

# *Ormosia krugii* Urban

# Palo de matos

Leguminosae  
Faboideae

Familia de las leguminosas  
Subfamilia de las habas

Peter L. Weaver

*Ormosia krugii* Urban, conocido como Palo de matos en Puerto Rico, peronia en la República Dominicana, bois nannon en Haití, angelin batard en la Martinica y Guadeloupe y malcaconier en Dominica, es un árbol siempreverde de tamaño mediano que alcanza 20 m o más de altura y entre 60 y 90 cm en d.a.p. a la madurez (fig. 1). Las grandes hojas pinadas compuestas, que presentan unas hojuelas con prominentes venas laterales, sirven como características útiles para la identificación en el campo.



**Figura 1.**—Palo de matos, *Ormosia krugii*, creciendo en la Sierra de Luquillo en Puerto Rico.

## HABITAT

### Area de Distribución Natural y de Naturalización

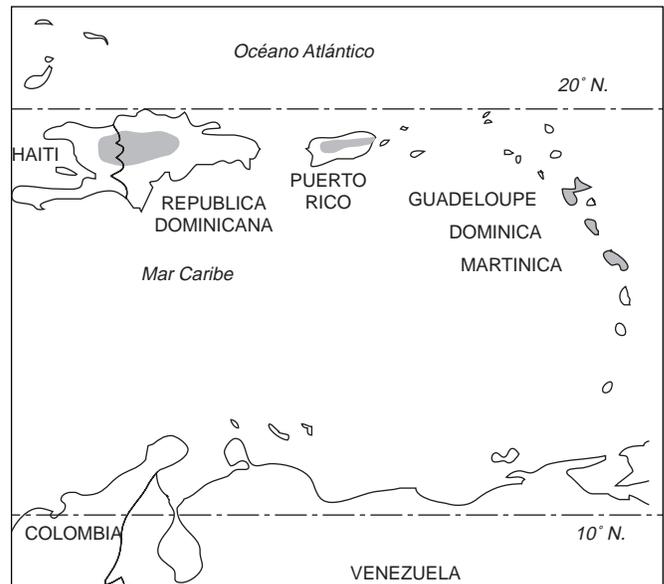
El palo de matos es endémico a las islas del Caribe (fig. 2). Crece de manera natural en la isla de Española (1, 26), Puerto Rico (21), Guadeloupe (18), la Martinica (20) y Dominica (2). Se encuentra notablemente ausente en las islas más pequeñas de las Antillas Menores situadas entre Puerto Rico y Dominica.

## Clima

En Puerto Rico, el palo de matos crece en las siguientes zonas forestales *sensu* Holdridge (19): El bosque subtropical húmedo, el bosque subtropical muy húmedo, el bosque subtropical pluvial y el bosque subtropical montano bajo muy húmedo (17). La precipitación en estos tipos de bosque varía entre 1500 y 4000 mm por año con unas temperaturas anuales promedio que fluctúan entre 20 y 24 °C (6). La precipitación a través del área de distribución del palo de matos es similar a la de Puerto Rico. No ocurren heladas dentro de esta área de distribución.

## Suelos y Topografía

En la mejor muestra del bosque montano bajo pluvial de Dominica en el Valle de Layou, el palo de matos crece en suelos de “tierra amarilla” en terrenos bien protegidos y



**Figura 2.**—Las áreas sombreadas y la línea punteada representan la distribución natural del palo de matos, *Ormosia krugii*, en la región del Caribe: en la isla de Española, Puerto Rico, Guadeloupe, Dominica y la Martinica.

levemente ondulados (2). En el Bosque Experimental de Luquillo (BEL) del noreste de Puerto Rico, el palo de matos crece más que nada en suelos arcillosos ácidos, clasificados como Ultisoles e Inceptisoles. Aunque la especie crece en todas las posiciones topográficas, es más común en pendientes y cimas (10).

### Cobertura Forestal Asociada

En Puerto Rico, el palo de matos crece en los bosques montanos de húmedos a muy húmedos. Una muestra de 4 ha con 3,140 árboles medidos en el BEL durante 1946, contuvo 127 tallos de palo de matos de más de 4 cm en d.a.p. o 4 por ciento del total (5). Entre las 30 especies más comunes registradas, el palo de matos ocupó el duodécimo lugar en densidad de tallos y el cuarto lugar tanto en área basal como en volumen. Sin embargo, entre los árboles de más de 25 cm en d.a.p. el palo de matos fue menos común (28, 36).

