

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit *Leucaena, tantan*

Leguminosae
Mimosoideae

Familia de las leguminosas
Subfamilia le las mimosas

John A. Parrotta

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit, conocido comúnmente como leucaena, tantan, güaje (en México), huaxín (en la América Central), zarcilla (Puerto Rico) y por otros muchos nombres, es uno de los árboles leguminosos más extensamente cultivados en el mundo. Este árbol semi-caducifolio, adaptado a una gran variedad de sitios en tierras bajas en el trópico y el subtropico, ha sido plantado en muchos países fuera de su área de distribución natural en la América Central y el sur de la América del Norte. Dependiendo de la variedad, es ya sea un árbol delgado y alto con una copa esparcida e irregular (fig.1) o un arbusto de muchas ramas (34, 51). La leucaena se usa para una variedad de propósitos, incluyendo madera, leña, forraje y abono orgánico.

HABITAT

Area de Distribución Natural y de Naturalización

La leucaena existió originalmente en las tierras medias de Guatemala, Honduras, El Salvador y el sur de México, en



Figura 1.—*Leucaena, Leucaena leucocephala*, del tipo “gigante” K8 en Puerto Rico.

un área que se extiende de la latitud 12° a la 20° N. Un cierto número de variedades fueron diseminadas por las civilizaciones pre-colombinas a través de las tierras bajas costeras de la América Central, desde el norte de México hasta Nicaragua (51, 75) (fig. 2). Hoy en día la leucaena se cultiva o se ha naturalizado en todo el mundo entre las latitudes 25° N. y 25° S.

Durante el período del comercio colonial español, de 1565 a 1825, una variedad tipo arbusto de la leucaena (ahora llamada el tipo “común” o “hawaiano”) de Acapulco, México, fue introducida a y se naturalizó en el Nuevo Mundo, desde el sur de la Florida y Texas a través de las Indias Occidentales y en la América del Sur hasta Brasil y Chile, y en las Filipinas, Guam y en otras islas en posesión de España. La utilidad de la especie como un árbol de sombra en plantaciones de café, cacao, cinchona, pimienta, vainilla y otra cosechas, ocasionó su introducción en Indonesia, Papua Nueva Guinea, Malasia, otros países en el sudeste de Asia, Hawaii, Fiji, el norte de Australia, la India y partes de Africa del Este y Oeste (51, 75). En Puerto Rico y en otras partes de las Indias Occidentales, desde las Bahamas y Cuba hasta Trinidad y Tobago, la leucaena se encuentra naturalizada a la orilla de los caminos, en pastizales abandonados y en bosques secundarios en etapa temprana en regiones costeras secas (17, 34). La leucaena se considera a veces como una “mala hierba” debido a su capacidad de colonizar rápidamente y su tendencia a formar matorrales densos en sitios perturbados (34).

Desde la década de 1960 se han recolectado semillas de las variedades, mucho más altas, del tipo “gigante” o “Salvador” de sitios en la América Central. Estas variedades han sido extensamente estudiadas en cultivos en Hawaii y han sido plantadas extensamente a través de los trópicos en plantaciones y sistemas agroforestales (5, 75).

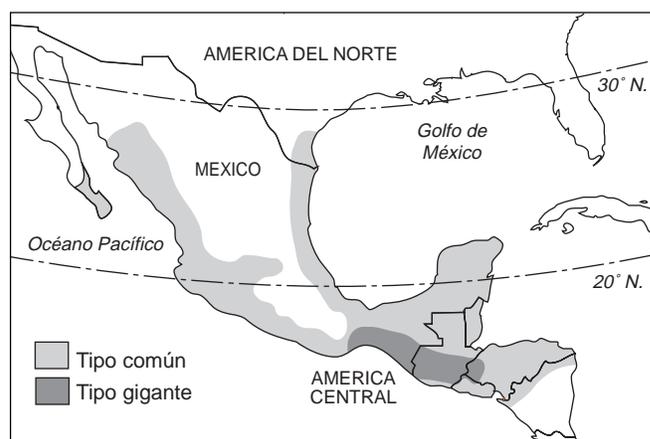


Figura 2.—Distribución natural de la leucaena, *Leucaena leucocephala* (adaptado de 51).

Clima

Aunque la leucaena puede sobrevivir en áreas que reciben una precipitación anual promedio de menos de 300 mm (75) o de más de 4000 mm (14), crece de manera apropiada solamente en donde la precipitación anual es de entre 600 y 2000 mm, con una temporada seca de 2 a 6 meses (5, 39, 50, 51, 78). El crecimiento óptimo ocurre en áreas que reciben una precipitación anual de aproximadamente 1500 mm, con una temporada seca de 4 meses de duración (75). En la América Central, la leucaena se planta por lo común en donde la precipitación anual promedia entre 900 y 2900 mm (7). La leucaena es tolerante a la sequía, aunque las temporadas secas prolongadas reducen grandemente la productividad (51).

La leucaena tolera unos regímenes de temperatura con un amplio espectro. Crece bien en áreas en donde las temperaturas anuales promedio varían entre 20 y 30 °C, con una temperatura mínima promedio de 16 a 24 °C y una temperatura máxima promedio de 24 a 32 °C durante los meses más fríos y más cálidos, respectivamente (8, 75, 78). El mejor crecimiento ocurre en áreas con una temperatura anual promedio de entre 25 y 30 °C (75). A pesar de que la leucaena puede sobrevivir las heladas ligeras de corta duración, el crecimiento se ve severamente restringido a temperaturas bajas (75).

Suelos y Topografía

La leucaena tolera una gran variedad de condiciones de suelo, desde suelos pedregosos y esqueléticos hasta arcillas densas (50). En México, los rodales naturales ocurren en áreas con suelos volcánicos (43). El mejor crecimiento ocurre en suelos bien drenados que son de moderadamente alcalinos (pH de 7.5) hasta ligeramente ácidos (pH de 6.0). La especie tolera la salinidad moderada, de hasta 20 mmhos por cm (72).

La leucaena crece de manera pobre en suelos compactados, en sitios con drenaje impedido o en Oxisoles ácidos y pobres en calcio con un pH de menos de 5.0 y niveles altos de aluminio intercambiable (14, 34, 39, 51, 72). El fósforo disponible en el suelo a niveles adecuados parece ser esencial

para el desarrollo radical vigoroso; la disponibilidad reducida del fósforo a un pH del suelo bajo puede limitar el crecimiento en los suelos ácidos (5). En la India se reportó un crecimiento muy pobre en suelos alcalinos-salinos caracterizados por niveles altos de Na y K intercambiables (10).

La leucaena es primariamente una especie de tierras bajas, que por lo general no crece bien arriba de los 500 m entre las latitudes 10° y 25°, como tampoco arriba de los 1,000 m entre 10° de latitud del ecuador (75). Sin embargo, la especie ciertamente ocurre en rodales naturales en el oeste de México a elevaciones de más de 1,500 m (43) y se cultiva hasta los 1,500 m en partes del sudeste de Asia (2, 14, 51, 75, 78). En Puerto Rico, la leucaena crece por lo común en las laderas de los cerros y en los terraplenes a elevaciones bajas y medianas.

