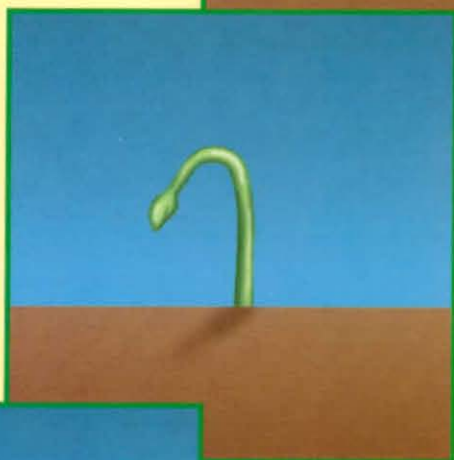
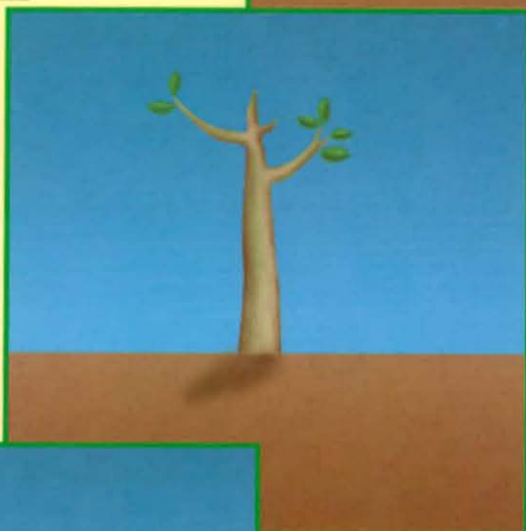
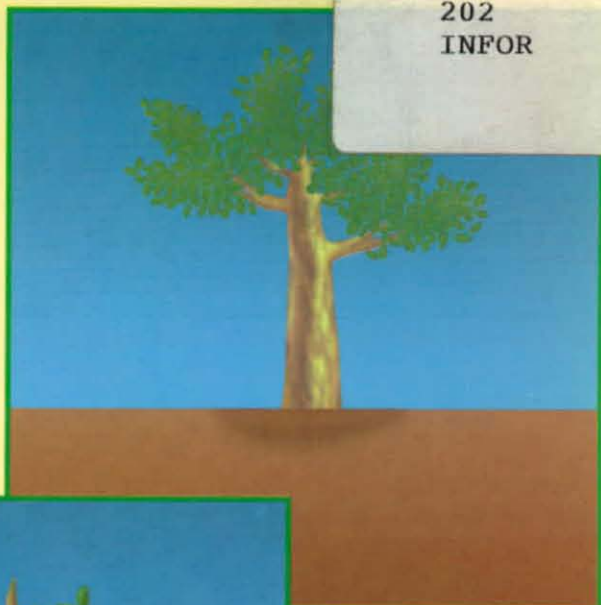




INFOR
INSTITUTO FORESTAL



0004083



Monografía de Liquidambar
(*Liquidambar styraciflua*)

IONALES:

IVA

Monografía de Liquidambar
(*Liquidambar styraciflua*)



SILVICULTURA DE ESPECIES NO TRADICIONALES: UNA MAYOR DIVERSIDAD PRODUCTIVA

PROYECTO FINANCIADO POR FIA (MINAGRI) - FDI (CORFO)

LIQUIDAMBAR

Liquidambar styraciflua

MONOGRAFÍA

AUTORES:

VERÓNICA LOEWE M.
MARTA GONZÁLEZ O.

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL
- INFOR -

SANTIAGO, JULIO 1997.



INFOR

ÍNDICE

1	ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1	DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL	1
1.2	DISTRIBUCIÓN	2
1.3	ASOCIACIÓN NATURAL	4
1.4	ASPECTOS REPRODUCTIVOS	4
2	REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS	6
2.1	SUELOS	6
2.2	CLIMA	7
2.3	ALTITUD	8
3	PLAGAS Y ENFERMEDADES	9
3.1	AGENTES ABIÓTICOS	9
3.2	AGENTES BIÓTICOS	9
3.2.1	Insectos	9
3.2.2	Hongos	10
3.3	EXIGENCIAS PARA LA INTERNACIÓN DE SEMILLAS	12
4	SILVICULTURA Y MANEJO	13
4.1	PROPAGACIÓN	13
4.1.1	Regeneración Natural	13
4.1.2	Propagación Artificial	14
4.1.2.1	Colección, Extracción y Almacenaje de Semillas	14
4.1.2.2	Tratamientos Pregerminativos	15
4.1.2.3	Viverización	16
4.1.3	Propagación Vegetativa	17
4.2	ESTABLECIMIENTO	18
4.2.1	Plantación	18
4.2.1.1	Densidad de Plantación	18
4.2.1.2	Fertilización y Riego	19
4.2.1.3	Micorrización	21
4.2.1.4	Control de Malezas	22
4.3	MANEJO	23
4.3.1	Crecimiento	23
4.3.2	Raleos	33
4.3.3	Podas	34



5	PRODUCCIÓN Y MADERA	35
5.1	CARACTERÍSTICAS Y CLASIFICACIÓN	35
5.1.1	Características macroscópicas	35
5.1.2	Características microscópicas	35
5.1.3	Propiedades físicas	37
5.1.4	Propiedades mecánicas	37
5.1.5	Secado	38
5.2	USOS DEL ÁRBOL	39

CUADRO RESUMEN. LIQUIDAMBAR	42
------------------------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1	: Valores de crecimiento de Liquidambar en dos sitios de Mississippi	7
CUADRO 2	: Principales agentes bióticos que afectan a liquidambar	12
CUADRO 3	: Calidad de las semillas	15
CUADRO 4	: Pruebas de germinación, condiciones y resultados	16
CUADRO 5	: Distanciamiento recomendado en bibliografía	19
CUADRO 6	: Contenido foliar de ceniza y elementos inorgánicos en <i>Liquidambar styraciflua</i>	21
CUADRO 7	: Efecto de la micorrización en el crecimiento de Liquidambar	21
CUADRO 8	: Crecimientos máximos alcanzados en EE.UU.	24
CUADRO 9	: Crecimiento diametral según vigor	24
CUADRO 10	: Promedios y rangos de valores dasométricos	26
CUADRO 11	: Ecuaciones de regresión obtenidas usando diámetro de tocón	26
CUADRO 12	: Ecuaciones de regresión obtenidas usando diámetro de tocón y altura de tocón	27
CUADRO 13	: Coeficientes de regresión estadístico para determinar volumen $\ln(Y) = b_0 + b_1 \cdot \ln(D^2 \cdot H)$	28
CUADRO 14	: Volúmenes obtenidos para Liquidambar según DAP y altura total	29
CUADRO 15	: Coeficientes estadísticos para determinar volumen $\ln(Y) = b_0 + b_1 \cdot \ln(D \cdot D_{1/3} \cdot H)$	30
CUADRO 16	: Coeficientes estadísticos para determinar volumen $\ln(Y) = b_0 + b_1 \cdot \ln((D \cdot D_{1/2} \cdot D_{1/4}^2) \cdot H)$	31
CUADRO 17	: Porcentaje de corteza en especies de maderas duras	31
CUADRO 18	: Distribución de corteza en tronco y ramas de Liquidambar	32
CUADRO 19	: Distribución de madera en tronco y ramas de Liquidambar	33
CUADRO 20	: Porcentaje de componentes químicos de Liquidambar	35

CUADRO 21 : Proporción de elementos de la madera en troncos y ramas de <i>Liquidambar styraciflua</i>	36
CUADRO 22 : Densidad verde observada en <i>Liquidambar styraciflua</i>	37
CUADRO 23 : Propiedades mecánicas de Liquidambar	38
CUADRO 24 : Contenido de humedad de 14 especies de maderas duras	38
CUADRO 25 : Contenido de proteína, fibra, fósforo y digestibilidad de ramas y hojas de <i>Liquidambar styraciflua</i> en el este de Texas, EE.UU.	40
CUADRO 26 : Composición química de semillas de Liquidambar	41

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 : Distribución natural de <i>Liquidambar styraciflua</i>	3
---	---



***Liquidambar styraciflua* (L.)**

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL

Liquidambar styraciflua pertenece a la familia *Hamamelidaceae*. El género *Liquidambar* posee una especie en el este de los EE.UU. y sur de Nicaragua, una en Asia Menor y dos o tres en el este de Asia. Los nombres comunes con los cuales se le conocen son sweetgum, redgum, sapgum, bilsted, starleaf gum, gum, sycamore gum, gumwood, ocozolt, alligator-wood y liquidambar (Grimm, 1962; Fowells, 1965; Bonner, 1974; Webb *et al.*, 1984).

El nombre científico fue dado por el botánico sueco, Carl von Linne, el cual se refiere al líquido balsámico fragante amarillento que exuda desde la corteza (Collingwood y Brush, 1962).

Es un árbol longevo, que alcanza alturas de 45 m y diámetros de 90 cm en buenos sitios. Schlaegel (1984) y Webb *et al.* (1984) señalan que comúnmente alcanza alturas de 30 a 37 m y diámetros que oscilan entre los 60 y 70 cm. Collingwood y Brush (1962) por su parte, señalan diámetros de hasta 1,5 m.

En sectores abiertos desarrolla una copa piramidal muy simétrica, cuyas ramas se extienden casi horizontalmente por todo el fuste hasta un poco antes de la base del árbol. En bosques densos se produce poda natural, quedando limpio el tronco de ramas, con una copa alta y pequeña (Grimm, 1962).

Koch (1985) señala que las ramas son gruesas, a menudo con sectores de corcho. Las ramillas presentan 4 a 6 cm de diámetro de color café grisáceo. Las yemas terminales poseen un largo de 10 a 15 mm. Las hojas son alternas, deciduas, palmadas de 5 a 7 lóbulos, con un ancho de 8 a 20 cm y 6 a 15 cm de largo, borde finamente aserrado, con peciolo de entre 4 y 13 cm. En cambio Grimm (1962) señala que las hojas presentan generalmente 3 a 5 lóbulos, con peciolo de 7 a 12 cm. Además, menciona que las hojas de forma estrellada poseen una agradable fragancia cuando caen.

En relación al desarrollo de las raíces, Loewe (1992) señala que éstas varían con el sitio y generalmente desarrollan una raíz pivotante principal y numerosas raicillas secundarias. Sin embargo, menciona que en las zonas húmedas el sistema radicular es superficial y muy extendido lateralmente, con una raíz pivotante pequeña o inexistente.



Liquidambar es un árbol típico de sectores húmedos y fondos de río, pero a menudo crece mejor en terrenos elevados, húmedos y fértiles. Este es uno de los árboles de mayor importancia maderera en el sudeste de los Estados Unidos (Grimm, 1962).

No se conocen híbridos y tampoco hay evidencia de la existencia de razas o ecotipos (Fowells, 1965).

Liquidambar styraciflua es muy cotizado por su madera, tanto para pulpa como para chapas. La madera es pesada, dura y densa, pero de poca resistencia. Las semillas son utilizadas por algunas aves como alimento (Grimm, 1962; Bonner, 1974).

La madera es usada principalmente para la construcción de muebles y ebanistería, terminaciones de interiores, cajas y artesanía en general. Las plantaciones realizadas con esta especie son principalmente con fines ornamentales y de sombra. Es un árbol muy hermoso, tanto por su forma como por su follaje, ya que en otoño adquiere un color rojo púrpura (Grimm, 1962; Bilan, 1974).

1.2 DISTRIBUCIÓN

Es originaria de los Estados Unidos; crece desde Connecticut hacia el sur; este de Florida (excepto en las altas montañas); este de Texas hasta el extremo norte de Arkansas; y sudeste de Missouri hacia el sur de Illinois, Indiana, Ohio y oeste de Virginia (Schlaegel, 1984). También crece disperso en localidades nororientales de México central, Guatemala, Salvador, Honduras y Nicaragua (Streets, 1962; Fowells, 1965) (Figura 1).

Webb *et al.* (1984) señalan que en su distribución natural liquidambar se encuentra entre los 11 y 40 ° de latitud norte.

La especie fue introducida hace varias décadas en países tales como Australia (Victoria), Chipre, Gran Bretaña, Kenya, Nueva Zelanda, Rhodesia y Sudáfrica principalmente con fines ornamentales (Streets, 1962). Las primeras plantaciones de **Liquidambar styraciflua** fueron hechas en el año 1681 en los EE.UU. (U.S.D.A, 1948 cit. por Bonner 1974).

En Chile, la especie formó parte de un estudio de especies forestales realizado en la provincia de Arauco, cuyo objetivo era diversificar la masa boscosa del país. Para ello se ensayaron y evaluaron varias especies, con resultados poco favorables.

