenimiento adecuado, por lo que logró evaluarse a los 45 meses de edad (3.75 años), considerándose por sus incrementos medio anuales en altura 2.49 m como un sitio de crecimiento medio para la especie, según el cuadro 3, que clasifica el crecimiento para *E. saligna*, en América Central. Los sitios 086L y 122L se evaluaron a corta edad, cinco meses y 17 meses respectivamente y no recibieron un mantenimiento adecuado, lo cual justifica que la evaluación realizada bajo estas condiciones, no son representativas de la adaptabilidad de la especie al sitio (Cuadros 2 y 3).

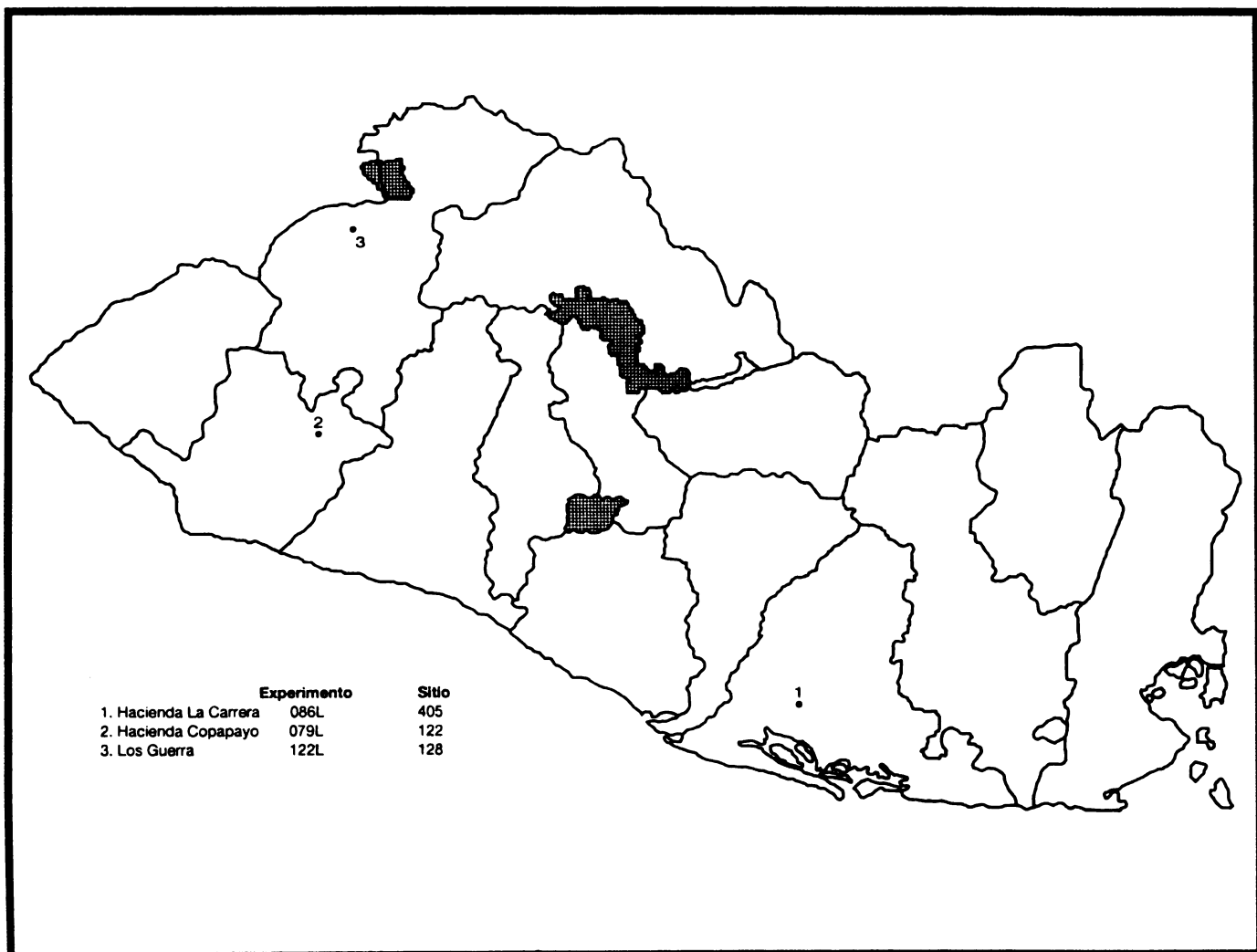


Figura 1. Ubicación de sitios de investigación de *Eucalyptus saligna* en El Salvador.

Se puede notar que en la Hacienda Copapayo la adaptabilidad de la especie en el sitio es buena, lo que justifica que *E. saligna* se siga investigando en El Salvador.

Cuadro 4. Crecimientos de *Eucalyptus saligna*, para sitios de bajo, medio y alto crecimiento en América Central.

Crecimiento	Incremento en altura IMA en m
Bajo	• 1.5
Medio	1.6 - 3.0
Alto	• 3.1

Ensayo de procedencias de *E. saligna* en Hacienda Copapayo, Tres Ceibas, Sonsonate

La hacienda Copapayo está situada en el Departamento de Sonsonate, Municipio de Armenia, Cantón Tres Ceibas, comprendido entre las coordenadas 13° 46' Latitud Norte y 89° 27' Longitud Oeste. La Hacienda es propiedad de la Asociación Cooperativa Copapayo. El ensayo se estableció el 14 de julio de 1986, bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, cada tratamiento corresponde a cada procedencia y cada unidad experimental estuvo constituido por 49 árboles distanciados a 2 x 2 m, constituyendo un área de 196 m² por parcela.

Cuadro 5. Procedencias de *E. saligna* evaluadas para su adaptación y crecimiento en la región Sur-Oriental de El Salvador.

Procedencias No. de lote del BLSF*	Localidad	Ubicación		Altitud Msnm
		Latitud sur	Longitud oeste	
1844	Consuela T'Land	148°03'	24°57'	1090
1845	14K W of. Bulahdela	152°06'	32°24'	53
1846	W of coff harbour	152°56'	30°22'	100
1847	E of guyna	152°08'	30°06'	1100

*BLSF. Banco Latinoamericano de Semillas Forestales del CATIE.

Discusión de resultados

Las procedencias evaluadas, presentaron datos de crecimiento donde las procedencias presentan crecimiento muy parecidos en dap y altura, por lo que no existen diferencias significativas entre ellas. La procedencia 1844 de Consuelo T'Lands presenta un ligero incremento en DAP, sobre las otras procedencias; posiblemente se deba a una menor densidad, (árboles más espaciados). El IMA promedio para altura fue de 2.49 m/año, lo cual ubica este sitio en un sitio de crecimiento Clase media.

Evaluación de adaptación y crecimiento de cuatro procedencias de *E. saligna*, en el departamento de Usulután. El Salvador

El ensayo se estableció en terrenos de la hacienda del sector reformado La Carrera, Cantón San José, Municipio de Jiquilisco, en el departamento de Usulután (Cuadro 2).

Experimento

El ensayo se estableció en agosto de 1986, bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos o procedencias de *Eucalyptus saligna*, cada unidad experimental estuvo constituida por 49 árboles distanciados a 2x2 m correspondiente a un área de 196 m² por parcela, en la lista de experimentos establecidos en El Salvador corresponde al No.086L, Sitio 405.

Resultados

El Ensayo se evaluó a los cinco meses de edad; tomando en cuenta las variables supervivencia y altura, encontrándose los siguientes resultados.

Cuadro 6. Comportamiento de diferentes procedencias de *E. saligna* en lo que respecta a supervivencia y altura, en la etapa juvenil (5 meses).

Procedencias	Supervivencia (%)	Altura (m)
1984	72	0.70
1985	28	0.70
1986	77	0.63
1987	68	0.63

RESULTADOS DE CRECIMIENTO

Supervivencia

El comportamiento de las cuatro procedencias presentó similar adaptabilidad en cuanto al sitio, según el análisis estadístico realizado.

Altura

Estadísticamente, las procedencias presentaron similar comportamiento; se alcanzó una altura promedio de 0.67 cm en cinco meses, en las 4 procedencias, considerándose como sitios de crecimiento bajo.

Conclusiones

La corta edad de evaluación (5 meses), la falta de mantenimiento, suelos compactados (que provocaron que se perdiera el ensayo), son factores que nos permiten concluir que la evaluación realizada no es representativa para indicar que la especie se adapte o no al sitio, por lo que se recomienda continuar evaluando esta especie en otros sitios para conformar su adaptabilidad en el país.

Ensayo de procedencias de *E. saligna* en Hacienda Los Guerra, Departamento de Santa Ana, El Salvador.

El ensayo de procedencia de *E. saligna*, se estableció en Hacienda Los Guerra, ubicada en el Cantón Zacamil, Municipio de Candelaria de La Frontera, Departamento de Santa Ana y entre las coordenadas Latitud 14° 06' y Longitud 89° 39'.

Experimento

El experimento se estableció el 31 de julio de 1989, bajo un diseño completo al azar con tres repeticiones y cuatro tratamientos o procedencias de *E. saligna*. Cada parcela o unidad experimental estuvo formada por 49 árboles y un distanciamiento de 2x2m, lo cual hace un área de 196 m² por parcela.

Durante el desarrollo del experimento se observó mal manejo, ataque de zompopos o incendios. Los resultados se observan en el Cuadro 8. El detalle de los tratamientos puede observarse en el cuadro 7.

Cuadro 7. Procedencias de *Eucalyptus saligna*, evaluadas para su adaptación y crecimiento en Hacienda Los Guerra, Candelaria La Frontera, Santa Ana. El Salvador.

Procedencias (N° BLSF)	Localidad	Ubicación		Altitud msnm
		Latitud sur	Longitud oeste	
4287	Barrington Tops NSW	32° 0'	151° 50'	450
4284	Kroombit Tops QLD	24° 25'	151° 2'	800
4294	Goomader River NT	12° 8'	133° 41'	50
4288	N of Batemans Bay NSW	35° 37'	150° 14'	50

BLSF = Banco Latinoamericano de Semillas Forestales

Resultados

El experimento se evaluó a los 17 meses de edad, considerándose las variables supervivencia y altura encontrándose los siguientes datos:

Cuadro 8. Evaluación de la altura y supervivencia de cuatro procedencias de *E. saligna* en El Salvador.

Procedencias	Supervivencia (%)	Alturas (m)
4294	49	10.0
4284	29	10.0
4288	35	13.6
4287	25	10.3

CONCLUSIONES

1. La altura alcanzada por la especie en el sitio, es de 111 cm (altura promedio) puede calificarse como un sitio bajo en crecimiento para *E. saligna*, aunque la procedencia 4288 estuvo ligeramente superior al resto de las procedencias, su baja sobrevivencia se debió probablemente a la falta de mantenimiento y el incendio que ocurrió en la plantación.
2. Por las condiciones a las que estuvo sometido el experimento y a la evaluación realizada a corta edad, no existen los criterios técnicos recomendados para afirmar la buena o mala adaptabilidad de la especie al sitio.

BIBLIOGRAFIA

- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central: Resultados de cinco años de investigación. CATIE (C.R.), Serie Técnica. Informe Técnico N°86. 224p.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA/NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1986. Especies para leña, arbustos y árboles para la producción de energía. Traducido por Vera Argüello de Fernández y TRADINSA. CATIE (C.R.). 344p.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1991. *Saligna (Eucalyptus saligna* Smith); especie de árbol de uso múltiple en América Central/CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 184. Colección de Guías silviculturales No. 2. 66 p.
- DENYS, R. 1986. Estudio detallado de los suelos típicos en las parcelas forestales del Proyecto MADELEÑA CENREN-CATIE. El Salvador. 93p.
- MARTINEZ, H.A. 1990. *Camaldulensis; Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, especie de árbol de uso múltiple en América Central, CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico N°158. Colección de Guías Silviculturales N°1. 58 p.



***E. saligna* como cerca viva, un uso adicional de la especie a nivel de comunidades rurales.**

DESCRIPCION BOTANICA Y ECOLOGICA

Nombre científico: *Eucalyptus tereticornis*, Sm

Sinónimo: *Eucalyptus umbellata* (Gaertn) Domin.

Nombres comunes: Forest red gum, blue gum, mountain gum, red iron gum (Australia), mysore gum (India), tereticornis (Centroamérica)

Familia: Myrtaceae

Origen y distribución

Esta especie se localiza en la costa oriental de Australia, desde los 6 hasta los 38° de latitud sur, desde Victoria hasta Queensland. También se encuentra en forma natural en el norte de Papúa-Nueva Guinea (CATIE, 1986). Fue introducida en una cantidad de países tropicales y subtropicales de Africa, Asia y América del Sur (FAO, 1981; CATIE, 1986; NAS, 1984) en la última mitad del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX. En El Salvador fue introducida en 1953 (FAO, 1981).

Descripción de la especie

La especie es de rápido crecimiento, de mejor forma que *E. camaldulensis*, aunque menos resistente que éste a la sequía (CATIE, 1986). Soporta inundaciones estacionales por cortos períodos y rebrota vigorosamente (NAS, 1984). Es uno de los principales eucaliptos que se plantan para leña y madera rolliza en América Central (CATIE, 1986; NAS, 1984). Es árbol de gran porte que alcanza una altura de 30 a 45 m, fuste recto de 1 a 2 m de diámetro, copa grande y poco densa. El tronco de base recta, fuste cilíndrico, corteza lisa blanquecina, con acumulación de corteza vieja, gris oscura y rugosa en la base del tronco. Las hojas jóvenes son opuestas y las adultas alternas, lanceoladas, de color verde brillante, tanto en el haz, como en el envés y glabras.

Las flores son blancas en umbelas simples en la base de las hojas. Las yemas florales tienen una base semirredondeada y una tapa delgada y alargada de forma cónica, parecida a un cuerno, de lo cual se deriva el nombre de la especie (FAO, 1981). Los frutos son cápsulas seminales. Las semillas son pequeñas y delgadas. La producción de semillas se inicia de los 4 a los 5 años, según la localidad. El número de semillas por kg varía de 360 000 a 800 000, y tiene una viabilidad superior al 90% (CATIE, 1986). El número de semillas viables es de 539 000 por kilogramo (FAO, 1981).

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

Temperatura

E. tereticornis crece en un amplio rango de climas, con temperaturas medias anuales entre 17 y 38 °C (NAS, 1984). En América Central se ha plantado en sitios con temperatura promedio anual entre 21 y 28 °C (CATIE, 1986) y en El Salvador en sitios con temperaturas de 23.9 a 26.8°C.

Precipitación

En América Central se ha plantado en sitios con precipitación entre 700 a 1400 mm y hasta nueve meses de déficit hídrico (CATIE, 1986). La precipitación óptima está entre 800 y 1500 mm; pero se han plantado árboles en áreas con una precipitación menor (400 mm) y en áreas con una precipitación considerablemente mayor (3500 mm) (FAO, 1981; NAS, 1984). En El Salvador se le ha plantado en precipitaciones de 1699 a 2017mm.

Elevación

En América Central se ha plantado desde el nivel del mar hasta 1200 msnm (CATIE, 1986) y en El Salvador entre los 75 y 470 msnm.

Suelos

La especie se desarrolla bien en suelos profundos, de textura liviana, bien drenados y húmedos, pero no inundables; aluviales y arenolimosos (CATIE, 1986; NAS, 1984). Generalmente no se desarrolla bien en suelos muy ácidos (NAS, 1984).

CARACTERISTICAS Y USOS DE LA ESPECIE

Leña

La madera de esta especie produce leña y carbón de excelente calidad (CATIE, 1986; NAS, 1984). La regeneración por rebrote se ha usado ampliamente y puede efectuarse 3 ó 4 veces en rotaciones de 10 años (NAS, 1984).

Madera

La madera es dura y pesada. Tiene variedad de usos en construcción, puntales de minería y para postes, en cajonería, tableros de partículas y de fibra, durmientes de ferrocarril y pulpa para papel (CATIE, 1986; NAS, 1984). La madera es resistente a las termitas y a la pudrición seca y por lo tanto una de las maderas más durables y valiosas para construcción, especialmente bajo tierra (NAS, 1984). El rendimiento depende mucho de la humedad del sitio. Los más altos rendimientos se han reportado en las márgenes de canales y en condiciones de irrigación (NAS, 1984).

Otros usos

La especie se utiliza en la restauración e inmovilización de dunas, sistemas agroforestales, especialmente cortinas rompevientos; extracción de taninos y aceites. Es una especie melífera (CATIE, 1986; NAS, 1984).

SILVICULTURA

Regeneración artificial

Las semillas tienen alta viabilidad, no requiere tratamientos pregerminativos. Para la germinación deben observarse los mismos cuidados que para *E. camaldulensis*; esta dura aproximadamente seis días y cuando las plántulas tienen 5 cm de altura deben ser trasplantadas a los envases. Las plantas están listas para plantación de 14 a 16 semanas (3 a 4 meses) (CATIE, 1986).

Recolección de semillas

En El Salvador existe una fuente identificada en Hacienda Copapayo, Sonsonate.

Establecimiento de la Plantación

Es necesario un estricto control de malezas y una buena preparación del suelo antes de la plantación (NAS, 1984; CATIE, 1986). Cálix *et al*, (1989) y CATIE (1986), reportan que a mayor disponibilidad de espacio para crecimiento, la especie muestra un mayor desarrollo en diámetro.

Parece haber un pequeño efecto aditivo en el crecimiento de *E. tereticornis*, al aplicar una mezcla de fórmula 18-46-0 y Boro. El fertilizante fue aplicado al momento de la plantación, en un círculo y superficialmente (CATIE, 1986). La especie muestra mejor comportamiento en sitios bajo los 850 msnm, especialmente con menos de 200 msnm (CATIE, 1986). *E. tereticornis* se cruza con varias especies de eucaliptos. El híbrido 12ABL y el *Eucalyptus* "C" de Zanzibar, Africa, son productos del cruce con *E. robusta*. El híbrido 12ABL cruzado con *E. saligna* produce 35 m³/ha/año a los 6 años de edad en el Congo, Africa.

En India se encuentra una raza local denominada Mysore Gum. *E. kirtoniana* F. Muell, sinónimo *E. patentinervis* R.T. Bak es producto también del cruce con *E. robusta*. El Instituto de Investigación Forestal de Dehra Dun (India) ha desarrollado variedades híbridas de muy rápido crecimiento, cruzando *E. tereticornis* con *E. camaldulensis*, obteniendo los híbridos FRJ4 y FRI 5 que superan en casi tres veces el volumen obtenido con *E. tereticornis*. Para El Salvador esta es una opción interesante para mejorar forma y aumentar crecimiento.

En Zambia, Africa, el híbrido natural y artificial de *E. tereticornis* y *E. grandis* tiene un crecimiento superior al de cualquiera de los padres y la forma es tan buena como *E. grandis*. Este es más resistente a la sequía que *E. grandis*, pero menos que *E. tereticornis* (FAO, 1981).

