

DETERMINACIÓN DE INDICES DE VULNERABILIDAD Y MESOMORFIA EN ESPECIES DE LAURALES DE LA SELVA SAN EUSEBIO (MÉRIDA, VENEZUELA)

Vulnerability and mesomorphy indexes determination for Laurales from San Eusebio forest (Mérida, Venezuela)

Jorge S. Parra M.

Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Departamento de Botánica y Ciencias Básicas. Laboratorio de Fitomorfología. Mérida, Venezuela.

jorgebot1@hotmail.com

Resumen

En el presente trabajo se determinaron los índices vulnerabilidad (IV) y mesomorfía (IM) de la madera de siete especies nativas del orden Laurales: seis especies de Lauraceae (*Aniba robusta*, *Beilschmiedia latifolia*, *Cinnamomum triplinerve*, *Nectandra laurel*, *Ocotea floribunda*, *O. macropoda*) y una Chloranthaceae (*Hedyosmum racemosum*), que crecen en de la Estación Experimental San Eusebio, estado Mérida, Venezuela. Se tomaron muestras a 1,30 m (altura de pecho), elaborando láminas y macerados, según la metodología aplicada en el Laboratorio de Anatomía de Maderas de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales (ULA). Se encontró una tendencia en estas maderas a tener poros con diámetro mediano, baja frecuencia, longitud de los elementos de los vasos mediamente largos, punteaduras intervasculares de grandes a medianas, platinas de perforación predominantemente simples en los taxones de Lauraceae y escalariformes con más de 40 barras y elementos de los vasos muy largos en *Hedyosmum racemosum*. Las siete especies correspondieron a maderas mesomórficas, siendo eficientes en la conductancia hidráulica, pero vulnerables a la embolia.

Palabras clave: ecoanatomía, madera, Laurales, selva nublada San Eusebio.

Abstract

The vulnerability and mesomorphy index of seven native species of Laurales: six of Lauraceae (*Aniba robusta*, *Beilschmiedia latifolia*, *Cinnamomum triplinerve*, *Nectandra laurel*, *Ocotea floribunda*, *O. macropoda*) and one of Chloranthaceae (*Hedyosmum racemosum*) were determined. The wood samples were taken at 1,30 m (breast height) from trees growing in San Eusebio experimental station, Mérida state, Venezuela. An anatomical study of wood tissues was performed, additionally maceration was performed to analyze vessel elements. The technique used was the standard at the wood anatomy laboratory at Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales (Forestry and Environmental Sciences School, ULA). The woods have low frequency pores with medium diameter and vessel elements with moderate length. In the Lauraceae, the woods have from large to medium size intervessel pits, predominantly with simple perforation plates. *Hedyosmum racemosum* showed scalariform plates with more than 40 bars and elements in the vessels that are long. The seven species studied showed mesomorphic wood, highly efficient for water conductance, but they are vulnerable to suffer embolism.

Key words: ecoanatomy, wood, Laurales, San Eusebio cloud forest.

Introducción

Según Vareschi (1992), el Bosque Experimental San Eusebio ocupa el segundo lugar de Venezuela en cuanto al índice de diversidad (3.434). La Lauraceae es la familia más rica, desde el punto de vista florístico, en ese ecosistema (Veillon 1961; Rollet 1984) y de acuerdo al sistema de Takhtajan (1980), junto a *Hedyosmum racemosum* (Chloranthaceae), son los representantes del orden Laurales.

Las plantas que se encuentran en este lugar, debido a las condiciones ambientales de alta humedad y neblinas durante la mayor parte del día, deben tener estrategias adaptativas en la anatomía del leño que han contribuido al éxito en esas condiciones particulares. Carlquist (1977) formuló dos índices que relacionan la anatomía de la madera con la humedad donde crecen las plantas. Estos son el índice vulnerabilidad (IV) que es igual al diámetro promedio de los elementos de los vasos entre la frecuencia o número de poros por mm². En otras palabras, el índice de vulnerabilidad es directamente proporcional al diámetro e inversamente proporcional a la frecuencia de poros. Para un valor mayor a 1 son vulnerables a la cavitación y menor a 1 son seguras en la conducción del agua.