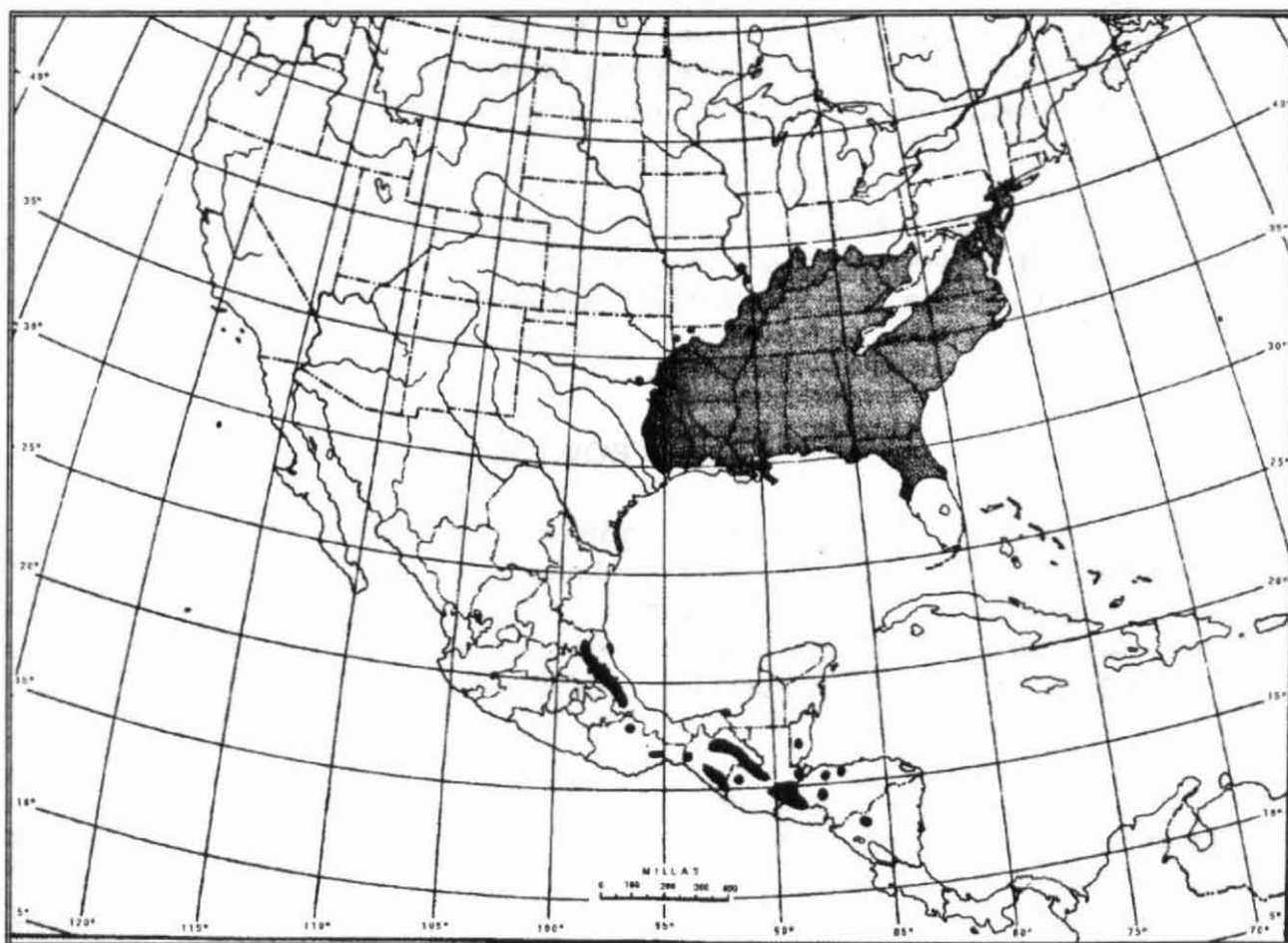
En el año 1959 y 1960 fueron ensayadas plantas de vivero del Plan Chillán en Colcura; a la fecha de evaluación (1965) la especie había demostrado



escaso desarrollo, pero debido al corto período desde la instalación fue difícil emitir algún resultado (Bay-Schmith, 1965). Desgraciadamente, no existen comunicaciones de evaluaciones posteriores

Actualmente se encuentra en calles, avenidas y parques de ciudades, principalmente con fines ornamentales.

FIGURA 1
DISTRIBUCIÓN NATURAL DE *Liquidambar styraciflua*



Fuente: Fowells (1965)

1.3 ASOCIACIÓN NATURAL

Liquidambar integra cuatro tipos forestales en su distribución natural norte:

- *Quercus rubra* - *Carya tomentosa* - *Liquidambar styraciflua*
- *Quercus palustris* - *Liquidambar styraciflua*
- *Liquidambar styraciflua* - *Liriodendron tulipifera*
- *Liquidambar styraciflua* - *Quercus nuttallii* - *Quercus pellos*

Según FAO (1966), en México también se asocia con *Pinus douglasiana*, *P. pseudostrobus*, *P. teocorte*, *P. strobus* var. *chiapensis*, *P. leiophylla*, *P. lumholzii*, *P. strobus*, *P. lawsonii* y *P. pringlei*. En Honduras se asocia con *Pinus oocarpa*, *P. pseudostrobus*, *Quercus* sp., *Cedrela mexicana* y *Virola koschnyi*. En Guatemala también se asocia con *Vochisia hondurensis* e *Hymenaea courbaril*.

En terrenos altos pobremente drenados del sur de Indiana, liquidambar junto a *Quercus palustris* y *Acer rubrum* son especies pioneras. Posteriormente se instalan *Acer saccharum*, *Liriodendron tulipifera*, *Carya ovata* y *Prunus serotina* (Chapman, 1942 cit. por Fowells, 1965)

1.4 ASPECTOS REPRODUCTIVOS

Las flores de *Liquidambar styraciflua* aparecen a principios de primavera junto a las hojas, dependiendo de la latitud y del clima. Las yemas florales son extremadamente sensibles al frío por lo que a menudo son dañadas por heladas (Fowells, 1965). Las flores pistiladas son de color bronce, de forma globosa, formando cabezas múltiples de cápsulas pequeñas, cuyo diámetro fluctúa entre los 2,5 a 3,8 cm (Bonner, 1974).

Las flores masculinas se presentan en grupo y las femeninas solitarias, en el mismo árbol, ya que se trata de una especie monoica (Loewe, 1992). Sin embargo, Collingwood y Brush (1962) señalan que las flores de ambos sexos se pueden encontrar separadas en algunos árboles. En la distribución sur (hemisferio norte) aparecen a principio de marzo y en el norte de su distribución durante abril o mayo, cuando las hojas están en la mitad de su crecimiento. Las flores que producen polen forman un racimo de pelusas de color verde de 5,0 a 7,5 cm de largo hasta el final del nuevo crecimiento.

El color verde brillante de los frutos decae a un verde amarillento o amarillo cuando madura, en otoño. Las flores que producen semillas cuelgan alrededor de un racimo que sale desde la base de las hojas superiores. Posee un fruto agregado, compuesto de varias cápsulas; las cápsulas se abren en otoño y las pequeñas semillas

vuelan, de modo que una o dos semillas por cápsulas son dispersadas. El fruto vacío, a menudo queda en los árboles hasta fines de invierno (Collingwood y Brush, 1962; Bonner, 1974).

Una buena producción de semillas ocurre cada año; no obstante, la cosecha de frutos se efectúa cada tres años. Se recomienda realizar la cosecha de semillas pasadas las heladas de primavera. Buenos rendimientos se alcanzan en árboles de 20 a 30 años de edad (*Op. cit.*), observándose cosechas abundantes incluso en individuos de 150 años (Trenk, 1929 cit. por Fowells, 1965).

Bajo condiciones de luminosidad alta y buenos suelos cada fruto tiene en promedio más de 50 semillas sanas. Sin embargo, bajo condiciones promedio solo alcanza a 7 u 8 semillas sanas por fruto (*Op. cit.*).

Un kilogramo de semilla contiene 130.000 a 200.000 unidades, las que tienen aproximadamente 10 mm de longitud, 2 mm de ancho y 1 mm de espesor, son alargadas, negras, algo brillantes, semiduras, lisas, de alas pequeñas y articuladas en un extremo (Webb *et al.*, 1984; Loewe, 1992).

Carnevale (1955) en cambio, señala que un kilo de semilla contiene 160.000 unidades. De acuerdo a los datos mencionados por Schopmeyer (1974, cit. por Koch, 1985) el número de semillas limpias por kilo es de aproximadamente 38.000 unidades.

La máxima distancia de dispersión que alcanzan las semillas es de 180 m, pero generalmente el 96 % de las semillas cae dentro de los 60 m del punto de dispersión (Guttenberg, 1952 cit. por Fowells, 1965). Por esta razón es una especie cuyas semillas son dispersadas fácilmente por el viento (Tepper y Bamford, 1959).



2. REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS

2.1 SUELOS

Liquidambar es muy tolerante a diferentes tipos de suelos y sitios, aunque Chittenden (1906 cit. por Fowells, 1965) señala que crece mejor en suelos ricos, húmedos, sueltos y de arcillas aluviales de fondos de río. También Gordon y Rowe (1982) indican que requiere suelos profundos, fértiles y con humedad adecuada.

Al respecto Broadfoot y Krinard (1959 cit. por Kaszkurewicz y Keister 1975) señalan que es una especie tolerante a una amplia variedad de suelos, pero crece mejor en aquellos húmedos, franco-arcillosos, con drenaje moderado a bueno.

En Maryland, EE.UU., liquidambar raramente se establece en suelos bien drenados y arenosos; usualmente se limita a suelos pesados y húmedos. En cambio, es común en terrenos arcillosos y en suelos areno-arcillosos de montaña, en donde no tiene buen crecimiento. Los mejores crecimientos se logran en sitios pantanosos aluviales y suelos pobremente drenados con un alto contenido de arcilla (Trenk, 1929 cit. por Fowells, 1965).

Webb *et al.* (1984) también señalan la tolerancia de liquidambar a establecerse en suelos de texturas medias a pesadas, alcalinos a neutros y húmedos, a menudo tolerando algún grado de salinidad.

Chapman (1942 cit. por Fowells, 1965), señala que liquidambar domina ocasionalmente en suelos derivados de cenizas, a lo largo de la ribera este del río Mississippi, en sectores planos aluviales. Esto se da a menudo en terrenos impermeables (planasols) del valle de Illinois, incluyendo la zona pobremente drenada de Avonburg, Blanchester y el sector pantano-fangoso de Clermont.

En la ladera norte de las montañas de Ozark, EE.UU., liquidambar es solo un componente menor de la vegetación existente y no muestra dominancia en esta zona asociada a suelos derivados de cuarzo (Read, 1952 cit. por Fowells, 1965).

Crecimientos en altura en plantaciones de liquidambar de 3 años de edad en el valle de los Apalaches varían desde los 12,5 y 18,2 cm por año en suelos dolomíticos y en derivados de caliza, respectivamente. En estas mismas plantaciones el crecimiento y sobrevivencia se vio afectado por el tipo y perfil del suelo, profundidad del horizonte A y consistencia de los horizontes A y B. En general, los mejores sitios corresponden a aquellos en que prospera bien *Liriodendron tulipifera*; sin embargo, liquidambar no es tan exigente como este último (Fowells, 1965).

Krinard (1988) estudió una plantación de *Liquidambar styraciflua* y *Platanus occidentalis* en dos tipos de suelo en Mississippi. Los resultados indican

que en los suelos de texturas medias, liquidambar excede en un 56 % de DAP, un 70 % de altura, 2,8 veces en área basal y 4,7 veces en volumen sus crecimientos comparado con los suelos de texturas finas arcillosas (Cuadro 1).

CUADRO 1
VALORES DE CRECIMIENTO DE LIQUIDAMBAR EN DOS SITIOS DE MISSISSIPPI

Variables medidas	Suelo de textura media		Suelo de textura fina	
	18 años	23 años	18 años	23 años
Arboles por ha	474	434	479	459
Diámetro (cm)	25,65	29,21	14,48	17,27
Altura (m)	19,72	23,26	11,37	13,78
Área basal (m ² /ha)	25,39	30,42	7,91	10,78
Volumen (m ³ /ha)	197,61	272,50	40,21	63,43

Fuente: Krinard (1988)

En los sectores bajos del valle del Mississippi, el índice de sitio para *Liquidambar styraciflua* aumenta con el incremento de intercambio de potasio en el suelo y disminuye cuando el porcentaje de arcilla aumenta. Los mejores sitios fueron aquellos con textura media, suelos con un hardpan de 60 cm y con un drenaje interno moderado a bueno (Krinar, 1959 cit. por Fowells, 1965).

En el Delta del Mississippi la especie es común en suelos fango-arcillosos y fango-areno-arcillosos en las cumbres de las montañas y en los llanos fango-arcillosos, los cuales son muy húmedos y bien drenados (Putnam y Bull, 1932 cit. por Fowells, 1965).

2.2 CLIMA

Es una especie que se adapta bien tanto a climas fríos como subtropicales (Carnevale, 1955), siendo sin embargo una especie considerada como resistente al frío. Necesita plena luz solar (Gordon y Rowe, 1982).

Las temperaturas mínimas que requiere fluctúan entre los - 20 y - 4 °C en el norte y sur de su distribución natural, respectivamente; la temperatura máxima es de alrededor 38 °C. Los días libres de heladas fluctúan entre 180 y 320 al año, en la parte norte y sur de su rango de distribución respectivamente (Fowells, 1965).

Al respecto, Webb *et al.* (1984) señalan que la temperatura máxima del mes más cálido oscila entre 25 a 36 °C y la temperatura mínima del mes más frío fluctúa entre los - 11 y 5 °C, variando la temperatura media anual en su rango de distribución natural entre los 8 y 20 °C.

La precipitación media anual es de 1.000 a 1.500 mm en la parte norte y sur de su distribución, respectivamente, siendo la precipitación en la estación de crecimiento de 500 a 600 mm (Fowells, 1965; Webb *et al.*, 1984). El régimen de lluvias es estival con una estación seca de 5 a 6 meses por año.

Esta especie es considerada resistente al viento cuando se encuentra en cerros y laderas de suelos arenosos, desarrollando de esta manera un sistema radicular pivotante fuerte (Turner, 1937 cit. por Fowells, 1965). Webb *et al.* (1984) señalan además su tolerancia a los vientos salinos y su resistencia a heladas.

2.3 ALTITUD

Según lo señalan Webb *et al.* (1984), el rango altitudinal en que se distribuye *Liquidambar styraciflua* varía entre los 1.000 y 2.000 msnm.

Sin embargo, Miranda y Sharp (1950 cit. por Fowells, 1965), señalan que a excepción de las altas montañas de los Apalaches (sobre los 750 a 900 m), no presenta limitantes altitudinales en el este de los Estados Unidos. En México crece entre los 1.050 y 1.950 m, pero su mejor desarrollo se logra en suelos profundos y a altitudes entre los 1.200 y 1.600 m.s.n.m.

Por otra parte, FAO (1966) señala que en México se encuentra entre los 1.000 y 2.500 m de altitud, asociado con especies del género *Cupressus* y *Pinus*. También menciona que en Honduras entre los 1.000 y 2.000 m de altitud se asocia con *Quercus* y *Pinus*.



3. PLAGAS Y ENFERMEDADES

Las características de su follaje junto a su resistencia al ataque de plagas y enfermedades hacen de él un árbol apreciado para avenidas y parques, con fines ornamentales (Collingwood y Brush, 1962; Loewe, 1994)

3.1 AGENTES ABIÓTICOS

Liquidambar es altamente susceptible al daño causado por el fuego, sobretodo en verano. Esto se comprueba al observar que después de tres veranos consecutivos con incendios forestales, el 33 % de los árboles de liquidambar murieron en el Delta del Mississippi, EE.UU. (Lotti, 1955 cit. por Fowells, 1965).

Al respecto, Chittenden (1906 cit. por Fowells, 1965) señala que el fuego provoca heridas que constituyen puntos de entrada al ataque de hongos e insectos, aunque generalmente en las heridas basales se produce una exudación que evita dicha entrada. Sin embargo, sucesivos incendios pueden provocar daños en la albura, en donde hongos e insectos se pueden establecer.

Por otra parte, Collingwood y Brush (1962) señalan que algunos árboles pueden ser dañados por el viento, aunque no severamente.