Los híbridos 12ABL y *E. kirtoniana* fueron plantados en el valle de San Andrés, El Salvador en parcelas de crecimiento que se conservan actualmente en hileras cuyos datos no han sido analizados.

Recolección de semillas

Se reporta para Nicaragua que la producción y recolección de semillas coincide con *E. camaldulensis*, en los meses de junio y julio (CATIE, 1986). Se puede obtener de 150 a 350 g por árbol semillero (FAO, 1981).

SITIOS Y EXPERIMENTOS ANALIZADOS

En el Cuadro 1 se resume la adaptabilidad y crecimiento inicial de *E. tereticornis* en tres sitios de El Salvador. Se presenta el análisis de 44 parcelas distribuidas en tres experimentos, de los cuales el 087L y 085L son ensayos de procedencias. La elevación de los sitios experimentales varía de 75 msnm en La Carrera en Usulután hasta 470 msnm en el sitio Copapayo en Sonsonate. La temperatura media anual de 23.9°C en Copapayo hasta 26.8°C en Nahualapa, La Paz.

La precipitación media anual en los sitios experimentales varió de 1699 mm en Copapayo hasta 2017 mm en La Carrera. Todos los sitios presentan seis meses de déficit hídrico con menos de 80 mm mensuales. El sitio La Carrera presenta suelos Molisoles (Udic haplustoll); el sitio Nahualapa suelos Inceptisoles (Vitrandept) y no se contó con información de suelos para el sitio Copapayo. La zona de vida para los sitios evaluados es Bosque Húmedo Subtropical (bh-s).

Cuadro 1. Localización de los sitios y datos de crecimiento de los experimentos de *Eucalyptus Tereticornis* establecidos por el proyecto MADELEÑA en El Salvador.

Sitio Nombre	No	No. Exp	Alt msnm	Tma (°C)	No. Meses	Pma (mm)	Zona de Vida Holdridge	Edad Meses	Espac Inicial (m x m)	Densid Inicial (árbs/ha)	Sobre viven cia %	Altura (m)		Dap (cm)	
												\bar{x}	IMA	\bar{x}	IMA
Copapayo Armenia		087L	470	23.9	6	1699	bh-s	45	2x2	2500	88	9.6	2.6	7.5	2.0
								45	2x2	2500	84	11.2	3.0	9.5	2.5
								45	2x2	2500	96	9.2	2.4	7.8	2.1
								45	2x2	2500	92	9.8	2.7	7.7	2.0
								45	2x2	2500	100	11.4	3.0	8.3	2.2
								45	2x2	2500	96	10.8	3.1	8.7	2.3
								45	2x2	2500	100	11.8	3.1	8.9	2.4
								45	2x2	2500	52	7.5	2.0	6.5	1.7
								45	2x2	2500	76	9.5	2.5	7.0	1.8
								45	2x2	2500	96	10.0	2.7	8.1	2.1
								45	2x2	2500	88	11.1	3.0	8.7	2.3
								45	2x2	2500	92	10.5	2.8	8.6	2.3
								45	2x2	2500	76	9.3	2.5	8.0	2.1
								45	2x2	2500	84	10.9	2.9	8.0	2.1
								45	2x2	2500	96	10.8	2.9	8.5	2.2
								45	2x2	2500	80	11.9	3.2	9.0	2.4
								Nahualapa Rosar, La Paz		089L	100	26.8		1769	bh-s
45	2x2	2500	100	9.5	2.5	8	2.1								
45	2x2	2500	81	8.1	2.2	6.8	1.8								
45	2x2	2500	100	11.3	3.0	9.6	2.6								
La Carrera Jiquilisco		085L	75	26.6		2017	bh-s	96	2x2	2500	17	5.0	3.5	5.1	3.6
								17	2x2	2500	88	2.9	2.0	3.3	2.3
								17	2x2	2500	88	5.0	3.5	4.6	3.3
								17	2x2	2500	96	3.5	2.5	3.8	2.7
								17	2x2	2500	88	2.5	1.8	3.7	2.6
								17	2x2	2500	84	4.9	3.4	4.6	3.3
								17	2x2	2500	96	5.6	3.9	4.3	3
								17	2x2	2500	100	6.9	4.9	5.5	3.9
								17	2x2	2500	100	2.9	2.0	3.6	2.5
								17	2x2	2500	96	4.1	2.9	4.5	3.1
								17	2x2	2500	84	5.4	3.8	4.7	3.3
								17	2x2	2500	88	3.4	2.4	3.7	2.6
								17	2x2	2500	88	7.2	5.1	6.6	4.7
								17	2x2	2500	72	3.3	2.3	5.1	3.6
								17	2x2	2500	92	5.8	4.1	5.8	4.1
								17	2x2	2500	88	3.2	2.2	3.6	2.6
								17	2x2	2500	92	5.2	3.7	5.1	3.6
17	2x2	2500	92	5.4	3.8	5.3	3.7								
17	2x2	2500	96	6.2	4.4	6.0	4.2								
17	2x2	2500	80	3.8	2.7	5.0	3.5								

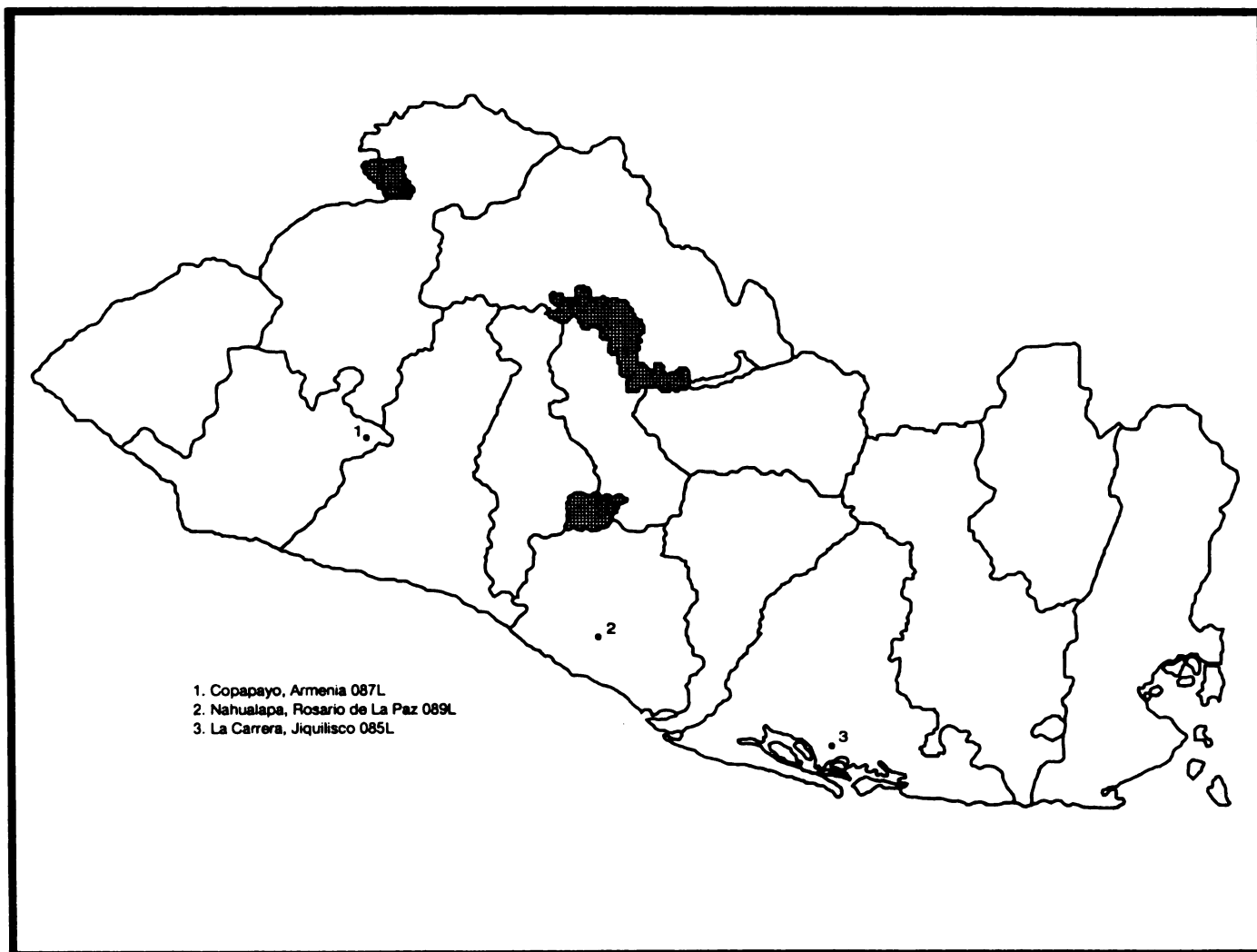


Figura 1. Ubicación de los sitios donde se establecieron parcelas de investigación de *Eucalyptus tereticornis* en El Salvador.

Cuadro 2. Propiedades físicas y químicas de los suelos donde se establecieron los ensayos de *Eucalyptus tereticornis* en El Salvador.

No. de experim	Sitio	No. perfil	No. horiz.	Textura	pH	MO%	Extractables		CIC	Prof. Sup.	Prof. Inf.	Tipo de suelo
							meq/100g suelo Ca	Mg				
083L	405	22	1	-	6.2	4.2	15.8	5.4	-	0	20	Udic Haplustoll
083L	405	22	2	-	6.4	3.1	14.6	5.0	-	20	58	
083L	405	22	3	-	6.5	-	-	-	-	58	94	
083L	405	22	4	-	6.5	-	-	-	-	94	148	
083L	405	22	5	-	6.6	-	-	-	-	148	157	
085L	405	22	1	-	6.2	4.2	15.8	5.4	-	0	20	Udic Haplustoll
085L	405	22	2	-	6.4	3.1	14.6	5.0	-	20	58	
085L	405	22	3	-	6.5	-	-	-	-	58	94	
085L	405	22	4	-	6.5	-	-	-	-	94	148	
085L	405	22	5	-	6.6	-	-	-	-	148	157	
087L	122	41	1	F	6.5	4.6	11.7	2.9	23.4	0	11	
087L	122	41	2	F	6.6	0.8	4.8	1.2	12.7	11	42	
087L	122	41	3	FA	6.7	0.3	3.1	0.8	7.1	42	70	
087L	122	41	4	FA	6.6	0.1	5.2	1.4	10.5	+70	-	
089L	310	40	1	F	6.2	2.0	5.1	1.3	13.3	0	13	
089L	310	40	2	F	6.5	0.5	4.8	1.0	12.3	13	35	
089L	310	40	3	FL	6.7	0.5	5.6	1.0	10.7	35	65	
089L	310	40	4	F	6.7	0.1	1.2	0.3	3.6	65	77	
089L	310	40	5	FA	6.5	1.0	12.5	4.2	25.7	77	97	
089L	310	40	6	A	6.6	0.7	14.9	6.2	37.2	97	125	

RESULTADOS DE CRECIMIENTO

Características dasométricas en los sitios experimentales

Sobrevivencia

La sobrevivencia de la especie en los tres sitios experimentales es muy satisfactoria. En el sitio Copapayo se observa una variación de 82% al 98%. En general la sobrevivencia fue superior a 88% en la mayoría de los sitios estudiados, con excepción de los sitios con mayor edad Nahualapa y La Carrera, los cuales tienen 79 y 96 meses de edad.

Altura total

El incremento medio anual (IMA) en altura total varía de 2.6 m/año en el sitio Nahualapa hasta 4.3 m/año en el sitio La Carrera (Cuadro 1).

En general el IMA en altura total es superior a 3.1 m/año en la mayoría de los sitios evaluados.

Cuadro 3. Características de los sitios de las procedencias de *Eucalyptus tereticornis* evaluadas en El Salvador.

No. BLSF*	Localidad	Ubicación		Altitud (msnm)
		Lat. Sur	Long. Oeste	
1835	Helenvale	15°46'	14.5°14'	120
1836	Marreba	16°46'	14.5°15'	380
1837	Crediton	21°0'	14.8°30'	700
1838	Kennedy River	15°26'	14.4°11'	60
1839	Palmer R.D.	16°7'	14.4°47'	365

* Banco Latinoamericano de Semillas Forestales. CATIE. Costa Rica.

Diámetro

El incremento medio anual (IMA) en diámetro (dap) varía de 1.7 cm/año en el sitio Nahualapa hasta 4.7 cm/año en el sitio La Carrera (Cuadro 1). En general los valores de IMA en DAP fueron superiores a 2.4 cm/año.

Las edades observadas fueron 17 meses (1.41 años) para el sitio La Carrera, 28 meses (2.33 años) para el sitio Copapayo y 42 meses (3.5 años) para el sitio Nahualapa. No parece haber influencia de la densidad de plantación sobre el DAP promedio a estas edades.

Ensayos de procedencias

Se llevaron a cabo ensayos de procedencias nativas de *E. tereticornis* en dos sitios: Copapayo (087L) y La Carrera (085L). Las procedencias evaluadas fueron: Helenvale (No.1935, Banco Latinoamericano de Semillas Forestales, Costa Rica); Marreba (No.1836); Crediton (No.1837); Kennedy River (No.1838) y Palmer R.D. (No.1839).

En Copapayo, Sonsonate no hubo diferencias significativas entre procedencias para las variables evaluadas: diámetro, altura y sobrevivencia a la edad de 17 meses. Resultando superiores en cuanto a crecimiento en altura total, las procedencias Helenvale y Palmer R.D., en un 18% con respecto a la procedencia Crediton.

En La Carrera, Usulután no hubo diferencias significativas entre procedencias para las variables: altura y sobrevivencia; pero hubo diferencias en cuanto a diámetro a 54 meses de edad.

Las procedencias Helenvale y Crediton resultaron superiores en cuanto a altura total y diámetro promedio (Milián, 1991).

CONCLUSIONES

1. Es evidente el potencial de esta especie por sus crecimientos en altura y diámetro.
2. Su buena forma y posibilidad de adaptarse a varias zonas del país, hacen que *E. tereticornis* sea una buena alternativa a investigar.
3. Hace falta establecer más parcelas para evaluar comportamiento en diferentes sitios.

RECOMENDACIONES

1. De las procedencias evaluadas se concluye que la mayoría de procedencias son adecuadas y no hay diferencia entre ellas.
2. Quizás el uso de razas locales sea una buena opción.

BIBLIOGRAFIA

- CALIX J. *et al.* 1989. Efecto del espaciamiento de plantación en el crecimiento de *Eucalyptus tereticornis* Smith, en San Pedro Sula, Honduras. CATIE (Hond) Informe Técnico Interno No.2 p. irr.
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central: resultados de cinco años de investigación. CATIE (C.R.). Serie Técnica. Informe Técnico No.86. 222 p.
- FAO. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal, Roma, Italia, 723 p.
- MILIAN, M., S. 1991. Evaluación de la adaptación y crecimiento de cinco procedencias de *Eucalyptus tereticornis* Sm. en la región Suroriental de El Salvador. CATIE (El Salvador). Informe Técnico Interno No.34. p. irr. Borrador sin publicar.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (EE.UU.). 1984. Especies para leña: Arboles y arbustos para la producción de energía. Traducción del inglés por Vera Argüello de Fernández. Turrialba, C.R., CATIE. 344 p.



Crecimiento en diámetro promedio (cm) y altura total (m) de cinco procedencias nativas de *Eucalyptus tereticornis* en Copapayo, Sonsonate, El Salvador.

ESPECIE : *Azadirachta indica*

Redactor: Carlos García

DESCRIPCION BOTANICA Y ECOLOGICA

Nombre científico: *Azadirachta indica* A.Juss

Sinónimo: *Melia indica* Brand, *Melia azadirachta* L.

Nombres comunes: Neem, nim.

Familia: Meliaceae

Origen y distribución

Es nativa de los bosques secos de India, Pakistán, Sri Lanka, Malasia, Indonesia, Tailandia y Myanmar (antigua Birmania), esta especie se ha cultivado mucho en las regiones áridas de India y Africa, prospera en las áreas secas de los trópicos y subtropicos. En América Central se tienen algunas plantaciones pequeñas en Costa Rica, Honduras y Nicaragua.

Descripción de la especie

Es una especie de rápido crecimiento, por lo general siempre verde, de porte mediano y fuste corto y en algunos casos largo y recto. Su copa es redonda u ovalada, corteza gris moderadamente gruesa, su duramen rojizo es duro y resistente, los frutos son drupas oblongas, de color amarillento cuando verdes y se tornan rojizos cuando maduros. Los endocarpos poseen una sola semilla grande. Hay aproximadamente 4000 semillas/kg (CATIE, 1986).

El nim fue introducido en El Salvador por el Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía en 1985, con el objeto de estudiar su adaptabilidad y su desarrollo. El primer experimento se estableció en la Hacienda Astoria (Exp. No. 067L). Estas parcelas han servido como fuente semillera y de recolección de plántulas para las instituciones relacionadas con la reforestación en el país. La promoción de esta especie y sus bondades se dio a conocer por MADELEÑA y, posteriormente, por otras instituciones nacionales. Actualmente son conocidas las propiedades del nim, tales como su uso como insecticida, en conservación de suelos y en sistemas agroforestales, especialmente siembra al contorno y cortinas rompevientos. Organizaciones e instituciones como Desarrollo Juvenil Comunitario, el Centro de Tecnología Agropecuaria y Forestal y la GTZ han realizado una eficiente difusión y fomento de las plantaciones de esta especie.

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

Temperatura

Sobrevive a altas temperaturas, incluso temperaturas hasta 44 °C en sombra y mínimas cercanas a 0 °C. En América Central se le ha plantado en sitios con temperaturas promedio anual superiores a 25 °C. En el Salvador se le ha observado crecer satisfactoriamente a temperaturas entre 21.8 °C y 26.8 °C.

Precipitación

Crece en forma natural en zonas con precipitaciones entre 450 hasta 1150 mm, aunque se ha plantado en sitios de hasta 300 mm o menos. Soporta sequías prolongadas. En El Salvador se ha plantado en sitios con precipitaciones mayores de los 1700 mm por año.

Altitud

Crece desde el nivel del mar hasta 1500 m de altitud. En El Salvador se ha plantado desde los 20 hasta los 900 msnm.

Suelos

El árbol no es exigente en cuanto a suelos y crece bien en la mayoría de suelos, incluyendo suelos secos, pedregosos, arcillosos y poco profundos. No crece en suelos estacionalmente anegados o arenas secas profundas donde la napa freática, se encuentra a más de 18 m de profundidad. Las raíces parecen tener la capacidad de extraer nutrimentos y humedad aun de suelos muy lavados y arenosos. Prefiere un pH superior a 6.2, aunque crece bien con un pH de 5.0 ya que su hojarasca contribuye a que la capa superficial del suelo alcance un pH neutro. No crece bien en suelos salinos (CATIE, 1984).