Cobertura Forestal Asociada

En su área de distribución natural en México y la América Central, la leucaena es un componente importante de los bosques caducifolios y semi-caducifolios secundarios (59). En el oeste de México, crece en bosques caducifolios secos en asociación con *Lysiloma* spp., *Bursera* spp. e *Ipomoea* spp. del tipo arborescente (43).

En los rodales de los bosques secundarios de 42 a 56 años de edad establecidos en sitios urbanos y agrícolas abandonados en la Reserva de la Biósfera de Guánica de Puerto Rico (un bosque seco subtropical, *sensu* Holdridge; (23), la leucaena se encuentra asociada con *Colubrina arborescens* (Miller) Sarg., *Croton lucidus* L., *Exostema caribaeum* (Jacq.) Schult. & L., *Pisonia albida* (Heimerl) Britton ex Standl., *Pithecellobium unguis-cati* (L.) Mart., *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., *Tamarindus indica* L. y *Thouinia striata* var. *portoricensis* (Radlk.) Votava & Alain.¹ En Barbados, la leucaena crece en los bosques costeros en tierras arenosas en asociación con *Coccoloba uvifera* (L.) L., *Hippomane mancinella* L., *Thespesia populnea* (L.) Soland. ex Correa, *Terminalia catappa* L., *Cordia sebestena* L. y *C. obliqua* Willd.; en formaciones arbustivas xerófilas en las laderas rocosas con *Psidium guajava* L., *Ziziphus mauritiana* Lam., *Tecoma stans* (L.) H.B.K., *Pisonia aculeata* L. y *Acacia farnesiana* (L.) Willd.; y en los bosques secundarios en suelos costeros arenosos y calcáreos con *Clerodendrum aculeatum* (L.) Schlecht., *Pithecellobium unguis-cati*, *Eupatorium odoratum* L. y *Z. mauritiana* (17).

CICLO VITAL

Reproducción y Crecimiento Inicial

Flores y Fruto.—La fenología de las flores varía considerablemente entre las variedades existentes y de acuerdo a la localidad. Las variedades del tipo común florecen durante todo el año (35, 75), a menudo comenzando tan temprano como a los 4 a 6 meses de edad. Las variedades gigantes florecen por temporada, por lo usual dos veces al

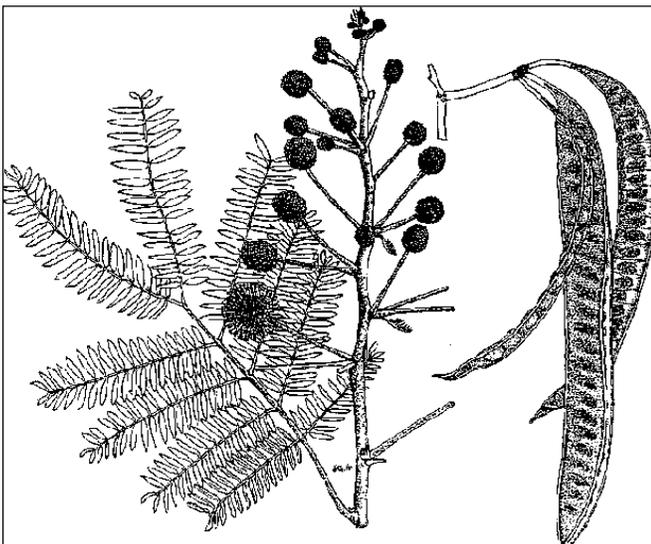


Figura 3.—Follaje, flores y fruta de la leucaena, *Leucaena leucocephala* (35).

¹Molina, Sandra. 1992. Comunicación personal. Ubicada en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Río Piedras, PR 00928-2500.

año (51, 75). Las flores blanquecinas y esféricas tienen de 2.0 a 2.5 cm de diámetro, y aparecen en ramitas, terminal o lateralmente, en pedúnculos de 2 a 3 cm de largo. (fig. 3).

Producción de Semillas y su Diseminación.—Las semillas de la leucaena son pequeñas, planas, en forma de una gota (de 8 mm de largo), brillantes y de color marrón oscuro, con una testa delgada pero de cierta durabilidad (34). Hay aproximadamente de 17,000 a 21,000 semillas por kilogramo (8, 14, 76). Las semillas por lo general se liberan de vainas dehiscentes cuando éstas se encuentran todavía en el árbol, aunque las vainas cerradas o parcialmente abiertas pueden ser acarreadas a grandes distancias por el viento. Las vainas de las semillas son ingeridas por y pasan a través del ganado, que parece ser un agente importante para la dispersión en pastizales.

Las vainas pueden ser recolectadas de las ramas cuando maduras, antes de la dehiscencia. Las vainas deberán ser secadas al sol y posteriormente trilladas para liberar las semillas; el trillado se efectúa por lo común apaleando las vainas secas dentro de bolsas de tela (75).

Desarrollo de las Semillas.—La germinación en la leucaena es epigea. Las semillas de leucaena germinan sobre o cerca de la superficie del suelo y no deberán plantarse a una profundidad de más de 2 cm (51). Aunque las semillas se pueden sembrar sin escarificación, la escarificación mecánica (la abrasión con papel lija o el corte de la testa) o cualquiera de los siguientes tratamientos se usan para asegurar una germinación más rápida y uniforme: (a) inmersión en agua caliente (a 80 °C) por 3 ó 4 minutos seguida por el baño en agua a temperatura ambiente por hasta 12 horas (11, 13, 51, 76) o (b) el baño en ácido sulfúrico concentrado por entre 15 y 30 minutos (11, 51). La escarificación puede ser seguida por la inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno del género *Rhizobium* (mezcladas con turba finamente molida) después de cubrir la semilla escarificada con una solución de goma arábiga o una solución concentrada de azúcar. La inoculación previa a la siembra facilita el establecimiento apropiado en el campo en suelos sin rhizobia de leucaena (51).

La germinación de las semillas es por lo común del 50 al 98 por ciento para las semillas frescas (11, 76). Las semillas escarificadas germinan de 6 a 10 días después de sembradas (8, 14, 76); las semillas sin escarificar germinan de 6 a 60 días después de la siembra (14, 76). Las semillas secadas y escarificadas retienen su viabilidad por entre 6 y 12 meses (75). Las semillas sin escarificar permanecen viables por más de 1 año cuando se almacenan bajo condiciones secas a temperatura ambiente y por hasta 5 años cuando almacenadas a entre 2 y 6 °C (11, 75).

En el vivero, las semillas pueden sembrarse directamente en contenedores para plántulas o en semilleros abiertos para luego transplantarlas a contenedores cuando las plántulas tengan de 7 a 10 cm de alto (8). El medio a usar en el vivero deberá drenar bien y tener una buena capacidad para contener nutrientes y agua, y deberá tener también un pH de entre 5.5 y 7.5 (75). Las semillas escarificadas deberán ser sembradas directamente sobre la superficie del suelo y cubiertas con una capa de 3 a 5 mm de grosor de arena gruesa o de cascajo fino (31, 75). Una alternativa es la de germinar las semillas sobre toallas mojadas para luego transplantarlas a contenedores cuando la radícula emerja (75). Los contenedores para plántulas del tipo plantador en tubo pueden ser preferibles a las bolsas de polietileno para

prevenir la formación de raíces en espiral y para facilitar el transporte y la plantación de las plántulas (75).