El otro índice es el de mesomorfía (IM) que consiste en multiplicar el índice de vulnerabilidad por la longitud promedio de los elementos de los vasos. Esto indica que es directamente proporcional al diámetro y a la longitud de los elementos de los vasos. Para un valor mayor a 200 las maderas son mesomórficas y valores por debajo de 200 corresponden a maderas xeromórficas.

Para los ecosistemas tropicales con un

balance hídrico positivo existen varios trabajos que soportan la validez de estos dos índices (Pérez 1989; Callado & Costa 1997; León 2001). En estos trabajos las maderas presentaron poca seguridad en la conducción, pero son eficientes en el transporte de agua y todas son clasificadas como mesomórficas. Se puede decir que estos dos índices son buenos indicadores de la adaptabilidad del leño a la humedad, sobre todo para los ecosistemas húmedos tropicales.

El objetivo de este trabajo es conocer la adaptabilidad de las maderas de siete especies nativas del orden Laurales de la Estación Experimental San Eusebio, basándose en los índices de Carlquist (1977). Estos resultados pueden ser útiles a la hora de utilizar especies con fines de reforestación e indicar si plantaciones de estos taxones en otras regiones podrían tener éxito. Por otro lado, se busca contribuir al conocimiento de la diversidad florística de este importante ecosistema venezolano.

Materiales y Métodos

El material material en estudio corresponde a muestras de madera de siete especies (Cuadro 1) del orden Laurales, de acuerdo al sistema de Takhtajan (1980), colectadas en la Estación Experimental San Eusebio, municipio Andrés Bello, estado Mérida, Venezuela; dependencia adscrita a la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de los Andes. Está localizada en el valle alto de La Carbonera, depresión geológica correspondiente al sistema de la Cordillera del norte en el corazón de los Andes

Cuadro 1. Lista de especies estudiadas

ESPECIE	MUESTRA DE XILOTECA	MUESTRA HERBARIO MER
<i>Aniba robusta</i>	X6158, X6316, X6317	053105, 053490, 053495
<i>Beilschmiedia latifolia</i>	X3601, X6302, X6303	053488, 053496, 053497
<i>Cinnamomum triplinerve</i>	X6157, X6170, X6377	053014, 053106, 053494
<i>Nectandra laurel</i>	X6305, X6314, X6376	053487, 053483, 053484
<i>Ocotea floribunda</i>	X6307, X6171, X6303	053485, 053482, 053486
<i>Ocotea macropoda</i>	X4162, X4150, X4160, X6155, X6238	53745, 53544, 53546, 53104, 53205
<i>Hedyosmum racemosum</i>	X6234, X6235, X6236, X6237, X6299	053489, 053491, 053492, 053493, 053498

merideños, a 8° 39' de latitud Norte y 71° 24' longitud Oeste, en las laderas nor-occidentales de la sierra de Mérida, a una altura entre 2200-2500 msnm (Núñez 1992). Según Márquez (1985), las precipitaciones mínimas ocurren en el mes de febrero y las mínimas secundarias de diciembre a enero. Los máximos de precipitación se presentan en mayo y los máximos secundarios en septiembre. La precipitación media anual para un período de seis años, fue de 1463 mm. La gran parte de los meses son perhúmedos. El régimen térmico no presenta grandes variaciones. La temperatura media anual es de 12,6 °C. El clima del área se puede resumir como un clima húmedo estacional de montaña, mesotérmico, de alta humedad y neblinas durante todo el año (Figura 1). Según Sarmiento *et al.* (1971), citado por Núñez (1992), la vegetación es de selva nublada montano

alta (2250–2550 msnm), es una selva perennifolia, mixta y de dosel irregular. Las familias más ricas florísticamente son Lauraceae, Myrtaceae, Clusiaceae, Melastomataceae, Euphorbiaceae, Cunoniaceae, Podocarpaceae (Rollet 1984). La vegetación presenta tres estratos: el superior comprende las copas de los árboles más altos y dominantes, entre los 35 y 45 metros, donde predomina *Retrophyllum rospigliosii*; el estrato intermedio incluye individuos de desarrollo mediano, entre 30 y 35 metros; a menudo con varias clases de laureles sobre todo de los géneros *Nectandra* y *Ocotea*. El estrato inferior está representado por individuos entre 20 y 30 metros (Lamprecht & Veillon 1957), con una gran diversidad de especies, tratándose así de una formación de Selva. Las especies estudiadas (Cuadro 1) pertenecen al orden Laurales, según el sistema de clasificación de Takhtjan (1980).