Factores limitantes

La especie crece lento en suelos compactos y no tolera suelos muy secos o estacionalmente anegados. Un pH muy ácido (inferior a 5,0) así como densidades altas en suelos con poca humedad disponible también produce la muerte de la especie (CATIE, 1986). En El Salvador la plantación y utilización del nim está limitada por la falta de conocimiento acerca de esta especie. Es necesario establecer más parcelas de crecimiento en diferentes sitios así como ensayos que incluyan diferentes procedencias para recomendar las que mejor se adapten o produzcan mayor contenido de azadirachtina.

CARACTERISTICAS Y USOS DE LA ESPECIE

Leña

El Nim se ha usado para leña en la India y Africa desde hace mucho tiempo; se ha convertido en la especie más importante para plantaciones en el norte de Nigeria y se planta para leña y postes alrededor de los poblados grandes. La leña tiene un poder calórico de alrededor de 20.000 kj/kg (4780 kcal/kg). En El Salvador debido a que las plantaciones son nuevas no se conoce mucho sobre su uso como leña, aunque los objetivos de su establecimiento en la mayoría de los sitios son para leña.

Madera de uso comercial y familiar

La madera se asemeja a la caoba (*Swietenia* sp), moderadamente pesada (aproximadamente 0.68 g/cm³). Se utiliza para la construcción en general, postes de conducción eléctrica y telefónica, madera para muebles, construcción de barcos, instrumentos para agricultura y madera para tallado.

Energía

Las semillas de esta especie contienen hasta 40% de aceite, el cual se utiliza como combustible en lámparas y como lubricantes para maquinaria. Se cree que la pulpa que rodea la semilla es un sustrato prometedor para la producción de gas metano (CATIE, 1984).

Mejoramiento del suelo

En Sri Lanka, India y Myanmar (Birmania), la especie se ha utilizado con éxito para protección del suelo ("mulch") y como fertilizante. Se ha reportado que los residuos de la extracción de aceite es un excelente fertilizante, con un contenido de nutrimentos varias veces mayor que el estiércol. Esta planta ha tenido éxito en la recuperación de terrenos baldíos y áridos (CATIE, 1984).

Química industrial

La corteza del nim contiene de 12 a 14% de taninos; en ensayos recientes efectuados en la India se comprobó que éstos se comparan favorablemente con los taninos químicos tradicionales. El aceite de nim se utiliza en la fabricación de jabones y productos farmacéuticos y cosméticos.

Repelente de insectos

Las semillas y hojas producen azadirachtina, un compuesto que parece prometer como un nuevo repelente de insectos; es un pesticida sistémico, el cual es absorbido por la planta, donde empieza a trabajar. Los escarabajos y otras plagas de insectos prefieren padecer de hambre que comer plantas previamente tratadas con extracto de nim. También es repelente de nematodos (CATIE, 1984).

En El Salvador, una manera práctica para elaborar el insecticida es la siguiente.

“Se trituran los granos en un molino manual y luego se mezcla el polvo molido en el agua y se mueve vigorosamente en forma circular. Luego se deja reposar por una noche para que despida sus sustancias activas. Después de 24 horas en reposo se cuele el caldo formado usando una tela fina para evitar que se tapen las boquillas de la bomba. Luego de esto el extracto acuoso está listo para ser asperjado al cultivo”. (Tomado del folleto: "Conozca las múltiples bondades del árbol de Nim". J.V.Bran. CENTA, El Salvador).

SILVICULTURA

Regeneración natural

En El Salvador, en la Cooperativa Astoria, jurisdicción de Rosario La Paz, departamento de La Paz, ubicado en una zona de vida bosque húmedo Subtropical (bh-S) y a 20 msnm, se ha encontrado regeneración natural de nim, del experimento de especies 067L establecido por MADELEÑA. Estas parcelas han sido la fuente semillera para promoverla en El Salvador, donde se recolectan plantas en pilón y semilla.

Recolección de semillas

Las drupas deben colectarse cuando alcanzan la plena madurez lo que generalmente ocurre entre los meses de mayo y junio. La semilla pierde rápidamente la viabilidad y debe utilizarse dentro de las dos semanas siguientes a la recolección. Cada kilogramo contiene entre 4400 y 6300 semillas. La semilla para la siembra no requiere ningún tratamiento pregerminativo.

Producción en vivero

Se puede sembrar directamente en bolsas o en bancales para la producción de pseudoestacas. La planta en bolsa puede estar lista para plantación en 12 semanas, mientras que pseudoestacas de buena calidad requieren períodos de producción de seis meses a un año (CATIE, 1986).

Establecimiento de la plantación

Es un árbol que exige mucha luz, por lo que no soporta competencia de malezas. Además de una buena preparación del sitio, debe darse mantenimiento adecuado durante las primeras etapas de crecimiento. Cuando se planta para producción de leña, son utilizados espaciamientos de 2,0m x 2,0m y 2,5m x 2,5m. En plantaciones para producción de semillas y madera se recomienda plantar entre 4 x 4 m hasta 5 x 5 m (CATIE, 1993).

Crecimiento y manejo

La especie presenta buena poda natural y rebrota bien de cepa. De acuerdo a los resultados, la especie ha crecido en zonas con hasta ocho meses con déficit hídrico. El arado inicial del suelo favorece el crecimiento (experiencia en Nicaragua). Aparentemente el crecimiento es más lento a partir del sexto año (Nicaragua), aunque este es un aspecto que debe investigarse con más cuidado.

Sistemas agroforestales

Debido a la promoción realizada de las bondades del Nim en El Salvador, el CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal) lo está promoviendo a nivel de pequeños y medianos productores, para establecerlo en sistemas como cerca viva y árboles en contorno. El objetivo de estos sistemas es obtener madera para construcción rústica, leña y especialmente semillas para elaborar el insecticida botánico.

SITIOS Y EXPERIMENTOS ANALIZADOS

Se presentan los resultados de la investigación en nim, realizada por MADELEÑA DGRNR/CATIE en El Salvador. En el país se establecieron seis experimentos silvícolas entre ensayos con diseño estadístico y parcelas de crecimiento, lo cual hacen un total de 16 unidades experimentales (Cuadros 1 y 2).

Como se observa en el Cuadro 1, los sitios experimentales donde se plantó Nim, están

distribuidos en altitudes que varían desde los 20 msnm en La Aguja y Astoria, hasta los 900 msnm en CEDEFOR. En estos sitios la temperatura media anual varía de 21.8 hasta 26.8 °C. En estos sitios la precipitación media anual varía de 1701 hasta 1953 mm, con un período de 6 meses con menos de 100 mm de precipitación. Las zonas de vida donde se ha probado esta especie corresponden al bosque húmedo Subtropical (bh-ST).

RESULTADOS DE CRECIMIENTO

Las edades de evaluación de estos ensayos varían desde un mes hasta los 44 meses de edad. La densidad de plantación fue de 2500 árboles/ha, es decir, espaciamentos de 2x2 m con parcelas de 25 a 36 árboles útiles.

Sobrevivencia

Según el Cuadro 1, la sobrevivencia varió del 95 % al mes en La Hacienda La Aguja hasta el 80 % a los 44 meses en Hacienda Astoria. En Santa Cruz de Tazulath, La Aguja y en Suchitoto las parcelas no se midieron después de los dos meses debido a mal mantenimiento y baja mortalidad. En Astoria, Shansapo y CEDEFOR, que fueron sitios con mayor edad y sin problemas de mantenimiento, se puede decir que la especie se adaptó bien, ya que alcanzó porcentajes de sobrevivencia de 80 a 100 % a edades de 31 a 44 meses.

Cuadro 1. Localización de los sitios y datos de crecimiento de los experimentos de *Azadirachta indica*, establecidos por el Proyecto Madeleña en El Salvador.

Sitio Nombre	No. No	No. Exp.	Altit. msnm	TMA (°C)	No. mes seco	PMA (mm)	Zona Vida Holdridge	Edad meses	Espc. Inicial (mxm)	Dens. Inic. árb/ha	Super viven. %	Altura (m) x IMA	DAP (cm) x IMA	Incram Altura (m/año)
Sta Cruz Tazulath	110	056L	200	26.8	6	1736	Bh-st	2	2 x 2	2500	95	0.5	-	-
La Aguja	111	066L	20	26.8	6	1736	Bh-st	1	2 x 2	2500	96	0.6	-	-
Astoria	305	067L	20	26.5	6	1718	Bh-scc	44	2 x 2	2500	80	8.1	2.20	13.0 3.54 2.21
Suchitoto	315	135L	400	26.6	6	1953	Bh-st	2	2 x 2	2500	91	0.3	-	-
Shansapo	224	136L	900	21.8	6	19.3	Bh-s	41	2 x 2	2500	97	3.40	1.0	3.82 1.12 0.99
CEDEFOR	223	147L	420	23.8	6	1701	Bh-s	31	2 x 2	2500	100	5.17	2.00	4.88 1.89 2.00

Cuadro 2. Distribución de experimentos silvícolas establecidos por Madeleña DGRNR/CATIE para la especie forestal *Azadirachta indica* A. Juss.

Tipo experimento	No. experimentos	No. parcelas	Tipo investigación
Con diseño estadístico	4	12	Eliminación especies
Sin diseño estadístico	2	4	Parcelas de crecimiento
TOTAL	6	16	

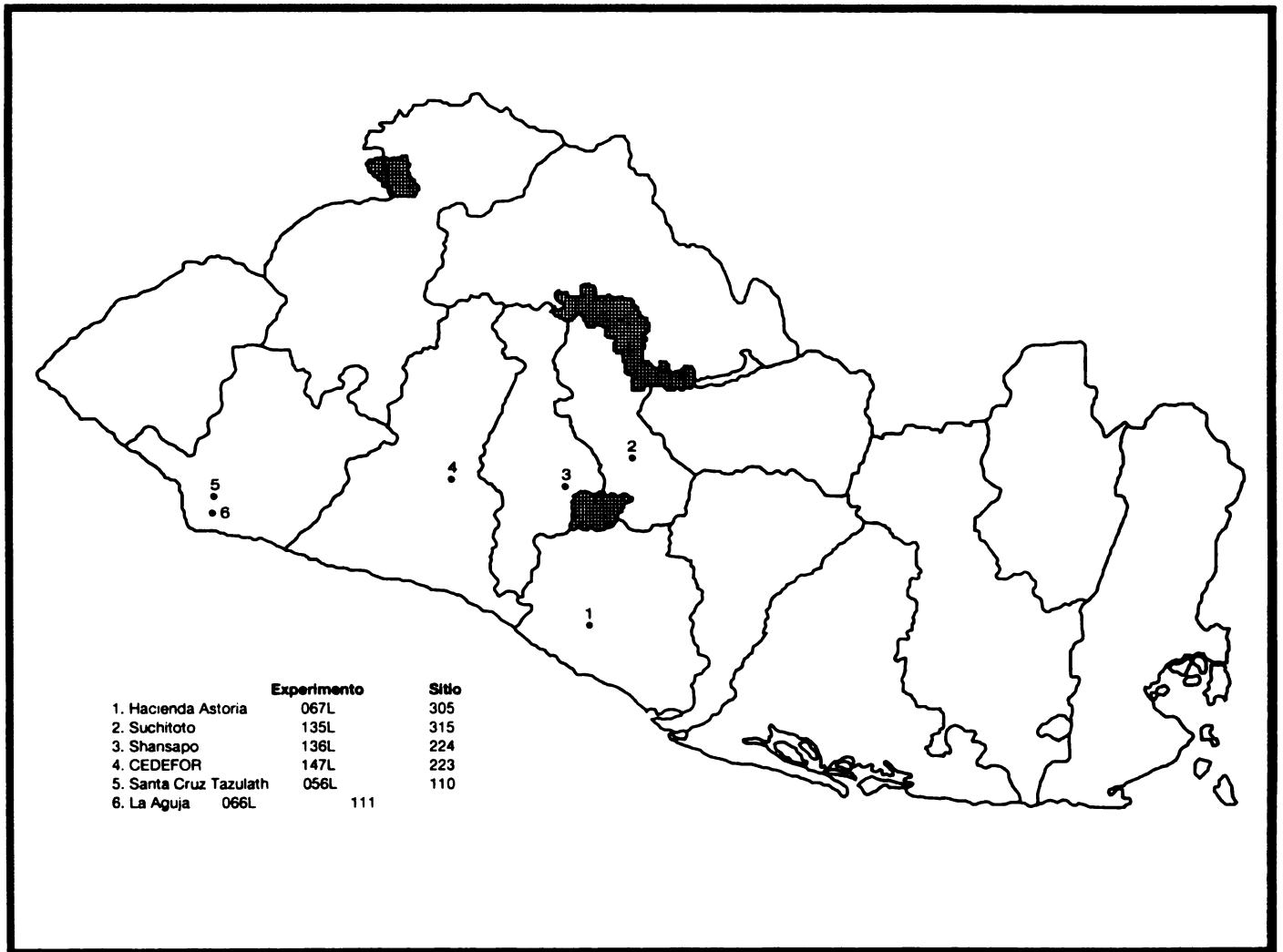


Figura 1. Sitios donde se establecieron parcelas de nim (*Azadirachta indica*), en El Salvador.

Cuadro 3. Propiedades físicas y químicas de los suelos donde se establecieron los ensayos de nim en El Salvador.

No. Exper.	Sitio	No. Perfil	No Horiz	Textura	pH	MO %	Ca	Mg	K	CIC	Prof Sup.
067L	305	21	1	-	5.8	3.9	17.2	2.9	-	0	16
067L	305	21	2	-	6.8	3.3	17.9	2.4	-	16	42
067L	305	21	3	-	6.7	-	-	-	-	42	90
067L	305	21	4	-	6.5	-	-	-	-	90	210

Crecimiento en altura

Considerando solo los ensayos de mayor edad, se puede observar en el Cuadro 1 que el nim alcanzó las mayores alturas en Astoria, con 8.1 m a los 44 meses de edad, mientras que en Shansapo alcanzó 3.4 m. Los mayores incrementos medios anuales (IMA) en altura de 2.0 y 2.2 m/año en CEDEFOR y Astoria indican que nim crece bien en altitudes bajas (menos de 500 msnm). Astoria presentó suelos profundos (más de 90 cm), pH neutros (5.8 a 6.7), altos contenidos de calcio (17.2 meq/100mg suelo) y magnesio (2.9 meq/100mg suelo), como puede apreciarse en el Cuadro 3. Por el contrario en Shansapo la especie alcanzó un IMA en altura de 1.0 m/año aproximadamente a la misma edad, en un sitio con mayor altitud (900 msnm).

Según el Cuadro 1 (experimento de Astoria), a una edad de 23 meses se observa que el nim ocupa un segundo lugar de crecimiento en altura, seguido por especies consideradas de rápido crecimiento como: leucaena (*Leucaena leucocephala*) y seguido por las especies teca (*Tectona grandis*), flor amarilla (*Cassia siamea*) y aripín (*Caesalpinia velutina*).

Según el Cuadro, a los 43 meses de edad el nim es la especie que alcanzó el segundo lugar en sobrevivencia, aventajada únicamente por la leucaena, lo que pone en evidencia el alto grado de adaptación de la especie al sitio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El nim (*Azadirachta indica* A. Juss), es una especie forestal con una gran posibilidad de adaptación para muchos de los sitios y para el clima que predomina en el país, además de considerarse como un árbol que presenta y promete una gran gama de bienes y servicios.
2. Debido a su gran adaptación y usos diferentes es importante seguir evaluando su adaptabilidad en otros sitios más difíciles así como considerar la necesidad de evaluar su rentabilidad en diferentes sistemas de producción agroforestal.

BIBLIOGRAFIA

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1986. *Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central: Resultados de cinco años de investigación*. CATIE (C.R.), Serie Técnica. Informe técnico No. 86. 224 p.

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1986. *Especies para leña arbustos y árboles para la producción de energía*, CATIE (C.R.) 344 p.

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1993. *El Nim (*Azadirachta indica* A. Juss)*. Plegable didáctico con tres cuerpos, Turrialba, Costa Rica.

DENYS, R. 1986. *Estudio detallado de los suelos típicos en las parcelas forestales del Proyecto MADELEÑA*. CENREN-CATIE. El Salvador. 93 p.

GEILFUS, F. 1989. *El Arbol al Servicio del Agricultor, Manual de agroforestería para el desarrollo rural. Guía de especies*, Santo Domingo, R.D. ENDA CARIBE, Vol.2. 778 p.



Vivero de Nim (*Azadirachta indica*), establecida por la Agencia de Extensión de Quezaltepeque (CENTA), El Salvador.



Nim (*Azadirachta indica*), establecido al borde de la Carretera a Santa Ana, en Sitio El Niño.

ESPECIE : *Melia azedarach*

Redactor: Héctor Díaz

DESCRIPCION BOTANICA Y ECOLOGICA

Nombre científico: *Melia azedarach* L.

Sinónimo: *Melia orientalis* M. Roem

Nombres comunes : Paraíso. (América Central, Perú, Paraguay y Argentina); jacinto (Panamá y Nicaragua); lila, lilaia (Puerto Rico y República Dominicana); violeta (Rep. Dominicana); alelí (Venezuela); chinaberry, persian lilac, alelaila, oride of China, pride of india, bead tree, umbrella tree, bastard cedar, cape lilac, white cedar, drek (inglés).

Familia : Meliaceae

Origen y distribución

Es nativa del sur de Asia, posiblemente de Beluchistán y Cachemira. Actualmente se le encuentra desde Irán hasta China. Se cultiva y se ha naturalizado en la mayoría de los países tropicales y subtropicales. Se ha difundido desde California (EE.UU.) hasta Argentina; en Africa Oriental y Occidental; el sureste Asiático y Australia (NAS, 1984; CATIE, 1986; Geilfus, 1989).

Descripción de la especie

Es un árbol deciduo de tamaño pequeño a mediano de, 6 a 15 m de altura y de 30 a 60 cm de diámetro, con fuste limpio y copa densa. El fuste es de base recta, cilíndrico, aunque puede presentarse torcido. El sistema radicular es superficial y amplio; en suelos sueltos tiene raíces profundas (CATIE, 1986). Las hojas son compuestas y alternas, con hojuelas de borde aserrado de color verde oscuro en el haz y verde claro en el envés, con olor fuerte característico al estrujarlas.

Las flores se presentan en panículas, son vistosas, fragantes, de color púrpura claro y numerosas. Los frutos son drupas (bayas) redondeados que pueden permanecer adheridos al árbol casi todo el año; cada fruto contiene de una a cinco semillas de color café oscuro. El número de frutos por kilogramo es de 1400 a 2500 y un kilogramo contiene de 4.000 a 13.000 semillas. Los frutos son venenosos y tienen propiedades narcóticas (CATIE, 1986).

REQUERIMIENTOS AMBIENTALES

Temperatura

La especie crece en climas tropicales, subtropicales y templados cálidos, con temperaturas no inferiores a 18 °C (NAS,1984). En América Central se ha plantado en sitios con temperaturas promedio anuales superiores a 22 °C (CATIE,1986). En El Salvador se ha plantado en sitios con temperaturas de 22°C a 27°C.

