



Madera y Bosques

ISSN: 1405-0471

publicaciones@ecologia.edu.mx

Instituto de Ecología, A.C.

México

Dávalos Sotelo, Raymundo; Zárate Morales, Reyna Paula; de la Paz Pérez, Carmen; de la Paz Pérez  
Olvera, Carmen

Tablas de clasificación de algunas propiedades mecánicas maderas mexicanas en condición verde

Madera y Bosques, vol. 7, núm. 1, primavera, 2001, p. 0

Instituto de Ecología, A.C.

Xalapa, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61770108>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

**NOTA TÉCNICA**

# Tablas de clasificación de algunas propiedades mecánicas de maderas mexicanas en condición “verde”

Raymundo Dávalos Sotelo<sup>1</sup>  
Reyna Paula Zárate Morales<sup>1</sup>  
Carmen de la Paz Pérez Olvera<sup>2</sup>

## RESUMEN

No existen tablas para clasificar algunas de las propiedades mecánicas de interés para los usuarios de la madera: trabajo al límite de proporcionalidad en flexión, módulo de elasticidad en compresión paralela a la fibra y esfuerzo a 1 mm de deformación en compresión perpendicular a la fibra. En este trabajo se propone una clasificación para madera “verde” basada en datos de pruebas efectuadas a lo largo de varios años, registrados en el Departamento de Productos Forestales y Conservación de Bosques del Instituto de Ecología, A.C. Esta tabla complementa otras presentadas anteriormente por investigadores de esta institución.

### PALABRAS CLAVE:

Clasificación, trabajo en el límite de proporcionalidad, módulo de elasticidad, compresión perpendicular, madera verde.

## ABSTRACT

There are no grouping tables for several mechanical properties of interest for wood users: work at proportional limit in bending, modulus of elasticity in compression parallel-to-grain and stress at 1 mm deformation in compression perpendicular-to-grain. In this paper, a proposal is made of limit values to group green wood based on tests made throughout the years, recorded and kept in the Departamento de Productos Forestales y Conservación de Bosques of the Instituto de Ecología, A.C. This table complements others previously presented by researchers of the same institution.

### KEY WORDS:

Classification, work at proportional limit, modulus of elasticity, compression perpendicular-to-grain, green wood.

## INTRODUCCIÓN

En muchos casos de interés para los usuarios de la madera se requiere contar con criterios de agrupación y clasificación de las propiedades mecánicas. Para la mayoría de las propiedades más comúnmente empleadas existen estos criterios, pero no para todas. En algunos casos la inexistencia de parámetros de clasificación se debe a que se trata de propiedades que tradicionalmente no se median, pero en fechas recientes se determinó que era importante determinar, como por ejemplo, el esfuerzo correspondiente a la deformación de un milímetro en compresión perpendicular a la fibra. En otros casos, como en el módulo de elasticidad en compresión paralela a la fibra, se ha omitido incorporar los valores en las tablas de clasificación por tratarse de una propiedad con valores muy semejantes al módulo de elasticidad en flexión. Generalmente, se considera que la diferencia entre las dos propiedades es aproximadamente del 10%. Finalmente, en otros casos se trata de propiedades poco usadas en el diseño estructural, pero útiles sin embargo, para ciertos fines prácticos, como es el caso del trabajo en el límite proporcional, que es una propiedad que mide la energía absorbida durante una prueba de flexión estática, la cual indica qué tan potencialmente útil es una especie maderable para usos en que la capacidad de absorción de energía es fundamental, por ejemplo en mangos de herramientas.

## OBJETIVOS

Desarrollar una tabla con valores límite para la agrupación de las siguientes propiedades mecánicas de la madera en condición verde: trabajo al límite de proporcionalidad en flexión, módulo de elasticidad en compresión paralela a la fibra y esfuerzo a 1 mm de deformación en compresión perpendicular a la fibra.

Para continuar con la secuencia de los trabajos previos (Dávalos y Bárcenas, 1998;1999), esta tabla se organizará con base en los grupos ya definidos de acuerdo con la Densidad Básica o Relativa.