Un censo de las áreas con un potencial forestal comercial en Puerto Rico, ahora cubierto principalmente por bosques secundarios, mostró que el palo de matos constituyó menos del 1.0 por ciento en cada una de las siguientes categorías: árboles muestreados, área basal total y volumen total (4). Un censo por separado en el Bosque de Toro Negro mostró que el palo de matos, siendo el 0.3 por ciento del total de árboles, contuvo 1.2 por ciento del área basal y 2.1 por ciento del volumen (3).

Los principales árboles asociados con el palo de matos en Puerto Rico y Dominica se listan en la tabla 1. El palo de matos crece en asociación con especies encontradas en bosques primarios y secundarios.

### CICLO VITAL

#### Reproducción y Crecimiento Inicial

**Flores y Fruto.**—Las flores del palo de matos tienen un pedúnculo corto y aparecen en panículas que miden de 15 a

30 cm de largo (21). El cáliz, de color pardo, veloso y en forma acampanada y de alrededor de 1.0 cm de largo, contiene unos dientes puntiagudos desiguales. Los pétalos son de un color violeta oscuro y cada uno tiene aproximadamente 1.6 cm de largo. Tienen un estandarte ancho y redondeado con manchas blancas o amarillas, dos alas y dos pétalos quilla. El pistilo, de alrededor de 1.6 cm de largo, tiene un ovario de una célula, aplastado y de color pardo y un estilo delgado y curvo. El palo de matos florece de septiembre a diciembre en el BEL (16, 21).

Las frutas aparecen durante muchos meses (16), en particular de mayo a noviembre (21). Las vainas pardas tienen de 1.6 a 2.0 cm de ancho, son ligeramente quilladas, largas y puntiagudas en los extremos; el cáliz está incluido en su base (21).

**Producción de Semillas y su Diseminación.**—Cada vaina de palo de matos contiene de una a cinco semillas redondeadas pero ligeramente aplastadas. Las semillas, de color rojo con una o más manchas negras, caen bajo el árbol materno y son útiles en la identificación de la especie.

Al final de la década de 1940 se iniciaron varios estudios en Puerto Rico con semillas de palo de matos (23). Las semillas promediaron 1,365 por kilogramo, con un contenido de humedad del 24 por ciento. Las investigaciones recientes han confirmado los trabajos anteriores: el peso promedio para 180 semillas muestreadas secadas al aire fue de  $0.72 \pm 0.01$  g por semilla o 1,390 semillas por kilogramo.

**Desarrollo de las Plántulas.**—La germinación de las semillas es hipogea (13, 14). Las primeras dos hojas producidas por el palo de matos son simples y opuestas; las hojas alternas y compuestas se desarrollan más tarde. Tanto las hojas de las plántulas (13) como las maduras (32) se ilustran en claves dicótomas usadas para la identificación de las plantas en el bosque tabonuco.

Las semillas del palo de matos tienen una testa dura, lo que retrasa la germinación. En las primeras pruebas en Puerto Rico, una muestra de 200 semillas de palo de matos rindió una germinación del 11 por ciento después de un período promedio de 60 días (23). Durante el final de la década

**Tabla 1.**—Principales especies arbóreas creciendo con el palo de matos, *Ormosia krugii*

| País               | Localidad             | Elevación     | Precipitación | Principales   | Referencia |
|--------------------|-----------------------|---------------|---------------|---|------------|
|                    |                       |               |               | especies asociadas  |            |
|                    |                       | <i>Metros</i> | <i>mm/año</i> |   |            |
| <b>Dominica</b>    | Valle Layou Superior  | 275-425       | ~4000         | <i>Dacryodes excelsa</i><br><i>Sloanea truncata</i><br><i>Sterculia caribaea</i><br><i>Tapura antillana</i> | (2)        |
| <b>Puerto Rico</b> | Tabonuco raleado      | 450           | ~3300         | <i>Guettarda valenzuelana</i><br><i>Miconia tetrandra</i><br><i>Tabebuia heterophylla</i>                   | (39)       |
|                    | Tabonuco en pendiente | 570           | ~3000         | <i>D. excelsa</i><br><i>M. prasina</i><br><i>Prestoea montana</i>   | (39)       |
|                    | Río Grande            | 420-600       | 3300          | <i>Cecropia schreberiana</i><br><i>D. excelsa</i><br><i>Sloanea berteriana</i>                              | (10, 11)   |
|                    | Sabana 8              | 180-360       | 2300          | <i>Alchornea latifolia</i><br><i>Schefflera morototoni</i><br><i>T. heterophylla</i>                        | (10, 11)   |