Las muestras botánicas se depositaron en los herbarios MER (Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de Los Andes, Mérida) y MY (Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, Maracay) y las de maderas en la xiloteca MER del laboratorio de Anatomía de Maderas (ULA). Las especies de Lauraceae fueron determinadas por el especialista Henk van der Werff. La determinación de *Hedyosmum racemosum* se hizo utilizando la clave de Todzia (1988) y comparando con el material disponible en el herbario MER. Se trabajó con cinco individuos en las especies *Ocotea*

macropoda y *Hedyosmum racemosum*. Tres en *Aniba robusta*, *Beilschmiedia latifolia*, *Cinnamomum triplinerve*, *Nectandra laurel* y *Ocotea floribunda*, esto de acuerdo a la abundancia en el campo. Las muestras de maderas se tomaron extrayendo secciones a 1,30 m de altura.

La preparación de muestras se realizó de acuerdo a la metodología utilizada en el Laboratorio de Anatomía de Maderas de la Universidad de Los Andes (Corothie 1967; Palomares 1992) que consiste en los siguientes pasos: de cada individuo se extrajeron pequeños cubos de aproximadamente 1 cm³, perfectamente

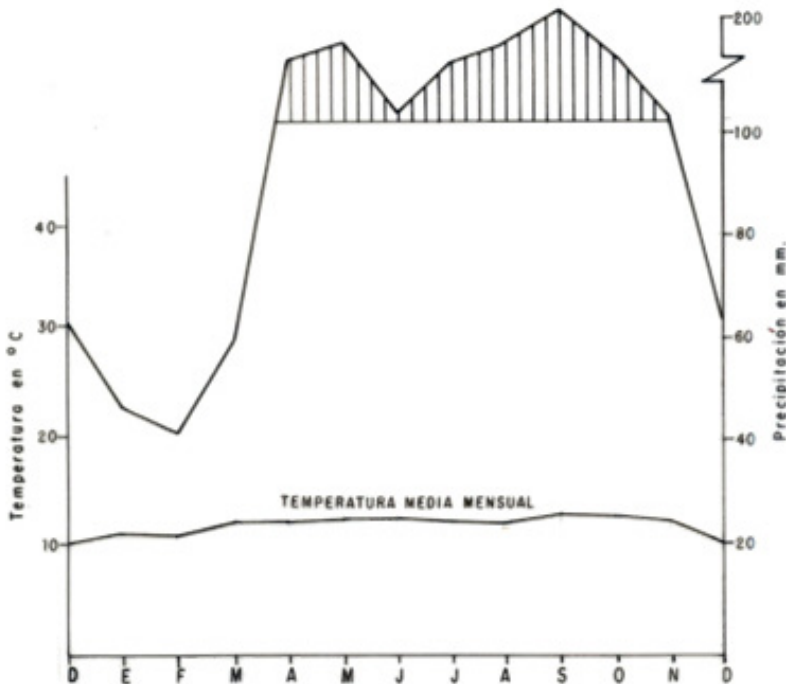


Figura 1: Climadiagrama, según Gausson, para San Eusebio (Márquez 1995).

orientados en sus distintos planos de corte (transversal, tangencial, radial), los cuales se colocaron en agua y se dejaron hervir durante 4-8 horas, dependiendo de su grado de dureza. Los cortes de las secciones transversales, tangenciales y radiales se realizaron con micrótopo de deslizamiento para obtener secciones de 20-40 μm de espesor las cuales fueron sometidas a proceso de deshidratación en baños sucesivos de alcohol y teñidas con safranina (50%) para ser montadas haciendo uso de una solución de resina sintética. Se realizó la preparación de tejido macerado siguiendo la metodología de Franklin (1937), empleando safranina al 50% y fijando las muestras en bálsamo de Canadá.