Se recomienda la sombra leve durante las primeras pocas semanas de desarrollo de las plántulas (8, 75). El desarrollo de la raíz pivotante es rápido en las plántulas jóvenes. Las plántulas comienzan por lo general a alcanzar un tamaño plantable (20 cm de altura) a las 10 semanas (75, 79).

Las plantaciones pueden ser establecidas mediante la siembra directa de las semillas, la siembra de plántulas cultivadas en contenedores, plántulas con las raíces desnudas, estacas (de 2 a 5 cm de diámetro) o tocones (31, 75). En el caso de las plántulas con las raíces desnudas, las semillas deberán sembrarse en semilleros abiertos que se inundan para facilitar el desarraigo cuando las plántulas tienen de 2 a 3 meses de edad o por lo menos 50 cm de alto (75). En el plantado de tocones, las plántulas deberán cultivarse en almácigos elevados por 4 a 5 meses o hasta que las plántulas tengan un diámetro basal promedio de 1 cm y una altura de más de 1 m. Antes del transplantado, las plántulas se desarraigan y el tallo se corta a 10 ó 20 cm arriba del collar radical y la raíz pivotante de 15 a 20 cm hacia abajo (31, 75).

Las plántulas de leucaena crecen con lentitud durante los primeros meses después del plantado. Esto se debe a menudo, por lo menos en parte, a las raíces en espiral o al daño en la raíz pivotante durante el plantado (75). La altura de las plántulas a los 6 meses después del plantado en el campo varía por lo general entre 0.5 y 1.5 m (8, 19, 58). Durante los primeros 3 a 6 meses después del plantado, las plántulas son susceptibles a la supresión por la vegetación en competencia y deberán ser desyerbadas durante esta etapa temprana (8, 75). En algunas áreas, las plantaciones jóvenes podrán también requerir de protección contra las termitas, las hormigas defoliadoras (*Atta* spp.) y los roedores durante el primer año después del establecimiento (8, 51).

La regeneración natural de la leucaena es buena tanto en los rodales naturales como en las plantaciones (9); observación personal del autor). La producción abundante de semillas y la germinación y el establecimiento rápido hacen de la leucaena un colonizador agresivo de los hábitats perturbados. Su capacidad para competir con éxito con y suprimir las hierbas y gramíneas ha llevado a su uso en la reclamación de pendientes de cerros degradados en Indonesia (14).

Reproducción Vegetativa.—La leucaena se propaga con facilidad a partir de estacas (2, 8, 35). El tronco rebrota vigorosamente al ser cortado, produciendo un número variado de vástagos dependiendo del diámetro del tocón y la altura del corte, la técnica usada y la estación. Los rendimientos por rebrotes típicamente exceden aquellos de las cosechas de la primera rotación (8, 75). Las estacas del tallo se arraigan con facilidad en las cámaras de niebla, particularmente al ser tratadas con los reguladores del crecimiento vegetal ácido indol-butírico (AIB), ácido naftaleno acético (ANA) y ácido indolacético (AIA) (60).

Etapas del Brinjal hasta la Madurez

Crecimiento y Rendimiento.—La leucaena crece rápidamente en sitios favorables. Como se observó previamente, existe mucha variación genotípica en el tamaño y la forma de los árboles a la madurez, variando entre arbustos muy ramificados de menos de 5 m de altura y árboles de tamaño mediano de 8 a 20 m de altura, con diámetros a la

altura del pecho (d.a.p.) de hasta 50 cm y copas esparcidas, con una corteza lisa de color gris o marrón grisáceo.

En pruebas de adaptabilidad conducidas en más de 150 sitios en zonas de vida forestales subtropicales y tropicales secas, húmedas y muy húmedas (*sensu* Holdridge; 23) en Guatemala, Costa Rica, Nicaragua, El Salvador y Panamá, el crecimiento varió considerablemente (7, 64). La mayoría de estas pruebas fueron en parcelas de plantación a pequeña escala con densidades variando entre 2,500 y 10,000 árboles por hectárea en sitios con suelos de neutrales a ligeramente ácidos. Las alturas promedio de los árboles en estas pruebas variaron por lo general entre 1.0 y 5.5 m a los 12 meses, 2.0 y 9.0 m a los 24 meses, 3.5 y 11.0 m a los 36 meses, y 5.0 y 13 m a los 48 meses. El d.a.p. promedio del tallo varió entre 1.5 y 4.5 cm a los 12 meses, 2.0 y 7.5 cm a los 24 meses, 2.5 y 10 cm a los 36 meses, y 3.5 y 10.5 cm a los 48 meses. La biomasa total arriba del terreno (masa secada al horno) varió entre 10 y 40 toneladas por ha en plantaciones de 2 años de edad y entre 48 y 90 toneladas por ha en plantaciones de 5 años de edad. No hubieron diferencias aparentes consistentes en las tasas de crecimiento entre las muchas procedencias analizadas, como tampoco entre la amplia gama de zonas de vida en donde se efectuaron estas pruebas, aunque la mayoría de las tasas de crecimiento más elevadas se registraron en sitios en la zona de vida forestal tropical húmeda.

En Costa Rica, el crecimiento anual promedio en altura y d.a.p. en 26 sitios de plantación promedió 2.0 m y 1.5 cm, respectivamente, para plantaciones de 4 años de edad o más. A los 5.3 años, la altura, el d.a.p. y el área basal promediaron 12.9 m, 12.6 cm y 11.6 m² por ha, respectivamente (63). En estas pruebas, conducidas a elevaciones variando entre 50 y 1,160 m sobre el nivel del mar y con una precipitación anual promedio entre 1600 y 3100 mm, el mejor crecimiento se observó en suelos de textura ligera y bien drenados en lugares con una estación seca bien definida.

Los resultados de estas pruebas centroamericanas son típicos del espectro de tasas de crecimiento y rendimiento obtenidas en otros lugares para plantaciones jóvenes. En plantaciones experimentales de menos de 5 años de edad establecidas en Puerto Rico (58; información inédita del autor), la India (9, 33, 44, 52), Nepal (65), las Filipinas (39) y Tanzania (40), el crecimiento en el diámetro del tallo varió entre 2.0 y 3.5 cm por año y el crecimiento en altura varió entre 2.6 y 4.0 m por año. En rodales de plantación de mayor madurez (de 5 años de edad o más), el crecimiento anual promedio en altura y diámetro es por lo usual mucho más bajo, de menos de 2.0 m y 2.0 cm, respectivamente² (36, 61).

Los cálculos de la producción de biomasa arriba del terreno total para Puerto Rico (36), Hawaii (6) y la India (9, 21, 49) se encuentran dentro del intervalo de 5 a 55 toneladas (secas) por ha por año, reportado en las pruebas centroamericanas citadas anteriormente. Sin embargo, varios estudios reportan tanto una producción más baja como, más a menudo, más alta en la India (9, 33, 44, 46, 47, 52), Paquistán (81) y Tanzania (40). En sitios buenos en las Filipinas, los rendimientos anuales promedios varían entre 13 y 32 toneladas por ha (75).