Algunas enfermedades como necrosis, muerte apical, cancro en las ramas, lesiones en el tronco y quemaduras, son mencionadas por Fowells (1965), siendo la sequía la principal causa. Durante varios años secos consecutivos desde 1950, la muerte apical y la mortalidad fueron los principales daños que presentaron varias especies en el este de los Estados Unidos.

3.2 AGENTES BIÓTICOS

Las plántulas de liquidambar pueden ser dañadas por ganado caprino, porcino y bovino; los lagomorfos y roedores dañan las plantaciones en los primeros años (Deutschman, 1950 cit. por Fowells, 1965; Webb *et al.*, 1984).

3.2.1 Insectos

De acuerdo a lo mencionado por Schaffner (1953 cit. por Fowells, 1965), a excepción de las hojas, los insectos usualmente atacan sólo árboles dañados o muertos. Estos incluyen escarabajos que atacan la corteza como: *Dryocoetes betulae*, *Dryocoetes liquidambarus* y *Pityophthorus liquidambarus*; el escarabajo ambrosia, el que incluye el ambrosia pie-plano *Platypus compositus* y el escarabajo negro

Strongylum terminatum y ***Strongylum tenuiulle***. Sin embargo, las hojas pueden ser afectadas por la oruga, ***Malacosoma disstria*** y por la polilla, ***Tropaea luna***.

Koch (1985) señala que los insectos defoliadores son los principales causantes de la disminución de crecimiento de los árboles. Por esto describe aquellos que atacan los rodales de maderas duras en el sur de los EE.UU., entre los que se pueden citar los siguientes: ***Alsophila pometaria***, ***Baliosus ruber***, ***Heterocampa manteo***, ***Malacosoma americanum***, ***Paleacrita vernata***. El mismo autor señala algunos insectos que atacan preferencialmente las ramas pequeñas de liquidambar, como por ejemplo ***Magicerca septendecim***.

Algunos coleópteros xilófagos que ocupan los troncos caídos de ***Liquidambar styraciflua***, fueron estudiados en bosques en la Sierra de Hidalgo, México; más de 4.000 larvas, pupas y adultos de 27 familias fueron obtenidas de 34 árboles. Las especies depredadoras y micófagas fueron las más abundantes en la parte externa del tronco; lo contrario ocurrió con las especies xilófagas. Los psílidos (succionadores de hojas y brotes), cerambícidos (taladradores de la madera) y escarabajos (taladradores de corteza) fueron los más representativos en cuanto a su presencia y abundancia. El cerambícido ***Parandra polita*** es considerado peste potencial de liquidambar en algunos sectores (Moron y Terron, 1986).

3.2.2 Hongos

Los cuatro hongos más comunes que afectan a liquidambar en el delta del río Mississippi son: ***Fomes geotropus***, ***Pleurotus ostreatus***, ***Lentinus tigrinus*** y ***Polyporus lucidus*** (Fowells, 1965).

Pirone y Bender (1941) indican que el hongo que produce la necrosis y muerte apical ha sido identificado como ***Dothiorella berengeriana***.

En ensayos realizados en plántulas creciendo en suelos fuertemente infectados con ***Sclerotium bataticola*** y ***Fusarium spp.*** se detectó que liquidambar fue totalmente resistente a estos hongos, causantes de pudrición de las raíces (Rowan, 1960).

Pythium sylvaticum fue observado en viveros de Mississippi, como patógeno causante de damping-off, correspondiendo al primer informe de patogenicidad que se tiene de esta especie (Filer, 1967).

Uno de los hongos que causa pudrición de raíces en el sur de los EE.UU., es ***Clitocybe tabescens***, que ataca especies de los géneros ***Quercus***, ***Carya***, ***Ulmus***, ***Acer*** y ***Liquidambar***. Los síntomas son una pérdida del vigor del árbol acompañado por hojas amarillentas, y puede producir la muerte del follaje (Koch, 1985). El mismo



autor señala que liquidambar es susceptible a la pudrición blanca de raíces causada por **Corticium galactinum**.

En un estudio realizado por Long (1939) en el valle del Mississippi, se observó que los tocones y madera aserrada de **Liquidambar styraciflua** estaban sujetas al ataque del hongo **Polyporus rigidu**, que provoca una característica pudrición en forma de celdillas.

En un ensayo donde se probaron 8 especies forestales, liquidambar resultó ser altamente resistente a la pudrición provocada por **Fomes annosus**, tanto en ramas como en las raíces (Platt *et al.*, 1965).

De acuerdo a lo señalado por Koch (1985), las propiedades de la madera de liquidambar se pueden ver afectadas por el ataque de los hongos que causan pudrición blanca, pues provocan una contracción cuando la madera está seca, debido a que la celulosa no es substancialmente depolimerizada.

Scheffer (1936 cit. por Koch, 1985) observó un decaimiento de liquidambar causado por **Coriolus versicolor** al disminuir en forma rápida los valores de gravedad específica. Por otra parte Cartwright y Findlay (s.f. cit. por Koch, 1985) concluyen que la pudrición blanca reduce rápidamente la dureza de la madera, pero probablemente afecta otras propiedades en forma menos rápida que la pudrición café.

Otro efecto que produce el ataque de hongos en la madera de liquidambar es una notoria decoloración. Davis y Beals (1977) reconocen tres tipos de madera en base al color, resultado de ataque de hongos que entran al árbol a través de heridas. Decoloraciones de árboles vivos no causada por **Hymenomycetes** son atribuidas a los **Ascomycetes** como por ejemplo: **Lasiosphaeria pezizula** (decoloración gris) y **Torula ligniperda** (decoloración roja a rosada). Señalan que la protección de las heridas de los árboles minimiza el monto de la decoloración interna.

Decoloraciones económicamente importantes son causadas por varias especies de **Ceratocystis** y por otros tres géneros de hongos. Se señalan que los árboles se deberían seleccionar considerando la tasa de crecimiento, ramas pequeñas y temprana poda natural de ramas bajas; sin embargo, estas características no previenen en sí las decoloraciones internas, pero al menos crearían las condiciones para reducirlas.

En el Cuadro 2 se señala los principales agentes bióticos que afectan a liquidambar en los Estados Unidos. En Chile no existen antecedentes específicos para la especie.

CUADRO 2

PRINCIPALES AGENTES BIÓTICOS QUE AFECTAN A LIQUIDAMBAR

Daño causado	Agente	Fuente
Insectos		
Corteza	<i>Dryocoetes betulae</i> , <i>D. liquidambarus</i> , <i>Pityophthorus liquidambarus</i> , <i>Platypus</i> <i>compositus</i> , <i>Strongylus terminatum</i> , <i>S.</i> <i>tenuiolle</i>	Schaffner (1953) cit. por Fowells (1965)
Madera	<i>Parandra polita</i>	Moron y Terron (1986)
Hoja	<i>Alsophila pometaria</i> , <i>Baliosus ruber</i> , <i>Heterocampa manteo</i> , <i>Malacosoma</i> <i>americanum</i> , <i>Paleacrita vernata</i> , <i>Magdicada septendecim</i> ; <i>Malacosoma</i> <i>disstria</i> , <i>trpaea luna</i>	Koch (1985); Schaffner (1953) cit. por Fowells (1965)
Hongos		
Vivero - Damping off	<i>Pythium sylvaticum</i>	Filer (1967)
Pudrición de raíces	<i>Clitocybe tabescens</i> , <i>Corticium</i> <i>galactinum</i>	Koch (1985)
Decoloraciones en la madera	<i>Lasiosphaeria pezizula</i> , <i>Torula ligniperda</i> , <i>Ceratocystis spp.</i>	Davis y Beals (1977)

3.3 EXIGENCIAS PARA INTERNACIÓN DE SEMILLAS

El Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) de Chile exige para la internación de especies forestales en forma de semillas, el Certificado Fitosanitario Oficial del país de origen, en el cual deberán constar las declaraciones adicionales y/o tratamientos cuarentenarios exigidos. A su vez, las semillas deberán venir limpias, libres de restos de frutos, hojas, ramillas u otro material susceptible de transportar plagas.

A su arribo al país, las semillas deberán ser sometidas a inspección fitosanitaria por parte de los inspectores del SAG habilitados en el puerto de ingreso quienes determinarán la internación de ellas.

4. SILVICULTURA Y MANEJO

4.1 PROPAGACIÓN

4.1.1 Regeneración natural

En general, la especie se puede regenerar mediante brotes de raíces, de tocón y por semillas.

Liquidambar es una típica especie tolerante (Chittenden, 1906 cit. por Fowells, 1965). En rodales puros ubicados en sitios bajos, los árboles más jóvenes son capaces de soportar sombra de las copas que comienzan a traslaparse. Con el aumento de la edad los árboles comienzan a ser cada vez menos capaces de soportar la competencia, volviéndose intolerantes. Siguiendo con esta dinámica, el ingreso de luz permitiría el desarrollo de regeneración bajo el dosel superior (Winters y Osborne, 1935 cit. por Fowells, 1965).

En un estudio realizado por Johnson y Krinard, en el año 1983, se evaluó la respuesta de la regeneración en dos sitios intervenidos en 1956, con suelos pobres y medianamente drenados en el sudeste de Arkansas. Después de 23 años la componente de liquidambar aumentó o se mantuvo, aunque no ocurrió lo mismo con otras especies, como por ejemplo *Quercus*. La composición de especies fue similar tanto en los rodales que se cortaron utilizando el método del árbol semillero como en los que se utilizó una corta selectiva, pero el mejor desarrollo de liquidambar se encontró con el primer método (Johnson y Krinard, 1988).

En otros ensayos realizados por estos autores, se observó que la regeneración natural mediante el método del árbol semillero tuvo una influencia mínima en la regeneración, en comparación con otras modalidades de regeneración como el rebrote de raíces y tocón. Sin embargo, las especies generadas a partir del árbol semillero resultaron ser buenos ejemplares (Johnson y Krinard, 1976). Johnson (1964) señala la importancia que tiene la regeneración por tocón en liquidambar, especialmente en sitios marginales, donde el producto principal es la madera pulpable. A su vez, enfatiza la relevancia de los brotes radicales (lignotuber) originados después de la corta, ya que no se requiere semillas ni preparación de sitio para la obtención de árboles; además, presentan rápido crecimiento en los primeros tres o cuatro años, por no competir con otra vegetación.

De acuerdo a lo señalado por Kormanick y Brown (1967 cit. por Clark, 1970), los brotes originados de yemas radicales representan una forma importante de regeneración natural en liquidambar en el Piedmont de Georgia, EE.UU.

Otras investigaciones muestran que la regeneración por rebrotes de tocón puede producir un 50 % más de volumen y lograr una reducción de aproximadamente un tercio de los costos de producción en comparación con plantaciones efectuadas en buenos sitios (Malac y Heeren, 1979). Por su parte, Clark (1970) señala que este tipo de regeneración se propone cuando el objetivo primario es la producción de pulpa.

Liquidambar es capaz de retoñar hasta los 50 años de edad aproximadamente (Chittenden, 1906 cit. por Fowells, 1965); el vigor de la retoñación no declina sino hasta la tercera generación sucesiva de retoños del mismo tocón. La época de corta no tiene efecto sobre el número de retoños producidos; sin embargo Wenger (1953 cit. por Fowells, 1965) señala que árboles cortados a mediados de otoño e invierno retoñan en forma deficiente y que los retoños generados son de mala calidad.

Si se compara plántulas de liquidambar con rebrotes se observa que los primeros entre los 3 a 5 años alcanzan alturas de 1,5 m, mientras que rebrotes de una temporada de crecimiento ya alcanzan esos valores. Rebotes de 10 años de edad frecuentemente tienen la misma apariencia y vigor de árboles de 18 o 20 años provenientes de semillas del mismo rodal (Winters y Osborne, 1935 cit. por Fowells, 1965).

De acuerdo a los estudios realizados por Krinard (1988), y considerando las tasas de crecimiento, recomienda la regeneración natural en vez de plantaciones, principalmente cuando los suelos son pobres.

4.1.2 Propagación artificial

4.1.2.1 Colección, extracción y almacenaje de semillas

Los frutos maduros pueden ser colectados de árboles cortados o en pie, escalándolos o sacudiéndolos. Los frutos cosechados prematuramente pueden madurar al ser almacenados con humedad y a una temperatura de 4,5 °C durante un mes (Bonner, 1974; Gordon y Rowe, 1982).

El porcentaje de pureza de la semilla varía entre un 90 a 95 % y la capacidad germinativa entre un 80 y 90 % (*Op. cit.*). Al respecto Webb *et al.* (1984) señalan valores del orden de 30 - 70 % de germinación. En el Cuadro 3 se indican algunos datos acerca de la calidad de las semillas.

CUADRO 3 CALIDAD DE LAS SEMILLAS

Variables	valores
Rango de semillas limpias por kg	143.000 - 250.000
Promedio de semillas limpias por kg	181.000
Porcentaje promedio de pureza (%)	93
Porcentaje promedio de germinación (%)	85
Promedio de semillas viables por kg	143.000

Fuente: Gordon y Rowe (1984)

Por otra parte Goebel y McGregor (1973) realizaron un estudio para determinar la producción de semillas de rodales puros de varias especies, entre ellas liquidambar. Después de cinco años de evaluación, se determinó que la producción varió ampliamente, y que dentro de esos años cada especie tuvo un año en el cual la producción fue mayor. En el caso particular de liquidambar el promedio de semillas viables fue de un 51 %. También se concluyó que al menos un 90 % de la producción de semillas se concentró a fines de otoño.

FAO (1966), señala que para América Latina, principalmente Argentina, la fecha de cosecha sería en el mes de julio. La edad de máxima fructificación se alcanzaría a los 20 años y el porcentaje de germinación sería de un 70 %. También menciona que el almacenaje solo requiere una humedad de un 7 %.

Al respecto, Bonner (1974) señala que las semillas pueden ser almacenadas a una humedad relativa de un 10 a 15 % en bolsas selladas a temperaturas de 1,5 a 4,5 °C; la viabilidad inicial puede ser mantenida en estas condiciones por al menos 4 años. Webb *et al.* (1984) indican que pueden ser almacenadas a un contenido de humedad del 5 a 15 % y con temperaturas entre 2 a 4 °C. Por su parte, Gordon y Rowe (1982) recomiendan condiciones de almacenaje secas (contenido de humedad bajo un 10 %).