Se realizaron mediciones del diámetro de poros, diámetro de punteaduras intervasculares y longitud de los elementos de los vasos. El número de mediciones para los caracteres de la madera fue el fijado por IAWA Committee (1989). Para cada una de estas variables se calculó el promedio, desviación típica, coeficiente de variación y se determinó el valor máximo y mínimo. Se calcularon los índices de vulnerabilidad y mesomorfía (Carlquist 1977) con el fin de conocer si en función de las características cuantitativas de los elementos de conducción, las especies seleccionadas se comportan como mesomórficas o xeromórficas, lo que permitió conocer el grado de "eficiencia" o "seguridad" en la conducción del agua en este ambiente de selva nublada. Para el cálculo de estos índices se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$IV = \frac{\sum \text{Ø de poros}}{\text{poros}/\text{mm}^2}$$

$$IM = IV \times Lev$$

donde:

IV = índice de vulnerabilidad.

IM = índice de mesomorfía

Ø de poros = diámetro de poros

Lev = longitud de elementos de los vasos.

De acuerdo a los valores de estos índices, los individuos se pueden clasificar como de leño mesomórfico ($IV > 1$; $IM > 200$) o xeromórficos ($IV < 1$; $IM < 200$).

Resultados y discusión

En el cuadro 2 se muestran los estadísticos descriptivos (media, valor máximo, valor mínimo, desviación, coeficiente de variación) para el diámetro y frecuencia de poros, longitud de los elementos de los vasos, así como también los valores correspondientes a los índices de vulnerabilidad y mesomorfía de las especies estudiadas.

Se observa que las siete especies tienen poros medianos en cuanto a diámetro (100-200 μm) y en frecuencia (5-20 poros/ mm^2), los elementos de los vasos son cortos (350-800 μm) con excepción de *Hedyosmum racemosum* que son largos (1583 μm). Para todas las maderas estudiadas el IV fue siempre mayor a 1 y el IM mayor a 200, por lo tanto según los índices de Carlquist (1977) estas maderas son mesomórficas, vulnerables a la embolia y eficientes en el transporte del agua. Estos resultados coinciden con los encontrados en otras investigaciones llevadas a cabo en lugares con abundantes precipitaciones. Pérez (1989) reporta que para 40 especies de la selva de La Mucuy, el 65,8 % de estos taxones presentaron un diámetro de

Cuadro 2. Diámetro y frecuencia de poros, longitud elementos de los vasos (LEV) e índices de vulnerabilidad (IV) y mesomorfía (IM).

Especie	Diámetro de poros (μm)	Poros/ mm^2	LEV (μm)	IV	IM
<i>Aniba robusta</i>	102,83 \pm 21,85 (60-150). CV: 21%	16 \pm 2,20 (13-19). CV: 13%	613 \pm 146,20 (300-900). CV: 23%	6,42	3935
<i>Beilschmiedia latifolia</i>	153,60 \pm 34,84 (90-250). CV: 22%	5,13 \pm 1,24 (3-7). CV: 24%	317,68 \pm 90,40 (110-530). CV: 28%	29,94	9511
<i>Cinnamomum triplinerve</i>	106,46 \pm 22,73 (70-160). CV: 21%	21 \pm 2,75 (17-25). CV: 13%	434,04 \pm 110 (280-650). CV: 25%	5,06	2196
<i>Nectandra laurel</i>	120,93 \pm 27,04 (75-185). CV: 22%	13,46 \pm 2,69 (8-18). CV: 19%	361,86 \pm 85,10 (150-650). CV: 23%	8,98	3250
<i>Ocotea floribunda</i>	125,60 \pm 20,19 (85-195). CV: 16%	10,91 \pm 2,00 (7,87-13,77). CV: 18%	492,6 \pm 92,93 (300-725). CV: 18%	11,51	5670
<i>Ocotea macropoda</i>	116,62 \pm 29,65 (55-210). CV: 25%	13,77 \pm 4,23 (6,69-20,07). CV: 30%	433,49 \pm 118,77 (215-760). CV: 27%	8,46	3667
<i>Hedyosmum racemosum</i>	111,12 \pm 18,59 (70-165). CV: 16%	13,68 \pm 4,15 (8-24). CV: 30%	1583,60 \pm 251,95 (1100-2650). CV: 15%	8,12	12859

Promedio, valores mínimos y máximos, coeficiente de variación (CV).

poro mediano, en 55 % la longitud de los elementos de los vasos es corta y un predominio de especies con frecuencia de poros mediana, el IV mayor a 1 y el IM a 200. Callado & Costa (1997) encontraron resultados similares para cuatro especies de la familia Lauraceae. En estos trabajos se verifica que existe una tendencia de maderas mesomórficas en lugares húmedos de acuerdo a los índices de Carlquist (1977).

