

Ochroma pyramidale Cav. Balsa

Bombacaceae Familia de las bombaxes

John K. Francis

Ochroma pyramidale Cav., conocido comúnmente como balsa, guano, corcho, lana, pau de balsa y bois flot, es un árbol de amplia distribución que invade terrenos recién perturbados (fig. 1). Esta especie de crecimiento rápido produce una madera de muy baja densidad que se usa para juguetes, artesanías, chapa de interiores y material aislante.

HABITAT

Area de Distribución Natural y de Naturalización

El área de distribución natural (fig. 2) de la balsa se extiende desde el sur de México hasta Bolivia, hacia el este a través de la mayor parte de Venezuela, y a través de las Antillas (7, 42, 48, 52, 53). Los extremos latitudinales son 22° N hasta alrededor de 15° S. La especie es de importancia comercial en la cuenca del Río Guayas en Ecuador, de donde se obtiene el 95 por ciento de la cosecha mundial (60). La balsa se ha cultivado con éxito en localidades exóticas en plantaciones de la India, Sri Lanka, Malasia, Vietnam, Borneo, Fiji, las Islas Salomón, las Filipinas y Papua Nueva Guinea (6, 16, 45).

Clima

La balsa requiere de un clima cálido y húmedo. La cantidad mínima de precipitación que tolera es de alrededor de 1500 mm anuales (36), excepto a lo largo de corrientes de agua, en donde el nivel del agua subterránea se encuentra



Figura 1.—Plántulas de balsa, *Ochroma pyramidale*, creciendo en relleno de construcción recientemente depositado.

cerca de la superficie y puede ser absorbida por las raíces (59). Los árboles de balsa crecen ocasionalmente en áreas de Puerto Rico con una precipitación de hasta 3000 mm anuales (observación personal del autor). La estación seca deberá ser de menos de 4 meses de duración (30). La temperatura promedio del mes más frío varía entre 20 y 25 °C y la temperatura promedio del mes más cálido varía entre 24 y 30 °C a través de la amplia distribución natural de la balsa (56). La especie no es resistente a las heladas.

Suelos y Topografía

La balsa demanda una rica provisión de nutrientes (20) y un suelo bien drenado (29). De hecho, se reporta que los árboles de balsa mueren con facilidad debido a las inundaciones (45). La especie tiene su mejor crecimiento en suelos aluviales a lo largo de ríos y es aquí en donde se le encuentra con mayor frecuencia (6). La balsa coloniza suelos arcillosos, margosos y limosos, e incluso el relleno de construcción recientemente depositado, pero no tolera los suelos de alta salinidad (6). Los rodales de balsa se pueden encontrar tanto en áreas llanas como en pendientes escarpadas. En las Antillas, la especie se encuentra con

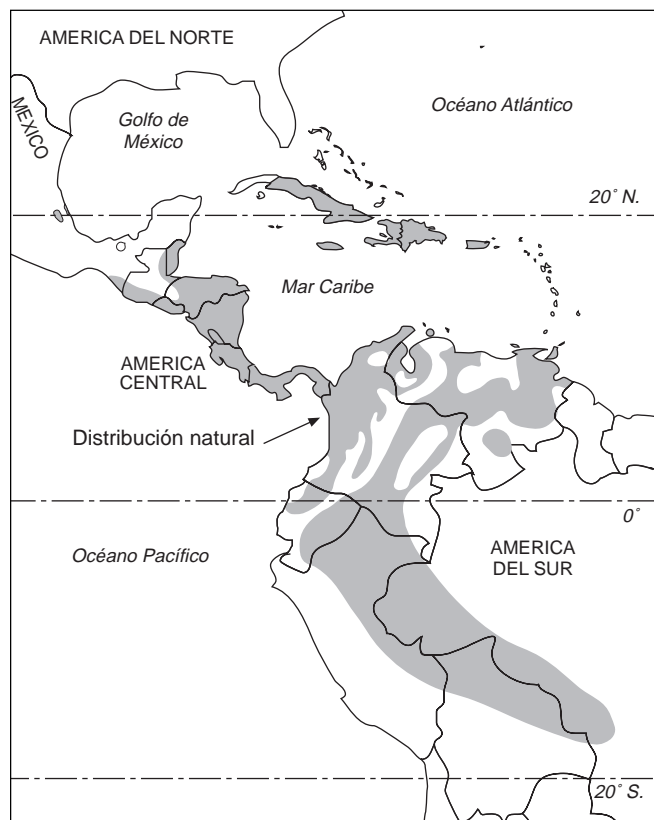


Figura 2.—El área sombreada representa la distribución natural de la balsa, *Ochroma pyramidale*, en el neotrópico.

frecuencia en los valles y en las faldas de los cerros en las áreas húmedas de piedra caliza; crece también al pie de cerros de origen ígneo (31, 32). La balsa crece desde casi el nivel del mar hasta una altitud de 1,800 m en Colombia (53), pero no se le encuentra a más de 1,000 m en Costa Rica (47).