4.1.2.2 Tratamientos pregerminativos

Las semillas de liquidambar muestran sólo una ligera dormancia, pero la tasa de germinación aumenta considerablemente cuando se aplica una estratificación fría; una estratificación en bolsas plásticas a 0,5 °C o mezclada con arena húmeda a 5 °C pueden favorecer la germinación. La duración del tratamiento puede variar de 15 a 90 días, aunque 30 días es el periodo más utilizado (Bonner, 1974). Al respecto, Webb *et al.* (1984) señalan que la estratificación debería ser en arena húmeda a 4 °C por 30 a 60 días.



Alternativamente, las semillas se pueden almacenar a temperaturas bajo 0°C, eliminándose entonces la estratificación (Mcelwee, 1970).

El porcentaje de germinación es satisfactorio cuando las semillas se remojan en agua a temperaturas de 1,5 a 5 °C por 14 a 20 días (Bonner, 1974).

Respecto a los requerimientos lumínicos y térmicos, resultados adecuados se han obtenido con regímenes de temperatura constante y alterna (Cuadro 4), no siendo necesaria luz para la germinación de semillas estratificadas (*Op. cit.*).

Por otra parte, Gordon y Rowe (1982) recomiendan temperaturas alternadas de 20 °C por 16 horas y 30 °C por 8 horas, pero con luz.

CUADRO 4
PRUEBAS DE GERMINACIÓN, CONDICIONES Y RESULTADOS

Periodo de Estratificación a 0,5 °C (Días)	Condiciones de los ensayos de germinación					Energía germinativa		Capacidad germinativa
	Periodo diario luz (Horas)	Medio	Temperatura		Duración (Días)	Total (%)	Periodo (Días)	Promedio (%)
			Día (°C)	Noche (°C)				
0	8	papel secante	30	20	28	76	21	85
30	8	Kimpak	30	20	25	86	14	95
15 - 45	ninguna	papel secante	29,5	29,5	30	---	---	85

Fuente: Bonner (1974)

También se han realizado ensayos de germinación en distintos suelos forestales. El porcentaje de plantas sanas obtenidas fue el siguiente: suelo arcilloso 37 - 69 %; capas de suelo fermentadas 22 - 78 %; humus 16 - 59 %; hojas 0 - 41 % (Eggler, 1953).

4.1.2.3 Viverización

Las semillas estratificadas deben ser sembradas en primavera, al voleo o en surcos, con una densidad de 215 - 270 por m². Una mezcla de aluminio con las semillas estratificadas en húmedo permite un flujo fácil en la sembradora. Las semillas son sembradas en la superficie y prensadas con un rodillo. FAO (1966) indica que en Argentina, la siembra se realiza cubriendo las semillas con 1 cm de tierra tamizada, en septiembre en Buenos Aires y en octubre y noviembre en Neuquén.

Es necesario realizar un buen control de malezas mediante fumigación del sustrato previo a la siembra. Bonner (1974) señala que la fumigación con Bromuro de metilo es muy beneficiosa.

Según FAO (1966), las plantas toleran bien la poda de raíces, aun ya grandes. Gilman y Yeager (1988) realizaron un estudio para determinar el efecto de la poda de raíces en plantas de varias especies de maderas duras, a los ocho meses de edad. Después de dos meses de realizada la poda, se concluyó que estimuló la regeneración de raíces en todas las especies. Sin embargo, las raíces laterales aumentaron solo en tres especies, incluyendo liquidambar.

Brown y Mc Alpine (1964 cit. por Koch, 1985) señalan que la poda de raíces puede ser usada para la propagación de liquidambar.

4.1.3 Propagación vegetativa

Bilan (1974) realizó una recopilación de información acerca de estudios de propagación vegetativa de liquidambar mediante el enraizamiento de estacas, concluyendo que la especie es difícil de enraizar; estacas de la parte superior del árbol presentan una mejor aptitud para enraizar que las estacas de la parte inferior; del mismo modo, estacas que presentan follaje enraízan mejor que las que no lo poseen.

Indica además, que la época en que se realiza el estaquillado juega un rol muy importante en el resultado, disminuyendo el éxito a medida que avanza la edad del tejido utilizado.

Respecto a la injertación, Steinbeck (1970 cit. por Farmer, 1974) señala que se han reportados algunos trabajos en liquidambar, presentándose pocos problemas.

Otra forma de propagar vegetativamente la especie es por medio de la yemación. Lynch y Goggans (1976) comprobaron que las yemas de liquidambar y dos especies injertadas en sus respectivos patrones, mostraron altos porcentajes de sobrevivencia (68 %), determinando además que la mejor época para realizarla es Junio (hemisferio sur).

Por otra parte, estudios realizados con plántulas desarrolladas mediante cultivo "in vitro" han sido capaces de fotosintetizar a altos niveles (Sommer *et al.*, 1985).

4.2 ESTABLECIMIENTO

4.2.1 Plantación

Las plantas se deben mantener en un ambiente húmedo y frío; pueden ser refrigeradas a temperaturas de 1,5 a 4,5 °C (Mcelwee, 1970).

En relación al tipo de contenedor, Webb *et al.* (1984), recomienda el empleo de plantas en tubete y/o a raíz desnuda.

La siembra directa realizada en sitios preparados, es factible en aquellas áreas que posean humedad elevada, para reducir el riesgo de muerte por sequía. En base a la poca experiencia con que se cuenta, la siembra directa se debería hacer en otoño con semilla no estratificada y en primavera con semilla estratificada (Mcelwee, 1970).

4.2.1.1 Densidad de plantación

Mcelwee (1970) señala que las plantas requieren plena luz, por lo que se debe controlar la vegetación invasora sobretodo durante el primer año. Teniendo en cuenta estas consideraciones, el autor indica que el espaciamiento dependerá del producto que se desee obtener, recomendando espaciamientos de 2,5 x 2,5 m y 3 x 3 m para madera pulpable, y 2,0 x 2,5 m para la producción de madera aserrada y chapa.

Los resultados de un estudio de espaciamiento realizado en el Delta del Mississippi, EE.UU., indican que el espaciamiento óptimo de liquidambar debería ser menor a 3,7 x 3,7 m. Con espaciamientos muy cerrados como 1,2 x 2,7 m disminuyen las tasas de crecimiento debido a sobrepoblación. Espaciamientos más amplios como 4,9 x 5,5 m implican una subutilización del suelo, principalmente en los primeros años de crecimiento (Krinard y Johnson, 1975 cit. por Gibson y Sossaman, 1976).

Estos autores evaluaron en Alabama, EE.UU., tres espaciamientos: 1,5 x 1,5 m, 2,1 x 2,1 m y 2,7 x 2,7 m. El ensayo se estableció en 1961, en un suelo arcilloso, el cual fue medido hasta los 15 años. Los resultados indican que a los 15 años de edad el promedio de volumen total por hectárea fue mayor en el espaciamiento de 2,1 x 2,1 m, sin presentar diferencias significativas respecto a los otros dos. Se observó que el volumen por árbol individual aumentó con la disminución de la densidad del rodal y estas diferencias fueron estadísticamente diferentes. Se apreció además, que el crecimiento del árbol individual fue mejor al aumentar los espaciamientos; así, a los 15 años de edad las tasas de crecimiento con espaciamientos menores es menor que la de espaciamientos mayores. El estudio concluye que para rotaciones cortas de la especie (12 a 20 años) en buenos sitios, un espaciamiento de 2,1 x 2,1 m parece ser

aconsejable si se quiere obtener astillas o pulpa como producto final. Espaciamientos mayores son aconsejables si se desea obtener madera como producto final.

En relación a la información recopilada, parece ser que el distanciamiento utilizado para la especie en general, oscila entre los 2,0 x 2,0 y los 4,0 x 4, 0 y sus combinaciones. En el Cuadro 5 se resume los distanciamientos mencionados en este punto.

CUADRO 5
DISTANCIAMIENTOS RECOMENDADOS EN BIBLIOGRAFÍA

Distanciamiento (m)	Objetivo de Producción	Referencia
2,5 x 2,5 - 3,0 x 3,0	pulpa	Mcelwee (1970)
2,0 x 2,5	madera aserrada y chapa	
2,1 x 2,1	pulpa y astillas	Krinard y Johnson (1975 cit. por Sossaman, 1976)
entre 2,1 x 2,1 y 3,7 x 3,7	madera de calidad	

4.2.1.2 Fertilización y riego

Los contenidos de humedad y nutrientes del suelo generalmente son las variables que más influyen en el crecimiento de los árboles.

Buckner y Maki (1977) evaluaron el efecto de la fertilización y riego sobre el crecimiento de liquidambar. En una plantación de 7 años de edad se comprobó que los árboles no fertilizados presentaban un crecimiento medio anual en altura de 0,64 m, mientras que en árboles fertilizados este valor fue de 0,73 m; en general, el crecimiento en altura fue superior en sitios regados. Sin embargo liquidambar no parece ser tan sensible a esta variable como otras especies que requieren cuidados y manejos culturales más intensivos.

El uso eficiente del agua, definido como la cantidad de materia seca producida por unidad de agua transpirada, fue estudiada por Raper *et al.* (1992) quienes determinaron que *Liquidambar styraciflua* y *Platanus occidentalis* produjeron un promedio de 132,2 g y 105,1 g de biomasa /m² de superficie de tierra , respectivamente, y transpiraron alrededor de 3,6 kg de agua/ g de biomasa producida. Por otra parte *Robinia pseudoacacia* creció mucho menos (14,0 g/m²) y transpiró seis veces más que las otras especies (22,2 kg de agua/m² de materia seca producida). Las especies típicas de ambientes mesomórficos (*Platanus* y *Liquidambar*) crecieron más rápido, transpiraron más agua y la usaron en forma más eficiente que Robinia, la cual es típica de ambientes más secos. Cabe señalar que las especies arbóreas usan en forma menos eficiente el agua que las especies herbáceas.

La respuesta a la fertilización con nitrógeno fue evaluada en plantaciones de Mississippi. La aplicación fue hecha al décimo día de plantación en 4 familias de liquidambar. Variables como la altura, incremento en biomasa, diámetro y área basal fueron monitoreadas por nueve años. En cuanto a productividad y respuesta a la fertilización, los resultados de las semillas originarias de sitios aluviales fueron superiores a los obtenidos de aquellas de origen montañoso. Todas las familias respondieron inmediatamente a la aplicación de nitrógeno (Nelson y Switzer, 1992).

La reabsorción de nutrientes foliares durante la senescencia es uno de los mecanismos de uso eficiente de los nutrientes, particularmente de nitrógeno y fósforo. Debido a esto Nelson *et al.* (1995) estudiaron: a) cambios en las características foliares atribuibles a las aplicaciones de N, y b) reabsorción de nutrientes durante la senescencia foliar. Tasas de 0, 100, 200 y 400 kg de N/ha se aplicaron en liquidambar de 9 años; la reabsorción se determinó en las siguientes tres temporadas. Antes de la senescencia, las concentraciones de N foliar fueron el doble; las concentraciones de P declinaron y las concentraciones de K, Ca y Mg no fueron afectadas por la aplicación de N. Pérdidas de nutrientes desde el follaje (reabsorción y/o lixiviación) de N, P, K y Mg, excepto Ca, fueron relacionados con la cantidad presente en la pre-senescencia foliar. El porcentaje promedio de reabsorción foliar fue el siguiente N: 62; P: 50; K: 48; Ca: 19 y Mg: 12. La reabsorción relativa no fue afectada por la aplicación de N para todos los nutrientes, excepto K. Los resultados indicaron que la reabsorción es un mecanismo importante para la conservación y eficiencia de nutrientes, influenciado más por las condiciones ambientales (agua) que por los niveles nutricionales.

Una técnica para determinar deficiencias nutricionales es el análisis foliar. El U.S.D.A. (1951, cit. por Koch, 1985), encontró una correlación significativa entre el contenido de nitrógeno y el índice de sitio. En los sitios pobres la disponibilidad de nitrógeno máxima medida en las hojas, fue inferior al 1,8 %; en sitios mejores este contenido osciló entre un 2,0 y 2,6 %.

En algunos estudios Finn (1953 cit. por Koch, 1985) no encontró correlación entre el calcio foliar y el índice de sitio o el crecimiento diametral, pero si encontró correlación entre el contenido de calcio foliar con el número de raíces por m². De igual manera, el potasio y el fósforo foliar no estaban relacionados con el índice de sitio, sino con el crecimiento diametral, densidad del rodal o número de raíces.

En el Cuadro 6 se indican los componentes foliares de liquidambar.

CUADRO 6
CONTENIDO FOLIAR DE CENIZA Y ELEMENTOS INORGÁNICOS EN
Liquidambar styraciflua

Referencia	Ceniza	Ca	K	Mg	Mn	P	N	Cu	Fe	Na	S	Zn
	%	mg / g										
Machargue y Roy (1932)	8,2	19,7	6,0	4,3	0,7	2,9	15,1	0,009	0,2	0,7	0,1	0,03
Metz (1952); Coile (1937)	6,9	13,0	--	4,7	--	--	4,9	--	--	--	--	--

Fuente: Modificado de Koch (1985)

4.2.1.3 Micorrización

Debido al aumento de la demanda por esta especie en Estados Unidos, desde la década de los años 70 se ha intentado determinar si las asociaciones micorrízicas afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas de liquidambar, tanto en vivero como en el sitio de plantación.

Bryan y Ruehle (1976) realizaron un ensayo donde se inoculó el suelo del estudio con el hongo endomicorrízico *Glomus mosseae*. Del estudio se desprende que las plantas micorrizadas fueron un 82 % más altas y los ápices y raíces fueron un 149 y 140 % respectivamente más gruesas que en las plántulas no micorrizadas (Cuadro 7).

CUADRO 7
EFFECTO DE LA MICORRIZACION EN EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE
LIQUIDAMBAR

Tratamiento	Altura (cm)	Peso verde (g)	
		Apice	Raíces
<i>Glomus mosseae</i>	29,9	11,7	12,0
Control	16,4	4,7	5,0

Fuente: Bryan y Ruehle (1976)

En el Cuadro 7 se observa el efecto benéfico de la infección micorrízica en el crecimiento y desarrollo de plántulas de liquidambar de 6 meses, donde se aprecia que esta especie es altamente dependiente de las asociaciones con micorrizas.

Otro efecto beneficioso de la micorrización se observó en un ensayo realizado por Simmons y Pope (1987), en el cual se determinó que plantas de liquidambar inoculadas con *Glomus fasciculatum* mostraron los crecimientos

radiculares mayores para los diferentes grados de compactación de los sustratos ensayados. Esto sugiere que los efectos de la compactación del suelo sobre el crecimiento de las raíces se pueden ver disminuidos cuando estas son inoculadas con hongos micorrízicos.