Hedyosmum racemosum presentó valores mucho más altos de IM que las otras seis especies, hecho que está de acuerdo con lo indicado por Carlquist (1977) que asignó valores altos de IM para las maderas primitivas. Este taxón pertenece a la familia Chloranthaceae, considerada entre las angiospermas más primitivas por sistemas filogenéticos como el APG. Carlquist (1977) designó una madera como primitiva aquellas con platinas de perforación escalariformes con más de diez barras y *Hedyosmum rascemosum* presenta más de 40 barras (Cuadro 3).

Con respecto al diámetro de punteaduras (Cuadro 3), en las especies de Lauraceae se ubica en la categoría de medianas a grandes. En los taxones de Lauraceae predominan las platinas de perforación simples y en aquellas que presentan combinación de simples y escalariformes, estas últimas son escasas (Cuadro 3). En las Lauraceae, las punteaduras fueron alternas, característica considerada como las más evolucionada en cuanto a disposición de punteaduras, y contribuyen a una mayor eficiencia en el transporte del agua (León 2005).

A pesar de que los taxones estudiados son vulnerables, existen caracteres que

pueden ser interpretados como elementos de seguridad. Según Carlquist (1977), citado por Lindorf (1988), la característica poros solitarios combinados con múltiples radiales garantiza mayor seguridad en la conducción del agua ya que soportan mejor las tensiones que se originan en el tallo. Zimmerman (1978), citado por Baas & Wheeler (1996) sugirió que las platinas de perforación escalariformes podrían atrapar burbujas de aire en el xilema de los árboles, evitando una embolia.

En estas siete especies estudiadas se observa una anatomía de la madera adaptada a la eficiencia en el transporte del agua lo que está en concordancia con la humedad de la selva San Eusebio, además que está relacionado con la posición filogenética de estos taxones. Estos resultados podrían ser útiles en predecir la viabilidad de una reforestación con estos árboles en cualquier ecosistema.

Conclusiones

En este trabajo se confirma una vez más que en los ecosistemas húmedos, las maderas son mesomórficas de acuerdo a los índices de Carlquist (1977) y que existen varias características que van orientadas hacia la eficiencia del transporte del agua, como son diámetro de los vasos medianos, frecuencia de poros baja, longitud de los elementos de los vasos cortos, diámetros de las punteaduras intervascuales grandes, platinas de perforación simples en los taxones de Lauraceae. Los valores de índice de mesomorfia pueden estar relacionados también con la posición filogenética de la especie, como es el caso de *Hedyosmum racemosum*, con

Cuadro 3. Diámetro de punteaduras intervasculares, platinas de perforación, agrupamiento de poros.

Especie	Ø punteaduras (µm)	Platinas de perforación	Agrupamiento Poros
<i>Aniba robusta</i>	11,08 ± 1,26 (10-12,5). CV: 11%	Simples	Solitarios y Múltiples radiales
<i>Beilschmiedia latifolia</i>	10,41 ± 1,61 (7,5-12,5). CV: 15%	Simples	Solitarios y múltiples radiales
<i>Cinnamomum triplinerve</i>	9,33 ± 1,59 (7,5-12,5). CV: 17%	Simples y escalariiformes (escasas)	Solitarios y Múltiples radiales
<i>Nectandra laurel</i>	11,29 ± 1,41 (10-15). CV: 12%	Simples y escalariiformes (escasas)	Solitarios y Múltiples radiales
<i>Ocotea floribunda</i>	11,08 ± 1,33 (8-12,5). CV: 12%	Simples	Solitarios y Múltiples radiales
<i>Ocotea macropoda</i>	12,29 ± 2,08 (8,75-12,5). CV: 16%	Simples y escalariiformes (escasas)	Solitarios y Múltiples radiales
<i>Hedyosmum racemosum</i>	Alargadas	Escalariiformes, 40 barras o más	Solitarios y Múltiples radiales