Cobertura Forestal Asociada

La balsa se puede encontrar en rodales puros (23, 53) o en rodales mixtos en asociación con otras especies pioneras, tales como *Cecropia* spp., *Luehea seemannii* Planch. & Triana y *Trema micrantha* (L.) Blume (59, 60). En Ecuador, la balsa se encuentra creciendo junto a *Triplaris guayaquilensis* Wedd. y *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken en tierras abandonadas previamente usadas para la siembra y en claros a la orilla de los caminos (11). Ocasionalmente se pueden encontrar árboles de balsa en bosques maduros (58), habiendo crecido con éxito a través de los claros causados por la caída de árboles. La especie se puede encontrar con mayor frecuencia en densidades bajas en bosques secundarios, tales como aquellos en Puerto Rico, con *Buchenavia tetraphylla* (Aubl.) R. Howard, *Tetragastris balsamifera* (Sw.) Kuntze, *Schefflera morototoni* (Aubl.) Maguire, *Guarea guidonia* (L.) Sleumer y *Ocotea* spp. (17). Las zonas de vida de Holdridge (25) (tropical húmeda, tropical muy húmeda, subtropical húmeda, subtropical seca, subtropical premontana muy húmeda, y sitios ribereños en los bosques tropicales secos y subtropicales secos) se ven todas colonizadas por rodales de balsa (52, 53).

CICLO VITAL

Reproducción y Crecimiento Inicial

Flores y Fruto.—Las flores, de forma acampanada y estriadas, son de color blanco verdusco, de alrededor de 12 cm de largo y de 7 a 10 cm de ancho; crecen como flores únicas en pedúnculos gruesos cerca del final de las ramas (31). Las flores pueden ser también de color amarillo pálido y amarillo pálido con un matiz rojo (6). En Costa Rica, la flores de la balsa se abren de noche y son polinizadas por los murciélagos. Las flores tienen un néctar con un contenido de azúcar del 11 por ciento (3). Los árboles de 3 a 4 años de edad tienen la capacidad de florecer (60). La balsa florece por lo general durante la temporada seca del mes de marzo en Trinidad y Tobago (36) y de diciembre a marzo en el sur de México, en donde la fruta aparece de marzo a junio (42). En el oeste de Ecuador, los árboles producen fruta al final de la temporada seca, pero en áreas húmedas dan flores y frutos a través de todo el año.¹ La fruta es cilíndrica, de color marrón oscuro y de 30 cm de largo por entre 2.5 y 4 cm de ancho.

Producción de Semillas y su Diseminación.—Cuando madura, la cápsula de semillas se raja en cinco partes, exponiendo una masa de fibras blancas y sedosas en donde se encuentran las pequeñas semillas de color pardo.¹ Se contó un promedio de 950 semillas por cápsula en árboles brasileños (46). Se encuentran de 10 a 12 g de semillas en cada 100 g de

seda (47); de 100,000 a 160,000 semillas pesan 1 kg (30, 35, 36). Las semillas con seda son acarreadas por el viento (47) y probablemente por el agua. En un bosque subtropical muy húmedo en Puerto Rico, las semillas no se ven dispersadas mucho más allá de la extensión de la copa de los árboles maternos (12). Las semillas se pueden recolectar mediante el corte de las cápsulas maduras en las ramas bajas o a partir de árboles tumbados, preferiblemente en la mañana, cuando la alta humedad ayuda a prevenir que las cápsulas se quiebren en pedazos (6). Al colocarlas al sol, o al colgarlas dentro de sacos de tela en un lugar seco, las cápsulas se abrirán luego, y comenzarán a liberar las semillas cubiertas de seda. Las semillas se pueden separar a mano o mediante el quemado de la seda una vez se haya colocado en una capa delgada sobre una malla gruesa de alambre (24). Las semillas retienen su viabilidad después del almacenamiento por hasta 6 años en contenedores sellados a temperatura ambiente.² Se recomienda sin embargo el almacenamiento en frío (4 °C).