Al respecto South (1977) señala que la contaminación del suelo cuando es fumigado con bromuro de metilo, aumenta el crecimiento del largo y diámetro de las plántulas de liquidambar. Sin embargo, el autor indica que los efectos benéficos de la inoculación se pueden reducir cuando se realiza bajo una alta concentración de fertilizantes. Esto se demostró en un vivero donde se produjo una interacción entre la inoculación y la aplicación de fósforo, observándose una reducción del crecimiento de las plántulas al aplicar fósforo.

En relación a este punto Kormanik *et al.* (1977) realizaron un estudio cuyo propósito era determinar si distintas tasas de fertilidad del suelo aumentan el crecimiento de plantas de liquidambar micorrizadas y determinar si la inoculación artificial con el hongo endomicorrízico ***Glomus mosseae***, con distintos niveles de fertilidad, aumenta el tamaño de las plantas. Se vio que las plántulas no micorrizadas sufrieron gran mortalidad y presentaron un mínimo desarrollo durante la temporada en comparación con las plantas micorrizadas. También se observó que el crecimiento en altura presentó diferencias significativas con diferentes niveles de fertilización del suelo. Los autores concluyen que los efectos benéficos de la micorrización sobre plántulas de liquidambar no se vieron alteradas por la alta fertilidad del suelo.

4.2.1.4 Control de Malezas

La competencia por humedad y nutrientes puede afectar el crecimiento (Kramer y Kozlowski, 1979 cit. por Whigham, 1984).

Whigham (1984) evaluó el crecimiento diametral de rodales abandonados de 40 años. La remoción de maleza desde el tronco, ramas y suelo tuvo un efecto positivo en el crecimiento de los árboles durante los cuatro años del estudio. Sin embargo la extracción de maleza y ramas solo desde el tronco no produjo un aumento significativo en el crecimiento diametral de los árboles.

En plántulas de liquidambar se observó que ***Festuca arundinacea*** redujo el crecimiento debido a efectos alelopáticos.

La presencia de malezas o enredaderas puede suprimir el crecimiento de la copa de los árboles (Op. cit.). Holbrook y Putz (1989), señalan que la presencia de competidores (maleza, árboles, etc.) provocan un cambio en la distribución de la biomasa del árbol, disminuyendo principalmente el crecimiento diametral y peso seco y aumentando el crecimiento en altura, lo que muchas veces incide en las propiedades mecánicas de la madera.

Se evaluaron los efectos de la presencia de maleza en la altura y diámetro basal en plantaciones de liquidambar de 5 años en Alabama y Carolina del sur, mediante el uso de herbicidas (glifosato solo o con oxifluoruro o oxadiazon), cultivos y una combinación de ambos. Comparado con el tratamiento control, todos los tratamientos provocaron un aumento del crecimiento; sin embargo, tanto el crecimiento como la sobrevivencia fue mayor en los cultivos a los cuales se les aplicó herbicidas (Zutter *et al.*, 1987).

Kennedy (1984) realizó un estudio con el fin de evaluar distintos tratamientos para combatir la maleza en rodales de maderas duras, entre ellas liquidambar. Se comparó un tratamiento testigo; aradura de disco de 10 y 15 cm de profundidad del suelo, y a 15 y 30 cm de las plantas; roce total de la vegetación a 10 cm alrededor del tallo. La respuesta fue evaluada comparando distintos niveles de absorción foliar de nutrientes. Los resultados indican que el mejor método de remoción de la vegetación invasora fue la aradura de disco, pues permitió una mayor absorción de nutrientes por parte de la planta, así como mayor disponibilidad de agua y luz al evitar la competencia. Sin embargo, liquidambar fue una de las especies cuyos requerimientos nutricionales fueron bajos, lo que podría constituir un factor importante de adaptación de la especie a amplios rangos de distribución.

Para mejorar la sobrevivencia y favorecer el crecimiento inicial de las plantas de liquidambar, Kaszkurewicz y Keister (1975), recomiendan seleccionar cuidadosamente el sitio, usar plantas con raíces bien desarrolladas, y utilizar el mulching como método principal para controlar la maleza y conservar la humedad del suelo.

4.3 MANEJO

4.3.1 Crecimiento

Los árboles jóvenes tienen un crecimiento cónico y las ramas crecen en ángulo agudo desde el fuste (Trenk, 1929 cit. por Fowells, 1965). Chittenden (1906 cit. por Fowells, 1965) señala que los árboles maduros tienen un crecimiento circular y extendido, y que las copas de los árboles sobremaduros generalmente se quiebran.

Tamaños máximos logrados por liquidambar en diferentes partes de los EE.UU. se presentan en el Cuadro 8:

CUADRO 8
CRECIMIENTOS MÁXIMOS ALCANZADOS EN EE.UU.

Localidad	Altura (m)	Diámetro (cm)
Northeast	15 - 23	----
Mississippi, fondo de río	46	153
Maryland, tierras altas bien drenadas	20	46 - 64
Maryland, fondo de río	34	91 - 107
Terrenos pantanosos, Costa plana	37	122

Fuente: Fowells (1965)

Chittenden (1906 cit. por Fowells, 1965) en una evaluación del desarrollo de la especie señala que el árbol tiende a bifurcarse en una etapa definida. Los resultados muestran que los vástagos en Carolina del Sur tienden a bifurcarse cuando alcanzan 40 cm de DAP, obteniéndose largos de hasta 18 m antes de la bifurcación. En Missouri, se alcanzaron los mismos largos máximos de vástagos sin bifurcación, pero con tasas de crecimientos inferiores. La bifurcación no ocurrió hasta que los árboles fueron de mayor edad y de DAP mayores que los primeros. En Maryland, los crecimiento en altura tienden a detenerse entre los 65 y 70 años de edad (Trenk, 1929 cit. por Fowells, 1965).

El promedio de 10 años de crecimiento en diámetro para árboles sobremaduros fue de 5 cm, y para árboles jóvenes en el mismo período fue estimado en 6 a 8 cm. En el Cuadro 9 se indican las tasas de crecimiento diametral en 10 años, según vigor.

CUADRO 9
CRECIMIENTO DIAMETRAL SEGÚN VIGOR

Vigor (clases)	Crecimiento diametral (cm)
Alta	8 - 10
Media	5 - 8
Baja	3 - 5

Fuente: Fowells (1965)

Bylin (1982), realizó un estudio de predicción de volumen de varias especies utilizando datos obtenidos en 1973 como parte de un programa de utilización de madera en Louisiana, EE.UU. El volumen comercial se consideró desde la altura de tocón (30 cm desde el suelo) hasta la zona no dañada o sin pudrición y con un diámetro de 10 cm con corteza. El volumen aserrable se consideró desde la altura del tocón hasta un largo sin defecto y un diámetro de 18 cm con corteza.



El volumen de cada árbol fue calculado usando las fórmulas *Neiloid Frustrum* y la de *Smalian*. El volumen entre el DAP y altura de tocón fue calculado mediante la siguiente formula:

$$V = (4,5 - H) \cdot (ABT + (ABD \cdot ABT^2)^{1/3} + (ABT \cdot ABD^2)^{1/3} + ABD) / 4$$

Donde:

- V : Volumen (pie³)
 H : Altura de tocón
 ABT : Área basal de diámetro de tocón sin corteza (pie²)
 ABD : Área basal de DAP sin corteza (pie²)

El volumen sobre el DAP fue calculado usando la fórmula de *Smalian*:

$$\sum_{i=1}^n (L_i \cdot \pi) / 288 \cdot (Dm_i^2 + DM_i^2) / 4$$

Donde:

- Dm_i : Diámetro inferior sin corteza (pulgadas)
 DM_i : Diámetro superior sin corteza (pulgadas)
 π : 3,14159
 n : número de secciones medidas.

En el Cuadro 10 se muestran los rangos, promedios de altura, DAP y diámetros comercializables y aserrables de liquidambar.

CUADRO 10
PROMEDIOS Y RANGOS DE VALORES DASOMÉTRICOS

Variables	Valores
Nº de individuos	
madera aserrable	66
total o madera comerciable	119
DAP (cm)	
promedio	32,26
rango	10,2 - 105,2
Altura de tocón (m)	
promedio	0,30
rango	0,09 - 0,46
Diámetro de tocón (cm)	
rango sin corteza	12,45 - 69,59
rango con corteza	13,46 - 72,39
Diámetros comerciables (cm)	
sin corteza	
promedio	15,49
máximo	42,93
con corteza	
promedio	16,76
máximo	44,45
Diámetros aserrables (cm)	
sin corteza	
promedio	25,15
máximo	42,93
con corteza	
promedio	27,18
máximo	44,45

Fuente: Bylin (1982)

Las ecuaciones de regresión usadas por Bylin (1982) en su estudio se señalan en los Cuadros 11 y 12.

CUADRO 11
ECUACIONES DE REGRESIÓN OBTENIDAS USANDO DIÁMETRO DE TOCÓN

Ecuaciones	Coeficientes		Error estándar	Coeficiente de Correlación	Nº de muestras
	b_0	b_1			
$VT = b_0 + b_1 \cdot DTSC^2$	-2,575	0,132	7,01	0,86	119
$VC = b_0 + b_1 \cdot DTSC^2$	-1,196	0,120	6,54	0,85	119
$VA = b_0 + b_1 \cdot DTSC^2$	-6,901	0,120	8,97	0,63	66
$VT = b_0 + b_1 \cdot DTCC^2$	-3,360	0,121	7,06	0,85	119
$VC = b_0 + b_1 \cdot DTCC^2$	-2,706	0,110	6,56	0,85	119
$VA = b_0 + b_1 \cdot DTCC^2$	-8,916	0,113	9,02	0,62	66

Fuente: Bylin (1982)

En las ecuaciones del Cuadro 11 se consideró como variable, el diámetro de tocón DTCC y DTSC (pulgadas) con y sin corteza, respectivamente. Los volúmenes obtenidos son:

VT= Volumen total (pie³)

VC= Volumen Comercial (pie³)

VA= Volumen Aserrable (pie³)

CUADRO 12
ECUACIONES DE REGRESIÓN OBTENIDAS USANDO DIÁMETRO DE TOCÓN Y ALTURA DE TOCÓN

Ecuaciones	Coeficientes			Error Estándar	Coeficiente de Correlación	Nº de Muestras
	b ₀	b ₁	b ₂		R ²	
VT= b ₀ + b ₁ · DTSC ² + b ₂ · HT	- 4,396	0,129	2,750	8,50	0,82	119
VC= b ₀ + b ₁ · DTSC ² + b ₂ · HT	- 2,592	0,116	1,609	7,80	0,82	119
VA= b ₀ + b ₁ · DTSC ² + b ₂ · HT	-13,361	0,122	5,388	9,68	0,65	66
VT= b ₀ + b ₁ · DTCC ² + b ₂ · HT	- 5,073	0,119	2,363	8,49	0,82	119
VC= b ₀ + b ₁ · DTCC ² + b ₂ · HT	- 3,208	0,107	1,215	7,75	0,82	119
VA= b ₀ + b ₁ · DTCC ² + b ₂ · HT	-15,405	0,114	5,610	9,67	0,65	66

Fuente: Bylin (1982)

Las variables consideradas fueron la altura de tocón (HT) en pies y el diámetro de tocón con y sin corteza (DTCC y DTSC) en pulgadas, respectivamente.

El autor señala que estas ecuaciones se invalidan cuando son aplicadas a tocones irregulares, es decir con pudrición, agrietados, etc; los volúmenes obtenidos son generales, de modo que cualquier defecto debe ser ignorado. Sin embargo, ocupando estas ecuaciones el volumen total, comercial y aserrable puede ser predecido con exactitud, cuando los árboles ya se han cortados.

Schlaegel (1984), construyó tablas de volumen y peso con 54 árboles; usó ecuaciones de regresión alométricas para estimar el volumen y peso de trozas maderables. El modelo utilizado es el siguiente:

$$\ln(Y) = b_0 + b_1 \cdot \ln(D^2 \cdot H)$$

donde,

Y : Volumen o peso

b₀ y b₁ : coeficientes estimados

D : DAP
H : altura total

Estimaciones de los coeficientes b_0 y b_1 son presentados en el Cuadro 13 para la predicción del volumen en pie^3 , usando DAP y altura total.

CUADRO 13
COEFICIENTES DE REGRESIÓN ESTADÍSTICA PARA DETERMINAR VOLUMEN
 $\text{Ln}(Y) = b_0 + b_1 \cdot \text{Ln}(D^2 \cdot H)$

Componente	Promedio Y	b_0	b_1	S _e Error Estándar	%CV. Coef. Variación
a.Troza madera	48,5	-6,048	0,97280	7,30	15,1
b.Trozo corteza	5,8	-7,123	0,87919	1,41	24,2
c.Troza total	54,3	-5,778	0,95842	7,89	14,5
d.Arbol total, excluyendo hojas	74,0	-5,658	0,96634	12,55	17,0

Fuente: Schlaegel (1984)

En el Cuadro 14 se señalan los volúmenes obtenidos en base al DAP y altura total del árbol, usando los coeficientes indicados en el Cuadro 13 para calcular volumen de troza maderable sin corteza ($\text{Ln}(Y) = -6,048 + 0,97280 \cdot \text{Ln}(D^2 \cdot H)$).