El crecimiento en el volumen anual promedio en

plantaciones experimentales bajo un buen manejo en buenos sitios es, por lo general, de entre 30 y 55 m³ por ha (9, 26, 39). En las plantaciones a escala comercial en las Filipinas, sin embargo, los rendimientos de volumen anual promedio fueron por lo usual más bajos, entre 8 y 30 m³ por ha (39).

Las diferencias en genotipo (incluso entre los tipos "gigantes" o "Salvador"), el suelo local y las condiciones climáticas, la intensidad del manejo, y la edad de la plantación parecen influenciar grandemente el crecimiento y el rendimiento, a menudo dificultando las comparaciones entre los estudios. Recientemente se han publicado curvas de índices de sitio, tablas de volumen y regresiones de biomasa para la leucaena (18, 20, 29).

Comportamiento Radical.—La leucaena forma una raíz pivotante muy bien desarrollada y profunda y, por lo general, un sistema radical lateral de distribución amplia, aunque escaso (2). En los suelos fértiles y bien drenados, las raíces laterales crecen agudamente hacia abajo (14). Las raíces finas se encuentran a menudo concentradas en los horizontes superficiales, cerca de la base del tallo (58). Se observó de manera consistente una masa entrelazada de raíces pequeñas y activas en la absorción de nutrientes en árboles de 1.5 años de edad cosechados de parcelas de plantación en un sitio costero arenoso en Puerto Rico (observación personal del autor). La biomasa radical constituyó del 9 al 48 por ciento de la biomasa arbolar total en estas plantaciones jóvenes de Puerto Rico, y del 15 al 24 por ciento de la biomasa arbolar total en plantaciones de 3 años de edad en la India (44, 49).

Las raíces laterales horizontales y pequeñas en las capas de suelo aireado superficial forman asociaciones simbióticas con facilidad con las bacterias fijadoras de nitrógeno de la *Rhizobiaceae*. En Hawaii, la leucaena estuvo nodulada por *Rhizobium* spp., varios tipos procedente de *Desmanthus virgatus*, *Mimosa pudica* L., *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., y dos especies de *Sesbania* (2). Las tasas de fijación anual de nitrógeno en la leucaena han sido calculadas tan altas como de 110 kg por ha bajo condiciones de campo (22). La nodulación parece ser influenciada grandemente por la reacción del suelo y es pobre a unos valores de pH de menos de 5.5 (3).

Además de *Rhizobium* spp., las raíces finas y los vellos radical se encuentran infectados con micorrizas vesiculares-arbusculares (MVA), las cuales mejoran la nutrición por fósforo y las relaciones de agua en la leucaena (27, 28, 80). En los suelos tropicales deficientes en fósforo, la inoculación dual con *Rhizobium* spp. y MVA mejora grandemente el crecimiento de las plántulas (41, 67). La infección con MVA parece ser necesaria para que la nodulación ocurra en algunos suelos (62).

Reacción a la Competencia.—La leucaena es una especie con una alta demanda de luz, que crece mejor a pleno sol o bajo una sombra muy leve. Bajo condiciones de mucha sombra, tales como en el sotobosque de rodales densos, el crecimiento se ve suprimido. Sin embargo, los individuos suprimidos pueden persistir en el sotobosque y responden rápidamente cuando se crean nuevos claros (51).

Los rodales de plantación jóvenes responden bien al desyerbado. En pruebas en tres sitios en Costa Rica, no se reportaron tendencias consistentes en el crecimiento en diámetro o altura durante los primeros 5 años de crecimiento a densidades de rodal variando entre 400 y 2,500 árboles por hectárea (64). A densidades de plantación más altas, las tasas

²Servicio Forestal de los Estados Unidos. Información inédita sobre el crecimiento en una plantación de *Leucaena leucocephala* en Cambalache, Puerto Rico. Información ubicada en: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Río Piedras, PR 00928-2500.

de crecimiento para los árboles individuales disminuyen, la ramificación tiende a verse suprimida y la auto-poda de las ramas laterales se vuelve común (44, 75).

La leucaena es apropiada para el manejo a espaciamientos estrechos para la producción de leña y forraje. Los incrementos anuales promedios en biomasa leñosa en plantaciones jóvenes (de 2 a 3 años de edad) por lo general aumentan con la densidad de la plantación hasta los 50,000 árboles por hectárea aproximadamente, y culminan entre 1 año y 3 años (7, 8, 33, 75). La producción de leña es máxima por lo común a espaciamientos de 1 por 1 m, a excepción de sitios secos (33). La leucaena se planta por lo común en granjas de árboles para energía y madera en rollo a espaciamientos de 1 por 0.5 m o 1 por 1 m y a densidades de hasta 75,000 árboles por hectárea cuando se cultiva para forraje (39). Para la producción de leña y postes, se recomiendan unos espaciamientos de 1 por 2 m a 2.5 por 2.5 m, con una edad para la rotación de 3 a 5 años (44, 63, 75). Para productos de madera de diámetro grande (madera en rollo o madera para aserrar), se recomienda una provisión inicial de 5,000 a 10,000 árboles por hectárea, con un entresacado para alcanzar 2,500 árboles por hectárea a los 2 a 3 años y una rotación final de 6 o más años (75). En plantaciones de café en donde se usa como un árbol de sombra, un espaciamiento de 5 por 5 m se considera como óptimo (63).

La leucaena crece bien en plantaciones de especies mixtas. En Puerto Rico, la leucaena plantada en una mezcla de 1:1 con ya sea *Casuarina equisetifolia* L. o *Eucalyptus robusta* Sm. mostró un mayor crecimiento en altura y diámetro del tallo que la leucaena en plantaciones puras durante los primeros 2 años de desarrollo (información inédita del autor). Las especies asociadas también crecieron más rápidamente que en monocultivos a la misma densidad de rodal en el mismo sitio.

Agentes Dañinos.—Desde 1982, la defoliación severa por el psílido chupador de la savia de la leucaena, *Heteropsylla cubana* Crawford (Homoptera: Psyllidae), ha sido reportada en plantaciones en Asia y el Pacífico. El psílido de la leucaena, nativo al Caribe, México y la América Central y del Sur, fue observado por primera vez en Hawaii en 1984; en otras partes del Pacífico, el Sudeste de Asia y Australia en 1985 y 1986 (45); en Sri Lanka en 1986 y en la India, Myanmar (Burma) y China en 1988 (54). La resistencia al psílido parece variar entre los genotipos de *Leucaena*; en Hawaii, las variedades K527, K538, K584, K591, K636, K656 y K658 son tolerantes al psílido (68). Los esfuerzos para aumentar la resistencia de la leucaena a la plaga han tenido cierto éxito a través de la hibridización con otras especies de *Leucaena*, específicamente con *L. collinsi* Britton & Rose, *L. diversifolia* (Schlecht.) Benth., *L. esculenta* (Moc. & Sessé) Benth. y *L. pallida* Britton & Rose (68). Se han identificado varios de los enemigos naturales del psílido, tanto parásitos como depredadores, en el Caribe y en Hawaii como posibles agentes para el control biológico (48).