Desarrollo de las Plántulas.—Con la falta de calor, humedad y luz solar apropiados, las semillas pueden entrar en una etapa inactiva por varios años en el suelo del bosque. Cuando las condiciones son apropiadas, la germinación comienza después de 5 a 6 días y puede variar desde un bajo porcentaje hasta más del 90 por ciento (6, 36). Se reportan varios tratamientos para aumentar la germinación: un baño de agua caliente por 20 minutos (15), un baño de agua hirviendo por entre 2 y 3 minutos (6), un baño en agua de coco por 12 horas (49), escarificación (51) y fuego (24). Se encontró que los mejores resultados se obtienen con agua hirviendo por 15 segundos o la exposición a calor seco (96 °C) por 5 minutos (51). Los regímenes de temperatura alternante (20 horas a 25 °C seguidas de 4 horas a 45 °C) mejoraron la germinación, pero la luz no tuvo efecto alguno. La germinación es epigea (43).

En el vivero, las semillas se siembran en bandejas de germinación llenas de mezcla para sembrar y cubiertas con una capa ligera de arena (57). Cuando las frágiles plántulas alcanzan alrededor de 5 cm de altura se transplantan con cuidado a bolsas de vivero. Se deberá ejercer sumo cuidado durante esta operación, ya que las plántulas se dañan con facilidad. Las plántulas comienzan su crecimiento a la sombra y se mueven gradualmente hacia el sol pleno. Después de cerca de 4 meses, las plántulas tienen un tamaño suficiente (20 cm de alto) para ser transplantadas al campo (30, 57). Se deberán usar provisiones en contenedores, porque las plántulas no sobreviven el trasplante con las raíces desnudas (30) y no toleran la poda de las raíces (17). Se obtuvo un crecimiento ligeramente mejor mediante la siembra directa de las semillas en bolsas de vivero para evitar el trasplante a partir de bandejas de germinación (46). Un método alternativo es el de la siembra directa de semillas, con unas pocas semillas por lugar labrado y preparado, las cuales se cubren ligeramente con tierra.¹ Cinco kg de semillas son suficientes para sembrar 2 ha de lugares preparados a un espaciamiento de 3 m. Cada lugar deberá ser entresacado hasta dejar una sola plántula después de 3 a 4 meses. El espaciamiento inicial en plantaciones en donde se planea un entresacado temprano e intenso deberá ser de alrededor de 2.1 por 2.1 m (57), o de 5 por 5 m en donde el entresacado

¹Manuscrito inédito de Brown, Delmar. 1989. Notas sobre dieciséis especies de árboles maderables tropicales de Ecuador. Universidad del Estado de Colorado, Fort Collins, CO. 51 p. Archivado en el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical, Río Piedras, PR 00928-5000.

²Marrero, José. 1949. Reporte final 775. Archivado en el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical, Río Piedras, PR 00928-5000.

será diferido o en donde se planea sembrar cosechas entre hileras de árboles (17). Para el primer año se reportaron unas tasas de supervivencia del 81 y 96 por ciento para dos plantíos en Brasil (46).

Los rodales naturales requieren del entresacado para obtener el deseado crecimiento rápido, ya que la balsa a menudo tiene una regeneración extremadamente densa (60). Se sugiere el siguiente programa de entresacado, que originalmente fue aplicado a plantaciones: a los 3 ó 4 meses, entresacar a un nivel de alrededor de 2,000 plántulas; a los 1.5 años, entresacar a 1,500 árboles jóvenes; a los 2.5 años, entresacar a alrededor de 750 árboles; a los 3.5 años, entresacar a cerca de 100 árboles; a los 5 años, corta total (16). Desafortunadamente, no existe ningún uso comercial para el material de poco diámetro cortado en los entresacados iniciales. Los rodales de balsa que fueron quemados o perturbados severamente durante la cosecha, y los sitios sobre suelos adecuados cerca de árboles productores de semillas, por lo general regenerarán la balsa o una mezcla de especies pioneras que incluyen a la balsa.

Reproducción Vegetativa.—No existe la reproducción vegetativa en esta especie (59).

Etapas del Brinzal hasta la Madurez

Crecimiento y Rendimiento.—Los árboles de balsa crecen de manera extremadamente rápida. Las plántulas alcanzarán alturas de entre 1.8 y 4.5 m al final de la primera temporada y 11 m al final de la segunda (59). El tamaño final podrá ser de entre 25 y 30 m o más (28, 42, 59). Un árbol vigoroso puede alcanzar un diámetro a la altura del pecho (d.a.p.) de 40 cm en un período de 5 a 6 años (26); de manera ocasional, algunos árboles alcanzan un d.a.p. de 100 cm a una edad más avanzada (60). Debido a su tasa de crecimiento inusualmente alta, la balsa tiene la capacidad de concentrar en el tallo la mayoría de la energía asignada a la producción de madera mediante la producción de pocas ramas y de hojas grandes y sencillas con pecíolos en forma de ramas (21). La ramificación sigue el patrón de Koriba, en el cual vástagos de tamaño inicialmente igual se desarrollan en cada nudo, y luego uno de los vástagos adquiere dominancia y asume una posición erecta para convertirse en el líder. La balsa produce tres ejes en cada nudo, uno para el líder y dos para las ramas (22).