CUADRO 14
VOLÚMENES OBTENIDOS PARA LIQUIDAMBAR SEGÚN DAP Y ALTURA TOTAL

DAP (cm)	Altura total (m)													
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	34	37	40	43
	Volumen sin corteza (m3)													
3	0,001	0,001	0,002											
5	0,003	0,005	0,007	0,009										
8		0,010	0,016	0,020	0,025									
10			0,027	0,036	0,045	0,053								
13			0,042	0,055	0,069	0,082	0,095							
15				0,079	0,098	0,117	0,136	0,155						
18				0,107	0,132	0,158	0,184	0,209	0,235					
20				0,138	0,172	0,205	0,238	0,271	0,303					
23				0,174	0,216	0,258	0,300	0,342	0,382					
25					0,265	0,317	0,368	0,419	0,470	0,521				
28					0,320	0,382	0,441	0,504	0,566	0,625				
30					0,379	0,450	0,524	0,597	0,671	0,741	0,815			
33						0,526	0,614	0,699	0,781	0,866	0,951			
36						0,608	0,708	0,807	0,903	1,002	1,098			
38						0,696	0,809	0,923	1,033	1,146	1,257			
41						0,790	0,917	1,044	1,172	1,299	1,423			
43						0,889	1,033	1,177	1,319	1,460	1,602	1,746		
46						0,993	1,155	1,313	1,474	1,633	1,791	1,950		
48						1,104	1,282	1,460	1,639	1,814	1,989	2,165	2,340	
51							1,418	1,613	1,808	2,004	2,199	2,394	2,587	2,782
53							1,559	1,774	1,989	2,205	2,420	2,632	2,858	3,056
56							1,706	1,941	2,179	2,414	2,649	2,887	3,113	3,339
58							1,859	2,117	2,374	2,632	2,887	3,141	3,396	3,651
61								2,301	2,581	2,858	3,141	3,424	3,679	3,962
64								2,490	2,793	3,085	3,396	3,707	3,990	4,302
66								2,689	3,028	3,339	3,651	3,990	4,302	4,641
69								2,887	3,255	3,594	3,934	4,302	4,641	4,981
71								3,113	3,481	3,849	4,245	4,613	4,981	5,349
74								3,311	3,736	4,132	4,528	4,953	5,320	5,717
76									3,990	4,415	4,839	5,264	5,688	6,113
79									4,245	4,698	5,151	5,603	6,056	6,537
81									4,528	5,009	5,490	5,971	6,452	6,934
84									4,783	5,320	5,830	6,339	6,849	7,358
86									5,094	5,632	6,169	6,707	7,273	7,811
89									5,377	5,943	6,537	7,103	7,698	8,377
91									5,688	6,283	6,905	7,500	8,122	8,716

Fuente: Schlaegel (1984)

Estas ecuaciones fueron desarrolladas usando árboles del límite del rango geográfico de su distribución natural. Por consiguiente, las predicciones pueden ser menos precisas cuando las ecuaciones se aplican en otras áreas. Sin embargo,

usando el diámetro superior de la troza en forma adicional al DAP, este problema puede ser aliviado.

De acuerdo con lo señalado por el autor, el volumen estimado de las trozas puede ser mejorado significativamente usando mediciones adicionales de diámetros a distintas alturas del árbol. Los modelos utilizados son los siguientes:

$$(a) \quad \ln(Y) = b_0 + b_1 \cdot \ln(D \cdot D_{1/3} \cdot H)$$

$$(b) \quad \ln(Y) = b_0 + b_1 \cdot \ln((D \cdot D_{1/2} \cdot D_{1/4}^2) \cdot H)$$

donde,

$D_{1/2}$: diámetro sin corteza a la mitad de la altura total del árbol
 $D_{1/3}$: diámetro sin corteza a un tercio de la altura total del árbol
 $D_{1/4}$: diámetro sin corteza a un cuarto de la altura total del árbol

En los Cuadros 15 y 16 se muestran los coeficientes utilizados en los modelos anteriormente señalados con las letras (a) y (b).

Para reducir el error estándar en un 40 % aproximadamente, se utilizó un diámetro adicional ($D_{1/3}$) que correspondió a un tercio de la altura total del árbol. Utilizando otros dos diámetros adicionales ($D_{1/2}$ y $D_{1/4}$) se puede aumentar la precisión, pero a la vez aumentan significativamente los costos de medición.

CUADRO 15
COEFICIENTES ESTADÍSTICOS PARA DETERMINAR VOLUMEN SEGÚN EL
MODELO $\ln(Y) = b_0 + b_1 \cdot \ln(D \cdot D_{1/3} \cdot H)$

Componente	Promedio Y	b_0	b_1	S_e Error Estándar	% Coeficiente de Variación
Troza madera	48,5	-5,917	0,99082	4,20	8,9
Trozo corteza	5,8	-7,011	0,89596	1,34	23,0
Troza total	54,3	-5,651	0,97630	4,46	8,2

Fuente: Schlaegel (1984)

CUADRO 16
COEFICIENTES ESTADÍSTICOS PARA DETERMINAR VOLUMEN SEGÚN EL
MODELO $\ln(Y) = b_0 + b_1 \cdot \ln((D \cdot D_{1/2} \cdot D_{1/4}^2) \cdot H)$

Componente	Promedio Y	b ₀	b ₁	S _e Error Estándar	% Coeficiente de Variación
Troza madera	48,5	-6,566	1,00705	2,18	4,5
Trozo corteza	5,8	-7,603	0,91105	1,40	24,0
Troza total	54,3	-6,291	0,99238	2,50	4,6

Fuente: Schlaegel (1984)

Se obtiene un 7,5 % de porcentaje de corteza con los modelos analizados en los diversos estudios (Bylin, 1982). Por su parte, Schlaegel (1984) estima volumen de corteza entre un 10 y un 15 % con respecto al volumen total.

Phillips (1981 cit. por Koch, 1985) señala porcentajes de corteza para especies de maderas duras (basas secas) en el Piedmont de Georgia y Sur de Carolina, EE.UU. incluidos en el Cuadro 17. Los valores obtenidos corresponden a promedios de 18 a 25 árboles, con DAP entre los 2,5 a 12,5 cm, siendo el promedio de 7,6 cm.

CUADRO 17
PORCENTAJE DE CORTEZA EN ESPECIES DE MADERAS DURAS

Especies	Tronco (%)	Ramas (%)	Árbol entero vivo (%)
<i>Carya sp.</i>	28,1	32,4	28,7
<i>Acer rubrum</i>	14,9	22,5	16,8
<i>Quercus stellata</i>	20,2	38,2	22,2
<i>Quercus falcata</i>	27,9	30,6	28,3
<i>Quercus alba</i>	23,4	35,0	24,7
<i>Liquidambar styraciflua</i>	22,9	30,6	24,0
<i>Liriodendron tulipifera</i>	21,8	32,2	23,5

Fuente: Modificado de Koch (1985)

En el Cuadro 18 se indica el porcentaje promedio de corteza seca y verde de liquidambar, en la zonas del Piedmont de Georgia, EE.UU. Los árboles utilizados presentan clases diamétricas entre los 15,2 a 50,8 cm. Se puede apreciar claramente que más de la mitad de la corteza del árbol se concentra principalmente en el tronco.

CUADRO 18
DISTRIBUCIÓN DE CORTEZA EN TRONCO Y RAMAS DE LIQUIDAMBAR

Clase de DAP	Prom. Altura total	Numero de Arboles	Peso corteza Árbol vivo	Proporción de Corteza								
				Tronco				Ramas (cm)				
				Ase-rrable	Pulpa-ble	Troz as super.	Total tronco	≥ 10	< 10 y ≥ 5	< 5 y > 1,2	≤ 1,2	Total ramas
(cm)	(m)	(N)	(kg)	(Porcentaje %)								
Madera pulpable verde												
15	16,46	3	19,52	-	46	28	74	-	-	26	2	28
20	20,42	3	44,04	-	65	10	75	-	-	21	4	25
25	25,30	3	69,92	-	70	10	80	-	4	13	3	20
Prom.	20,73	3	44,49	-	60	16	76	-	1	20	3	24
Madera aserrable verde												
30	23,77	3	109,87	40	21	3	64	-	5	24	7	36
35	27,74	3	197,04	52	11	2	65	-	6	22	7	35
40	27,43	3	267,41	54	11	2	67	7	5	17	4	33
45	28,65	3	308,72	39	11	2	52	18	9	16	5	48
50	30,16	3	397,70	38	12	2	52	12	16	15	5	48
Prom.	27,43	3	256,06	45	13	2	60	7	8	19	6	40
Madera pulpable seca												
15	16,46	3	9,53	-	48	28	76	-	-	22	2	24
20	20,42	3	22,70	-	68	12	80	-	-	16	4	20
25	25,30	3	33,77	-	74	10	84	-	4	10	2	16
Prom.	20,73	3	23,15	-	63	17	80	-	1	16	3	20
Madera aserrable seca												
30	23,77	3	54,03	43	23	3	69	-	4	22	5	31
35	27,74	3	103,51	58	11	2	71	-	5	18	5	28
40	27,43	3	160,72	58	12	2	72	6	4	14	4	28
45	28,65	3	162,99	43	12	2	57	16	8	14	5	43
50	30,16	3	206,57	42	13	2	57	11	15	13	4	43
Prom.	27,43	3	137,56	49	14	2	65	7	7	16	5	35

Fuente: Modificado de Koch (1985)

Los diámetros de trozas aserrables utilizados en los Cuadros 18 y 19 están sobre los 20 cm, los de madera pulpable oscilan entre los 10 y 20 cm, y los de las trozas superiores del árbol varían entre los 5 y 10 cm.

En el Cuadro 19 se indica el peso verde y seco promedio de madera de liquidambar en el Piedmont de Georgia, EE.UU., y la distribución y porcentaje de madera en el tronco y ramas.

CUADRO 19
DISTRIBUCIÓN DE MADERA EN TRONCO Y RAMAS DE LIQUIDAMBAR

Clase de DAP	Prom. Altura total	Número de Árboles	Peso madera Árbol vivo	Proporción de Madera								
				Tronco				Ramas (cm)				
				Ase-rrable	Pulpa-ble	Trozas super.	Total tronco	≥ 10	< 10 y ≥ 5	< 5 y > 1,2	≤ 1,2	Total ramas
(cm)	(m)	(N)	(kg)	(Porcentaje %)								
Madera pulpable verde												
15	16,46	3	95,79	-	63	26	89	-	-	10	1	11
20	20,42	3	242,44	-	80	10	90	-	-	9	1	10
25	25,30	3	440,83	-	89	4	93	-	1	5	1	7
Prom.	20,73	3	259,69	-	78	13	91	-	-	8	1	9
Madera aserrable verde												
30	23,77	3	652,85	57	23	3	83	-	2	13	2	17
35	27,74	3	1259,85	75	10	1	86	-	3	9	2	14
40	27,43	3	1459,16	75	10	1	86	4	3	6	1	14
45	28,65	3	2108,38	64	11	0,4	76	11	5	7	1	24
50	30,16	3	2620,49	62	15	0,3	77	8	8	6	1	23
Prom.	27,43	3	1620,33	67	14	1	82	5	4	8	1	18
Madera pulpable seca												
15	16,46	3	43,13	-	63	25	88	-	-	11	1	12
20	20,42	3	108,05	-	79	10	89	-	-	10	1	11
25	25,30	3	204,75	-	87	5	92	-	1	6	1	8
Prom.	20,73	3	118,49	-	77	13	90	-	-	9	1	10
Madera aserrable seca												
30	23,77	3	307,81	57	22	3	82	-	4	12	2	18
35	27,74	3	602,00	75	10	1	86	-	2	10	2	14
40	27,43	3	699,16	74	11	1	86	4	3	6	1	14
45	28,65	3	998,80	62	12	0,5	74	12	5	8	1	26
50	30,16	3	1236,24	59	15	0,4	74	9	9	7	1	26
Prom.	27,43	3	768,62	65	14	1	80	5	5	9	1	20

Fuente: Modificado de Koch (1985)

4.3.2 Raleos

Fowells (1965) señala que la especie responde escasamente al raleo, excepto cuando joven, es decir, bajo los 25,5 cm de DAP.

En rodales densos se necesita efectuar raleos antes de los 18 años de edad; también se deben eliminar los árboles bifurcados o de mala forma, aunque sean de diámetros mayores (Krinard, 1988).

Alonzo *et al.* (1968) señalan datos de crecimiento de plantaciones de liquidambar plantadas en 1948, en la Estación Forestal "Domingo F. Sarmiento", ubicada en el Delta del Paraná (Argentina). La plantación se realizó a una densidad inicial de 3.333 plantas por ha; a los 12 años el rodal fue raleado a 1.850 plantas por ha. El incremento medio anual (excluyendo los raleos) fue de 23,5 m³ / ha; el rango del factor de forma fluctuó entre 0,33 y 0,41. La tendencia de crecimiento se puede mantener efectuando raleos oportunos. Sin embargo, mayores crecimientos pueden ser obtenidos en mejores sitios.

McGarity (1979) evaluó un rodal en Mississippi de 8,4 m² de área basal, que fue raleado a los 13 años de edad. Se raleó a 6,1 y 4,2 m² en 1966; se concluyó que los raleos producen un aumento significativo de volumen; el raleo a 6,1 m² obtuvo los mejores rendimientos por hectárea, pero el raleo a 4,2 m² redujo los niveles medios de crecimiento al utilizar completamente el sitio.

4.3.3 Podas

La especie presenta poda natural adecuada en rodales densos, y por lo tanto un alto porcentaje de madera libre de nudos (Davis y Beals, 1977).



5. PRODUCCIÓN Y MADERA

5.1 CARACTERÍSTICAS Y CLASIFICACIÓN

5.1.1 Características macroscópicas

La madera de liquidambar posee una textura uniforme, suave y dúctil, con poros difusos, apreciada por la industria maderera. El lustre, satín y vetado café-rojizo han conquistado admiración universal; de hecho su madera ha sido llamada "*nogal satinado*" en Europa (SHLMA, s.f.; Koch, 1985).

Koch (1985), señala que la transición entre lo que es madera de crecimiento temprano y tardío es gradual y casi imperceptible, a diferencia de los *Quercus*. El color de la madera temprana (albura) es rosado muy claro y el de la madera tardía (duramen) café rojizo, a menudo con rayas oscuras irregulares.

5.1.2 Características microscópicas

El proceso químico de pulpaje que implica remover la lignina y recuperar la celulosa de la madera, hace preferir especies con alto contenido de celulosa y menor proporción de lignina. Por ello especies de maderas duras como *Liquidambar styraciflua* son aptas para estos procesos, debido a su alto contenido de celulosa y pentosa (azúcares de 5 carbono) y menor contenido de lignina y extraíbles de resina soluble en petróleo y éter (Koch, 1985).

En el Cuadro 20 se señalan los componentes químicos de madera seca de liquidambar creciendo en sitios pineros de EE.UU., al sudeste de Georgia y este de Tennessee.

CUADRO 20
PORCENTAJE DE COMPONENTES QUÍMICOS DE LIQUIDAMBAR

Nº de árboles	Zona	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina	Extraíbles	Ceniza
20	Georgia	42,8	30,1	25,7	1,1	0,3
1	Georgia	43,4	31,0	23,7	1,6	0,3
indeterminado	Tennessee	40,8	30,7	22,4	5,9	0,2

Fuente: Hergert *et al.* (1977, cit. por Koch, 1985).

Se puede observar que el contenido promedio de extraíbles de la madera de liquidambar es menor al 2 % (Georgia, EE.UU.); en contraste con la madera de



liquidambar en Tennessee, que presenta un 5,9 % de extraíbles, el cual contiene 3,7 % de fenoles, 1,7 % de carbohidratos y 0,5 % de resina (*Op. cit.*).