En Puerto Rico, la leucaena es el huésped de varios insectos homópteros, isópteros, lepidópteros y tisanópteros, aunque ninguno es reportado como causante de daño serio (42). Las larvas de *Heliothis zea* (Lepidoptera: Pieridae) defoliaron parcialmente las plantaciones jóvenes de leucaena en la costa norte de Puerto Rico (observación personal del autor). En Indonesia, *Pseudococcus citri* Risso, que ocurre a elevaciones de más de 600 m y *Ferrisia virgata* Ckll. se

alimentan de las vainas de la leucaena (14). El anillador de las ramitas, *Oncideres rhodosticta* ataca la leucaena en el sur de Texas (16). Varias plagas de insectos que afectan las plántulas y los árboles maduros han sido reportadas en las Filipinas (4).

La leucaena es susceptible a un número de patógenos foliares y de las raíces (69, 74). La mancha de las hojas, causada por *Exosporium leucaenae* F.L. Stevens & Dalby, ha sido reportada en Puerto Rico (74), y las pústulas foliares, causadas por el hongo *Camptomeris leucaenae* (F.L. Stevens & Dalby) Syd., han sido reportadas en Puerto Rico, la República Dominicana y Venezuela (69). En Hawaii, *Botryosphaeria ribis* var. *chromogena* Shear, Stevens & Wilcox y *Physalospora obtusa* (Schw.) Cke., causan el marchitamiento de las ramas (69, 74). Una pudrición severa de las vainas causada por *Colletotrichium gloeosporioides* (Penzig) Penzig & Sacc., ha sido observada en Mauricio (38). Entre las causas de la pudrición radical se encuentran *Fomes lamaoensis* (Murr.) Sacc. & Trott. (en las Indias Orientales), *F. lignosus* (Klotzsch) Bres. en el Pacífico y África ecuatorial (el Congo), *Helicobasidium compactum* Boed. en las Indias Orientales, *Rhizoctonia choussii* Crandall & Arillaga en El Salvador, *Rosellinia arcuata* Petch y *R. bunodes* (Berk. & Br.) Sacc. en Java y Sumatra y *Ustulina deusta* (Fr.) Petr. en Sumatra (14, 69). Una enfermedad causada por *Corticium salmonicolor* Berk. & Br., ha sido reportada en las Indias Orientales; la pudrición del duramen, causada por *Ganoderma lucidum* (Fr.) Karst. ha sido reportada en las Filipinas y *G. pseudoferreum* Walkef. en el Pacífico, y el marchitamiento por *Verticillium albo-atrum* Reinke. & Berth. ha sido reportado en el Congo (69). La gomosis y la cancrrosis, causada por *Fusarium semitecum*, han sido reportadas en la India (9, 66). El mal del vivero, causado por los patógenos fungales de los géneros *Pythium* o *Rhizoctonia*, es a veces un problema en los viveros (75).

La leucaena es muy susceptible al daño por incendios cuando joven, aunque los árboles afectados se recuperan por lo usual rápidamente mediante el rebrote (75). Con los vientos moderados, la especie sufre solamente un daño menor a nivel de las ramas pequeñas. Cuando expuestas a vientos huracanados, las plántulas recién plantadas en Puerto Rico fueron defoliadas y sufrieron la muerte del tallo hasta el collar radical; sin embargo, el 94 por ciento de estas plántulas rebrotaron y crecieron rápidamente después (57).

USOS

La madera de la leucaena tiene un peso específico de entre 0.50 y 0.59 g por cm³ y cuando secada al aire (contenido de humedad del 15 por ciento, en base al peso húmedo) tiene un valor calórico de 19.4 kJ por g. Estas características favorecen su uso como leña y para carbón (34, 39, 71). En las Filipinas, en donde la leucaena ha sido usada por mucho tiempo para estos propósitos, se han establecido plantaciones a gran escala para proveer de combustible para generadores de energía eléctrica, fábricas e instalaciones procesadoras de productos agrícolas (15, 50).

La albura es de color amarillo pálido y el duramen es de color rojizo claro. La madera de la leucaena se trabaja a máquina con facilidad, absorbe preservativos solubles en agua con facilidad, se seca sin rajarse o cuartearse y es de una durabilidad de baja a mediana (75). La resistencia a la

compresión y el módulo longitudinal de elasticidad varían entre 297 y 340 kg por cm², y 86,000 y 104,000 kg por cm², respectivamente (71).

La madera de la leucaena se usa para construcciones ligeras y cajas, y la madera en rollo se usa para postes de cerca así como para postes de alambrado eléctrico y de construcción (50). La madera es también adecuada para muebles y tableros de partículas (71). Esta especie se considera como una fuente promisoría de pulpa de fibra corta para la producción de papel. Experimentos recientes en Tai-wan, Japón, las Filipinas y la India indican que la leucaena es adecuada para la producción de pulpa mediante varios métodos (25, 55).

La leucaena se usa en muchas partes de los trópicos como un árbol de sombra o una siembra acompañante en plantaciones de cacao, café, té, vainilla y otras siembras de enredadera, coco, hule, teca y cinchona (12, 31, 51, 53, 75). Se cultiva en muchas áreas en setos densos y se intercultiva con el maíz y otros cultivos alimenticios. En estos sistemas, los setos de leucaena se cortan dos o más veces por año y el follaje cosechado se usa como un abono verde o como forraje para ganado (8, 32, 37, 40, 75).

La leucaena se siembra también para la mejora de los suelos. Su follaje se usa como un abono orgánico, y su capacidad para fijar nitrógeno aumenta la provisión de nitrógeno en los horizontes superiores del suelo (14, 36, 73, 77). Se reporta que su comportamiento radical profundo y agresivo aumenta la infiltración del suelo y disminuye la cantidad de desagüe superficial en sitios con suelos pesados y aquellos con capas impermeables en el subsuelo (50). La habilidad de la leucaena para prosperar en pendientes escarpadas, en suelos marginales y en áreas con estacionaciones secas prolongadas, la hacen útil en la reforestación de cuencas denudadas, laderas y pastizales (2, 12, 50).

La leucaena se usa también como una planta de ornamento a la orilla de caminos, como árbol de sombra alrededor de viviendas y en setos, rompevientos y barreras contra incendios (14, 51, 75). Estudios efectuados en plantaciones en áreas industriales en la India con niveles elevados de contaminantes atmosféricos, cloro y ácido clorhídrico en particular, sugieren que la leucaena tiene una capacidad intermedia para soportar la contaminación severa del aire, si se le compara con otras especies comúnmente plantadas (1).