La maduración económica y física de la balsa tiene lugar a una edad temprana. Los árboles de crecimiento rápido producen el mejor rendimiento y el mejor producto cuando tienen de 5 a 6 años de edad. Los árboles de 7 u 8 años comienzan a desarrollar un duramen saturado de agua (59). Después de 12 a 15 años, los árboles se deterioran rápidamente (33), y muy pocos sobreviven más allá de 20 a 30 años (26). El potencial para la producción en volumen para la balsa a una edad cosechable en rodales puros es de 17 a 30 m³/ha/año (56). Los rodales en un bosque siempreverde de especies frondosas en la cuenca del Río Guayas en Ecuador, del cual la balsa es un componente, contuvieron de 125 a 200 m³ de volumen fijo (11). Las plantaciones experimentales en Malasia han crecido de manera un poco más lenta (10 m³/ha/año o menos) y han resultado en una madera un tanto más pesada de la deseada (62). Se reportan varios niveles de éxito y fracaso con plantaciones en áreas tropicales alrededor del mundo (45).

Se ha desarrollado una ecuación para predecir el volumen

total arriba de la superficie del terreno para árboles maderables tropicales usando técnicas de regresión lineal (10). El volumen (V) en m³ se obtiene mediante $V = 0.368 + 0.545 GH$, en donde G es el área basal en metros cuadrados y H es la altura total en metros. Cuatro de los árboles usados para desarrollar la ecuación fueron árboles de balsa.

Comportamiento Radical.—Los árboles jóvenes de balsa poseen un sistema radical poco profundo. Alrededor de los 7 años, los árboles desarrollan una raíz pivotante, lo que causa que el centro del árbol se vuelva super-saturado de agua.³ Los árboles de gran tamaño a menudo tienen contrafuertes moderados.

Reacción a la Competencia.—La balsa tiene todas las características de una especie pionera. Es muy intolerante a la sombra, crece con gran rapidez, produce una madera blanda y es de corta vida (22). Las plántulas nuevas se etiolan al colocarse en la sombra (2) y requieren de claros grandes en el bosque para su buen crecimiento. La elevación de la temperatura del suelo causada por el sol directo parece ser un requisito para la germinación de las semillas. Entre los sitios frecuentemente colonizados se encuentran los aluviones nuevos, áreas de deslicamientos de suelo, relleno de construcción (fig. 1), siembras abandonadas, áreas severamente quemadas, áreas de corta total y claros causados por la caída de árboles (6, 23).¹ A menos que los sitios con rodales de balsa sean perturbados, la balsa será reemplazada en la segunda generación por especies más tolerantes a la sombra.

La densidad en los rodales de plantación tiene gran influencia sobre la tasa de crecimiento en el diámetro, pero no parece reducir el crecimiento en altura total o la altura hasta la primera rama (62). Un espaciamiento de 4.3 por 4.3 m en un plantío en Malasia resultó en densidades (de alrededor de 6 m²/ha) durante el primer o segundo año que comenzaron a retrasar el crecimiento en diámetro.

La tasa foliar unitaria (aumento en el peso en seco/m² de área foliar/semana) es una medida de la eficiencia con respecto al crecimiento. La tasa para la balsa no fue significativamente diferente de la tasa para el girasol (*Helianthus annuus* L.), una especie al extremo superior del espectro, y fue mayor que las tasas para varias especies de árboles tropicales sometidos a prueba (40, 58).

Agentes Dañinos.—Un lepidóptero que barrena los vástagos, *Anadasus porinodes* (Meyrick), que se puede encontrar a través de la mayoría de la distribución continental de la balsa, puede devastar las plantaciones (5). Los árboles que se encuentran aislados escapan a menudo de este ataque.

Las hormigas tropicales (*Paraponera* sp. y otras) se alimentan de líneas de un tejido rojo lleno de savia debajo de los pecíolos y a lo largo de las venas foliares (nectarios extraflorales) de la balsa. Las hormigas reaccionan de manera agresiva al ser perturbadas y proveen así de protección para la planta. Cuando las hormigas no están presentes, hay un aumento en el daño a las hojas causado por los herbívoros (41, 63).