## METODOLOGÍA

Los datos utilizados para este estudio se obtuvieron de la base de datos experimental del Departamento de Productos Forestales y Conservación de Bosques del Instituto de Ecología, A.C., en la que se cuenta con resultados de pruebas físicas y mecánicas en pequeñas probetas de madera libre de defectos tanto en condición verde, como en condición seca (contenido de humedad = 12%) de cerca de 60 especies. Los ensayos mecánicos con los cuales se obtuvieron estos resultados se han realizado en todos los casos de acuerdo con la Norma ASTM D143 (ASTM, 1981). Los datos de prueba, que se mantienen archivados en sus formatos originales, se capturaron en una hoja de cálculo y se analizaron estadísticamente. Se incluyeron en esta hoja de cálculo resultados de pruebas de flexión estática, compresión paralela, compresión perpendicular y densidad básica o relativa (peso anhidro/volumen verde). De estos, se tomaron los resultados de trabajo en el límite de proporcionalidad en flexión estática, módulo de elasticidad en compresión paralela y esfuerzo a 1 mm de deformación en compresión perpendicular, los tres en condición verde, que son las propiedades de las cuales no se tenían tablas de clasificación.

Las especies analizadas en este trabajo cubren los tres grupos más importantes de especies maderables que crecen en México, tienen una amplia distribución geográfica y representan los principales tipos de vegetación arbórea existentes en el país. Las especies fueron

colectadas en diferentes épocas, proveniendo de los estados de Chiapas (Bárcenas, 1995), Oaxaca (Ordóñez *et al.*, 1989), Tamaulipas (Bárcenas y Ortega, 1993), Veracruz (Ordóñez *et al.*, 1998) y Quintana Roo (Bárcenas *et al.*, sin publicar).

La propiedad para la cual se encontraron más datos disponibles, en número de especies, fue para el trabajo en el límite de proporcionalidad en flexión estática; para módulo de elasticidad en compresión paralela se obtuvieron menos datos, debido a que los estudios de origen tuvieron distintos propósitos. Estas dos propiedades no son muy mencionadas en la literatura técnica, por ello no figuran en las bases de datos publicadas (Bárcenas *et al.*, 1998). El número de especies para las cuales se contó con datos de esfuerzo en compresión perpendicular a la fibra correspondiente a 1 mm de deformación fue el menor, ya que anteriormente se determinaba el esfuerzo en compresión perpendicular en el límite de proporcionalidad. El esfuerzo a 1 mm de deformación se empezó a medir a principios de la década de 1980 (ASTM, 1981), de ahí que las bases de datos de maderas mexicanas tampoco registran este tipo de propiedad (Bárcenas *et al.*, 1998).

Los datos por especie se analizaron con las técnicas estándar de regresión simple, tomando a la densidad básica o relativa como la variable independiente en todos los casos. Los límites de densidad para los diferentes grupos son los mismos que para las referencias citadas (Dávalos y Bárcenas, 1998; 1999), es decir: 0.30, 0.45, 0.55 y 0.70. En el caso del esfuerzo a 1 mm de deformación en compresión perpendicular fue necesario extrapolar la ecuación para incluir los límites de las categorías inferiores. Las ecuaciones determinadas de manera independiente para las tres propiedades son del tipo ley de potencias o exponentes, que tienen la ventaja de

pasar siempre por el origen y generalmente son las que proporcionan los valores mas altos del coeficiente de determinación,  $R^2$ . El número de registros no coincide para las tres propiedades mecánicas analizadas, porque como ya se mencionó, los estudios de origen tuvieron diferentes propósitos.

## RESULTADOS

Los valores analizados para cada propiedad se muestran en las figuras 1 a 3. La tabla 1 presenta el número de maderas analizadas por grupo de especies. La tabla 2 contiene la información estadística de las variables estudiadas y la tabla 3 señala los rangos correspondientes a las cinco categorías determinadas, de la misma forma que se hizo para otras propiedades en las referencias Dávalos y Bárcenas (1998; 1999).

## DISCUSIÓN

La densidad de la madera se ha usado tradicionalmente como un indicador de sus propiedades mecánicas (Ortega y Angeles, 1998) y sirvió de base para el sistema de clasificación de las maderas mexicanas propuesta por Dávalos y Bárcenas (1998; 1999), que se complementa con este trabajo. Se trata de una propiedad física muy fácil de determinar y que tiene valores significativos de correlación con las propiedades mecánicas. El criterio original de selección de los límites de los grupos propuestos fue el conseguir que los tamaños de los grupos fueran equilibrados. El criterio adoptado resulta compatible con la propuesta de Dávalos (1999), y con los intervalos de clasificación estructural para maderas latifoliadas de la Norma Técnica Complementaria para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera (GDF, 2001).