Las hojas y las vainas se usan extensamente como forraje para vacas, búfalos de agua y cabras. El contenido proteínico del forraje seco (hojas y ramitas) varía entre 14.0 y 16.2 por ciento (56). Dependiendo de la variedad, el follaje contiene del 19 al 47 por ciento de mimosina (6), un amino ácido que puede ser tóxico para el ganado. La mimosina ocasiona la pérdida de peso y la mala salud en animales monogástricos como cerdos, caballos, conejos y aves de corral cuando el forraje de leucaena constituye aproximadamente más del 5 a 10 por ciento (en base al peso) de la dieta (39). Sin embargo, los ruminantes (vacas, búfalos y cabras) en la mayoría del mundo (con la excepción de Australia, Papua Nueva Guinea y partes de Africa y el Pacífico), poseen microorganismos estomacales que convierten a la mimosina en una sustancia inofensiva (51).

En algunas áreas rurales de la América Central y del Sudeste de Asia, la gente consume tanto las vainas tiernas como las hojas como un vegetal cocido, y las semillas se pueden preparar supuestamente como un sustituto para el

café (14, 35). Sin embargo, el potencial tóxico de la mimosina hace que su consumo por los humanos sea riesgoso (51). La corteza y las raíces se usan en remedios caseros (34). Se reporta que las raíces tienen propiedades emenagógicas y abortivas (70). Las semillas rinden un 8.8 por ciento de aceite, que consiste de ácidos palmítico, esteárico, behénico, lignocérico, oleico y linoleico (2). La leucaena se considera como una buena planta para las abejas de miel (34).

En México se extraen tintes rojos, marrones y negros de las vainas, hojas y corteza. A través de la Cuenca del Pacífico, las semillas de leucaena se usan como cuentas para propósitos decorativos (51). Las semillas contienen selenio y se usan en Sri Lanka para preparar un veneno para peces y un repelente para gusanos (12).

GENÉTICA

El género *Leucaena* consiste de aproximadamente 50 especies de arbustos y árboles que ocurren en las regiones tropicales y subtropicales de la América del Norte y del Sur, Africa y el Pacífico del Sur (2, 6). Aproximadamente 13 especies son endémicas a México (2). Además de *L. leucocephala*, varias otras especies son dignas de mayor atención y estudio como posibles fuentes de madera de buena calidad, leña y forraje. Estas incluyen *L. collinsii* Britton & Rose, *L. diversifolia* (Schlecht) Benth., *L. esculenta* (Moc & Sessé) Benth., *L. lanceolata* Watson, *L. macrophylla* Benth., *L. pulverulenta* (Schlecht) Benth., *L. retusa* Benth., *L. shannoni* Donn. Smith y *L. trichodes* Benth. (2, 6).

Los estudios de campo y los análisis cromosómicos sugieren que *L. leucocephala*, una especie poliploide con 104 cromosomas, se originó como un híbrido alotetraploide de *L. diversifolia* y *L. collinsii*. Las variedades comunes y gigantes de la leucaena se pueden considerar como los tipos nortños y sureños de esta especie (6).

Existen más de 800 variedades conocidas de la leucaena (6, 30), clasificadas de manera general en tres tipos. El tipo común incluye variedades pequeñas y arbustivas que crecen hasta 5 m de alto. Este tipo, originalmente de las áreas costeras de México, se ha esparcido ampliamente a través de los trópicos, convirtiéndose en un colonizador agresivo en muchas áreas. El tipo gigante incluye las variedades altas que crecen a una altura de 20 m, con hojas, vainas, y semillas de mayor tamaño, troncos más grandes y menos ramificados. Originalmente de los bosques del interior en la América Central y México, estas variedades han sido objeto de estudio sólo desde el inicio de la década de 1960. Un número de cultivares del tipo Salvador, de rendimiento extremadamente alto, conocidos como "gigantes hawaianos" y designados como K8, K28, K67, K636, etc., se plantan al presente para la obtención de madera, productos de madera y leña a nivel mundial. El tipo "Perú" incluye variedades de árboles de tamaño mediano que crecen hasta los 10 m de altura. Estas variedades se ramifican extensamente, a menudo comenzando bajo en el tronco, y producen abundante forraje cuando se podan con frecuencia (51).

El género *Leucaena* es un complejo capaz de inter-cruces; los esfuerzos reproductivos se han concentrado en la producción de híbridos inter-específicos, de los cuales más de 50 se encuentran bajo estudio en Hawaii, Australia, Tai-wan e Indonesia (55).

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit ha sido conocida por varios sinónimos botánicos, incluyendo *Leucaena glauca* (L.)

Benth., *L. blancii* Goyena, *L. glabrata* Rose, *L. greggii* Watson, *L. latisiliqua* (L.) W.T. Gillis y *L. salvadorensis* Stanley (6, 51), *Acacia biceps* DC., *A. caringa* Ham., *A. frondosa* Willd., *A. glauca* DC., *A. leucocephala* DC. (24) y *Mimosa glauca* L. (12).