Muchos organismos se alimentan de la madera de la balsa. En Puerto Rico, la termita de la madera húmeda,

³Manuscrito inédito por Delmar Brown. 1989. Árboles de Ecuador 1/Trees of Ecuador 1. Universidad del Estado de Colorado, Fort Collins. 51 p. Archivado en el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical, Río Piedras, PR 00928-5000.

Nasutitermes costalis (Holmgren), consume las ramas muertas y la madera que cae al suelo (37). La balsa se considera como muy susceptible al ataque de la termita de la madera seca, *Cryptotermes brevis* (Walker) (61). En un estudio, las termitas de la madera seca prefirieron consumir balsa en vez de *Thuja plicata* Donn, *Pseudotsuga menziesii* Franco y *Pinus* spp., y sus ninfas se desarrollaron con mayor rapidez en la balsa que en las otras especies (13). La balsa sufre el ataque severo del perforador marino y los trozos y el maderaje verde pueden ser dañados con severidad por la carcoma si la madera no es procesada con rapidez (33). La madera también se considera como susceptible al daño por *Lyctus* spp. (escarabajo del polvo de salvadera) (18).

Las ramas de los árboles de balsa se quiebran con los vientos fuertes (55). Por lo usual los vientos primero despojan las ramas de sus hojas antes que el tronco se quiebre o antes que ocurra el desarraigo (observación personal del autor). Desafortunadamente, los hongos penetran las ramas quebradas y ocasionan la pudrición y enfermedades (45). Se debe tener cuidado también de evitar herir o hacer cortes en el tronco de los árboles jóvenes, ya que los patógenos penetran a través de dichas heridas (47). En la etapa de plántula, la balsa es muy susceptible al ataque del hongo que ocasiona el mal de vivero (17). La madera de la balsa se pudrirá rápidamente en contacto con el suelo húmedo y se manchará si no se aserra y seca poco después de la cosecha (27).

USOS

El duramen de la balsa es de color marrón claro o marrón rojizo, y la albura, que provee la mayor parte de la madera comercial, es de color blanco a moreno claro (9). La madera de la balsa es de una textura de mediana a gruesa, lustrosa, de fibra recta y sin anillos anuales. Es la madera comercial más liviana en uso a nivel mundial hoy en día (33). Unas cuantas otras especies producen una madera más liviana, pero carecen de la fortaleza necesaria.¹ La madera comercial de la balsa por lo usual varía en densidad entre 0.10 a 0.17 g/cm³ (9), pero puede variar entre 0.05 y 0.41 g/cm³. Debido a que los árboles crecen con mayor lentitud a medida que envejecen, la densidad aumenta de manera lineal con la distancia a partir del meollo y con la altura sobre la superficie del terreno (59). Otros factores asociados con una alta densidad de la madera son el tamaño grande del árbol, la presencia de agua saturando el centro, un clima seco o un micrositio seco y un crecimiento lento. La madera de balsa con densidades variables tuvo un módulo de ruptura de 148 a 372 kg/cm², un módulo de elasticidad de 30,000 a 62,000 kg/cm², y una resistencia máxima a la compresión de 63 a 64 kg/cm² (15). Estos valores son muy bajos comparados a aquellos para las coníferas y especies de madera dura de peso liviano (4), pero son comparables cuando se toman en consideración las diferencias en el peso específico. La madera de balsa se seca rápidamente y con poca degradación. El secado al horno, en particular con provisiones de mayor grosor, rinde un producto mucho mejor que el secado al aire (4). El encogimiento durante el secado de verde a un nivel de humedad del 12 por ciento es de 1.6 por ciento radial y 4 por ciento tangencial (54). La madera de balsa tiene un 92 por ciento de aire en espacios y tiene una conductividad termal muy baja (4, 54).

La madera de balsa tiene un contenido de lignina relativamente bajo (26.5 por ciento) y un contenido de ceniza inusualmente alto (2.12 por ciento) (34). Parece ser que el sílice contribuye poco al contenido de ceniza, ya que la madera no embota con rapidez los filos de las herramientas cortantes (33). La balsa se puede cortar y cepillar con facilidad con herramientas cortantes delgadas y agudas, pero se vuelve afelpada o desmoronadiza si los filos de las herramientas son muy gruesos o se encuentran embotados (33). Debido a la falta de fortaleza adecuada, la madera de balsa no acepta bien los clavos y tornillos. La madera se encola satisfactoriamente, y el encolado es por lo usual la manera más satisfactoria para fijar la balsa. Se lija con facilidad y puede ser teñida y barnizada satisfactoriamente, aunque es muy absorbente (14).