Precipitación

Es resistente a la sequía y puede desarrollarse en áreas con 600 a 1000 mm de precipitación anual (NAS, 1984; CATIE, 1986). Se reporta que en Guatemala se le ha plantado en zonas con hasta ocho meses de déficit hídrico (CATIE, 1986). En El Salvador se le ha plantado en sitios con precipitaciones de 1500 a 3000 mm anuales y con seis meses de déficit hídrico.

Elevación

En los Himalayas crece hasta 2000 msnm (NAS, 1984). En América Central se le ha plantado generalmente abajo de 1000 msnm (CATIE, 1986). En El Salvador se le ha plantado en sitios con 20 a 975 msnm.

Suelos

Crece en un amplio rango de suelos, pero el mejor crecimiento se obtiene en suelos franco arenosos profundos y bien drenados (NAS, 1984; CATIE, 1986).

CARACTERISTICAS Y USOS DE LA ESPECIE

Melia azedarach es una especie valiosa, de uso múltiple, que se encuentra naturalizada en El Salvador; goza de gran aceptación por la población, ya que es un árbol ornamental, que además proporciona madera de alto poder calorífico; por lo que se usa como leña y carbón. Su madera se utiliza para muebles. Muy apreciada en la fabricación de escaleras por su resistencia y por ser liviana.

Leña

Tiene un alto poder calórico (5100 kcal/Kg) Se ha reportado su uso para la producción de carbón (Geilfus, 1989).

Madera

La madera es blanda y débil, susceptible al ataque de termitas, cuando está seca. Se utiliza en la fabricación de mangos de herramientas, muebles, escaparates, chapas exteriores de la madera contrachapada, cajas para cigarrillos y pulpa para papel de escribir y de impresión. Se utiliza en construcciones rurales como cuarterones, vigas y en escaleras. En El Salvador se le utiliza para madera y leña; en la fabricación de escaleras por su madera liviana y resistente y como insecticida se utiliza el follaje y frutos.

Otros usos

Las flores y frutos tienen propiedades insecticidas. Las hojas pueden utilizarse como forraje para cabras. De los frutos se puede obtener aceite combustible. Las semillas son utilizadas en artesanías. El árbol es utilizado para sombra y ornato (NAS, 1984; CATIE, 1986). Las diferentes partes del árbol tienen propiedades medicinales y además, es melífera (Geilfus, 1989).

SILVICULTURA

Regeneración natural

Tanto en sitios nativos como en América Central la especie se reproduce naturalmente cuando encuentra áreas libres de malezas, ya que es exigente a luz solar (CATIE, 1986).

Regeneración artificial

Recolección de semillas

M. azedarach florece durante todo el año. En América Central la época de producción de semillas se extiende de enero a mayo (CATIE, 1986). Los frutos pueden recogerse directamente del suelo o del árbol cuando presentan un color amarillo pálido y la pulpa se ablanda. Los frutos se almacenan a temperatura ambiente hasta por un año en lugares secos, frescos y ventilados (CATIE, 1986; Salinas, 1993).

Producción en vivero

Los frutos frescos no requieren tratamiento pregerminativo. Frutos almacenados por más de un año necesitan de inmersión en agua a temperatura ambiente por 24 horas. Generalmente los frutos se siembran directamente a la bolsa. Se puede producir también por pseudoestacas, plantas a raíz desnuda y estacas de ramas laterales.

Las semillas germinan a los 20 y 35 días y las plantas están listas para la plantación a los 15 a 18 semanas (CATIE, 1986). La siembra directa en el terreno definitivo es también posible con un adecuado control de malezas (CATIE, 1986).

Rendimiento

En buenas condiciones el árbol se desarrolla rápidamente (NAS, 1984; Geilfus, 1989), de 1.5 a 2 m/año en altura. Se puede ralea a partir del tercer año y se puede cosechar en rotaciones de 12 a 15 años cuando el objetivo es la producción de madera (Geilfus, 1989). En Paraguay se obtienen 110 m³/ha de leña y 176 m³/ha de madera a los 15 años, en distanciamientos de 4x3 m que representan una densidad de 833 árboles/ha (Geilfus, 1989).

SITIOS Y EXPERIMENTOS ANALIZADOS

Características de clima y suelo en los sitios experimentales

En el cuadro 1 se presenta la adaptabilidad y crecimiento de *Melia azedarach* L. en trece sitios en el país. Se analizan trece experimentos, la totalidad de los cuales corresponde a ensayos de eliminación de especies.

El rango de elevación en los sitios experimentales varía de 20 msnm en los sitios Santa Clara y Tihuilocoyo en el departamento de La Paz, hasta 975 msnm en el sitio Paraje Galán en el departamento de Santa Ana. En general, los sitios se encuentran en elevaciones abajo de los 1000 msnm.

La temperatura media anual varía de 22.7 °C en el sitio La Criba en Candelaria de la Frontera hasta 26.8 °C en los sitios Chilanguera en Chirilagua, San Miguel y La Joya en Zacatecoluca. La precipitación media anual en los sitios experimentales es de 1525 mm en el sitio Chilanguera hasta 3014 mm en el sitio San Raymundo en Ahuachapán. Todos los sitios presentan seis meses de déficit hídrico.

Todos los sitios pertenecen a la zona de vida bosque húmedo subtropical (Bh-s) y sólo el sitio San Diego en Metapán corresponde a un bosque seco tropical (Bs-T).

RESULTADOS DE CRECIMIENTO

Características dasométricas en los sitios experimentales

Sobrevivencia

La sobrevivencia varió de 20% hasta 100% (Cuadro 1). Dicha variación es observada inclusive en un mismo sitio. En algunos casos la baja sobrevivencia es debido mayormente a la competencia con malezas, presencia de animales (ramoneo y sobrepastoreo) y ocurrencia de incendios. Los sitios clasificados como altos presentaron las mayores sobrevivencias (73% ± 11%) y los sitios bajos presentaron las sobrevivencias mas bajas (54% ± 28%).

Altura total

El incremento medio anual (IMA) en altura total varió de 0.5 m/año en los sitios La Joya y Paraje Galán (Cuadro 1) hasta 3.6 y 4.0 m/año en San Diego Metapán y en Santa Clara, respectivamente. Hay variaciones de altura dentro de un mismo sitio. Tal es el caso del sitio San Raymundo; dichas variaciones pueden deberse a condiciones de micrositio.

La mayor altura promedio observada corresponde al sitio San Diego con 8.9 m a los 38 meses de edad (3.17 años) aunque en Tihuilocoyo a los 28 meses esta especie ya había alcanzado los 8 a 8.7 m. En general, el IMA en altura total es superior a 1.0 m/año para la mayoría de las parcelas evaluadas, pero hay excepciones como La Joya de Zacatecoluca o Santa Barbara, donde se encontraron crecimientos menores a 1.0 m/año.

Sin dejar de lado el mantenimiento y el manejo que recibió cada parcela; para tener una idea del porqué de los buenos crecimientos en sitios como Tihuilocoyo y San Diego, el Cuadro 2 presenta un resumen de las características físicas y químicas de los sitios evaluados.

Los sitios con mayor crecimiento como San Diego, Tihuilocoyo y Santa Clara, presentaron suelos profundos (más de 100 cm), pH que variaron de 5.4 hasta 6.7 en el primer horizonte, contenidos de MO de 2 a 6 % en el primer horizonte, contenidos de Calcio y Magnesio en el primer horizonte de 5.3 a 21 y de 2.1 a 9.7 meq/100 g de suelo respectivamente con capacidad de intercambio de cationes (CIC) de 17 a 43 meq/100 g de suelo.

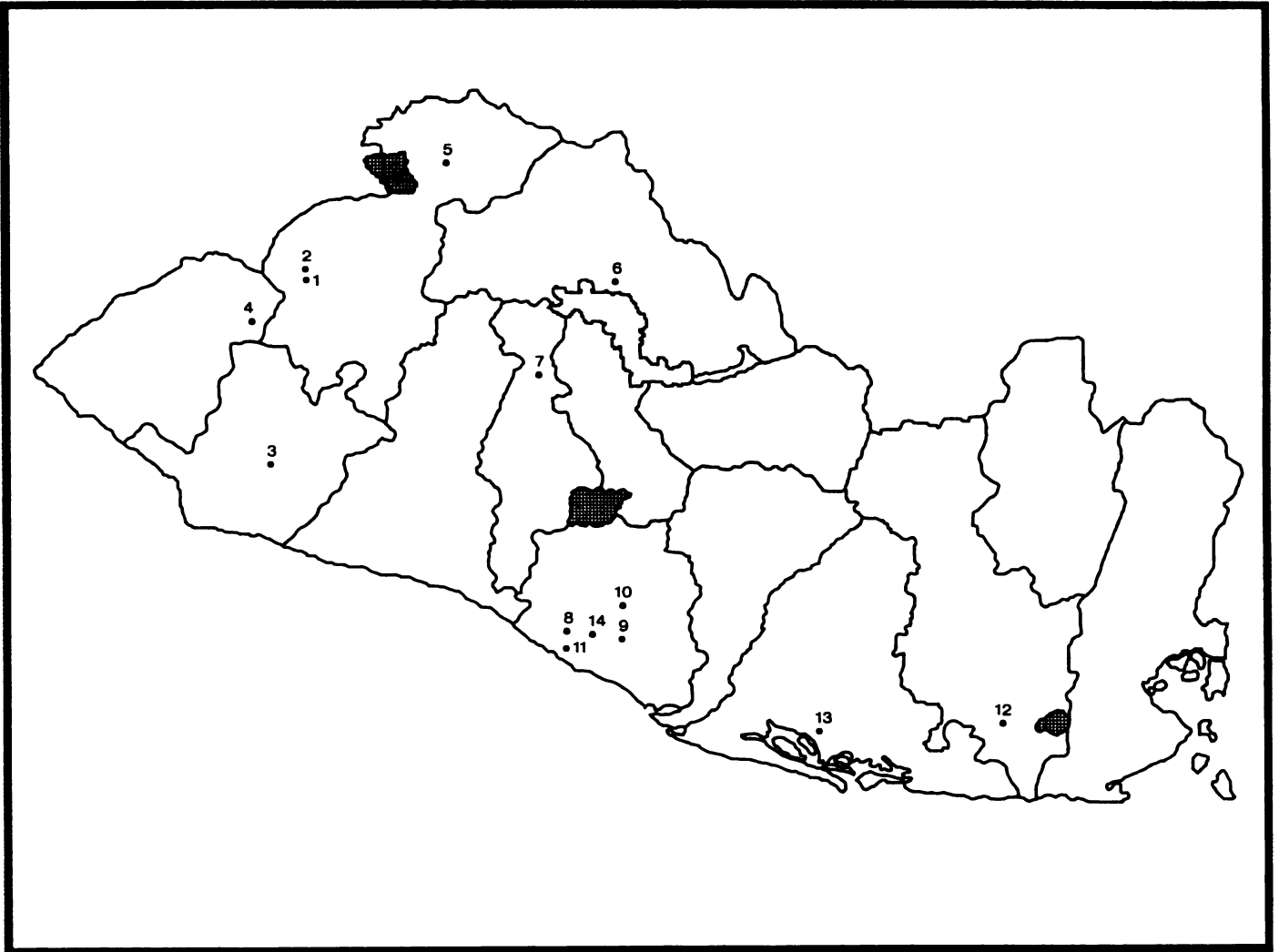


Figura 1. Sitios donde se establecieron parcelas de investigación sobre *Melia azedarach* en El Salvador.

Cuadro 1. Localización de los sitios y datos de crecimiento de los experimentos de *Melia azedarach*, establecidos por el Proyecto Madeleña en El Salvador.

Sitio		No. Exp.	Altitud. msnm	TMA (°C)	No. mes seco	PMA (mm)	Zona Vida Holdrid.	Edad meses	Espc. Inicial (mxm)	Dens. Inic. árb/ha	Sobre viven. %	Altura (m)		DAP (cm)		Incrém. Altura (m/año)							
Nombre	No											\bar{x}	IMA	\bar{x}	IMA								
La Criba	103	013L	600	22.7	6	1548	bh-S	53	2 x 2	2500	56	3.0	0.7	5.2	1.2	Bajo							
Cand. La Frontera	105	020L	975	23.7	6	1548	bh-S	32	2 x 2	2500	44	2.5	0.9	4.2	1.6								
Paraje Galán								32	2 x 2	2500	100	2.7	1.0	3.3	1.2								
Cand. La Frontera								32	2 x 2	2500	32	1.4	0.5	-	-								
Las Victorias	106	021L	400	24.2	6	2274	bh-S	64	2 x 2	2500	80	4.4	0.8	4.3	0.8								
Caluco								64	2 x 2	2500	80	5.2	1.0	6.2	1.2								
S. Raymundo	107	027L	620	24.2	6	3014	bh-S	19	2 x 2	2500	20	1.0	0.6	-	-								
Ahuachapán								19	2 x 2	2500	80	1.6	1.0	-	-								
Santa Bárbara	208	092L	600	25.3	6	1810	bh-S	30	2 x 2	2500	32	1.4	0.6	-	-								
V. N.								30	2 x 2	2500	24	2.6	1.0	5.1	2.0								
El Paraiso	302	022L	50	26.5	6	1972	bh-S	30	2 x 2	2500	92	2.6	1.0	7.0	2.8								
La Providencia								30	2 x 2	2500	92	2.6	1.0	7.0	2.8								
San Luis Talpa	303	025L	200	26.8	6	1751	bh-S	14	2 x 2	2500	24	0.7	0.6	-	-								
La Joya								14	2 x 2	2500	76	0.8	0.7	-	-								
Zacatecoluca								14	2 x 2	2500	28	0.6	0.5	-	-								
La Criba	103	013L	600	22.7	6	1548	bh-S	53	2 x 2	2500	69	5.0	1.1	7.5	1.7	Medio							
Cand. La Frontera	106	021L	400	24.2	6	2274	bh-S	64	2 x 2	2500	100	6.3	1.2	7.2	1.3								
Las Victorias								64	2 x 2	2500	100	6.3	1.2	7.2	1.3								
Caluco	107	027L	620	24.2	6	3014	bh-S	19	2 x 2	2500	24	2.7	1.7	-	-								
S. Raymundo								19	2 x 2	2500	24	2.7	1.7	-	-								
Ahuachapán	208	028L	400	52.6	6	1810	bh-S	30	2 x 2	2500	32	3.1	1.2	6.0	2.4								
Santa Bárbara VN								30	2 x 2	2500	32	3.1	1.2	6.0	2.4								
El Paraiso	-	059L	400	23.8	6	1674	bh-S	32	2 x 2	2500	80	4.5	1.7	4.4	1.6								
San Fco. Bolívar								32	2 x 2	2500	100	4.8	1.8	4.6	1.7								
Aguilares	302	022L	50	26.5	6	1972	bh-S	30	2 x 2	5200	80	4.7	1.9	5.9	2.3								
La Providencia								30	2 x 2	5200	80	4.7	1.9	5.9	2.3								
San Luis Talpa	404	058L	50	26.8	6	1525	bh-S	49	2 x 2	2500	68	7.9	1.9	7.3	1.8								
Chilanguera								49	2 x 2	2500	68	7.9	1.9	7.3	1.8								
Chirilagua	403	057L	100	26.6	6	1532	bh-S	16	2 x 2	2500	48	1.8	1.3	-	-								
Sab Juan								16	2 x 2	2500	35	1.5	1.1	-	-								
Jiquilisco	305	067L	20	26.5	6	1718	bh-S	24	2 x 2	2500	6	2.7	1.3	3.1	1.5								
Astoria								24	2 x 2	2500	6	2.7	1.3	3.1	1.5								
San Luis Talpa	125	092L	600	25.3	6	1606	bs-T	38	2 x 2	2500	76	11.4	3.6	8.6	2.7	Alto							
San Diego								38	2 x 2	2500	84	8.9	2.8	6.7	2.1								
Metapán								38	2 x 2	2500	72	8.9	2.8	7.5	2.4								
La Providencia								3.2	022L	50	26.5	6	1972	bh-S	30		2 x 2	2500	92	5.0	2.1	6.3	2.7
San Luis Talpa															30		2 x 2	2500	64	8.7	3.7	10.6	4.5
Tihuilocoyo								303	025L	20	26.5	6	1718	bh-S	28		2 x 2	2500	72	5.0	2.1	6.3	2.7
Stgo. Texac.															28		2 x 2	2500	84	8.7	3.7	10.6	4.5
								309	065L	20	26.5	6	1872	bh-S	28		2 x 2	2500	84	8.1	3.5	9.2	3.9
Santa Clara															28		2 x 2	2500	72	8.0	3.4	10.8	4.6
San Luis Talpa															26		2 x 2	2500	56	4.4	2.2	7.2	3.3
	26	2 x 2	2500	56	6.2	2.9	5.6								2.6								
	26	2 x 2	2500	68	8.8	4.0	9.2	4.2															

Bajo : ≤ 1 m/año

Medio : 1-2 m/año

Alto : ≥ 2.0 m/año

Cuadro 2. Propiedades físicas y químicas de los suelos donde se establecieron los ensayos de *Melia azedarach* en El Salvador