Promedio, valores mínimos y máximos y coeficiente de variación (CV).

vasos con caracteres primitivos, lo cual implica elementos de los vasos muy largos y platinas escalariformes con muchas barras. Estas características que favorecen el transporte del agua, también las hacen más vulnerables al colapso, de manera que deben existir otros caracteres en el leño que le dan cierta seguridad en la conductividad hídrica como son los reseñados en este trabajo que les ha permitido a estos taxones adaptarse a las condiciones de la selva nublada de San Eusebio.

Agradecimientos

A los profesores Williams León, Rubén Hernández Gil y Robert Márquez, por la colaboración prestada en la realización de esta investigación.

Referencias Bibliográficas

BAAS, P. & E. WHEELER. 1996. Paralelism and reversibility in xylem evolution a review. *IAWA J.* 17: 351 – 364.

CALLADO, C. & C. COSTA. 1997. Anatomy of *Anaueria* and *Beilschmiedia*. *IAWA J.* 18: 247 - 252

CARLQUIST, S. 1977. Ecological factors in wood *Sarcandra* (Chloranthaceae), comments on vessel origins in Angiosperms. *Amer. J. Bot.* 74: 1765-1771.

COROTHIE, H. 1967. *Estructura anatómica de 47 maderas de la Guayana Venezolana*. Ministerio de Agricultura y Cría. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 125p.

FRANKLIN, G. 1937. Permanent preparations of macerated wood fibres.

Tropical Woods 49: 21–22.

IAWA COMMITTEE. 1989. List of microscopic features for hardwood identification *IAWA Bull n.s.* 10: 219–332.

LAMPRECHT, H. & J. VEILLON. 1957. La Carbonera. *El Farol* 168: 17–24.

LEÓN, W. 2001. Anatomía del leño, aspectos ecológicos y filogenia en mangles de Venezuela. *Rev. Forest. Venez.* 45: 191–203.

LEÓN, W. 2005. Anatomía ecológica del xilema secundario del bosque seco tropical de Venezuela. *Acta Bot. Venez.* 28: 257–274.

LINDORF, H. 1988. Contribución al establecimiento de diferencias anatómicas entre madera caulinar y radical. *Soc.Ven. Cien. Nat.* 145: 144–177.

MÁRQUEZ, O. 1985. *Génesis de una secuencia de suelos en el bosque experimental San Eusebio, La Carbonera estado Mérida*. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida, Venezuela. 70 p. (Trabajo de ascenso).

NÚÑEZ, C. 1992. *Efectos del ambiente de luz en repuesta fotosintética, anatomía foliar y relaciones hídricas en plántulas de dos especies arbóreas de la selva nublada de la Carbonera*. Mérida, Venezuela. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias. 163 p. (Tesis de Maestría).

PALOMARES, J. 1992. *Proceso de microtecnia de anatomía de maderas*. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Capacitación Forestal. Mérida,

- Venezuela. 41 p. (Trabajo especial de grado).
- PÉREZ, A. 1989. Caracterización ecoanatómica del leño de 40 especies del bosque La Mucuy, estado Mérida, Venezuela. *Rev. Forest. Venez.* 33: 43-51.
- ROLLET, B. 1984. Études sur une forêt d'altitude des Andes Vénézuéliennes. La forêt de la Carbonera. *Bois et Forêts des Tropiques* 205: 3-23
- TAKTHAJAN, A. 1980. Outline of the classification of the flowering plants (Magnoliophyta). *Bot.Rev.* 46: 226 – 359.
- TODZIA, C. 1988. Chloranthaceae: *Hedyosmum*. *Flora Neotropica* 48: 137 p.
- VARESCHI, V. 1992. *Ecología de la vegetación tropical*. Refolit. Caracas. 303 p.
- VEILLON, J. 1961. *Proyecto de plan de manejo para el bosque San Eusebio*. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Cátedra de Ordenación Forestal. Mérida, Venezuela. 36 p.