Los maderos de esta especie fueron usados por siglos para manufacturar balsas y de allí su nombre en español (59). Hoy en día, la madera se usa para modelos, artesanías y juguetes, como chapa de interiores en construcciones en capas con material sintético, aluminio y madera, en donde se necesite fortaleza y propiedades aislantes. Se usa también como material aislante masivo y libre de fuerzas electrostáticas en barcos para transporte criogénico (1, 9, 39, 54).

A pesar de poseer fibras cortas al igual que la mayoría de otras especies de madera dura, la madera de balsa se ha usado de manera limitada para la producción de pulpa y papel (26, 54, 56). En muchos de sus usos tradicionales, tal como boyas para la pesca y salvavidas, la balsa está siendo reemplazada por la espuma de poliestireno y otros materiales sintéticos. Se requerirá ciertamente de muchos cambios y adaptaciones para mantener la demanda por este producto. Es posible que el hecho de que es un material orgánico que no contamina el medio ambiente ayude a mantener la demanda en el futuro.

La balsa se cultiva a veces como una planta ornamental debido a sus grandes hojas y flores (32). La seda de sus cápsulas se usa como un sustituto para el kapok como material para rellenos, prefiriéndose al kapok derivado de *Ceiba* spp. (8). La balsa se usa a menudo como una especie índice en investigaciones de las propiedades físicas de maderas y su susceptibilidad a la pudrición y los insectos (19, 38, 44, 50).

GENETICA

A pesar de que su amplia distribución y cierto grado de variación llevó a los botánicos a proponer varias especies y variedades de *Ochroma*, el género se considera ahora como monotípico (59). Entre los sinónimos botánicos de *Ochroma pyramidale* se encuentran: *O. lagopus* Sw., *O. lagopus* var. *occigranatensis* Cuatr., *O. obtusa* Rawl., *O. tomentosa* Willd., *O. bicolor* Rowlee, *O. boliviana* Rowlee, *O. grandiflora* Rowlee, *O. lagopus* var. *bicolor* (Rowlee) Standl. & Steyerl., *O. limonensis* Rowlee, *O. peruviana* Sohnst., *O. velutina* Rowlee (32, 53).