No. Exper.	Sitio	No. Perfil	No Horiz	Textura	pH	MO %	Extractables (meq/100 g Suelo)			CIC	Prof. Sup.	Prof. Inf.	Tipo Suelo
							Ca	Mg	K				
013L	103	3	1	-	5.5	3.4	20.1	10.1	-	46.8	0	15	Paralithic Udic Ustropept
013L	103	3	2	-	5.7	2.0	23.5	15.1	-	55.4	15	52	
013L	103	3	3	-	5.8	-	-	-	-	-	52	83	
020L	105	47	1	FA	6.3	3.8	13.8	2.8	-	24.6	0	15	Chromusterts Entico
020L	105	47	2	FA	6.5	2.0	11.8	2.6	-	25.2	15	50	
020L	105	47	3	A	6.5	1.0	15.9	4.8	-	30.1	50	80	
020L	105	47	4	A	6.7	0.9	19.1	6.8	-	34.3	80	110	
020L	105	47	5	A	7.0	0.8	20.4	6.7	-	33.1	110	145	
020L	105	47	6	FA	6.9	0.2	21.3	7.2	-	30.5	+110	-	
021L	106	26	1	-	5.3	5.1	13.1	3.8	-	39.8	0	11	Umbric Haplustalf
021L	106	26	2	-	5.5	2.4	14.9	3.9	-	43.3	11	49	
021L	106	26	3	-	6.0	-	-	-	-	-	49	84	
021L	106	26	4	-	6.0	-	-	-	-	-	84	110	
022L	302	33	1	-	5.2	-	4.1	1.1	-	-	0	20	Udertic Haplustalf
022L	302	33	2	-	5.7	-	5.5	1.4	-	-	20	54	
022L	302	33	3	-	5.8	-	-	-	-	-	54	70	
025L	303	20	1	-	5.4	2.0	5.3	1.3	-	20.7	0	28	Udic Haplustoll
025L	303	20	2	-	5.7	0.5	10.6	2.2	-	33.5	28	54	
025L	303	20	3	-	6.0	-	-	-	-	-	54	81	
025L	303	20	4	-	6.0	-	-	-	-	-	81	108	
025L	303	20	5	-	6.2	-	-	-	-	-	108	140	
027L	107	1	1	-	5.6	5.0	12.7	3.8	-	40.9	0	12	Udertic Haplustalf
027L	107	1	2	-	5.6	2.1	11.7	4.3	-	37.7	12	48	
027L	107	1	3	-	5.7	-	-	-	-	-	48	74	
027L	107	1	4	-	5.7	-	-	-	-	-	74	-	
028L	208	15	1	FA	5.0	2.4	2.8	0.6	-	13.6	0	23	Trapto Ultic Aeric Tropaquet
028L	208	15	2	FA	6.3	0.5	4.2	1.0	-	10.4	23	44	
028L	208	15	3	FA	6.3	0.9	10.3	3.1	-	24.4	44	80	
028L	208	15	4	A	6.9	0.4	24.6	13.6	-	47.3	>80	-	
062L	306	35	1	-	5.9	3.7	5.2	0.8	-	16.0	0	18	Trapto Alfic Typic Vitrandept
062L	306	35	2	-	5.8	0.8	4.7	0.8	-	13.8	18	38	
062L	306	35	3	-	5.8	-	-	-	-	-	38	65	
062L	306	35	4	-	6.0	-	-	-	-	-	65	120	
062L	306	35	5	-	6.1	-	-	-	-	-	120	150	
065L	309	19	1	-	6.1	2.7	6.6	2.1	-	17.6	0	32	Mollic Vitrandept
065L	309	19	2	-	6.2	0.5	2.8	0.9	-	10.4	32	46	
065L	309	19	3	-	6.0	-	7.8	2.7	-	25.3	46	75	
065L	309	19	4	-	6.0	-	-	-	-	-	75	87	
065L	309	19	5	-	6.0	-	-	-	-	-	87	120	
067L	305	21	1	-	5.8	3.9	17.2	2.9	-	28.2	0	16	-
067L	305	21	2	-	6.8	3.3	17.9	2.4	-	25.2	16	42	
067L	305	21	3	-	6.7	-	-	-	-	-	42	90	
067L	305	21	4	-	6.5	-	-	-	-	-	90	210	
092L	125	49	1	FA	6.7	6.0	21.4	9.7	-	43.7	0	15	Ustifluent Acuico
092L	125	49	2	FA	6.9	4.2	25.3	10.9	-	45.6	15	45	
092L	125	49	3	FA	6.8	4.0	25.3	8.4	-	47.7	45	80	
092L	125	49	4	FA	7.0	3.2	26.6	8.1	-	46.0	80	110	
092L	125	49	5	FAL	6.9	2.9	25.1	7.9	-	45.8	+110	-	

Los sitios con menor crecimiento como Paraje Galán, y la Joya, Zacatecoluca, presentaron suelos profundos (más de 100 cm), pH en el primer horizonte que varió de 5.9 a 6.3, contenidos de Ca y Mg de 5.2 a 13.8 y de 0.8 a 2.8 meq/100 g de suelo (casi deficientes) respectivamente, con CIC de 16 a 24 meq/100 g de suelo. En Paraje Galán los suelos fueron clasificados como Vertisols que son suelos muy arcillosos.

Para lograr una relación más exacta es necesario un mayor análisis no solo de los suelos sino de las características de clima, topografía y manejo que se les dio a las parcelas.

Diámetro

El crecimiento en diámetro está afectado por la densidad de plantación, por la edad y por la calidad del sitio. Los mayores diámetros alcanzados por esta especie se encontraron en Tihuilocoyo a los 28 meses de edad y con densidades actuales de 1800 a 2100 árboles/ha, en uno de los mejores sitios para esta especie.

El incremento medio anual (IMA) en diámetro es de 0.8 cm/año en el sitio Las Victorias en Caluco, a los 64 meses de edad y con una densidad actual de 1600 árboles/ha hasta, 4.6 cm/año en Tihuilocoyo a los 28 meses de edad y con una densidad actual de 1800 árboles/ha.

En general, el IMA en diámetro es superior a 1.5 cm/año para la mayoría de los sitios evaluados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. **Melia es una de las especies con mayor crecimiento y adaptación a las condiciones de sitios donde se ha probado. En buenos sitios puede alcanzar 10 m de altura y 8 cm de DAP a los 28 meses (2.3 años).**
2. **En El Salvador la madera de paraíso es muy apreciada por ser resistente y de poco peso, ideal para fabricación de escaleras, además se utiliza como leña; se le planta en cercas vivas y con árboles aislados. También se utiliza el follaje y frutos para fabricar productos insecticidas.**
3. **Es importante continuar investigando esta especie, especialmente su comportamiento en otros sitios, los usos alternativos de la madera, su manejo en plantaciones y en sistemas agroforestales.**

BIBLIOGRAFIA

- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1986. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central resultados de cinco años de investigación. CATIE (C.R.), Serie técnica. Informe técnico No. 86. 222 p.**
- GEILFUS, F. 1989. El Arbol al Servicio del Agricultor: Manual de agroforestería para el desarrollo rural. Guía de especies, Santo Domingo, R.D. ENDA-CARIBE. v.2. 778 p.**
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1984. Especies para leña, árboles y arbustos para la producción de energía. Turrialba, C.R. CATIE, 344 p.**
- SALINAS, J.A. 1993. Obtención de semillas forestales. San Salvador, El Salvador. P. irr.**



Plantación juvenil de paraíso (*Melia azedarach*), en San Julián, El Salvador.

OTRAS INVESTIGACIONES SILVICULTURALES

1.- PRODUCTIVIDAD DE PLANTACIONES EN EL SALVADOR. Por Glenn Galloway y Philip Cannon (Julio, 1996)

RESUMEN

El Salvador, con el apoyo de la Misión Bilateral de USAID, ha iniciado el proceso de desarrollar los lineamientos para un programa de incentivos forestales. Para respaldar este proceso, se realizó una consultoría para captar información sobre el potencial y productividad de plantaciones forestales y agroforestales de diferentes especies en el país. Se analizó información proveniente de diferentes fuentes: datos de más de 70 ensayos y parcelas permanentes en la base de datos de MIRA (Proyecto CATIE/Madeleña); un recorrido de 1000 km a diferentes regiones de El Salvador, para visitar plantaciones forestales y agroforestales en diferentes estados de desarrollo; conversaciones con técnicos y productores e información bibliográfica. Se realizó un análisis de la información por región, tomando en cuenta factores climáticos, edáficos y topográficos. Se identificaron características de sitio que limitan la productividad de las especies más plantadas y las condiciones que favorecen su desarrollo. Se analizaron, de manera informal, aspectos relacionados con la comercialización de productos forestales y otras consideraciones socioeconómicas, que podrían influir en la implementación de un programa de incentivos forestales. Los resultados indican la importancia de aprovechar las experiencias existentes para mejorar las posibilidades de éxito en el futuro. Se resalta también, la importancia de reforzar los programas de investigación y transferencia de tecnología en el campo forestal y agroforestal.

Ubicación y datos de los experimentos y parcelas forestales establecidos por el Proyecto Madeleña en la cuatro Regiones de El Salvador

En este punto se trabajó con los mapas de las cuatro Regiones Agropecuarias de El Salvador, con la ubicación de los experimentos y parcelas forestales establecidos por el Proyecto Madeleña. Cada sitio tiene un código asignado mediante la aplicación del Sistema MIRA (Sitio 101 corresponde al sitio 1 de la Región 1). Los datos provenientes de estas parcelas y ensayos se han grabado durante años en la base de datos MIRA.

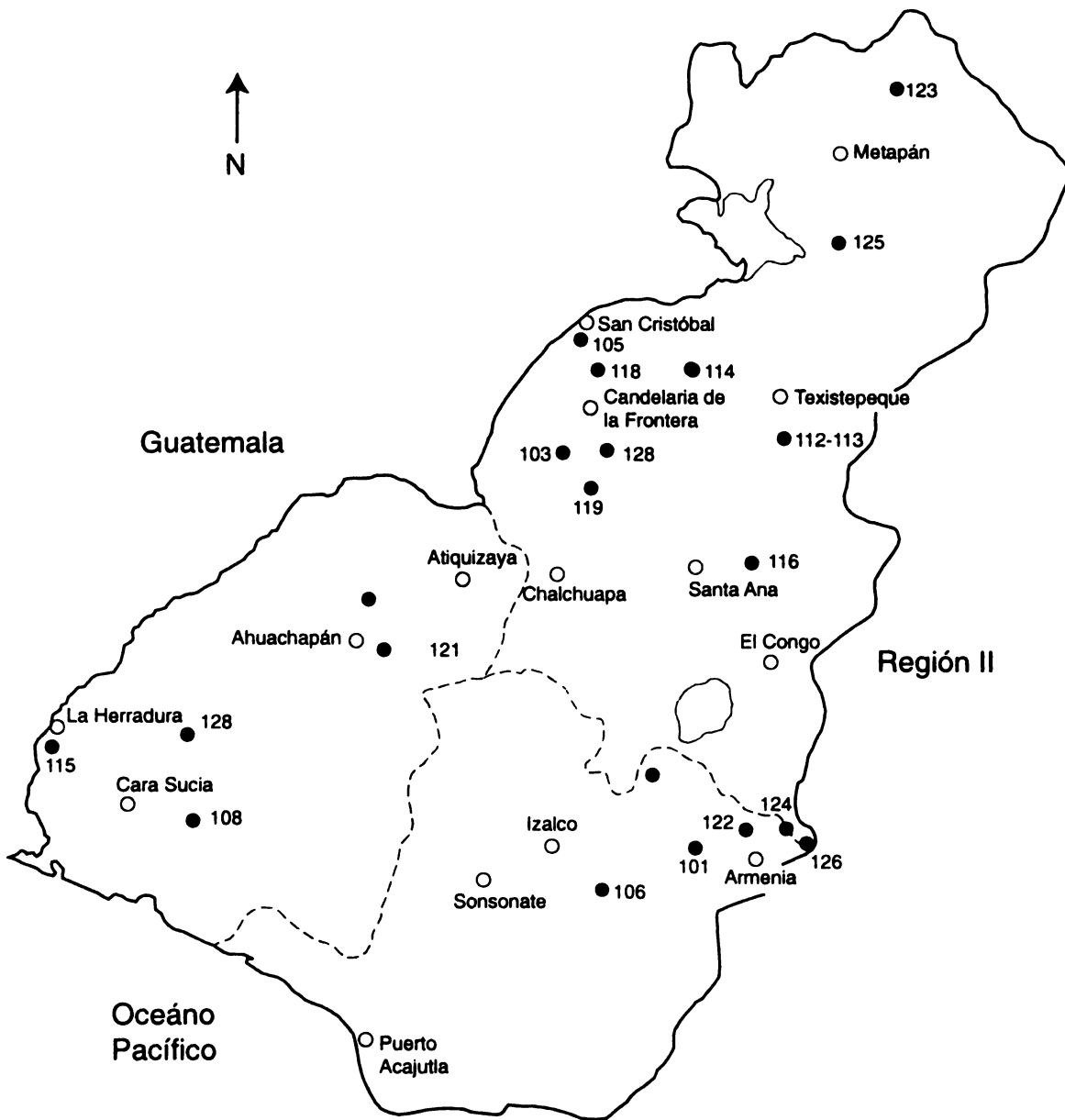
Después de los mapas, se encuentran datos de las siguientes especies por región: *Tectona grandis*, *Eucalyptus camaldulensis*, *E. citriodora* y *E. tereticornis*. Los datos de altura (m) y diámetro (cm) y los IMA (incrementos medios anuales), provienen directamente del Sistema MIRA. La edad se presenta en años. El volumen por hectárea y el IMA en volumen se calcularon usando la altura promedio, diámetro promedio, el número de árboles por hectárea y un factor de forma de 0.48. Los valores de volumen no son exactos, pero indican bien la productividad de los sitios. Los volúmenes estimados en las plantaciones de mayor edad y diámetro podrían ser altos, pero las tendencias no cambiarían (Cuadros 1, 2, 3 y 4).

Cuadro 1. Productividad de las plantaciones forestales evaluadas en la Región I, El Salvador.

PRODUCTIVIDAD DE PLANTACIONES EN REGION I										
<i>Tectona grandis</i>	# DE SITIO	EDAD	# ARB./HA	ALTURA	IMA ALT.	DAP	IMA DAP	VOL./HA	IMA VOLUMEN	
SITIO										
La Tortolita	124	4.8	2400	8.6	1.8	10	2.1	77.8	16.2	
El Sunza	101	13.1	1168	18.3	1.4	17.7	1.4	252.4	19.3	
San Isidro Izalco	127	14.4	1088	16.1	1.1	20.8	1.4	285.7	19.8	
Sta. Teresa	126	15.1	1600	17.7	1.2	18.8	1.2	377.3	25.0	
El Corrijo	129	s.f.	1232	11.8	-	12.4	-	84.3	-	
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>										
SITIO	# DE SITIO	EDAD	# ARB./HA	ALTURA	IMA ALT.	DAP <td>IMA DAP</td> <td>VOL./HA</td> <td>IMA VOLUMEN</td> <td></td>	IMA DAP	VOL./HA	IMA VOLUMEN	
Paraje Galán	105	5	1675	7.4	1.5	7.3	1.5	24.9	5.0	
Cent. Geotérm.	120	4.8	2100	10.1	2.1	7.4	1.5	43.8	9.1	
Las Victorias	106	5.3	1600	8.8	1.7	10.3	1.9	56.3	10.6	
San Raymundo	107	4.8	2375	9.8	2.0	8.2	1.7	59.0	12.3	
Textisteque I	112	3.3	2500	8.8	2.7	7.2	2.2	43.0	12.3	
Casas de Teja	118	6	1875	11.1	1.9	10.1	1.7	80.0	13.3	
La Criba	103	5.6	2425	9.6	1.7	9.6	1.7	80.9	14.4	
San Diego	125	3.2	2175	8.8	2.8	8.2	2.6	48.5	15.2	
Natividad	116	5.6	2000	8.9	1.6	12.2	2.2	99.9	17.8	
San Marcos	115	6.6	1375	15.7	2.4	14.2	2.2	164.1	24.9	
Textisteque II**	112	3.3	2500	12	3.6	9.4	2.8	99.9	30.3	
Santa Teresa	126	2.6	2400	12.5	4.8	9.4	3.6	99.9	38.4	
*Supervivencia baja - 49%										
**Diferentes procedencias										
<i>Eucalyptus citriodora</i>										
SITIO	# DE SITIO	EDAD	# ARB./HA	ALTURA	IMA ALT.	DAP <td>IMA DAP</td> <td>VOL./HA</td> <td>IMA VOLUMEN</td> <td></td>	IMA DAP	VOL./HA	IMA VOLUMEN	
San Diego	125	3.2	1500	10	3.1	7.5	2.3	31.8	9.9	
El Sunza I	101	5.6	2400	10.5	1.9	9	1.6	77.0	13.7	
El Sunza II	101	9.6	2125	15.1	1.6	12.2	1.3	180.0	18.8	
El Sunza III	101	10.6	2025	16.1	1.5	15	1.4	276.5	26.1	
*Supervivencia baja - 40%										
<i>Eucalyptus tereticornis</i>										
SITIO	# DE SITIO	EDAD	# ARB./HA	ALTURA	IMA ALT.	DAP <td>IMA DAP</td> <td>VOL./HA</td> <td>IMA VOLUMEN</td> <td></td>	IMA DAP	VOL./HA	IMA VOLUMEN	
Copapayo*	122	3.75	2200	9.6	2.6	7.5	2.0	44.8	11.9	
Copapayo*	122	3.75	2000	11.9	3.2	9	2.4	72.7	19.4	
Copapayo*	122	3.75	2400	10.8	2.9	8.7	2.3	74.0	19.7	
Copapayo*	122	3.75	2500	11.7	3.1	9.5	2.5	99.5	26.5	
Copapayo*	122	3.75	2400	12.5	3.3	10.8	2.9	131.9	35.2	
Copapayo*	122	3.75	2400	13	3.5	10.8	2.8	132.2	35.2	
*Diferentes procedencias										

Cuadro 2. Productividad de las plantaciones forestales evaluadas en la Región II, El Salvador.