LITERATURA CITADA

1. Agrawal, Anupam; Neema, C.S.; Saxena, K.S.; Chhaya, J.C. 1986. Effect of industrial gases on forest vegetation. *Journal of Tropical Forestry*. 2(2): 170-171.
2. Allen, O.N.; Allen, Ethel K. 1981. *The Leguminosae: a sourcebook of characteristics, uses, and nodulation*. Madison, WI: University of Wisconsin Press. 812 p.
3. Balasundaran, M.; Mohamed Ali, M.I. 1987. Root nodulation potentialities of *Leucaena leucocephala* in Kerala. KPRI Res. Rep. 48. Peechi, India: Kerala Forest Research Institute. 21 p.
4. Braza, Ricardo D.; Salise, Gregorio M. 1988. Summary of insect pests of leucaena in the Philippines. *Leucaena Research Reports*. 9: 90-91.
5. Brewbaker, J.L.; Plucknett, D.L.; Gonzalez, V. 1972. Varietal variation and yield trials of *Leucaena leucocephala* (Koa hoale) in Hawaii. *Hawaii Agricultural Experiment Station Res. Bull.* 166. Honolulu, HI: University of Hawaii, College of Agriculture. 29 p.
6. Brewbaker, James L., ed. 1980. *Giant leucaena (Koa haole) energy tree farm*. Honolulu, HI: Hawaii Natural Energy Institute. 90 p.
7. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 1986. Crecimiento y rendimiento de especies para leña en áreas secas y húmedas de América Central. Ser. Técnico Rep. 79. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 691 p.
8. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 1991. *Leucaena, Leucaena leucocephala* (Lam. de Wit.), especie de árbol de uso múltiple en América Central. Ser. Técnico Rep. 166. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 60 p.
9. Chaturvedi, A.N. 1983. Growth of *Leucaena leucocephala*. *Indian Forester*. 109(1): 7-9.
10. Chaturvedi, A.N. 1985. Biomass production on saline alkaline soils. *Nitrogen Fixing Tree Research Rep.* 3: 7-9.
11. Daguma, B.; Kang, B.T.; Okali, D.U.U. 1988. Factors affecting germination of leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit seed. *Seed Science Technology*. 16(2): 489-500.
12. Dassanayake, M.D., ed. 1980. *Revised handbook to the flora of Ceylon*. New Delhi: Amerind Publishing Co. 508 p.
13. Diangana, D. 1985. Recherche d'un traitement d'avant semis capable d'accélérer la germination des graines de *Acacia mangium*, *Albizia falcataria*, *Calliandra calothyrsus*, et *Leucaena leucocephala*. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports*. 3: 2-3.
14. Dijkman, M.J. 1950. *Leucaena*—A promising soil erosion control plant. *Economic Botany*. 4: 337-349.
15. Durst, Patrick B. 1987. Energy plantations in the Republic of the Philippines. Res. Pap. SE-265. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 17 p.
16. Felker, Peter; Reyes, Isidro; Smith, Dom. 1983. Twig girdler (*Oncideres*) spp. damage to *Acacia*, *Albizia*, *Leucaena*, and *Prosopis* in the New World. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports*. 1: 44-45.
17. Gooding, E.G.B. 1974. *The plant communities of Barbados*. Bridgetown, Barbados: Government Printing Office. 243 p.
18. Goudie, J.W.; Moore, J.A. 1987. Growth and yield of leucaena in the Philippines. *Forest Ecology and Management*. 21(2-3): 285-298.
19. Gutteridge, R.C.; Akkasaeng. 1985. Evaluation of nitrogen fixing trees in northeast Thailand. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports*. 3: 46-47.
20. Gutiérrez, Amable. 1985. Crecimiento y rendimiento de *Leucaena leucocephala* en Loma Larga, Panamá. *Silvoenergía, Proyecto Cultivo de Árboles de Uso Múltiple*. No. 5. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 4 p.
21. Hans, A.S.; Dhandu, R.S. 1997. Fuelwood production by *Leucaena leucocephala*. *Journal of Tropical Forestry*. 3(3): 213-216.
22. Högborg, P.; Kvarnstrom, M. 1982. Nitrogen fixation by the woody legume *Leucaena leucocephala* in Tanzania. *Plant and Soil*. 66: 21-28.
23. Holdridge, L.R. 1967. *Life zone ecology*. San José, Costa Rica: Tropical Science Center. 206 p.
24. Hooker, J.D. 1879. *The flora of British India*. Ashford, Kent: L. Reeve & Co. 290 p. Vol. 2.
25. Hu, Ta Wei. 1986. Pulp and paper uses of nitrogen fixing tree species. *NFTA Development Publications Series*. Waimanalo, HI: Nitrogen Fixing Tree Association. 13 p.
26. Hu, Ta Wei; Kiang, T.; Shih, W.C. 1980. The growth of planted *Leucaena leucocephala*. *Bull.* 335. Taipei, Taiwan: Taiwan Forestry Research Institute. 12 p.
27. Huang, R.S.; Fox, R.L. 1984. The use of leaflets to track the effectiveness of mycorrhiza associated with leucaena. *Leucaena Research Reports*. 5: 79-83.
28. Huang, R.S.; Yost, R.S.; Smith, W.K. 1983. Influence of VA mycorrhiza on growth, nutrient absorption, and water relations in *Leucaena leucocephala*. *Leucaena Research Reports*. 4: 87-88.
29. Hughell, David A. 1990. Modelos para la predicción del crecimiento y rendimiento de: *Eucalyptus camaldulensis*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y *Leucaena leucocephala* en América Central. *Tech. Boll.* 22, Proyecto Cultivo de Árboles de Uso Múltiple, MADELENA. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 57 p.
30. Hutton, E.M.; Gray, S.G. 1959. Problems in adapting *Leucaena glauca* as a forage in the Australian tropics. *Empire Journal of Experimental Agriculture*. 27(107): 187-196.
31. Joshi, H.B. 1983. *The silviculture of India trees*, Ed. rev. Delhi: Government of India Press. 344 p. Vol. 4.
32. Kang, B.T.; Wilson, G.F.; Spikens, L. 1981. Alley cropping maize (*Zea mays*) and leucaena, (*Leucaena leucocephala*) in southern Nigeria. *Plant and Soil*. 63: 165-179.
33. Lahiri, A.K. 1986. Trial on intensive cultivation for maximum biomass production. *Indian Agriculturalist*. 30(4): 281-285.