de 1960, se efectuaron cinco pruebas comparativas de germinación adicionales (14). Las semillas esterilizadas con Chlorox,<sup>1</sup> tratadas con bacterias del género *Rhizobium* y plantadas en musgo esterilizado rindieron los mejores resultados, con una tasa de producción de plántulas del 36 por ciento después de 1 mes. Los investigadores concluyeron que la digestión bioquímica de las duras testas por *Rhizobium* mejoraron en gran medida la absorción de agua y la germinación. Otra prueba efectuada con semillas sin tratar en 1992 mostró que la primera semilla germinó dentro de un período de 20 días y el 30 por ciento de las semillas germinó dentro de un período de 60 días.<sup>2</sup>

La siembra directa de semillas de palo de matos se sometió a prueba cerca de St. Just, Puerto Rico, usando 4 semillas por cada lugar, en un total de 60 lugares.<sup>3</sup> La germinación y el crecimiento inicial, observados por primera vez después de 6 meses, ocurrieron en un 22 por ciento de los 60 lugares. Todas las plántulas tuvieron menos de 8 cm de alto. Los resultados se consideraron como pobres y la siembra directa de semillas de palo de matos no se recomendó como un método para la siembra.

En otro estudio, 50 plántulas de palo de matos fueron plantadas en St. Just.<sup>4</sup> Después de 3.5 años, los brinzales promediaron aproximadamente 2 m de altura. Después de 7 años, tuvieron aproximadamente 6 m de alto y de 5 a 8 cm en d.a.p. Después de 10 años, los árboles promediaron 9 m de alto y 8 cm en d.a.p.. Los resultados demuestran que en St. Just, por lo menos por los primeros 10 años, el palo de matos aparentemente no fue una especie de rápido crecimiento. Como comparación, un estudio reciente de plántulas en un vivero de Río Piedras rindió unos resultados ligeramente mejores. Numerosas plántulas promediaron de 10 a 15 cm de altura en un período de 50 días.<sup>2</sup> Sin embargo, después de 4 meses ninguna de las plántulas excedió los 18 cm.

Las plántulas del palo de matos han sido el objeto de varios estudios ecológicos. En un experimento, se efectuó una comparación entre plántulas normales y aquellas con las puntas de las hojas recortadas después de haberse saturado ambas en agua. Las plántulas con las puntas normales perdieron menos calcio, magnesio y zinc en experimentos de lixiviación que aquellas con las puntas cortadas (13). En otro estudio, se encontró que la tasa fotosintética de 30 plántulas cae entre aquella de *Sloanea berteriana* Choisy, una especie arborea considerada como primaria y la de *Cecropia schreberiana* Miq., una especie secundaria temprana de rápido crecimiento (13).

Los experimentos sobre la fotosíntesis mostraron que las plántulas del palo de matos colocadas bajo unas intensidades lumínicas bajas no crecieron más allá de la etapa de dos hojas en más de 8 meses, mientras que aquellas colocadas bajo unas mayores intensidades de luz desarrollaron hasta 12

hojas (13). Estos resultados sugieren que las plántulas se pueden beneficiar de los hábitats previamente perturbados o "sucesionales", pero que también son capaces de sobrevivir bajo una sombra profunda por largos períodos de tiempo.

**Reproducción Vegetativa.**—El palo de matos rebrota de manera vigorosa en los bosques secundarios (21). Se observó también un rebrote vigoroso en los árboles que fueron ya sea quebrados o desarraigados por el Huracán Hugo (38).

## Etapa del Brinzal hasta la Madurez

**Crecimiento y Rendimiento.**—La información sobre el crecimiento del árbol se encuentra disponible a partir de varias parcelas permanentes en el bosque tabonuco del BEL. Las mediciones sobre un período de 5 años en 47 árboles dominantes y codominantes mostraron un incremento en el d.a.p. promedio de 0.68 cm por año (tabla 2). Las mediciones sobre un período de 18 a 30 años mostraron que el crecimiento en d.a.p. promedio para todos los árboles muestreados se concentró entre 0.37 y 0.51 cm por año (tabla 2). Estos datos se recolectaron durante un período en el cual el bosque tabonuco se estaba recuperando del Huracán de San Cipriano (9). Tanto las tasas de crecimiento a corto plazo como a largo plazo para el palo de matos son más altas que para la mayoría de otras especies arbóreas en el bosque tabonuco (39).