Es importante conocer la proporción de tejidos de la madera, especialmente para la fabricación de papel; elementos como vasos y parénquima longitudinal y radial son más cortos y delgados que las fibras y contribuyen muy poco a la resistencia del papel. En el Cuadro 21 se presentan los porcentajes promedios de los elementos que constituyen la madera de liquidambar; estos porcentajes promedios corresponden a ejemplos de 10 árboles muestreados a lo largo de su distribución sur.

CUADRO 21
PROPORCIÓN DE ELEMENTOS DE LA MADERA EN TRONCOS Y RAMAS DE
Liquidambar styraciflua

Madera	Vasos (%)	Fibras (%)	Radios (%)	Parénquima (%)
Tronco	46,2	37,6	14,0	2,1
Ramas	49,5	35,3	13,2	1,9

Fuente: Modificado de Koch (1985)

En comparación con otras especies de maderas duras, como por ejemplo los ***Quercus***, liquidambar presenta un alto porcentaje de vasos tanto en las ramas como en el tronco. Por su parte el porcentaje de fibras presentes es en general muy bajo en comparación con los ***Quercus***, ***Ulmus*** y ***Fraxinus*** (40 a 57 %).

En función de los productos deseados, el largo de fibras es un componente importante que puede afectar su resistencia. Manwiller (1974, cit. por Koch, 1985) detalla los largos de fibras de 22 especies de maderas duras que crecen el sur de los EE.UU. De todas las especies analizadas se detectó que ***Acer rubrum*** presentaba las fibras más cortas (0,83 mm en la madera del tronco y 0,66 mm en la madera de las ramas). En cambio, ***Liquidambar styraciflua*** y ***Nyssa sylvatica*** presentaron el largo de fibras mayor tanto en la madera de tronco (1,54 y 1,20 mm) como el de las ramas (1,76 y 1,40 mm), respectivamente.

El largo de fibras puede variar por muchos factores; Kellison-Zobel (1971, cit. por Koch, 1985) indican que en árboles jóvenes el largo promedio tiene un rango que fluctúa entre los 1,4 a 2,2 mm.

Uno de los factores que hace variar el largo de fibras es la ubicación geográfica, especialmente la latitud. En un estudio realizado por Hunter y Goggans (1969, cit. por Koch, 1985) se señala que los árboles que crecen en el norte de Alabama presentan las fibras más cortas (1,790 mm) y los que crecen en el sudeste tienen las fibras más largas (1,827 mm); los árboles del sudoeste presentaban un largo



intermedio (1,807 mm). Las fibras más largas se obtuvieron con estaciones de crecimiento largas y períodos prolongados de lluvias de verano.

En relación a la proporción de parénquima longitudinal, este es considerablemente inferior al observado en otras especies de maderas duras, cuyo porcentaje de parénquima oscila entre 15 y 31 % (Manwiller, 1974 cit. por Koch, 1985).

5.1.3 Propiedades físicas

Liquidambar tiene un peso específico medio de 550 kg/m^3 ; su dureza y densidad son medias (SHLMA, s.f.)

De acuerdo con lo que señalado por Koch (1985), la densidad verde de esta especie con corteza es de 945 kg/m^3 . En el Cuadro 22 se indican las distintas densidades observadas en liquidambar.

CUADRO 22
DENSIDAD VERDE OBSERVADA EN *Liquidambar styraciflua*

	Tronco (Kg/m^3)		Ramas (Kg/m^3)		Árbol con corteza (kg/m^3)
	sin corteza	con corteza	sin corteza	con corteza	
liquidambar	998,73	949,04	942,63	921,79	945,83

Fuente: Modificado de Koch (1985)

Chittenden y Hatt (1905, cit. por Koch, 1985) indican un peso seco de $484,14 \text{ kg/m}^3$ para la madera de liquidambar.

La madera seca al aire (15 % C.H) pesa alrededor de $519,41 \text{ kg/m}^3$. Por otra parte la madera verde en Hollywood y Alabama tiene un peso promedio de $937,73 \text{ kg/m}^3$.

5.1.4 Propiedades mecánicas

En el Cuadro 23 se pueden apreciar los valores de algunas propiedades mecánicas de liquidambar determinadas por el U.S. Forest Products Laboratory. Los valores que se muestran en la primera línea (a) corresponden a material verde y el valor de la segunda línea (b) señala material seco al aire con los resultados ajustado a un 12 % contenido de humedad (Bendtsen y Ethington, 1975 cit. por Koch, 1985).

CUADRO 23
PROPIEDADES MECÁNICAS DE *Liquidambar styraciflua*

	Gravedad específica	Flexión estática		Impacto de flexión causante de quiebra	Compresión		Fuerza cortante paralela al grano	Tensión perpendicular al grano	Dureza
		Modulo de ruptura	Modulo de elasticidad		paralela al grano	perpend. al grano. Lim.prop.			
		kg/cm ²	Ton/cm ²	cm	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg
(a)	0,46	499,2	84,4	91,4	213,7	26,0	69,6	38,0	272,4
(b)	0,52	878,9	115,3	81,3	444,4	43,6	112,5	53,4	385,9

Fuente: Modificado de Koch (1985)

5.1.5 Secado

El U.S.D.A. (1974, cit. por Koch, 1985) entrega porcentajes de contenido de humedad de la albura y duramen de varias especies basado en peso seco señalados en el Cuadro 24. Se puede apreciar el alto contenido de humedad que posee la albura de liquidambar.

CUADRO 24
CONTENIDO DE HUMEDAD DE 14 ESPECIES DE MADERAS DURAS

Especies	Contenido de Humedad (%)	
	Duramen	Albura
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	-	58
<i>Fraxinus americana</i>	46	44
<i>Ulmus americana</i>	95	92
<i>Celtis spp.</i>	61	65
<i>Carya cordiformis</i>	80	54
<i>Carya tomentosa</i>	70	52
<i>Carya glabra</i>	71	49
<i>Quercus rubra</i>	80	69
<i>Quercus falcata</i> var. <i>falcata</i>	83	75
<i>Quercus nigra</i>	81	81
<i>Quercus alba</i>	64	78
<i>Liquidambar styraciflua</i>	79	137
<i>Liriodendron tulipifera</i>	87	115
<i>Nyssa sylvatica</i>	83	106

Fuente: U.S.D.A. (1974, cit. por Koch, 1985)

5.2 USOS DEL ÁRBOL

Esta especie está constituida por dos clases de madera; el *red gum* y *sap gum*; el *red gum* proviene del duramen y el *sap gum* de la albura. Esta última es la mayormente producida en los EE.UU., ya que para obtener el *red gum* se necesita más tiempo, siendo una madera de mayor valor. Las propiedades de ambos tipos de madera son similares, pero la mayoría de las industrias usan sólo albura, ya que la encuentran blanda, apta para varios tipos de coloración y su costo es generalmente inferior al de otros materiales de calidad comparable (SHLMA, s.f.).

El *sap gum* sirve como una excelente base para pinturas, por lo que se utiliza para muebles lacados, juguetes, marcos, sin mencionar muebles de cocina y otras piezas estructurales; es por ello que la industria del mueble es la más sobresaliente en el uso de esta madera, pues las terminaciones se mantienen suaves y atractivas. Además de esto, la madera es usada en embalaje, pallets, muebles para radio y televisión. Es una madera que responde bien tanto al torneado, como al aserrado, moldurado y enchapado (SHLMA, s.f.; Koch, 1985). De acuerdo con lo que señala Bonner (1974), la madera es apreciada para la producción de pulpa, madera aserrada y chapas. Las semillas son apetecidas por muchas especies de aves.

La goma que exuda de las heridas, conocida como *storax*, es masticada por los niños y usada en perfumes, drogas, adhesivos, incienso, tabaco y en la industria farmacéutica. El *storax* producido es idéntico al *storax oriental* producido por *Liquidambar orientalis* (Krochmal *et al.*, 1969 cit. por Koch, 1985). Este producto tuvo durante y después de la Primera Guerra Mundial una importante industria; el método de extracción es similar al empleado en los EE.UU. para obtener terpenina de *Pinus palustris* (SHLMA, s.f.).

Las antiguas culturas de América Central (Aztecas) elaboraban mezclas para ser fumadas en pipas, a las cuales solo tenían acceso los privilegiados de la sociedad. La mezcla más frecuente consistía en el tabaco picado finamente con carbón de leña molido y liquidambar. Por su parte, el emperador Montezuma II apreciaba una mezcla compuesta también por ámbar líquido (Loewe, 1992).

Liquidambar es también utilizado como árbol ornamental, por la hermosura de su forma y follaje, pues las hojas toman un color púrpura en otoño (Grimm, 1962 y SHLMA, s.f.).

A comienzos de siglo se identificó un éter extraído del duramen de liquidambar, causante de dermatitis (Sanderman y Barghoorn, 1956 y Woods y Calnan, 1976 cit. por Koch, 1985).

Las hojas de liquidambar son ricas en taninos, y todavía se usan como remedio, para aliviar dolores de garganta y estomacales. Las cenizas de los frutos

maduros espinosos son usados para aliviar dolores provocados por quemaduras (Morton, 1973 cit. por Koch, 1985).

Las hojas de especies de maderas duras - entre ellas liquidambar -, pueden ser usadas como alimento para animales (ciervos y cabras) o para consumo humano por su alto contenido proteico. También pueden constituir una importante fuente de vitaminas C, E y K, provitamina D y riboflavina (Koch, 1985).

En el Cuadro 25 se muestran los resultados de un estudio realizado por Short *et al.* (1975, cit. por Koch, 1985) que muestra que las ramas son más succulentas, nutritivas y más digestibles durante la estación de crecimiento (primavera). A principios de verano, las ramas son menos digeribles y contienen más fibras; cuando las ramas están maduras, la calidad y digestibilidad declina con la distancia desde la punta de la rama. Las hojas de las especies deciduas, pierden calidad de nutrientes y digestibilidad después de la abscisión.

CUADRO 25
CONTENIDO DE PROTEÍNA, FIBRA Y FÓSFORO Y DIGESTIBILIDAD DE RAMAS Y
HOJAS DE *Liquidambar styraciflua* EN EL ESTE DE TEXAS, EE.UU.

Estación del año	Materia seca % Peso verde	Proteína cruda	Fibra cruda	Fósforo % Peso seco	Digestibilidad
Ramas terminales de 10 cm de largo					
Primavera	19,6	14,5	14,6	0,39	77,6
Verano	38,8	3,7	27,5	0,08	54,2
Otoño	43,0	5,6	26,4	0,10	56,3
Invierno	43,0	6,6	34,1	0,10	51,3
Hojas					
Primavera	25,8	16,9	9,4	0,30	71,5
Verano	35,6	9,8	11,2	0,11	54,2
Otoño	37,9	9,9	9,4	0,13	61,7
Invierno	--	5,3	17,3	0,06	39,1

Fuente: Modificado de Koch (1985)

En relación a los frutos y semillas, se puede decir que son de vital importancia pues constituyen una fuente de alimentación para animales en los períodos que esta escasea (otoño e invierno). Algunas semillas a pesar de ser palatables y digeribles poseen un bajo contenido proteico (cerca de un 6 % de peso seco) lo cual no alivia las deficiencias nutricionales durante otoño e invierno. Sin embargo, otras semillas como las de liquidambar (Cuadro. 26), tienen un alto contenido proteico, llegando a más del 25 % del peso seco (Short y Epps, 1976 cit. por Koch, 1985).

CUADRO 26
COMPOSICION QUÍMICA DE SEMILLAS DE LIQUIDAMBAR

Referencia	Proteína cruda	Grasa	Fibra cruda	Nitrógeno libre	Total de carbohidratos	P	Ca	Mg
% Peso seco								
Short y Epps (1976)	26,7	23,7	20,2	27,9	--	0,55	0,85	--
Bonner (1971)	25,3	26,2	--	--	11,6	0,69	1,51	0,28

Fuente: Modificado de Koch (1985)

CUADRO RESUMEN. LIQUIDAMBAR

ITEM	CARACTERÍSTICAS	FUENTE
Origen	Originaria de los Estados Unidos	Streets (1962); Fowells (1965)
Distribución	Se distribuye desde Connecticut hacia el sur de Estados Unidos. También crece disperso en localidades nororientales de México central, Guatemala, Salvador, Honduras y Nicaragua.	Schlaegel (1984) Streets (1962); Fowells (1965)
Aspectos Reproductivos	Especie monoica con flores masculinas agrupadas y femeninas solitarias. En la distribución sur del hemisferio norte aparecen a principios de marzo y en el norte de su distribución durante abril o mayo. Posee un fruto agregado compuesto de varias cápsulas, que se abren en otoño dispersando las semillas aladas.	Loewe (1992) Collingwood y Brush (1962) Collingwood y Brush (1962); Bonner (1974)
Requerimientos Ecológicos	• Suelo: Liquidambar es tolerante a una amplia variedad de suelos, pero crece mejor en los húmedos, franco-arcillosos, con drenaje moderado a bueno. • Clima: Se considera resistente al frío y necesita plena luz solar. La temperatura máxima del mes más cálido oscila entre 25 a 36°C y la temperatura mínima del mes más frío fluctúa entre los -11 y 5°C, variando la temperatura media anual en su rango de distribución natural entre los 8 y 20°C. • Altitud: El rango altitudinal en que se distribuye la especie entre los 1.000 y 2.000 m.s.n.m.	Broadfoot y Krinard (1959 cit. por Kaszkurewicz y Keister, 1975) Gordon y Rowe (1982) Webb <i>et al.</i> (1984) Webb <i>et al.</i> (1984)
Plagas y Enfermedades	• Agentes abióticos: La especie es altamente susceptible al daño por fuego. • Agentes bióticos: Las plántulas pueden ser dañadas por ganado caprino, porcino y bobino; los lagomorfos y roedores dañan las plantaciones en los primeros años. Los insectos son los principales causantes de la disminución del crecimiento de los árboles. Las propiedades mecánicas de la madera se pueden ver afectadas por ataques de hongos causantes de pudrición blanca.	Lotti (1955, cit. por Fowells, 1965) Webb <i>et al.</i> (1984) Koch (1985)
Regeneración Natural	La especie regenera bien de tocón, brotes de raíces y por semillas. Considerando las tasas de crecimiento es recomendable la regeneración natural en vez de plantaciones, principalmente cuando los suelos son pobres.	Krinard (1988)
Propagación Artificial	El número de semillas por kilogramo varía entre 130.000 y 200.000. Presenta un porcentaje promedio de pureza del 90 a 95% y capacidad germinativa entre un 80 y 90%. Las semillas muestran una ligera latencia; es recomendable estratificación fría en arena húmeda a 4°C por 30 a 60 días.	Webb <i>et al.</i> (1984); Loewe (1992) Bonner (1974); Gordon y Rowe (1982) Webb <i>et al.</i> (1984)
Viverización	Se siembran las semillas estratificadas en primavera al voleo o en surcos a una densidad de 215 a 270 semillas/m ² . Es importante realizar control de malezas previo a la siembra.	Bonner (1974)