LITERATURA CITADA

1. Ascer, R. 1975. Balsa wood in boat construction. *Revue du Bois et de ses Applications*. 30(5): 59.
2. Augspurger, Carol K. 1984. Light requirements of neotropical tree seedlings: a comparative study of growth and survival. *Journal of Ecology*. 72: 777-795.
3. Baker, Herbert G. 1976. Chemical aspects of the pollination biology of woody plants in the tropics. En: Tomlinson, P.B.; Zimmerman, Martin H., eds. *Tropical trees as living systems*. London: Cambridge University Press. 675 p.
4. Balsa Ecuador Lumber Corporation. [s.f.]. Balsa, the lightest commercial wood in the world. Brochure. New York: Balsa Ecuador Corporation. 26 p.
5. Becker, Victor O. 1974. Un Stenomatidae (Lepidoptera) que barrena los brotes de la balsa. *Ochroma lagopus* Sw. (Bombacaceae), en Costa Rica. *Turrialba*. 24(4): 420-422.
6. Betancourt Barroso, S.A. 1968. Monografía de la balsa o lanero. *Técnica Forestal* 3. Bogotá, Colombia: Instituto Nacional de Desarrollo y Aprovechamiento Forestales. 7 p.
7. Bisse, Johannes. 1981. *Arboles de Cuba*. Habana, Cuba: Editorial Científico-Técnica. 384 p.
8. British Honduras Forest Department. 1946. Notes on forty-two secondary hardwood timbers of British Honduras. *Forest Depart. Bull.* 1. Belmopan, British Honduras: British Honduras Forest Department. 116 p.
9. Chudnoff, Martin. 1984. *Tropical timbers of the world*. Agric. Handb. 607. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 464 p.
10. Dawkins, H.C. 1961. Estimating total volume of some Caribbean trees. *Caribbean Forester*. 22(3/4): 62-63.
11. Department of Economic Affairs. 1964. Survey for the development of the Guayas River Basin of Ecuador. Washington, DC: Department of Economic Affairs, Pan American Union, Organization of American States. 226 p.
12. Devoe, Nora Nancy. 1989. Differential seeding and regeneration in openings and beneath closed canopy in sub-tropical wet forest. New Haven, CT: Yale University. 307 p. Disertación doctoral.
13. Dinnick, D.R.; Wilkinson, R.C.; Kerr, S.H. 1973. Feeding preferences of the drywood termite, *Cryptotermes brevis*. *Environmental Entomology*. 2(3): 481-484.
14. Echenique-Manrique, Ramón; Amo R., Silvia del. 1977. Madera balsa. Comunicado 14. Xalapa, Veracruz, México: Instituto de Investigaciones Sobre Recursos Botánicos. 2 p.
15. Echenique-Manrique, Ramón; Barajas-Morales, Josefina; Pinzón-Picaseña, Luis M., Pérez-Morales, Victor. 1975. Estudio botánico y ecológico de la región del Río Uxpanapa, Veracruz. No. 1. Ciudad de México, México: Programa Nacional Indicativo de Ecología Tropical. 65 p.
16. Evans, Julian. 1982. *Plantation forestry in the Tropics*. Oxford, England: Clarendon Press. 472 p.
17. Flinta, Carlos M. 1960. *Prácticas de plantación forestal en América Latina*. FAO Forestry Development Paper 15. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 498 p.
18. Forest Products Research Centre. 1970. Properties and uses of Papua and New Guinea timbers. Trade Note 2. Hohola, Papua New Guinea: Forest Products Research Centre, Department of Forests, Territory of Papua and New Guinea. 44 p.
19. Forestry Production Research Institute. 1964. Ecology of subterranean termites in relation to decay fungi. Annual report 1963/1964. College, Laguna, Philippines: Forestry Production Research Institute. 32 p.
20. Fors, Alberto J. 1965. *Maderas cubanas*. Habana, Cuba: Instituto Nacional de Reforma Agrícola. 162 p.
21. Givnish, Thomas J. 1978. On the adaptive significance of compound leaves, with particular reference to tropical trees. En: *Tropical trees as living systems: Proceedings of the Fourth Cabot Symposium*; 1976 April 26-30; Petersham, MA: Cambridge University Press: 351-380.
22. Hallé, F.; Oldeman, R.A.A.; Tomlinson, P.B. 1978. *Tropical trees and forests, an architectural analysis*. New York: Springer-Verlag. 441 p.
23. Hartshorn, Gary S. 1978. Tree falls and tropical forest dynamics. *Tropical trees as living systems*. Cambridge, England: Cambridge University Press: 617-638.
24. Holdridge, L.R. 1940. A rapid method of extracting balsa seed. *Caribbean Forester*. 1(2): 25.
25. Holdridge, L.R. 1967. Life zone ecology. San José, Costa Rica: Tropical Science Center. 206 p.
26. Hueck, Kurt. 1961. *The forests of Venezuela*. Heft 14. Hamburg, Germany: Verlag Paul Parey. 106 p.
27. Instituto Nacional de Desarrollo y Aprovechamiento Forestal. 1968. Monografía de la balsa o leñero. Bogotá, Colombia: Instituto Nacional de Desarrollo y Aprovechamiento Forestales. 7 p.
28. Lao, R.; Flores, S. 1972. *Arboles del Perú: Descripción de algunas especies forestales de Jenaro Herrera— Iquitos*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria and Technical Cooperative of the Swiss Government. 195 p.
29. León, Hector Rojar; Muñoz, Luis A. [s.f.] *Maderas colombianas*. Bogotá, Colombia: Fondo de Promoción de Exportaciones. 117 p.
30. Letourneux, Charles. 1957. Tree planting practices in tropical Asia. FAO Forestry Development Paper 11. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 172 p.
31. Liogier, Alain Henri. 1978. *Arboles dominicanos*. Santo Domingo, República Dominicana: Academia de Ciencias de la República Dominicana. 220 p.
32. 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.
33. Longwood, Franklin R. 1962. Present and potential commercial timbers of the Caribbean. *Agric. Handb.* 207. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 167 p.
34. Marchán, F.J. 1946. The lignin, ash and protein content of some neotropical woods. *Caribbean Forester*. 7(2): 135-138.
35. Marrero, José. 1949. Tree seed data from Puerto Rico. *Caribbean Forester* 10: 11-42.
36. Marshall, R.C. 1939. *Silviculture of the trees of Trinidad and Tobago, British West Indies*. London: Oxford University Press. 247 p.
37. Martorell, Luis F. 1975. Annotated food plant catalog of the insects of Puerto Rico. Río Piedras, PR: Agricultural Experiment Station, University of Puerto Rico. 303 p.
38. Mashiro, A. 1986. The swelling stress of the cell wall of wood. *Bull. Tokyo University Forests* 75. Tokyo: Department of Forest Products, University of Tokyo. 351-359.
39. Mora, Juan J. 1974. Características tecnológicas de la balsa. *Revista Forestal Venezolana*. 17(24): 67-71.