**Comportamiento Radical.**—Las puntas de las raíces de los árboles maduros de palo de matos en el BEL exhiben micorrizas ectotróficas y nódulos bacterianos bien definidos (14, 15). Dado que el palo de matos es una leguminosa, se sospecha que las bacterias fijan nitrógeno.

**Reacción a la Competencia.**—El palo de matos ha sido descrito como común en los bosques secundarios (21). Sin embargo, los resultados de los estudios autoecológicos han indicado que el palo de matos posee varios de los atributos de una especie primaria (14, 33). La clasificación tentativa como una especie primaria fue derivada de la comparación de la supervivencia de las plántulas y los árboles del

**Tabla 2.**—Información comparativa sobre el crecimiento para el palo de matos, *Ormosia krugii*, en Puerto Rico

| Parcelas                     | Elevación  | Arboles     |          | Crecimiento en d.a.p. | Ref. |
|------------------------------|------------|-------------|----------|-----------------------|------|
|                              |            | muestreados | Duración |                       |      |
|                              | - Metros - | No.         | Años     | cm/año                |      |
| <b>Tabonuco raleado</b>      | 450        | 6           | 30       | 0.10 *                | (39) |
| <b>Río Grande</b>            | 420-600    | 18          | 18       | 0.38 †                | (11) |
| <b>Sabana 8</b>              | 180-360    | 59          | 18       | 0.51 †                | (11) |
| <b>Tabonuco en pendiente</b> | 570        | 21          | 30       | 0.37 *                | (39) |
| <b>Varias</b>                | 300-600    | 47          | 5        | 0.68 ‡                | (35) |

\* Para todos los árboles de más de 4 cm en d.a.p.

† Para árboles de más de 10 cm en d.a.p.

‡ Árboles dominantes y codominantes combinados a partir de varias parcelas en clases de acuerdo al tamaño de más de 4 cm en d.a.p.

<sup>1</sup>El uso de nombres de marcas o compañías en esta publicación es estrictamente para la información del lector y no implica una recomendación de parte del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de cualquier producto o servicio.

<sup>2</sup>Parrotta, John. Investigador Forestal, Instituto Internacional de Dasonomía Tropical, P.O.Box 25000, Río Piedras, PR 00928-5000.

<sup>3</sup>IIDT, management file 784, 15 de junio de 1945; información disponible a través del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical, P.O.Box 25000, Río Piedras, PR 00928-5000.

<sup>4</sup>IIDT, management file 1293, 15 de agosto de 1944; la dirección aparece en la nota 3.

sotobosque de palo de matos en un bosque cerrado, del tamaño de sus semillas y del peso específico de su madera, con las mismas características en otras especies que alcanzan el dosel en el bosque tabonuco. La calificación compuesta para el palo de matos, basada en el promedio de sus calificaciones para todos los factores, la ubicó como la séptima especie más primaria de las 29 especies sometidas a prueba. La escala varió entre 1 (la más primaria) y 29 (la más secundaria) para las 29 especies estudiadas (33).

La distribución de clases de acuerdo al tamaño de los árboles de palo de matos en el bosque tabonuco de Puerto Rico siguió una curva en forma de "J" invertida: 73 árboles entre 4 y 10 cm en d.a.p., 38 entre 10 y 20 cm, 13 entre 20 y 30 cm y 1 árbol en cada una de las clases de 30 a 40, 40 a 50 y de más de 50 cm (5). Otro censo independiente de árboles y brinzales en el mismo bosque cerca de la Estación de Campo de El Verde confirmó el estudio anterior (14). El patrón de distribución en forma de "J" invertida está asociado con las especies arbóreas primarias.