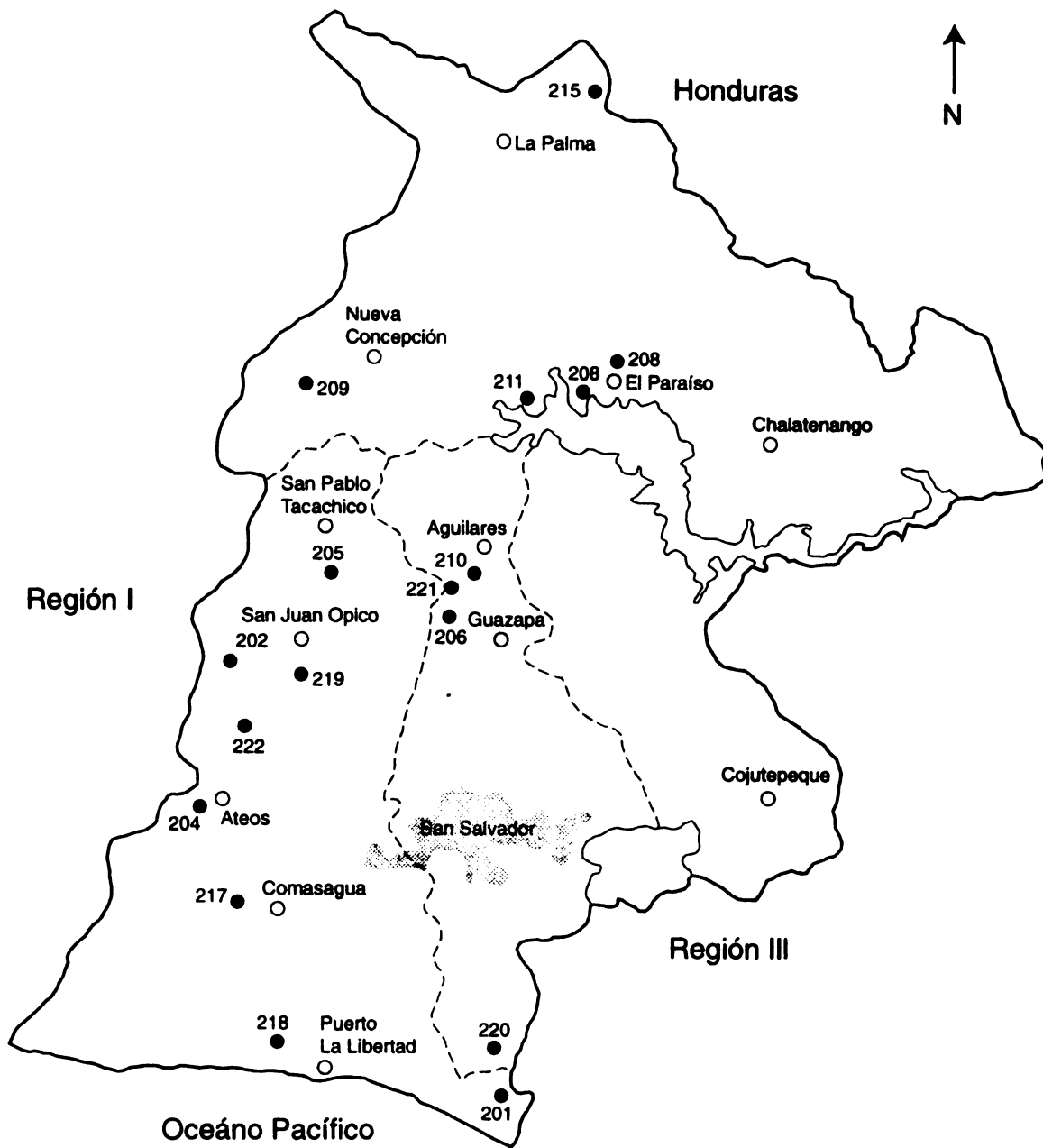
PRODUCTIVIDAD DE PLANTACIONES EN REGION 2										
<i>Tectona grandis</i>										
SITIO	# DE SITIO	EDAD	# ARB./HA	ALTURA	IMA ALT.	DAP	IMA DAP	VOL./HA	IMA VOLUMEN	
Shulta	203	3.6	1472	5.6	1.6	7.4	2.1	17.0	4.7	
St. Lucia Dr.	201	3.5	1568	6.4	1.8	8.7	2.5	28.6	8.2	
Quitazol	211	9.2	2150	10.8	1.2	11	1.2	105.9	11.5	
La Isla	219	9.1	1520	10.9	1.2	13.09	1.4	107.0	11.8	
San Arturo	220	4.2	1456	7.8	1.9	10.9	2.6	50.9	12.1	
San Alfonso	218	9.2	1392	12.8	1.4	13.6	1.5	124.2	13.5	
Talcualhuya I	205	8.3	1600	11.8	1.4	13.1	1.6	122.1	14.7	
Talcualhuya II	205	10.1	1312	17.1	1.7	17.7	1.8	265.0	26.2	
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>										
SITIO	# DE SITIO	EDAD	# ARB./HA	ALTURA	IMA ALT.	DAP	IMA DAP	VOL./HA	IMA VOLUMEN	
Portero Sula	209	5.5	1375	6.1	1.1	5.1	0.9	8.2	1.5	
Sta. Bárbara	208	3.75	1875	6.8	1.8	6.9	1.8	22.9	6.1	
Shutia	203	4	1700	8	2.0	7.5	1.9	28.8	7.2	
Tutultepeque	206	3.7	1875	7.5	2.0	7.6	2.1	30.6	8.3	
San Jerónimo	210	9.2	1400	16.7	1.8	14.7	1.6	190.5	20.7	
San Fernando	204	7.4	2300	14.6	2.0	12.2	1.6	188.4	25.5	



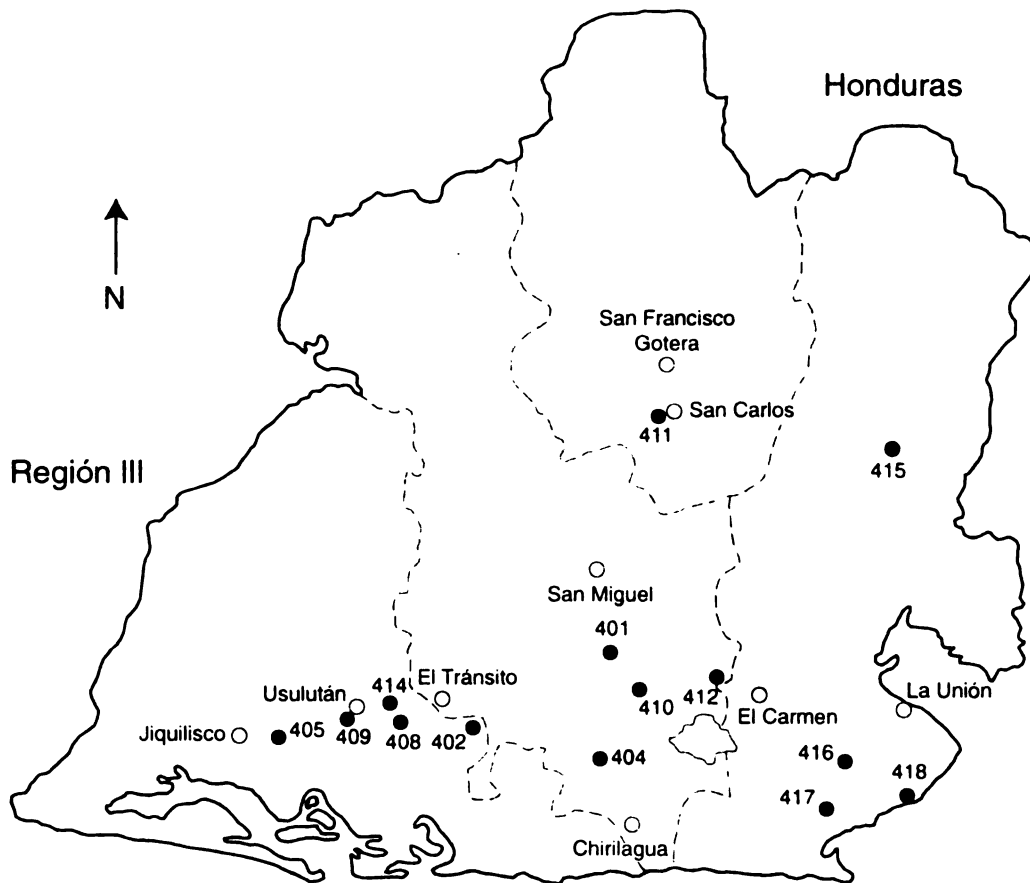
Ubicación de los experimentos forestales establecidos por el Proyecto Madeleña en la Región I, El Salvador.

Cuadro 3. Productividad de Plantaciones en la Región 3, El Salvador.

<i>Tectona grandis</i>										
SITIO	# DE SITIO	EDAD	# ARB./HA	ALTURA	IMA ALT.	DAP	IMA DAP	VOL./HA	IMA VOLUMEN	
Sta. Clara*	309	2.2	1875	5.6	2.5	6.1	2.8	14.7	6.7	
Agua Sarca II**	s.n.	6.7	1358	9.6	1.4	9.7	1.4	46.2	6.9	
Sta. Bárbara	304	11	1344	11.4	1.0	11.5	1.0	76.4	6.9	
San Bruno	314	8.3	1552	12.8	1.5	9.4	1.1	66.2	8.0	
Cuyantepeque I	s.n.	7.8	1697	10.2	1.3	10.4	1.3	70.6	9.0	
El Seminario I**	s.n.	2.6	1462	7.4	2.8	7.7	3.0	24.2	9.3	
Loma de Chorro	s.n.	7.8	1134	12.1	1.6	12.3	1.6	78.3	10.0	
Cuyantepeque II	s.n.	7.8	1614	10.6	1.4	11.1	1.4	79.5	10.2	
Agua Sarca III**	s.n.	4.7	1551	9.3	2.0	9.7	2.1	51.2	10.9	
Astoria	305	5.7	1440	7	1.2	12.9	2.3	63.2	11.1	
Guacotecti	320	6.6	2150	9.1	1.4	10.3	1.6	78.3	11.9	
Agua Sarca I*	s.n.	6.6	1328	11.3	1.7	12.2	1.8	84.2	12.8	
El Seminario II**	s.n.	6.5	1429	11.8	1.8	11.9	1.8	90.0	13.8	
El Espino**	s.n.	7.8	2433	13	1.7	9.7	1.2	112.2	14.4	
El Cauca	312	8	1600	10	1.3	14.3	1.8	123.3	15.4	
Guacotecti*	320	2.5	2350	7.4	3.0	7.8	3.1	39.9	16.0	
Nahualapa	310	8.6	1600	13.5	1.6	16.8	2.0	229.8	26.7	
Tihuilcoyoy	303	8.7	2350	12.7	1.5	14.4	1.7	233.3	26.8	
* Plantaciones jóvenes										
** Cerca de Guacotecti										
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>										
SITIO	# DE SITIO	EDAD	# ARB./HA	ALTURA	IMA ALT.	DAP	IMA DAP	VOL./HA	IMA VOLUMEN	
Santa Clara*	309	3.4	1225	8.9	2.6	8	2.4	26.3	7.7	
La Providencia	302	3.7	1950	9.1	2.5	6.9	1.9	31.8	8.6	
Nahualapa	310	3.75	2475	9.1	2.4	7.6	2.0	49.0	13.1	
Tihuilcoyoy	303	6.7	1700	16.5	2.5	15.9	2.4	267.3	39.9	
Tihuilcoyoy	303	5.1	1925	13.1	2.6	16.6	3.3	262.0	51.4	
* Supervivencia baja - 49%										
<i>Eucalyptus citriodora</i>										
SITIO	# DE SITIO	EDAD	# ARB./HA	ALTURA	IMA ALT.	DAP	IMA DAP	VOL./HA	IMA VOLUMEN	
Tihuilcoyoy*	303	5.08	1000	13.6	2.7	11.6	2.3	69.0	13.6	
* Supervivencia baja - 40%										
<i>Eucalyptus tereticornis</i>										
SITIO	# DE SITIO	EDAD	# ARB./HA	ALTURA	IMA ALT.	DAP	IMA DAP	VOL./HA	IMA VOLUMEN	
Nahualapa*	310	6.5	1125	7.7	1.2	6.6	1.0	14.2	2.2	
* Supervivencia baja - 45%										



Ubicación de los experimentos forestales establecidos por el Proyecto Madeleña en la Región II, El Salvador.



Ubicación de los experimentos forestales establecidos por el Proyecto Madeña en la Región IV, El Salvador.

Es importante reconocer que los volúmenes presentados son volúmenes totales y no volumen comercial. En el caso de las plantaciones de teca sin raleos, habría muy poca madera para aserrío, aún en las plantaciones de edades mayores que han acumulado un volumen importante. Las tablas tampoco incluyen los descuentos debidos a defectos en los fuste, y no dan una idea de la heterogeneidad de los árboles. Es importante reconocer que el volumen total es un buen indicador de productividad del sitio, pero en la práctica, se debería concentrar este volumen en árboles con características deseables (para los mercados y/o usos identificados).

En plantaciones jóvenes, el IMA en altura (y altura dominante) dan una mejor idea de la productividad de un sitio. En plantaciones de edades mayores el volumen por hectarea y el IMA en volumen, son un excelente indicador. En el caso de muchas especies de eucalipto, los IMA en volumen pueden alcanzar valores altos en los primeros años. Por lo tanto, se usó más el incremento medio anual en volumen para comparar la productividad de sitios en este estudio.

Finalmente, no se calcularon los incrementos en volumen de plantaciones raleadas recientemente, porque dichas plantaciones no han tenido tiempo para acumular el volumen extraído durante el raleo. Las conclusiones y recomendaciones más importantes del estudio se resumen a continuación:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones generales

1. Experiencias previas con incentivos en El Salvador y en otros países demuestran la importancia de entender bien los aspectos biológicos, ecológicos, económicos y sociales que influyen en la viabilidad de diferentes opciones forestales.
2. Las plantaciones y ensayos (forestales y agroforestales) existentes, proveen una fuente importante de información sobre el potencial biológico y socioeconómico de plantaciones de diversas especies en El Salvador.
3. El esfuerzo inicial para fomentar el establecimiento de plantaciones en El Salvador tenía como objetivo principal la generación de empleo. No existían muchas experiencias en la selección de sitios para reforestar y muchas plantaciones se establecieron en condiciones poco favorables para las especies promocionadas.
4. Un entendimiento general de los aspectos geográficos, climáticos y edáficos de El Salvador, puede ayudar a interpretar las diferencias que se observan en la productividad de plantaciones de diferentes especies.
5. El Salvador se puede visualizar usando la agrupación de los cuatro grandes paisajes:
 - i. Cordillera Norte,
 - ii. Complejo de Valles, Interiores Dispersos, Complejo Interior de Montañas y Cerros y Cadena Volcánica Antigua,
 - iii. Fosa Central y Cadena Volcánica Reciente y
 - iv. Planicies Costeras y Montañas Costeras

Cada zona (gran paisaje) presenta oportunidades y limitaciones.

Productividad de sitio

1. En rasgos generales, las condiciones de sitio que más han favorecido el desarrollo de plantaciones productivas en El Salvador incluyen las siguientes:

- Suelos aluviales y profundos en las partes bajas de laderas (en todas las regiones)
- Suelos aluviales profundos en la Planicie Costera
- Suelos profundos derivados de cenizas volcánicas y con texturas favorables en la Cadena Volcánica Reciente
- La producción de cultivos como uso anterior (más importante en sitios con Latosoles Arcillo-rojizos y Litosoles).
- Sitios planos o casi planos.
- Zonas más húmedas (menos afectadas por la canícula).

2. Las condiciones de sitio que más han limitado la productividad de plantaciones en El Salvador incluyen las siguientes:

- Suelos superficiales sobre capas endurecidas como talpetate
- Suelos pobres (pedregosos, arcillosos, vérticos y/o erosionados), especialmente en laderas
- Suelos compactados por pastoreo
- Pendientes pronunciadas y sitios expuestos a viento (problemas acentuados en suelos pobres)
- Zonas con condiciones climáticas más secas y/o afectadas por la canícula

3. En general, las mejores condiciones para el desarrollo de árboles se encuentran en la Fosa Central y Cadena Volcánica Reciente y la Planicie Costera. Hay ejemplos de plantaciones con buen desarrollo en el Complejo de Valles, Interiores Dispersos cuando éstas se ubican en sitios con las características favorables señaladas anteriormente.

Conclusiones sobre diferentes especies

- Teca se ha convertido en la especie más ampliamente establecida en plantaciones en El Salvador, por su capacidad de sobrevivir la etapa de establecimiento y resistir incendios.
- En ensayos de eliminación de especies, teca, en general, no es la especie que alcanza los niveles más altos de productividad (en m³/ha/año).
- Teca es muy sensible a sitios con las siguientes características: suelos superficiales, pobres y/o compactados por pastoreo; topografía accidentada y convexa y zonas semiáridas. En un sitio marginal reduce su crecimiento y empeora su forma.
- Muchas plantaciones de teca tienen árboles de mala forma. Esta situación podría deberse a diferentes causas: al uso de semilla proveniente de árboles de baja calidad genética; o a factores ambientales (deficiencias en el suelo, la canícula etc) que favorecen la mortalidad de

yemas terminales. Se justifica plenamente la instalación de varios ensayos de procedencias (mejoramiento genético) en El Salvador, con el fin de mejorar su comportamiento.

- La falta de manejo (raleos, en particular) ha sido una de las deficiencias más comunes en plantaciones de teca. Las plantaciones sin manejo tienen árboles de diámetros pequeños, aun cuando estos han crecido bien en altura.

Camaldulensis, citriodora y tereticornis

- En el mismo sitio, *camaldulensis* casi siempre crece más rápidamente que teca: entre 1.5 a 4.8 veces más en los ensayos analizados. Si el objetivo de una plantación es producir leña y/o madera rolliza de pequeñas dimensiones, en turnos cortos, *camaldulensis* tiene ventajas comparativas sobre teca.
- *Camaldulensis* también presenta problemas. Los árboles en las plantaciones visitadas tienden a ser muy heterogéneos. Una combinación de mejoramiento genético y prácticas silviculturales más adecuadas favorecería el desarrollo de rodales más uniformes.
- Donde hay vientos persistentes, una proporción grande de los árboles de esta especie se encuentran inclinados. La especie, en general, no presenta una forma muy deseable en El Salvador. Como en el caso de la teca, es importante trabajar más en el mejoramiento genético de esta especie.
- *Eucalyptus citriodora* es menos afectado por el viento, y por lo general, presenta una forma superior a la de *camaldulensis*, pero su productividad en volumen es menor.
- En los sitios bajos con buenos suelos, *E. tereticornis* se ha desarrollado bien y con buena forma. En sitios similares, *Acacia mangium* y *E. deglupta* también han alcanzado un buen desarrollo. No se observaron plantaciones de *tereticornis* ni de *mangium* creciendo en sitios pobres.
- Hay diferencias notables en la productividad de diferentes procedencias de *citriodora* y de *tereticornis*, lo que indica la importancia de usar las mejores procedencias.

Otras especies

- Varios rodales de *Pinus caribaea* se están desarrollando en forma aceptable en diversos sitios de El Salvador. Esta especie merece mayor atención.
- *Gliricidia sepium* es una especie popular para sistemas agroforestales y en la recuperación de laderas degradadas. Esta especie crece bien y, una vez establecida, rebrota con vigor después de un incendio. También genera productos que, a menudo, tienen buena demanda; por ejemplo, leña y postes.

Sistemas agroforestales

- En general, las plantaciones con crecimientos bajos se han establecido en sitios no aptos para la agricultura. El crecimiento de árboles en sitios no aptos para la agricultura es mucho menor que en sitios adecuados para este uso. La agroforestería permite la plantación de árboles en suelos de aptitud agrícola.
- Muchos productores en El Salvador sólo disponen de extensiones pequeñas de tierra para suplir sus necesidades básicas. Así, las especies arbóreas tienen que encajar dentro de sus sistemas de producción y no desplazarlos.
- La agroforestería ofrece un camino viable para combinar la plantación de árboles, arbustos y cultivos en un solo predio, aún cuando este sea muy pequeño. Ya hay muchas experiencias en la aplicación de técnicas agroforestales en El Salvador y los estudios de estas experiencias indican que muchas son rentables.
- Los sistemas agroforestales deben responder a objetivos claros, establecidos con la plena participación de los productores. Para lograr sus objetivos, los sistemas agroforestales y las plantaciones puras requieren distintas etapas de manejo. Si no hay objetivos claros, es poco probable que los productores manejen sus plantaciones forestales y agroforestales correctamente.
- Es urgente dedicar más trabajo a la conservación de suelos en el país. Aunque los árboles y arbustos pueden jugar un papel importante en la conservación de los suelos, estos siempre deben combinarse con prácticas agronómicas de conservación de suelos.

2. RESUMENES DE TESIS RELACIONADAS CON EL QUEHACER FORESTAL, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. Por Rigoberto Quintanilla (1995)

FERNANDEZ PEÑA, C.A. 1989. Selección y establecimiento de dos rodales semilleros de *Gmelina arborea* en la zona de Zapotitán. Tesis de Ingeniero Agrónomo, UES. 111 p.