34. Little, Elbert L., Jr. [s.f.]. Common fuelwood crops: a handbook for their identification. Morgantown, WV: Communi-Tech Associates. 354 p.
35. Little, Elbert L., Jr.; Wadsworth, Frank H. 1964. Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Agric. Handb. 249. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 548 p.
36. Lugo, Ariel E.; Wang, Deane; Bormann, F. Herbert. 1990. A comparative analysis of biomass production in five tropical tree species. *Forest Ecology and Management*. 31: 153-166.
37. Lulandala, L.L.L.; Hall, John B. 1987. Fodder and wood production from *Leucaena leucocephala* intercropped with maize and beans at Mafiga, Morogoro, Tanzania. *Forest Ecology and Management*. 21: 109-117.
38. Lutchmeah, R.S. 1988. *Colletotrichum gloeosporioides* causing rot of *Leucaena leucocephala* in Mauritius. *Leucaena Research Reports*. 9: 65.
39. MacDicken, Kenneth G. 1988. Nitrogen fixing trees for wastelands. RAPA Publication 1988/9. Bangkok: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Regional Office for Asia and the Pacific. 104 p.
40. Maghembe, J.A.; Kaoneka, A.R.S.; Lulandala, L.L.L. 1986. Intercropping, weeding and spacing effects on growth and nutrient content in *Leucaena leucocephala* at Morogoro, Tanzania. *Forest Ecology and Management*. 16: 269-279.
41. Manjunath, A.; Bagyaraj, D.J.; Gowda, H.S.G. 1984. Dual inoculation with VA mycorrhiza and rhizobium is beneficial to leucaena. *Plant and Soil*. 78: 445-448.
42. Martorell, Luis F. 1975. Annotated food plant catalog of the insects of Puerto Rico. Mayagüez, PR: University of Puerto Rico, Agricultural Experiment Station, Department of Entomology. 303 p.
43. McVaugh, Rogers. 1983. Flora Novo-Galiciana: a descriptive account of the vascular plants of western Mexico. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press. 786 p. Vol. 5.
44. Mishra, C.M.; Srivastava, R.J.; Singh, S.L. 1986. Patterns of biomass accumulation and productivity of *Leucaena leucocephala* var. K-8 under different spacing. *Indian Forester*. 112(8): 743-746.
45. Mitchell, Wallace C.; Waterhouse, Douglas F. 1986. Spread of the *Leucaena* psyllid, *Heteropsylla cubana*, in the Pacific. *Leucaena Research Reports*. 7: 6-8.
46. Mohatkar, L.C.; Relwani, L.L. 1985. Effect of plant population, stubble height and number of cuttings on the growth, seed, forage and firewood production of *Leucaena* K8. *Leucaena Research Reports*. 6: 40-41.
47. Mohinder Pal; Raturi, D.P. 1988. Biomass production and nutrient use efficiency of *Leucaena leucocephala* grown in an irrigated energy plantation. *Van Vigyan*. 26(3-4): 73-79.
48. Nakahara, Larry M.; Funasaki, George Y. 1986. Natural enemies of the leucaena psyllid, *Heteropsylla cubana* Crawford (Homoptera: Psyllidae). *Leucaena Research Reports*. 7: 9-12.
49. Nath, S.; Das, P.K.; Gangopadhyay, S.K. [y otros]. 1989. Suitability of different forest species for social forestry programme under different soil conditions. Part 1. Alluvial soil. *Indian Forester*. 115(8): 536-547.
50. National Academy of Sciences. 1980. Firewood crops: shrub and tree species for energy production. Washington, DC: National Academy of Sciences. 237 p.
51. National Academy of Sciences. 1984. *Leucaena*: promising forage and tree crop for the Tropics. 2a ed. Washington, DC: National Academy of Sciences. 100 p.
52. Nerkar, V.G. 1984. Irrigated subabul plantations in Yavatmal District for raising biomass. *Indian Forester*. 110: 861-867.
53. Newton, K; Thomas, P. 1983. Role of NFT's in cocoa development in Samoa. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports*. 1: 15-17.
54. Nitrogen Fixing Tree Association. 1988. *Leucaena* psyllids, a review of the problem and its solutions. NFTA Highlight 88-05. Waimanalo, HI: Nitrogen Fixing Tree Association. 2 p.
55. Nitrogen Fixing Tree Association. 1990. *Leucaena*: an important multipurpose tree. NFTA Highlight 90-01. Waimanalo, HI: Nitrogen Fixing Tree Association. 2 p.
56. Oakes, A.J.; Skov, O. 1967. Yield trials of *Leucaena* in the U.S. Virgin Islands. *Journal of Agriculture, University of Puerto Rico*. 51: 176-181.
57. Parrotta, John A. 1990. Hurricane damage and recovery of multipurpose tree seedlings at a coastal site in Puerto Rico. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports*. 8: 64-66.
58. Parrotta, John A. 1991. Effect of an organic biostimulant on early growth of *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus tereticornis*, *Leucaena leucocephala*, and *Sesbania sesban* in Puerto Rico. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports*. 9: 50-52.
59. Pennington, T.D.; Sarukhan, José. 1968. *Arboles tropicales de México*. Ciudad de México, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. 415 p.
60. Puri, Sunil; Shamet, G.S. 1988. Rooting of stem cuttings of some social forestry species. *International Tree Crops Journal*. 5: 63-70.
61. Relwani, L.L.; Lahane, B.N.; Gandhe, A.M. 1988. Performance of nitrogen-fixing MPTS on mountainous wastelands in low rainfall areas. En: Withington, D.; MacDicken, K.G.; Sastry, C.B.; Adam, N.R., eds. *Multipurpose tree species for small farm use: actas de un taller; 1987 Nov. 2-5; Pattaya, Thailand*. Morrilton, AR: Winrock International Institute for Agricultural Development; Ottawa: International Development Research Centre of Canada: 105-113.
62. Roskoski, Joann P.; Pepper, Ian; Pardo, Enrique. 1986. Inoculation of leguminous trees with rhizobia and VA mycorrhizal fungi. *Forest Ecology and Management*. 16: 57-68.
63. Salazar, Rodolfo. 1986. *Leucaena diversifolia* y *Leucaena leucocephala* en Costa Rica: Silvoenergía, Proyecto Cultivo de Arboles de Uso Múltiple. 18. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 4 p.
64. Salazar, Rodolfo; Picado, Walter; Ugalde, Luis. 1987. Comportamiento de leucaena en Costa Rica. *Tech. Series Rep*. 115. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 42 p.
65. Sapkota, Maheshwar. 1988. Multipurpose tree species for small farm use in Nepal. En: Withington, D.; MacDicken, K.G.; Sastry, C.B.; Adams, N.R., eds. *Mul-*

- tipurpose tree species for small farm use: Actas de un taller; 1987 November 2-5; Pattaya, Thailand. Morrilton, AR: Winrock International Institute for Agricultural Development; Ottawa: International Development Research Centre of Canada: 48-52.
66. Singh, Pratap; Singh, Sujana. 1987. Pest and pathogen management in agroforestry systems. En: Khosla, P.K.; Khurana, D.K., eds. Agroforestry for rural needs: Actas de un simposio; 1987 February 22-26; New Delhi, India. Solan, India: Indian Society of Tree Scientists: 153-177. Vol. 1.
 67. Sivaprasad, P.; Hegde, S.V.; Rai, P.V. 1983. Effect of rhizobium and mycorrhiza inoculation on growth of leucaena. *Leucaena Research Reports*. 4:42.
 68. Sorensson, Charles; Brewbaker, James L. 1986. Resistance of leucaena species and hybrids. *Leucaena Research Reports*. 7: 13-15.
 69. Spaulding, Percy. 1961. Foreign diseases of forest trees of the world. *Agric. Handb.* 197. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 361 p.
 70. Standley, P.C. 1922. Contributions from the National Herbarium. Trees and shrubs of Mexico. Washington DC: Government Printing Office. 1721 p. Vol. 23.
 71. Tang, Jung-Lei. 1986. Property and utilization of wood from fast grown *Leucaena* in Taiwan. En: 18th IUFRO World Congress: Actas, División 2, Vol. 2; 1986 September 7-21; Ljubljana, Yugoslavia. Ljubljana: Razmnozevanje Plesko: 469-478.
 72. Tomar, O.S.; Gupta, R.K. 1985. Performance of some forest tree species in saline soils under shallow and saline watertable conditions. *Plant and Soil*. 87: 329-335.
 73. Torres, Filemón. 1983. Potential contribution of leucaena hedgerows intercropped with maize to the production of organic nitrogen and fuelwood in the lowland Tropics. *Agroforestry Systems*. 1: 323-333.
 74. United States Department of Agriculture. 1960. Index of plant diseases in the United States. *Agric. Handb.* 165. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 531 p.
 75. Van den Beldt, Rick J.; Brewbaker, James L., eds. 1985. *Leucaena wood production and use*. Waimanalo, HI: Nitrogen Fixing Tree Association. 50 p.
 76. Von Carlowitz, Peter G. 1986. Multipurpose tree and shrub seed directory. Nairobi: International Council for Research in Agroforestry. 265 p.
 77. Wang, Deane; Bormann, F. Herbert; Lugo, Ariel E.; Bowden, Richard D. 1991. Comparison of nutrient use efficiency and biomass production in five tree taxa. *Forest Ecology and Management*. 46: 1-21.
 78. Webb, Derek B.; Wood, Peter J.; Smith, Julie P.; Henman, G. Sian. 1984. A guide to species selection for tropical and subtropical plantations. *Trop. For. Pap.* 15. 2^a ed. rev. Oxford, England: Commonwealth Forestry Institute, Department of Forestry, University of Oxford; London: Overseas Development Administration. 256 p.
 79. Westwood, Sally. 1987. The optimum growing period in the nursery for six important tree species in lowland Nepal. *Banko Janakari*. 1(1): 5-12.
 80. Yost, R.S. 1981. Influence of VA mycorrhizae on early growth and P nutrition of leucaena. *Leucaena Research Reports*. 4: 73-74.
 81. Zafar, M.I.; Muhammad Shafiq, Ali Gohar. 1988. Prospects of *Leucaena* plantations under gullied and rainfed conditions of Pothwar Plateau. *Pakistan Journal of Forestry*. 38(1): 25-32.