Los datos recabados a partir de dos parcelas permanentes en el bosque tabonuco podrían proveer de una información clave para elucidar la reacción del palo de matos a la competencia. En 1946, 14 años después del Huracán de San Cipriano, el palo de matos constituyó el 1.8 por ciento de los tallos y el 3.6 por ciento del área basal en ambos rodales combinados (29). Para 1976, la proporción de los tallos y el área basal del palo de matos había cambiado a 1.7 y 4.3 por ciento, respectivamente. Alrededor del 75 por ciento de los tallos originalmente censados en 1946 sobrevivía en 1976. Más aun, el reclutamiento de tallos a la clase más pequeña de d.a.p. promedió seis tallos por hectárea. Esto indica una capacidad no solamente para persistir sino también para reproducirse en un bosque recuperándose de una perturbación por un huracán en el pasado.

Se han efectuado también estudios ecológicos con los árboles de palo de matos. Una comparación de los estomas en las hojas mostró que el palo de matos contuvo un bajo número de estomas comparado con otras especies en el bosque tabonuco (8). Sin embargo, el tamaño de los poros se encontró alrededor de la media para las especies muestreadas. La biomasa y el contenido químico de las frutas, hojas, ramas, madera y corteza del palo de matos han sido reportados en dos estudios separados (29, 31). Otros investigadores condujeron unas determinaciones *in situ* de las tasas de respiración de las raíces (27); de los valores del contenido de carbono en las hojas, tallos y raíces de las plántulas (25), y del efecto de los rayos gama provenientes de una fuente de cesio en las plántulas del palo de matos (14).

**Agentes Dañinos.**—La madera del palo de matos es muy susceptible al ataque por la termita de la madera seca (40) y es probablemente susceptible a la polilla de mar (22). Además, las pupas de *Megalopyge krugii* se reportaron en abundancia en los troncos de los árboles de palo de matos (24). Se asumió que las orugas se alimentan del follaje.

Después del Huracán Hugo en el mes de septiembre de 1989, las observaciones de campo del palo de matos en El Verde a sotavento de la trayectoria de la tormenta en el BEL, mostraron que el 50 por ciento de los árboles censados habían sido defoliados (38). Además, el 33 por ciento de los árboles sufrieron daño a las ramas, el 20 por ciento sufrió troncos quebrados, el 11 por ciento se encontró con tallos desarraigados y el 7 por ciento murió (38). Después de la tormenta, el palo de matos fue una de las especies de árboles

que se refoliaron con mayor lentitud.

Durante las pruebas con arboricidas, una solución al 5 por ciento con 2,4,5-T<sup>5</sup>, mezclada con un éster de baja volatilidad en aceite diesel se aplicó a árboles anillados de varias especies en el BEL (34). La mortalidad varió entre 61 y 100 por ciento. Todos los 14 árboles de palo de matos en el estudio murieron, indicando que la especie es susceptible al tratamiento con arboricidas.

## USOS

La madera del palo de matos, con un peso específico de 0.50 g por cm<sup>3</sup>, es una madera de peso mediano y de una textura más bien tosca (22). Su albura amarillenta no es fácil de distinguir del duramen de color salmón, el cual contiene una vetas oscuras ocasionales.

El secado al aire del palo de matos es lento, con una degradación moderada: un arco moderado, una torsión y copa leves y una curva, cuarteadura superficial y rajadura de los extremos muy leves (22). La madera es fácil de trabajar a máquina. El cepillado, el tallado y el lijado se consideran como buenos; sin embargo, el torneado, el taladrado y el escoplado son solamente moderadamente buenos debido a una tendencia de la madera a quebrarse y desgarrarse. El palo de matos tiene una buena resistencia a rajarse con tornillos y probablemente acepta y sostiene bien los clavos. La especie coge un acabado y un pulido satisfactorios, pero requiere de un lijado considerable antes de la aplicación del barniz.

Durante la formulación de los primeros planes de manejo para el BEL, el palo de matos se seleccionó como una especie maderera potencial (37). Sin embargo, históricamente la madera ha sido usada más que nada para combustible. Dada su apariencia atractiva después de acabada, el palo de matos debería ser adecuada para muebles, carpintería de taller, construcción interior y exterior, jabas, carpintería general y posiblemente chapa de utilidad (22).

El tratamiento con preservativos usando un remojo en frío en pentaclorofenol<sup>5</sup> mezclado con aceite diesel por 5 días fue usado para probar la durabilidad del los postes de cerca de palo de matos comparado a controles sin tratar. Las soluciones de pentaclorofenol al 5 y 10 por ciento aumentaron la vida promedio de los postes en 6 y 14 años, respectivamente (12).