El trabajo se realizó en la zona de Zapotitán, departamento La Libertad; y consistió en la selección de los árboles de melina mejor formados, que se encuentran en un área determinada, destinados para la recolección de semillas; dicha área quedará establecida como rodal semillero. El ensayo se estableció con el objeto de obtener semilla mejorada para los programas de reforestación; identificar, seleccionar y establecer rodales semilleros de la especie; así como de disponer de un registro para dicho rodal y elaborar guías técnicas para la clasificación de árboles semilleros y para la recolección de semilla. Con la selección realizada en los árboles se observó que se ha obtenido ganancia en ambas parcelas, lo que significa que se tienen árboles genéticamente y fenotípicamente mejores.

AGUILAR FLORES, J.A.; GOMEZ A., C.A.; RODRIGUEZ U., E.A. 1989. Estudio preliminar de cultivo *in vitro* de segmentos nodales de *Eucalyptus camaldulensis* en El Salvador. Tesis Ing. Agr., UES. 42 p.

Esta investigación se realizó en las instalaciones de CENTA, ubicadas en San Andrés, departamento La Libertad y tuvo como objetivo evaluar los medios de cultivo de Murashige y Skoog, Woody Plant Medium y el de Shenck e Hildebrant; para determinar cuál era el más eficiente para la propagación *in vitro* de *E. camaldulensis*; a través de una metodología que permita la obtención de plantas por medio del cultivo de tejidos, partiendo de segmentos nodales provenientes de árboles sobresalientes. El material vegetal fue previamente desinfectado en hipoclorito de calcio al 10% durante 15 minutos, alcohol al 70% por tres minutos e hipoclorito de calcio al 8% durante 15 minutos. Los medios de cultivo fueron ajustados a un pH de 5.7 y se le adicionó 2 g/l del fungicida Benlate y 350 mg/l del bactericida ampicilina; además, se le agregó una solución antioxidante constituida por 250 mg de ácido cítrico y 300 mg/l de ácido ascórbico. La inducción de la brotación y la elongación de los brotes fue mayor en el medio de Murashige y Skoog suplementado con cinetina, benzil-adenina, pantotenato de calcio y biotina, proporcionando un fotoperíodo de 18 horas y una temperatura que varió entre 25 y 30° C.

El enraizamiento de los brotes fue más efectivo en el medio Murashige y Skoog, disminuyendo su concentración a la mitad ($\frac{1}{2}$ MS) y adicionándole una mezcla de AIA, IBA, ANA e IPA en 10 mg/l de cada uno, incubados en la oscuridad por 72 horas y con una temperatura que varió entre 25 y 30 °C, para ser luego transferidos a un medio de Murashige y Skoog ($\frac{1}{2}$ MS), obteniendo 0.25% de carbón activado utilizando un fotoperíodo de 18 horas y temperaturas de 25 a 30 °C. Los resultados muestran la posibilidad de la técnica *in vitro*, como medio de propagación.

ACOSTA RAMIREZ, S.M.; MENJIVAR G., A.; MOLINA L., C.A. 1989. Evaluación de diferentes niveles de harina de leucaena (*Leucaena leucocephala*) Var K-28, en el crecimiento de terneras destetadas. Tesis Ing. Agr., UES, 47 p.

El estudio se realizó en la cooperativa Santa Lucía Orcoyo, departamento de La Libertad, con el objetivo de evaluar la respuesta biológica y económica de la harina de hojas de leucaena en la alimentación de terneras destetadas. Se utilizaron 20 terneras encaste Brown-Brahman, con peso promedio de 78.5 kg, entre 4 y 7 meses de edad. Los tratamientos consistieron en sustituir con proteína de la harina de hojas de leucaena, diferentes proporciones de la proteína total aportada con los 12.73 kg de la harina de soya del tratamiento. Así: $T_0=0\%$, $T_1=20\%$, $T_2=40\%$, $T_3=60\%$. La alimentación fue a base del pasto pangola y de suplementos concentrados. Se utilizó el diseño experimental de comparación de grupos, completamente al azar. A los resultados se les efectuó análisis de covarianza. No se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos, ni se observaron síntomas evidentes de toxicidad en ninguno de ellos. El análisis económico demostró que el tratamiento 1, fue el que obtuvo el menor costo; por lo que se concluye que la leucaena puede sustituir hasta en un 60%, la proteína aportada de soya, esto representó el 38.33% del total de proteína que contenía el concentrado para terneras destetadas; conviene valorar si al utilizar este recurso por períodos mayores de tiempo no ocurren problemas de toxicidad.

ORTIZ SIBRIAN, M.L. 1989. Uso de harina de hojas de leucaena (*Leucaena leucocephala*) en la alimentación de pollos de engorde. Tesis Ing. Agr., UES. 61 p.

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental y de prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, con el objetivo de determinar el incremento de peso en pollos de engorde, alimentados con raciones de diferentes niveles de harina de hoja de leucaena; para determinar cuál es el nivel de sustitución es el más adecuado y el más económico. Se utilizaron 40 pollos de la línea Hubbar, sexados y distribuidos en cuatro tratamientos que consistieron en una ración control del 100% de concentrado comercial y tres raciones experimentales con 4.8 y 12% de harina de hoja de leucaena, sustituyendo en la ración igual porcentaje de concentrado comercial y que fueron identificados como T₀, T₁, T₂ y T₃ respectivamente. El diseño utilizado fue completamente al azar. Se encontraron diferencias estadísticas significativas para la variable ganancia de peso, resultando los tratamientos 1 y 2 similares entre sí y superiores a los tratamientos 0 y 3, siendo éstos a su vez similares. Para las variables consumo de alimento y conversión alimenticia no existió ninguna diferencia entre los tratamientos y no se observaron efectos colaterales. Al realizar el análisis económico se encontró que los tratamientos 1 y 2 dejaron los mejores beneficios por pollo.

GUEVARA HERNANDEZ, V. S. 1989. Evaluación de diferentes niveles de harina de follaje de leucaena en la alimentación de conejos de engorde. Tesis Ing. Agr., UES, 71 p.

El trabajo se desarrolló en el Centro de Desarrollo Ganadero El Matazano, municipio de Soyapango, departamento de San Salvador; con el objetivo de evaluar el nivel óptimo de harina de follaje de leucaena (*L. leucocephala*), con el que se obtenían los mejores beneficios e incrementos y mayor conversión alimenticia, en conejos en la fase de engorde. Se utilizaron 48 conejos de la raza Neozelandés blanco, sexados y distribuidos en cuatro tratamientos, que consistieron en una ración de control (testigo) del 100% concentrado peletizado comercial y tres dietas experimentales con 6, 12 y 18% de harina de follaje de leucaena, sustituyendo la proteína del concentrado comercial, identificados como T₀, T₁, T₂ y T₃ respectivamente; en un diseño completamente al azar. Los resultados indican que no existió ningún efecto significativo en las variables consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento en canal. Se observaron efectos secundarios en la caída del pelo, el cual fue minimizándose a medida que los conejos se adaptaron a los diferentes niveles suministrados. El análisis económico reportó que el tratamiento tres proporciona mayor beneficio neto por conejo. Se recomienda que el nivel adecuado de sustitución de harina de follaje de leucaena en concentrado peletizado comercial es de 18%.

ALBERTO PEREZ, R.A. JERONIMO D., A.F. 1989. Evaluación de métodos pregerminativos en seis especies forestales de difícil germinación. Tesis Ing. Agr., UES, 104 p.

El objetivo del trabajo fue evaluar la eficiencia de diferentes tratamientos pregerminativos en seis especies forestales, las cuales fueron: conacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), leucaena (*Leucaena leucocephala*), copinol (*Hymanea courbaril*), pacún (*Sapindus saponaria*), teca (*Tectona grandis*) y nogal (*Juglans* sp). El ensayo se estableció en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, utilizándose un diseño completamente al azar con tres repeticiones y seis tratamientos: ácido sulfúrico concentrado a

dos tiempos diferentes; agua caliente a dos temperaturas diferentes; un tratamiento mecánico y un testigo. Las medias de porcentaje de germinación por tratamiento resultaron significativas para las primeras cinco especies; únicamente en nogal no hubo significancia. En conacaste, leucaena, copinol y pacún, los tratamientos que dieron los mejores resultados fueron los químicos y el mecánico; en teca el mecánico, y en nogal el agua a 80°C con posterior imbibición de 48 horas.

ALVARADO LOPEZ, C.M.; GUTIERREZ L., J.A.; RAMIREZ M., M.N.; RODRIGUEZ N., S.E. 1990. Efecto de tres hormonas vegetales en el enraizamiento de esquejes de tallo en diez especies forestales. Tesis Ing. Agr., UES, 120 p.

En la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, se realizó esta investigación, con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de hormonas en el enraizamiento de estacas de especies forestales, para lograr de esta forma, mejorar otra técnica de reproducción de estas especies y contribuir a solventar los problemas de deforestación en El Salvador. Las especies evaluadas fueron: *Astronium graveolens*, *Cedrela odorata*, *Swetenia humilis*, *Hymenaea courbaril*, *Poecippigia procera* y cinco especies introducidas: *Gmelina arborea*, *Eucalyptus camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. deglupta* y *Tectona grandis*. El diseño experimental usado fue de bloques al azar con cuatro repeticiones y ocho tratamientos hormonales. Los resultados obtenidos indican que el uso de auxinas como el ácido indolbutírico (AIB) y naftalenacético (ANA), estimularon la formación de raíces en las especies *A. graveolens*, *G. arborea* y *E. camaldulensis*. El AIB fue la mejor hormona en la estimulación de callos en aquellas especies que presentaron significancia estadística; aquellas especies que forman callos rápidamente tienen mayores posibilidades de enraizamiento.

MENJIVAR GARCIA, J.E.; TEOS, C.E. del C.; GARCIA C., E.V.; CERTITOS A., M.E. 1990. Factores edáficos y climáticos que determinan la calidad de sitio de *Eucalyptus camaldulensis* en El Salvador. Tesis Ing. Agr., UES. 105 p.

Con el objeto de determinar cuáles son los factores que provocan diferencias en el crecimiento del camaldulensis, en aquellos sitios donde ha sido plantado, se realizó esta investigación, considerando aspectos como la relación altura mayor-edad (índice de sitio). Se obtuvieron cinco clases de sitio a una edad clave de cuatro años; considerando que los factores climáticos y edáficos (fisiográficos, físicos y químicos) pudieran estar influyendo sobre la calidad de sitio, además, se realizaron correlaciones simples entre variables y pruebas de "t", también se obtuvo una clasificación de suelos por capacidad de uso. Los resultados mostraron que los factores que más explican las diferencias en la calidad de sitio para eucalipto, son los fisiográficos y físicos del suelo, tales como: drenaje, profundidad efectiva, porcentaje de poros, erosión, textura y pendiente. Los factores climáticos y químicos no tienen influencia alguna sobre la calidad de sitio; sin embargo, la clasificación de tierras por capacidad de uso guarda una estrecha relación con la clasificación por calidad de sitio, ya que para los factores fisiográficos y físicos resultaron ser los determinantes.

GARCIA VILLATORO, J. Z.; GUARDADO Ch., D.E.; RAMIREZ C., S.G. 1990. Evaluación de la harina de hojas de madrecaao (*Gliricidia sepium*) en la alimentación de pollos de engorde. Tesis Ing. Agr., UES, 78 p.

Este estudio se desarrolló en el Centro de Desarrollo Ganadero El Matazano, municipio de Soyapango, departamento de San Salvador; con el objetivo de evaluar la respuesta biológica y económica de la utilización de la harina de madrecaao en la alimentación de pollos de engorde. Se utilizaron 304 pollos de la línea Hubbard. Los tratamientos consistieron en sustituir la proteína del concentrado comercial por proteína de hojas de madrecaao, sin causar un desbalance energético-protéico en las dietas suministradas, haciéndose necesario adicionar ingredientes como harina de soya y maíz, y cebo de res. Los tratamientos fueron: T₀= testigo control sin harina de madrecaao (concentrado comercial), T₁=5%, T₂=10% y T₃=15%. Se utilizó un diseño completamente al azar. Se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos para la variable consumo de alimentos, la ración control obtuvo los mayores niveles y este disminuyó a medida que aumentaban los niveles de madrecaao, es decir, que el tratamiento 3 fue el que obtuvo los menores niveles de consumo, siguiéndole el 2 y el 1, respectivamente. Para las variables ganancia de peso y rendimiento en canal caliente, también se manifestaron diferencias, siendo los mejores tratamientos el T₀ y el T₁, e iguales entre sí. A pesar de las diferencias, la conversión alimenticia fue similar para todos los tratamientos.

MUÑOZ VAQUERANO, J.E.; QUINTANILLA G., J.R.; RIVAS R., F.A.; URBINA O., C.A. 1991. Evaluación de tres dosis de ácido indolbutírico (AIB) en el enraizamiento de estacas de *Eucalyptus camaldulensis* y plantación de un huerto clonal. Tesis Ing. Agr. UES, 91 p.

Con el objeto de implementar una nueva técnica en la propagación vegetativa por estacas, generando plantas con características deseables, constituyendo los llamados clones; se evaluaron tres dosis de ácido indolbutírico para estimular la formación de raíces en la especie camaldulensis. Dicha investigación se ejecutó en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. El diseño usado fue completamente al azar con cuatro tratamientos y repeticiones. Se encontró que el eucalipto enraiza con las tres dosis de AIB, ya que estadísticamente no presentaron diferencia alguna para las variables: número de estacas con brotes, número y longitud de raíces y porcentaje de estacas propagadoras. Posteriormente las estacas propagadas fueron sembradas para establecer un huerto clonal.

ARGUETA VANEGAS, G.A.; RODRIGUEZ Ch., V.A. 1991. Uso de bloques con diferentes niveles de harina de follaje de madrecaao (*Gliricidia sepium*) en la alimentación de conejos durante la fase de engorde. Tesis Ing. Agr., UES, 116 p.

Esta investigación se realizó en el Centro de Desarrollo Ganadero, ubicado en el cantón El Matasano, Soyapango, San Salvador; con el objetivo de evaluar la utilización de harina de follaje de madrecaao en la dieta alimenticia de conejos durante la fase de engorde, y el porcentaje óptimo que al ser adicionado a la dieta, proporcione mejores beneficios económicos. Se utilizaron 60 conejos del cruce de las razas Neozelandés y California, los cuales fueron distribuidos en cinco tratamientos: T₁=100% de concentrado comercial (testigo); T₂=5%, T₃=10%, T₄=15% y T₅=20% de harina de follaje de madrecaao respectivamente. Se empleó un

T₃=10%, T₄=15% y T₅=20% de harina de follaje de madrecaao respectivamente. Se empleó un diseño experimental al azar con cinco repeticiones y tratamientos. Los resultados demuestran que para la relación beneficio-costo se encontró que el T₅ proporcionó los mejores resultados, seguido de los tratamientos 1, 3, 4 y 2 respectivamente. Por lo que se concluye que entre los niveles evaluados el más adecuado de sustituir en la dieta para conejo durante la fase de engorde es el que contiene el 20% de harina de follaje de madrecaao. También se evaluaron aspectos sobre toxicidad no observando anormalidades en el estado morfológico y fisiológico del conejo, lo cual fue demostrado por medio de examen de laboratorio.

ESCOBAR FLORES, C.A.; GUERRA M., J.O.; LAINEZ R., C.E. 1991. Efecto de cinco sustratos y cuatro dosis de ácido indolbutírico sobre la germinación y propagación vegetativa del botoncillo (*Conocarpus erecta* L.). Tesis Ing. Agr., UES, 95 p.

Con el objeto de presentar una alternativa para plantas en peligro de extinción, se evaluaron métodos de propagación asexual y sexual de la especie botoncillo (*Conocarpus erecta* L.). El ensayo se realizó en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y repeticiones. En la propagación por estaca se evaluaron las dosis de ácido indolbutírico: T₀=0, T₁=500, T₂=1000, T₃=2000 y T₄=4000 ppm; utilizando como sustrato una mezcla de subsuelo, arena de río y granza de arroz quemada en proporción 2:1; se determinó que el tratamiento 1 estimuló significativamente el número y longitud de raíces, siendo este el mejor método de propagación. En el método de propagación sexual se evaluaron los siguientes sustratos: suelo de manglar, granza de arroz, aserrín, materia orgánica más suelo y arena de mar; comprobándose que el mejor sustrato fue la granza de arroz.

BERAS FLORES, N.E.; GONZALEZ M., R.A.; MARTINEZ M., F.A. 1991. Efecto de diferentes niveles de forraje de madrecaao (*Gliricidia sepium*) y melaza sobre la producción de leche en ganado encastado. Tesis Ing. Agr. UES. 75 p.

El estudio se realizó en la Hacienda "Jícara", jurisdicción de San Matías, departamento de La Libertad; con el objetivo de determinar el efecto de diferentes niveles de forraje de madrecaao en la dieta de vacas lecheras encastadas. Se utilizaron 12 vacas (mitad Pardo Suiza por mitad Brahmann), con dos meses de lactancia como máximo, bajo un diseño de doble cambio con períodos de adaptación de 14 días y 14 días de fase experimental. Se ofrecieron cuatro raciones suplementarias: T₀=6 kg de concentrado comercial; T₁=4 kg de concentrado comercial más la mezcla de 1.5 kg de madrecaao; T₂=2 kg de concentrado comercial y una mezcla de 3 kg de madrecaao más 1.5 kg de melaza; T₃=4.5 kg de madrecaao más 2 kg de melaza. En los cuatro tratamientos la ración base fue pasto estrella (*Cynodon plectostachys*) bajo pastoreo durante el día y Napier picado (*Pennisetum purpureum*) por la noche, suministrándole el madrecaao más la melaza y el concentrado durante el ordeño. La producción láctea fue: 6.83%, 6.85, 5.47 y 6.29; y el de proteína láctea fue: 3.20, 3.19, 3.25 y 2.89% para los tratamientos 0, 1, 2 y 3 respectivamente. El análisis económico indica que el uso de madrecaao con melaza como suplemento resultó en un menor costo adicional comparado con el uso de concentrado, por lo que se concluye que la suplementación con dicha planta a vacas de ordeño con el potencial genético utilizado en el presente ensayo mantiene la producción de leche igual a la que se obtiene con el concentrado, pero a un menor costo.

ALFONSO, E.W.; RIVAS G., J.D y VASQUEZ F., R.A. 1991. Uso de bloques multinutrientes con cuatro niveles de hoja de *Leucaena leucocephala* en la alimentación de conejos en la fase de engorde. Tesis Ing. Agr., UES, 74 p.