40. Oberbauer, Steven F.; Donnelly, Maureen. 1986. Growth analysis and successional status of Costa Rican rain forest trees. *New Phytologist*. 104: 517-521.
41. O'Dowd, D.J. 1979. Foliar nectar production and ant activity on a neotropical tree, *Ochroma pyramidale*. *Oecology*. 43(2): 233-248.
42. Pennington, T.D.; Sarukhan, José. 1968. Árboles tropicales de México. Ciudad de México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Food and Agriculture Organization of the United Nations. 413 p.
43. Ricardi, M.; Torres, F.; Hernández, C.; Quintero, R. 1977. Morfología de plantulas de árboles venezolanos. I. *Revista Forestal Venezolana*. 27: 15-56.
44. Shearer, C.A. 1974. Fungi of the Chesapeake Bay and its tributaries. IV. Three new species from the Patuxent River. *Mycologia*. 66(1): 16-24.
45. Streets, R.J. 1962. Exotic forest trees in the British Commonwealth. Oxford, England: Clarendon Press. 750 p.
46. Teixeira Alves, Sérgio. 1982. Estudos sobre o pau-de-balsa (AM) *Ochroma pyramidale* (Cav.) Urb. Bombacaceae. *Silvicultura em S. Paulo*. 16A(2): 981-987.
47. Tenny, F.A. 1928. Costa Rican balsa. *Tropical Woods*. 15: 34-37.
48. Toledo Rizzini, Carlos. 1971. Arvores e madeiras úteis do Brasil. Sao Paulo, Brasil: Editora Edgard Blucher Ltda. 296 p.
49. Tulstrup, N.P. 1956. Notas sobre semillas forestales. Cuadro de fomento forestal 5. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 370 p.
50. Ueyama, A.; Araki, M.; Goto, T. 1962. Studies on the dimensional stabilization of wood. XI. Location of mycelium in balsa wood tissues treated with hydrogen chloride-formaldehyde after compulsive decay test. *Wood Research, Kyoto*. 28: 24-30.
51. Vázquez-Yañes, Carlos. 1974. Studies on the germination of seeds of *Ochroma lagopus* Swartz. *Turrialba*. 24: 176-179.
52. Veillón, Jean Pierre. 1986. Especies forestales autóctonas de los bosques naturales de Venezuela. Merida, Venezuela: Instituto Forestal Latinoamericano. 199 p.
53. Venegas Tovar, Luis. 1978. Distribución de once especies forestales en Colombia. *Papel Informativo Forestal* 11. Bogotá, Colombia: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 74 p.
54. Villavelez, Lolita V.; Meniado, José A. 1979. Notes on balsa (*Ochroma pyramidale* Cav.). *Forpride Digest*. 8(3/4): 25-30.
55. Wadsworth, Frank H.; Englerth, George H. 1959. Effects of the 1956 hurricane on forests in Puerto Rico. *Caribbean Forester*. 20(3/4): 38-51.
56. Webb, Derek B.; Wood, Peter J.; Smith, Julie P.; Henman, G. Sian. 1984. A guide to species selection for tropical and sub-tropical plantations. *Tropical Forestry Papers* 15. Oxford, England: Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford. 256 p.
57. White, K.J.; Cameron, A.L. [s.f.]. Silviculture techniques in Papua New Guinea forest plantations. Bull. 1. Port Moresby, Papua, New Guinea: Division of Silviculture, Department of Forests, Territory of Papua and New Guinea. 99 p.
58. Whitmore, J.L. 1983. *Ochroma lagopus* (balsa). En: Costa Rican natural history. Chicago, IL: University of Chicago Press: 281-282.
59. Whitmore, T.C.; Wooi-Khoon, Gong. 1983. Growth analysis of the seedlings of balsa, *Ochroma lagopus*. *New Phytologist*. 95: 305-311.
60. Whitmore, Jacob L. 1968. Density variation in the wood of Costa Rican balsa. *Ann Arbor, MI: University of Michigan*. 79 p. Tesis de M.S.
61. Wolcott, George N. 1946. A list of woods arranged according to their resistance to the attack of the West Indian dry-wood termite, *Cryptotermes brevis* (Walker). *Caribbean Forester*. 7(4): 329-334.
62. Wycherley, P.R.; Mitchell, B.A. 1962. Growth of balsa trees *Ochroma lagopus* Sw. at the Rubber Research Institute Experiment Station. *Malayan Forester*. 25(2): 140-149.
63. Young, A.M. 1977. Notes on the foraging of the giant tropical ant *Paraponera clava* (Formicidae: Ponerinae) on two plants in tropical wet forest. *Journal of the Georgia Entomological Society*. 12(1): 41-51.