## GENETICA

El palo de matos es la especie más norteña del género *Ormosia*, el cual es de amplia distribución en la América del Sur, especialmente en la Cuenca Amazónica (14). *Ormosia dasycarpa* Bello, non Jacks es reportadamente un sinónimo (18). Se han reportado tanto el volumen nuclear de los ápices de los vástagos (20) como el ADN en las hojas (7) para el palo de matos en el BEL.

<sup>5</sup>Su venta y manufactura han sido descontinuadas en los Estados Unidos.

## LITERATURA CITADA

1. Barker, Henry D.; Dardeau, William S. 1930. Flore d'Haiti. Port-Au-Prince, Haiti: La Direction du Service Technique du Departement de l'Agriculture et de l'Enseignement Professionnel. 455 p.
2. Beard, J.S. 1949. The natural vegetation of the Windward and Leeward Islands. Oxford Forestry Memoirs 21. Oxford, England: Clarendon Press. 192 p.
3. Birdsey, Richard A.; Jimenez, Diego. 1985. The forests of Toro Negro. Res. Pap. SO-222. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 29 p.
4. Birdsey, Richard A.; Weaver, Peter L. 1982. The forest resources of Puerto Rico. Resour. Bull. SO-85. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 59 p.
5. Briscoe, C.B.; Wadsworth, F.H. 1970. Stand structure and yield in the tabonuco forest of Puerto Rico. En: Odum, Howard T.; Pigeon, Robert F., eds. A tropical rain forest. Springfield, VA: U.S. Department of Commerce: 79-89. Capítulo B-6.
6. Calvesbert, Robert J. 1970. Climate of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. Climatology of the United States 60-52. Silver Spring, MD: U.S. Department of Commerce, Environmental Science Administration, Environmental Data Service. 29 p.
7. Canoy, Michael J. 1970. Deoxyribonucleic acid in rain forest leaves. En: Odum, Howard T.; Pigeon, Robert F., eds. A tropical rain forest. Springfield, VA: U.S. Department of Commerce: 69-70. Capítulo G-6.
8. Cintron, Gilberto. 1970. Variation in size and frequency of stomata with altitude in the Luquillo Mountains. En: Odum, Howard T.; Pigeon, Robert F., eds. A tropical rain forest. Springfield, VA: U.S. Department of Commerce: 133-135. Capítulo H-9.
9. Crow, Thomas R. 1980. A rain forest chronicle: a thirty year record of change in structure and composition at El Verde, Puerto Rico. Biotropica. 12: 42-55.
10. Crow, Thomas R.; Grigal, David F. 1979. A numerical analysis of arborescent communities in the rain forest of the Luquillo Mountains, Puerto Rico. Vegetatio. 40(3): 135-146.
11. Crow, Thomas R.; Weaver, Peter L. 1977. Tree growth in a tropical moist forest of Puerto Rico. Res. Pap. ITF-22. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 17 p.
12. Chudnoff, M.; Boone, R.S.; Goytia, E. 1969. Preservative treatments and service life of fence posts in Puerto Rico. Res. Pap. 10. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 30 p.
13. Duke, James A. 1970. Keys for the identification of seedlings of some prominent woody species in eight forest types in Puerto Rico. En: Odum, Howard T.; Pigeon, Robert F., eds. A tropical rain forest. Springfield, VA: U.S. Department of Commerce: 239-274. Capítulo B-15.
14. Edmisten, Joe. 1970. Some autecological studies of *Ormosia krugii*. En: Odum, Howard T.; Pigeon, Robert F., eds. A tropical rain forest. Springfield, VA: U.S. Department of Commerce: 291-298. Capítulo B-17.
15. Edmisten, Joe. 1970. Survey of mycorrhiza and nodules in the El Verde forest. En: Odum, Howard T.; Pigeon, Robert F., eds. A tropical rain forest. Springfield, VA: U.S. Department of Commerce: 15-20. Capítulo F-2.
16. Estrada Pinto, Alejo. 1970. Phenological studies of trees at El Verde. En: Odum, Howard T.; Pigeon, Robert F., eds. A tropical rain forest. Springfield, VA: U.S. Department of Commerce: 237-269. Capítulo D-14.
17. Ewel, John J.; Whitmore, Jacob L. 1973. The ecological life zones of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. Res. Pap. ITF-18. Río Piedras, PR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry. 72 p.
18. Fournet, Jacques. 1978. Flore illustree des phanerogames de Guadeloupe et de Martinique. Paris, France: Institut National de la Recherche Agronomique. 1654 p.
19. Holdridge, L.R. 1967. Life zone ecology. San José, Costa Rica: Tropical Science Center. 206 p.
20. Koo, F.K.S.; Irizarry, Edith R. de. 1970. Nuclear volume and radiosensitivity of plant species at El Verde. En: Odum, Howard T.; Pigeon, Robert F., eds. A tropical rain forest. Springfield, VA: U.S. Department of Commerce: 15-20. Capítulo G-1.
21. 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.
22. Longwood, Franklin R. 1961. Puerto Rican woods: their machining, seasoning and related characteristics. Agric. Handb. 205. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 98 p.
23. Marrero, José. 1949. Tree seed data from Puerto Rico. Caribbean Forester. 10(1): 11-30.
24. 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.
25. Medina, E.; Sternberg, L.; Cuevas, E. 1991. Vertical stratification of delta 13C values in closed natural and plantation forests in the Luquillo Mountains, Puerto Rico. Oecologia. 86(3): 369-372.
26. Moscoso, R.M. 1943. Catalogus floraе Domingensis (Catalogo de la flora dominicana). Parte 1: Spermatophyta. New York: L & S Printing Company, Inc. 732 p.
27. Odum, H.T.; Lugo, A.; Cintron, G.; Jordan, C.F. 1970. Metabolism and evapotranspiration of some rain forest plants and soil. En: Odum, Howard T.; Pigeon, Robert F., eds. A tropical rain forest. Springfield, VA: U.S. Department of Commerce: 103-164. Capítulo I-8.
28. Odum, Howard T. 1970. Summary: an emerging view of the ecological system at El Verde. En: Odum, Howard T.; Pigeon, Robert F., eds. A tropical rain forest. Springfield, VA: U.S. Department of Commerce: 191-289. Capítulo I-10.
29. Ovington, J.D.; Olson, J.S. 1970. Biomass and chemical content of El Verde lower-montane rain forest plants. En: Odum, Howard T.; Pigeon, Robert F., eds. A tropical rain forest. Springfield, VA: U.S. Department of Commerce: 53-77. Capítulo H-2.
30. Poupon, Joseph; Chauvin, Gerard. 1983. Les arbres de la Martinique. Martinique: Office National des Forêts. Direction Regionale pour la Martinique. 256 p.