La presente investigación se realizó en el Centro de Desarrollo Ganadero, ubicado en el cantón de Matasano, Soyapango, San Salvador, con el objetivo de encontrar una alternativa de solución al problema de la cunicultura nacional, que es el alto costo del alimento para conejos, por lo que se plantea la investigación para encontrar el nivel adecuado de hojas de leucaena en bloques multinutrientes y evaluar la respuesta biológica de éste en conejos, comparado con la forma tradicional de alimento, además proponer una forma artesanal de elaboración de alimento, así como también analizar económicamente la utilización de bloques multinutrientes. Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar, con seis repeticiones y cinco tratamientos que fueron: T₁ = alimento peletizado (comercial); T₂ = 5%; T₃ = 10%; T₄ = 15% y T₅ = 20% de leucaena en bloques. Al final del ensayo los incrementos de peso obtenidos produjeron efectos significativos ya que el tratamiento 3 fue superior estadísticamente al tratamiento 4 y 5, pero no hubo diferencia significativa entre los tratamientos 1, 2 y 3. La conversión alimenticia no produjo efectos significativos lo que indica, que tanto el alimento peletizado, como la presentación en bloques se comportan iguales en convertir el alimento en carne; por lo que se concluye que el bloque multinutriente puede sustituir al alimento peletizado en la alimentación de conejos en la fase de engorde; además, ningún nivel de leucaena produjo efectos tóxicos durante la fase experimental.

BONILLA CARRILLO, P.M; CORTEZ, Q.G y GUZMAN, M.O. 1992. Determinación de la calidad de sitio de especies forestales para la recuperación de áreas degradadas en la subcuenca del Río Cacapa. Tesis Ing. Agr. UES, 105p.

Con el objetivo de determinar la calidad de sitio para especies forestales, el cual es la suma total de todos los factores que afectan la capacidad de la tierra para producir bosques u otro tipo de vegetación, se realizó la investigación en la subcuenca del río Cacapa, del departamento de La Libertad. Para ello se dividió la subcuenca longitudinalmente en tres zonas: alta, media y baja, se utilizó el método de la cuadrícula, tomando como base 1 km² por hectárea por zona, subdividiéndose a su vez en 10 unidades de registro. Los resultados muestran la existencia e identificación de 64 especies arbóreas, de las cuales 8 fueron dominantes. Además se presenta la clasificación de suelo, según grupo, serie y clase de suelo por capacidad de uso. Se afirma que el método de ordenamiento bidimensional tipo polar indirecto, es funcional para comprender las formas de distribución de las especies en un área dada, asimismo, es fundamental para la implantación de proyectos de reforestación.

ACOSTA GUZMAN, J.S.; FRANCO L., O.N. y LOVO B., O.R. 1992. Uso de harina de madrecaao (*Gliricidia sepium*) en la alimentación de cabros en crecimiento. Tesis Ing. Agr. UES 69 p.

Con el objetivo de evaluar la utilización de la harina de hoja de madrecaao (*Gliricidia sepium*), en la dieta alimenticia de cabros en crecimiento y a su nivel óptimo que al ser adicionado a la ración disminuya los costos en la alimentación; se realizó la investigación en el Centro de Desarrollo Ganadero de Soyapango, San Salvador. Se utilizaron 16 cabros criollos de cuatro meses de edad, los cuales se distribuyeron en cuatro tratamientos: $T_0 = 0\%$ harina de hoja de madrecaao (testigo), $T_1 = 15\%$, $T_2 = 30\%$ y $T_3 = 45\%$ de harina de hoja de madrecaao. El diseño estadístico utilizado fue completamente al azar con cuatro repeticiones. El consumo promedio de materia seca en Kg/día fue de 0.57, 0.56 y 0.51 para los tratamientos 0, 1, 2 y 3 respectivamente. La ganancia en peso fue de 0.58, 0.64, 0.72 y 0.67; conversión alimenticia promedio fue de 14.16, 12.66, 10.82:1 y 11.55:1 para los, tratamientos 0, 1, 2 y 3 respectivamente. Se concluye que el tratamiento 2 con el 30% de harina de madrecaao es el que tiene mayor conversión alimenticia aunque el tratamiento de menor costo fue el T_3 .

GUERRERO, R., GUILLEN C., D.A. Y NAVAS D., M.A. 1992. Determinación de la capacidad de regeneración natural de cuatro especies en el manglar "El Amatal" y pruebas de germinación *ex situ* del istaten (*Avicennia nitida* J.). Tesis Ing. Agr. UES, 118p.

Con el objeto de determinar la capacidad de regeneración natural arbórea de las especies *R. mangle*, *L. racemosa*, *A. nitida* y *Conocarpus erecta*; con el propósito de establecer las medidas correctivas para la conservación de los bosques salados. El ensayo se estableció en el Amatal, San Diego, departamento de La Libertad y estuvo dividido en dos fases.

La primera fase consistió en el muestreo de un área de 152.8 mz, estableciendo tres niveles de inundación (permanente, temporal y esporádica); se usó el método de cuadrícula de 1x1 m, 5x5 m, y 10x10 m, de acuerdo a las categorías diamétricas, plántulas, brinzales, latizales y fustales, respectivamente. Se muestreó un total de 5700 m², reportando 1845 individuos en las diferentes categorías diamétricas. El manglar (*A. nitida*), refleja un comportamiento sobresaliente en la zona de inundación temporal sobre las demás especies en lo que respecta a la regeneración natural, sin restarles a todas ellas su potencial regenerativo, en contraste *C. erecta*, refleja bajos valores regenerativos en toda la zona de inundación. La segunda fase (pruebas de germinación), se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con seis repeticiones y cuatro tratamientos que fueron: $S_0 =$ suelo manglar, $S_1 =$ aserrín, $S_2 =$ arena de río y $S_3 =$ granza de arroz. Se presentaron diferencias entre los tratamientos, siendo el de arena de río el que presentó el mayor porcentaje de germinación (98.61%), seguido del tratamiento 3 con un 94.44% de germinación. La especie istaten presenta factibilidad para su propagación *ex-situ*, ya que los sustratos utilizados no fueron limitantes para su germinación, pues los porcentajes de germinación obtenidos son aceptables.

AGUILAR RIVAS, R.A.; ASCENCIO A., S.L. y MARTINEZ B., C.D. 1992. Zonificación del parque nacional Walter Thilo Deininger de acuerdo a la perturbación de la vegetación y alternativas de recuperación. Tesis Ing. Agr. UES, 109p.

Con el objetivo de determinar zonas de acuerdo a la perturbación de la vegetación del parque Deininger, se desarrolló la presente investigación realizando un muestreo en la mayor parte del parque utilizando el método de cuadrícula; se eligieron 20 sitios de muestreo al azar, subdividiéndose a su vez en 10 unidades de registro. Los datos que se tomaron fueron altura total, circunferencia y área de cobertura, que sirvieron para obtener el índice de valoración de importancia fundamental para la aplicación del método de ordenamiento bidimensional tipo polar indirecto, en cada sitio de muestreo se realizó a su vez un perfil sintético de la vegetación existente con lo que se establece el grado de cobertura de la vegetación. La zonificación y el grado de perturbación se realizó de acuerdo con la densidad encontrada determinándose tres rangos: 220-560 árboles/ha, 580-1070 árboles/ha y 1250-1510 árboles/ha, que representan tres zonas de vegetación: zona poco densa, semidensa y densa. Como resultado se determinó para cada una de éstas un manejo silvicultural diferente.

ARGUETA RIVAS, J., RIVAS Q., J.V. y SANDOVAL B., G. 1992. Especies para el establecimiento de cercas vivas en áreas desprotegidas en el Parque Nacional Walter Thilo Deininger. Tesis Ing. Agr. UES. 151p.

La presente investigación se realizó con el objetivo de determinar la calidad de sitio de especies arbóreas en el parque nacional Thilo Deininger, que serán utilizadas como cercas vivas, además de buscar alternativas para disminuir el efecto de los incendios; así como darle mejor protección a dicho parque. La metodología utilizada fue la del transecto de línea de 100x10 m, distribuidos al azar sobre el límite del parque muestreando un total de 20 transectos, los datos que se tomaron fueron: altura total, circunferencia a la altura de pecho y diámetro de copa, que sirven para la obtención del índice de valoración de importancia (IVI), que es fundamental para la aplicación del método de ordenamiento bidimensional tipo polar indirecto, teniendo como resultado la identificación de 97 especies arbóreas. También se hizo una clasificación de suelos de acuerdo con el grupo, serie y clase de suelo por capacidad de uso. Se determinó el ordenamiento especial de las especies arbóreas, notándose la separación en cuatro asociaciones. El trabajo afirma que todo el límite del parque necesita la construcción de la cerca viva, a excepción de ciertas áreas donde ya existen, pero en mal estado; a éstas solamente hay que brindarles un manejo silvicultural adecuado.

COLON FLORES, J.J., RODRIGUEZ E., C.H. y SOLORZANO G., O.E. 1993. Aplicación del modelo de Lotka-Volterra para la predicción del crecimiento y rendimiento en plantaciones coetáneas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Tesis Ing. Agr., UES, 182p.

Utilizando la curva logística empleada por Lotka y Volterra y con la información proporcionada por el Proyecto Madeña, se ensayó el modelo de simulación para plantaciones puras de eucalypto (*Eucalyptus camaldulensis*), utilizando cuatro densidades de plantación (983, 1416, 2213 y 3933 árboles/ha). Se determinó: 1) coeficiente mórfico, partir de los datos del Proyecto Madeña, obteniéndose un valor de 0.49, 2) Tasa intrínseca de crecimiento (r), a partir de un modelo elaborado por CATIE, 3) potencial de sitio (K), obteniéndose valores de 20, 30 y 35 m² por ha, 4) índice de sitio (IS), obteniéndose valores para el país de 15.20 y 25 metros. Con

tales parámetros se generaron tablas de rendimiento para los tres potenciales de sitio y las cuatro densidades de plantación, completamente se elaboraron tablas de rendimiento pero incorporando al modelo un sistema de aclareos.

MARIONA SANCHEZ, S.A., PINEDA M., A.A. y VAQUERO ALAS, L.A. 1993. Bases dasonómicas para la conservación y recuperación de un área boscosa en Miramundo, La Palma Chalatenango. Tesis Ing. Agr. UES. 142p.

Este estudio se hizo encaminado a determinar el grado de perturbación de la vegetación del cerro Miramundo (2300 msnm), jurisdicción de La Palma, Chalatenango. Se muestreó la mayor parte del cerro utilizando el método de cuadrícula, se eligieron 15 sitios de muestreo al azar, de 100,000 m². El estudio reveló la existencia de 23 especies forestales, de las cuales dos fueron las dominantes: pino blanco (*Pinus pseudostrobus*) y ciprés (*Cupressus lusitanica*); también se determinó que existe una pérdida casi completa de la vegetación; por lo tanto, se hace necesario relizar programas de recuperación de dicha zona.

HERNANDEZ TAMACAS, M.A., MORENO M., F.W. y PUENTE A., J.A. 1993. Alternativas de sistemas de producción para la recuperación del cerro Las Mesas, Cantón Guarjila, departamento de Chalatenango. Tesis Ing. Agr. UES, 123p.

En El Salvador un 77% de las tierras sufren alto grado de deterioro, debido al uso inadecuado del suelo, lo que se atribuye al desconocimiento de prácticas conservacionistas, por lo que la presente investigación tiene como objetivo plantear alternativas de producción, a través de la determinación de la capacidad de uso. El Estudio se realizó en El Cerro Las Mesas, cantón Guarjila, Chalatenango, cuenta con 225 has, de las cuales se consideró sólo el 14% (33 has) para la investigación. La zona de estudio presenta un uso de los recursos productivos, mediante la implementación de sistemas agroforestales en combinación con algunas obras de conservación de suelos, como una alternativa viable y factible para su recuperación y mantener la sostenibilidad de la producción agrícola.

CRUZ RODRIGUEZ, E.A., ROMERO A., M.E y TORRES P., E.E. 1993. Estudio básico para un plan de manejo en la reserva boscosa de la región de Cinquera, Cabañas-Cuscatlán. Tesis Ing. Agr. UES, 158p.

El estudio se realizó en la región de Cinquera (Cabañas-Cuscatlán), en un área de aproximadamente 40 km², donde se determinó, por medio de inventario forestal estratificado, que existen 748.03 has de bosque. Para inventario se utilizaron fotografías aéreas y recorridos de campo así como la delimitación de parcelas circulares de 500 m². Se determinaron cuatro categorías de bosque. Con base en entrevistas locales y consultas con la comunidad de determinaron cuatro categorías de uso para las especies existentes, también se hizo un muestreo de suelo por estrato. La información obtenida permitió formular posteriores lineamientos para un plan de manejo de la región.

CRESPIN AMAYA, R. Y MATAL BONILLA, M.M. 1994. Efecto de cuatro dosis de ácido indolbutírico y dos volúmenes de sustrato en la propagación vegetativa de istaten (*Avicennia nitida* L.) en la estación experimental y de prácticas, San Luis Talpa. Tesis Ing. Agr. UES. 81p.

El estudio se llevó a cabo en cámara de enraizamiento, ubicada en el lote La Bomba de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. En la propagación vegetativa por estacas se evaluaron las siguientes dosis de AIB: D_1 = Testigo sin hormona, D_2 = 1000 ppm, D_3 = 1500 ppm, D_4 = 2000 ppm, D_5 = 2500 ppm. Además, se evaluaron dos volúmenes de sustrato que fueron S_1 = 4x9 pulg y S_2 = 6x9 pulg. La combinación proporcionó 10 tratamientos, evaluando 15 estacas por tratamiento por cuatro repeticiones. Se trabajó con el diseño completamente al azar. El sustrato utilizado se obtuvo de la mezcla subsuelo, arena de río y granza de arroz quemada en proporción de 2:1:1. Los resultados indican que *A. nitida* no fue estimulada para la emisión de raíces por ninguna de las dosis de AIB utilizadas, ni por el testigo sin hormona, tampoco influyeron los volúmenes de sustrato de estudio. Se atribuyen dichos resultados a la falta de condiciones adecuadas, ya que esta planta es heliófita y se desarrolla en suelos con altas concentraciones de salinidad, así como también a la falta de precisión en las dosis.

La presente información forma parte del documento: LARA-ASCENCIO, F. Comp. Resúmenes de tesis para optar al grado de Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Ciencias Agronómicas, 1964-1994. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, 189 p. 1995.

Abreviaturas utilizadas en los cuadros

VARIABLES INCLUIDAS EN LOS CUADROS SOBRE CRECIMIENTO:

Acopa = Área de la copa del árbol (m²)

Altot.; H; ALT = Altura total promedio de los árboles (m)

Altura Dom.; Hdom.; Altdom = Altura dominante de los árboles (m)

Cod. Trat. = Código de tratamiento de la parcela

CV = Coeficiente de variación

DCM = Diámetro promedio, calculado con base al diámetro cuadrático medio

DAP = Diámetro promedio, calculado con base al diámetro promedio aritmético

Espac.1 = Espaciamiento entre los árboles dentro de la línea de plantación (cm)

Espac.2 = Espaciamiento de los árboles entre las líneas de plantación (cm)

Especie = Código de 4 letras para el género y 2 letras para la especie

Exp. Diseño = Experimentos con diseño estadístico

G; AB = Área basal (m²/ha)

IMA en DCM; id; IMA-DAP = Incremento medio anual en diámetro (cm/año)

IMA en Altura; ih; IMA-H = Incremento medio anual en altura total (m/año)

IMA-HDOM = Incremento medio anual en altura dominante (m/año)

IMA en A.Basal; ig; IMA-G = Incremento medio anual en área basal (m²/ha/año)

IMA-VOL; IMA-VT = Incremento medio anual en volumen (m³/ha/año)

IS = Índice de sitio

IDR = Índice de densidad del rodal

No. de arb. = Número de árboles

NoMes = Edad de la plantación en meses

No. Parc. = Número de parcelas establecidas

No. Ensay. = Número de ensayos establecidos

N1; Dens. Inic. = Número de árboles originales en la plantación; densidad inicial

N2 = Número de árboles actuales en la plantación

R = Número de raleos que ha tenido la plantación

Sobrev.; Superv.; S% = Supervivencia en porcentaje

Vol. Tot. con Cort.; Vol; Vtcc = Volumen total con corteza en metros cúbicos

VCC5 = Volumen hasta un diámetro mínimo del fuste de 5 cm

VARIABLES INCLUIDAS EN LOS CUADROS SOBRE DESCRIPCIÓN DE SITIOS Y CLIMAS:

Alt. msnm; Elevac. = Altitud en metros sobre el nivel del mar

Defhíd. = Número de meses en el año con déficit hídrico

Pend.% = Pendiente en porcentaje

Precip.; PMA; PAño = Precipitación media anual en milímetros

Temp.; TMA = Temperatura media anual, calculada con promedios mensuales en °C

Zonas de Vida = Abreviaciones utilizadas en el sistema de zonas de vida de Holdridge

Variables incluidas en los cuadros sobre características de suelo:

Ca = Contenido de calcio en el suelo (meq/100 gr de suelo)

CIC = Capacidad de intercambio catiónico en el suelo

K = Contenido de potasio en el suelo (meq/100 gr de suelo)

Mat. Org. = Materia orgánica del suelo en porcentaje

Mg = Contenido de magnesio en el suelo (meq/100 gr de suelo)

No. Horiz. = Número de horizonte dentro del perfil de suelo

No. Perfil = Número del perfil del suelo

Prof. Sup = Profundidad superior del horizonte del suelo (cm)

Prof. Inf. = Profundidad inferior del horizonte del suelo (cm)

Text = Textura del suelo

Impreso en la Unidad de Producción de Medios del CATIE
Edición de 500 ejemplares
1997

DEVUELTO
2005

DATE DUE

DEVUELTO
1998
21 DIC 2000

17 AGO 1998

19 AGO 1998

31 AGO 1998

18 SEP 1998

20 SEP 1998

18 DIC 1998

DEVUELTO

18 AGO 1999

17 SEP 1999

DEVUELTO

DEVUELTO

DEVUELTO
2 SEP 2002

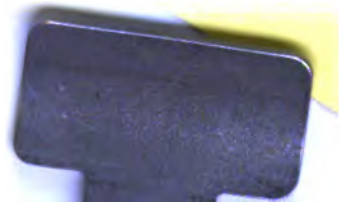
DEVUELTO

DEVUELTO
03 MAR 2003

CATIE	94582
ST	RESULTADOS DE 10 AÑOS DE
IT-291	INVESTIGACION SILVICULTURAL DEL
Autor	PROYECTO MADELEÑA EN EL SALVADOR
Título	Nombre del solicitante
Fecha	
Devolución	

94582

19 MAR 1999



DEVUELTO 2005

DATE DUE

DEVUELTO 1998

21 DIC 2000

17 ABO 1998

19 ABO 1998

~~12 MAR 2000~~

31 ABO 1998

~~04 ABO 2001~~

18 SEP 1998

DEVUELTO 2 SEP 2002

29 SEP 1998

DEVUELTO 2002

11 DIC 1998

DEVUELTO

DEVUELTO 03 MAR 2003

12 ABO 1999

17 SEP 1999

DEVUELTO

DEVUELTO

CATIE		94582
ST		
IT-291		RESULTADOS DE 10 AÑOS DE
Autor		
INVESTIGACION SILVICULTURAL DEL		
Titulo		
PROYECTO MADELEÑA EN EL SALVADOR		
Fecha		Nombre del solicitante
Devolución		
19 MAR 1988		

94582