ITEM	CARACTERÍSTICAS	FUENTE
Propagación Vegetativa	La especie es difícil de enraizar por estacas; las obtenidas de la parte superior enraizan mejor que de la parte inferior; también es favorable que presenten follaje. Liquidambar presenta pocos problemas con respecto a la injertación.	Bilan (1974) Steinbeck (1970 cit. por farmer, 1974)
Plantación	Se recomienda el empleo de plantas en tubete y/o raíz desnuda. La siembra directa se debe realizar en sitios preparados, en áreas de humedad elevada. Se debe controlar la vegetación invasora sobretodo durante el primer año. Para madera pulpable se recomiendan espaciamientos de 2,5 x 2,5 m ó 3 x 3 m y 2,0 x 2,5 para la producción de madera aserrada y chapa.	Webb <i>et al.</i> (1984) McElwee (1970)
Crecimiento	los árboles jóvenes presentan un crecimiento cónico y los maduros presentan crecimiento circular. Los crecimientos en altura tienden a detenerse entre los 65 a 70 años. El promedio de 10 años de crecimiento en diámetro para árboles sobremaduros fue de 5 cm y para árboles jóvenes en el mismo período fue estimado en 6 a 8 cm.	Fowells (1965) Trenk (1929 cit. por Fowells, 1965) Fowells (1965)
Tratamientos Silviculturales	• Raleo: La especie responde escasamente al raleo, excepto cuando joven, es decir bajo los 25,5 cm de DAP. En rodales densos es necesario efectuar raleos antes de los 18 años de edad y eliminar los árboles de mala forma. • Poda: La especie presenta poda natural adecuada en rodales densos.	Fowells (1965) Krinard (1988) Davis y Beals (1977)
Propiedades Física	La madera de liquidambar posee una textura uniforme, suave y dúctil, con veteado café-rojizo. El peso específico medio es de 550 kg/m ³ ; la dureza y densidad son medias	SHLMA s.f; Koch (1985) SHLMA s.f.
Usos	En el mercado de los Estados Unidos se prefiere la madera de la albura (<i>sap gum</i>) debido a que es blanda, apta para varios tipos de coloración, y su costo es generalmente inferior al de otros materiales de calidad comparable. El <i>sap gum</i> sirve como excelente base para pinturas de muebles lacados, además es utilizada en embalajes y pallets. Es una madera que responde bien tanto al tornado como al aserrado, moldurado y enchapado. La madera es apreciada en la producción de pulpa, madera aserrada y chapas, y las semillas son apetecidas por muchas especies de aves. La goma que exuda de las heridas (<i>storax</i>) es usada en perfumes, drogas, adhesivos, incienso y tabaco. La especie es muy utilizada como ornamental.	SHLMA s.f. SHLMA s.f; Koch (1985) Bonner (1974) Krochmal <i>et al.</i> (1969 cit por Koch, 1965) Grimm (1962); SHMA s.f

BIBLIOGRAFIA

- ALONZO, A.E.; SANCHO, R.; FERNANDEZ, A.E. 1968. The behaviour of *Liquidambar styraciflua* in Parana Delta (Argentina). *Idia: Supl. for.* 1968/1969 n° 5:1-10.
- BAY - SCHMITH, T. 1965. Algunas observaciones sobre ensayos de especies forestales en la Provincia de Arauco. *Boletín Informativo* N° 10. INFOR. 4-14p.
- BILAN, M.V. 1974. Rooting of *Liquidambar styraciflua* cuttings. *New Zealand Journal of Forestry Science.* 4(2): 177-180.
- BONNER, F.T. 1974. Seeds of Woody Plants in the United States. Forest Service. U.S.D.A.. Agriculture Handbook N° 450. Washinton. EE.UU. 863 p.
- BRYAN, W.C.; RUEHLE, J.L. 1976. Growth stimulation of sweetgum seedlings induced by the endomycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. *Tree Planter's Notes.* U.S.D.A. Forest Service. Vol. 27, N° 1, 7p.
- BUCKNER, E.; MAKI, T.E. 1977. Seven Growth of Fertilized and Irrigated Yellow-poplar, Sweetgum, Northern Red Oak, and Loblolly Pine Planted on Two Sites. *Forest Science.* 23(4): 402-410.
- BYLIN, C.V. 1982. Volume Prediction from Stump Diameter and stump Height of Selected Species in Louisiana. Research paper SO-182. Forest Service. U.S.D.A. 9 p.
- CARNEVALE, J.A. 1955. Arboles forestales. 689 p.
- CLARK, F.B. 1970. Measures Necessary for Natural Regeneration of Oaks, Yellow-Poplar, Sweetgum y Black Walnut. The Silviculture of Oaks y Associated Species. Forest Service Research Paper EN-144. U.S.D.A. 1-16 p.
- COLLINGWOOD, G.H.; BRUSH, W.D. 1962. Knowing Your Trees. The American Forestry Association. Washinton. EEUU. 321p.
- DAVIS, T.C.; BEALS, H.O. 1977. Internal Discoloration of Swetgum. Agricultural Experiment Station Auburn, University, Alabama. Circular N° 234. 16p.
- EGGLER, W.A. 1953. Description of a Bottomland Hardwood Forest in Sharkey County; Mississippi, with a possible explanation of why Red Gum fails to reproduce. *Abstr. in Bull. eco. Soc. Amer.* 34(3): 70-71.



- FAO 1966. Prácticas de Plantación Forestal en América latina. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y el desarrollo. 435p.
- FARMER, R.E. 1974. Vegetative propagation and the genetic improvement of North American hardwoods. New Zealand Journal of Forestry Science. 4(2): 211-220.
- FILER, T.H. Jr. 1967. Damping-off of Sweetgum by *Pythium sylvaticum*. Phytopathology N° 57 (11) (1284).
- FOWELLS, H.A., comp. 1965. Silvics of Forest Trees of the United States. Washinton U.S.D.A. Forest Service. Agriculture Handbook N° 271. pp 248-254.
- GIBSON, G.E.; SOSSAMAN, E.C. 1976. Fifteen year results on a sweetgum spacing study. Tree Planter's Notes. U.S.D.A. Forest Service. 28(1): 18-20.
- GILMAN, E.F.; YEAGER, T.H. 1988. Root initiation in root-pruned hardwoods. HortScience. 23: 4, 775.
- GOEBEL, N.B.; MCGREGOR, W.H.D. 1973. Seedfall of three bottomland hardwood species. Forestry bulletin. Departament of Forestry. Clemson University. N° 11, 5pp.
- GORDON, A.G.; ROWE, D.C.F 1982. Seed Manual for Ornamental Trees and Shurbs. Forestry Commission Bulletin N° 59. London. England. 128 p.
- GRIMM, W.D. 1962. The Book of Trees. Pennsylvania. EE.UU. 461p.
- HOLBROOK, N.M.; PUTZ, F.E. 1989. Influence of neighbors on tree form: effects of lateral shade and prevention of sway on the allometry of *Liquidambar styraciflua* (sweetgum). American Journal of Botany. 76(12): 1740-1749.
- JOHNSON, R.L. 1964. Coppice regeneration of Sweetgum. Journal of Forestry. 62(1): 34-35.
- JOHNSON, R.L.; KRINARD, R.M. 1976. Hardwood regeneration After seed Tree Cutting. U.S.D.A.. Forest Service. Research Paper. Southern Forest Experiment Station. N° SO 123, 9 p.
- JOHNSON, R.L.; KRINARD, R.M. 1983. Regeneration in Small and large Sawtimber Sweetgum-Red oak Stand Following Selection and Seed Tree Harvest: 23-year results. Southern Journal of Applied Forestry. 7(4): 176-184.
- JOHNSON, R.L.; KRINARD, R.M. 1988. Growth and Development of two Sweetgum - Red oak Stands from origin through 29 years. Southern Journal of Applied Forestry. 12(2): 73-78.



- KASZKUREWICZ, A.; KEISTER, T. 1975. Effects of Intensive Cultural Treatments and Seedling Size on Juvenile Growth of Sweetgum. Tree Planters Notes. U.S.D.A. Forest Service. 26(3): 5-8.
- KENNEDY, H.E. 1984. Hardwood growth and foliar nutrient concentrations best in clean cultivation treatments. Forest Ecology and Management. 8: 117-126.
- KOCH, P. 1985. Utilization of Hardwoods Growing on Southern Pine Sites. Agriculture Handbook N° 605. U.S.D.A. Forest Service. 3 vols, n°p.
- KORMANIK, P.P.; BRYAN, W.C.; SCHULTZ, R.C. 1977. Influence of endomycorrhizae on growth of sweetgum seedlings from eight mother trees. Forest Science. 23(4): 500 - 505.
- KRINARD, R.M.; JOHNSON, R.L. 1985. Eighteen year Development of Sweetgum (*Liquidambar styraciflua* L.) Plantings on Two Sites. Tree Planters Notes. U.S.D.A. Forest Service. 36(3): 6- 8.
- KRINARD, R.M. 1988. Growth Comparisons of Planted Sweetgum and Sycamore. Forest Service Research Note SO-351. U.S.D.A. 5p.
- LYNCH, K.D.; GOGGANS, J.F. 1976. Budding trials with sweetgum, sycamore and yellow poplar. Tree Planters Notes. U.S.D.A. Forest Service. 27(1): 7p.
- LOEWE, M.V. 1992. Apuntes sobre algunas latifoliadas de maderas valiosas. Ciencia e Investigación Forestal. 6(2): 335-348.
- LOEWE, M.V. 1994. Algunas Alternativas Forestales para la Transformación Productiva de la Agricultura. Cuadernos de la Ruralidad N° 11. Confederación Nacional de la Agricultura Familiar Campesina. La Voz del Campo.
- LONG, W.H. 1939. Two Pocket Rots of Hardwood Trees. Bull. Torrey Bot. Cl. N° 66.
- MALAC, B.F.; HEEREN, R.D. 1979. Hardwood plantation management. Southern Journal of Applied Forestry. 3(1): 3-6.
- McGARITY, R.W. 1979. Young sweetgum responds to early merchantable thinning. Southern Journal of Applied Forestry. 3(4): 157-160
- McELWEE, R.L. 1970. Artificial Regeneration of Hardwoods. The Silviculture of Oaks and Associated Species. Forest Service Research Paper EN-144. U.S.D.A. 17-25 p.



- MORON, M.A.; TERRON, R.A. 1986. Coleópteros xilófilos asociados con *Liquidambar styraciflua* (L.) en la Sierra de Hidalgo. México. Folia Entomológica Mexicana. 1986., nº 67: 25-35.
- NELSON, L.E.; SWITZER, G.L. 1992. Response of nine year old Plantation Sweetgum to Nitrogen Fertilization in Mississippi. Southern Journal of Applied Forestry. 16(3): 146-150.
- NELSON, L.E.; SHELTON, M.G.; SWITZER, G.L. 1995. The Influence of Nitrogen Applications on the Resorption of Foliar Nutrients in Sweetgum. Canadian Journal of Forest Research. 25(2): 298-306.
- PIRONE, P.P.; BENDER, T.R. 1941. Bleeding Necrosis of Sweetgum. Shade Tree N° 14 (8): (1-3).
- PLATT, W.D.; COWLING, E.B.; HODGES, C.S. Jr. 1965. Resistance of Coniferous Root Wood and Stem Wood to Decay by *Fomes annosus*. Abstr. In Phytopathology N° 55 (2). (130-131).
- RAPER, S.M.; STEINBECK, K.; MOSS, I.S.; WHITEHEAD, D. 1992. Water use efficiency and transpiration of Robinia, Liquidambar, and Platanus sprouts in the in the southeastern USA. Forest Ecology and Management. 51(4): 259 - 268.
- ROWAN, S.J. 1960. Susceptibility of twenty-three Tree Species to Black root rot. Abstr. In Phytopathology N° 50 (9). (653).
- SCHLAEGEL, B.R. 1984. Sweetgum Volume and Weight Tables. Research Paper SO-204. U.S.D.A.. Forest Service. 14 p.
- SHLMA s.f. The Southern Hardwoods. Southern Hardwood Lumber Manufacturers Association. Memphis, Tennessee. 67 p.
- SIMMONS, G.L.; POPE, P.E. 1987. Influence of soil compaction and vesicular-arbuscular mycorrhizae on root growth of yellow poplar and sweetgum seedlings. Canadian Journal of Forest Research. 17(8): 970 - 975.
- SOMMER, H.E.; WETZSTEIN, H.Y.; LEE, N. 1985. Tissue culture of sweetgum (*Liquidambar styraciflua* L.) In: Proceed. 18th South Forest Tree Improv. Conf. Long Beach, Mississippi.
- SOUTH, D. 1977. Artificial inoculation of fumigated nursery beds with endomycorrhizae. Tree Planters Notes. U.S.D.A. Forest Service. 28(3 y 4): 3-5.
- STREETS, R.J. 1962. Exotic Forest Trees in the British Commonwealth. Oxford. Great Britain. 750 p.

- TEPPER, H.B.; BAMFORD, G.T. 1959. Natural regeneration in bottomland hardwoods of Southern New Jersey. For. Res. Note Ntheast. For. Exp. Sta. 93 p.
- WEBB, D.B.; WOOD, P.J.; SMITH, J.P.; HENMAN, G.S. 1984. A Guide to Species Selection for tropical and Sub-Tropical Plantations. Tropical Forestry Papers N° 15. Oxford. Great Britain. 256 p.
- WHIGHAM, D. 1984. The influence of vines on the growth of *Liquidambar styraciflua* L. (Sweetgum). Canadian Journal of Forest Research. 14(1): 37-39.
- ZUTTER, B.R.; NELSON, L.R.; MINOGUE, P.J.; GJERSTAD, D.H. 1987. Hardwood Plantation Growth Following Weed Control Using Herbicides and Cultivation. Southern Journal of Applied Forestry. 11(3): 134-138.

PROYECTO
SILVICULTURA DE ESPECIES NO TRADICIONALES:
UNA MAYOR DIVERSIDAD PRODUCTIVA
(FONSIP-FIA)

Dirección:
VERONICA LOEWE



INFOR
INSTITUTO FORESTAL