31. Scatena, F.N.; Silver, W.; Siccama, T.; Sanchez, M.J. 1993. Biomass and nutrient content of the Bisley experimental watersheds, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico, before and after Hurricane Hugo, 1989. *Biotropica*. 25(1): 15-27.
32. Smith, Robert Ford. 1970. Preliminary illustrated leaf key to the woody plants of the Luquillo Mountains. En: Odum, Howard T.; Pigeon, Robert F., eds. A tropical rain forest. Springfield, VA: U.S. Department of Commerce: 275-290. Capítulo B-16.
33. Smith, Robert Ford. 1970. The vegetation structure of a Puerto Rican rain forest before and after short-term gamma radiation. En: Odum, Howard T.; Pigeon, Robert F., eds. A tropical rain forest. Springfield, VA: U.S. Department of Commerce: 103-140. Capítulo D-3.
34. Sposta, Joseph W. 1960. Chemical removal of inferior tropical tree species. *Tropical Forest Notes* 4. Río Piedras, PR: Tropical Forest Research Center. 2 p.
35. Tropical Forest Experiment Station. 1953. Thirteenth annual report. *Caribbean Forester*. 14(1): 1-33.
36. Wadsworth, Frank H. 1951. Forest management in the Luquillo Mountains. *Caribbean Forester*. 12(3): 93-114.
37. Wadsworth, Frank H. 1952. Forest management in the Luquillo Mountains. III. Selection of products and silvicultural policies. *Caribbean Forester*. 13(3): 93-119.
38. Walker, Lawrence R. 1991. Tree damage and recovery from Hurricane Hugo in Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. *Biotropica*. 23: (4a): 379-385.
39. Weaver, Peter L. 1983. Tree growth and stand changes in the subtropical life zones of the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Res. Pap. SO-190. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 24 p.
40. Wolcott, George N. 1957. Inherent natural resistance of woods to the attack of the West Indies dry-wood termite *Cryptotermes brevis* Walker. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. 41: 259-311.