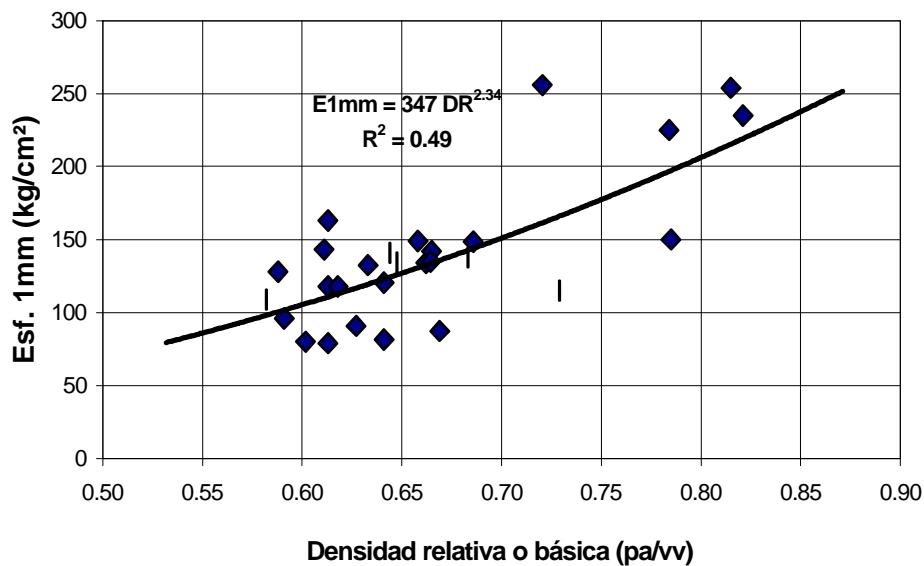


Fig. 1. Relación densidad básica y esfuerzo a 1 mm de deformación en compresión perpendicular a la fibra para maderas mexicanas en condición “verde”

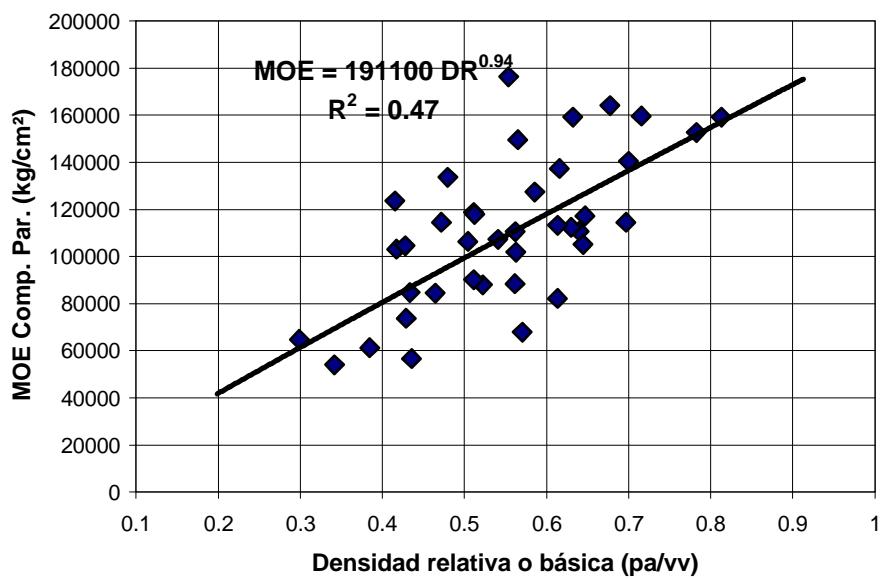


Fig. 2. Relación densidad básica y módulo de elasticidad en compresión paralela a la fibra para maderas mexicanas en condición “verde”

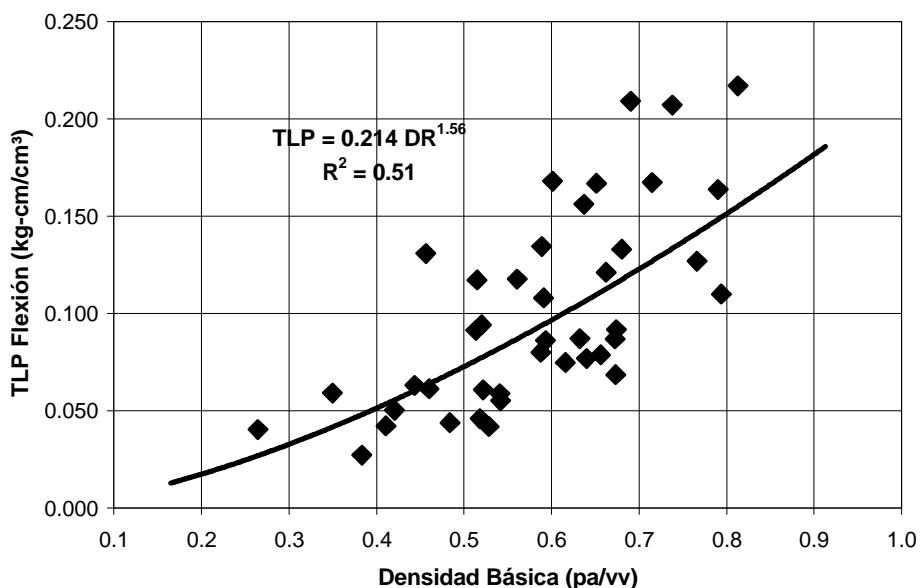


Fig. 3. Relación densidad básica y trabajo en el límite proporcional en flexión para maderas mexicanas en condición "verde"

Tabla 1. Número de especies analizadas

	Esf. 1 mm C. Paralela	MOE	Trabajo Lím. Prop.
Angiospermas de clima templado	17	14	10
Angiospermas de clima tropical	11	19	26
Coníferas	----	6	5

En el sistema de clasificación propuesto no se hace una distinción entre especies de maderas latifoliadas de clima templado o tropical, puesto que se plantea que el sistema sea de aplicación general. De hecho, la base de datos analizada abarca maderas de los dos tipos de clima, además de maderas coníferas (Tabla 1). Por otro lado, por lo que respecta a las propiedades

analizadas en este trabajo, no se puede hacer una comparación del sistema propuesto con sistemas utilizados internacionalmente, porque algunos sistemas no incluyen información de las propiedades estudiadas aquí, o bien la clasificación no incluye rangos de densidad relativa tan amplios como los de las maderas que crecen en el país.

Tabla 2. Datos estadísticos de las propiedades mecánicas

	Densidad básica (pa/vv)	Esf. 1 mm (kg/cm <sup>2</sup> )	MOE C. Paralela (kg/cm <sup>2</sup> )	Trabajo Lím. Prop. (kg-cm/cm <sup>3</sup> )
n	108	28	39	41
mínimo	0.265	79.0	54,069	0.0273
máximo	0.821	255.9	176,383	0.2172
<b>promedio</b>	<b>0.592</b>	<b>139.4</b>	<b>111,255</b>	<b>0.1006</b>
desv. est.	0.118	48.9	31,631	0.0502
C.V. (%)	19.9	35.1	28.4	49.9

Tabla 3. Tabla de clasificación para tres propiedades mecánicas en condición verde

Densidad básica (DR: pa/vv)	Esfuerzo a 1 mm (C. Perp) (kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de Elasticidad (C. Paralela) (kg/cm <sup>2</sup> )	Trabajo Lím. Prop. (kg-cm/cm <sup>3</sup> )
Muy bajo <0.30	<25	<60,000	<0.035
Bajo 0.30-0.45	26-60	61,000-90,000	0.036-0.060
Medio 0.45-0.55	61-90	91,000-110,000	0.061-0.080
Alto 0.55-0.70	91-150	111,000-135,000	0.081-0.120
Muy alto >0.70	>150	>135,000	>0.120

## CONCLUSIONES

Se obtuvo una nueva tabla de clasificación para tres propiedades mecánicas que no se habían clasificado hasta la fecha: esfuerzo en compresión perpendicular a 1 mm de deformación, módulo de elasticidad en compresión paralela a la fibra y trabajo al límite proporcional en flexión estática, para

madera ensayada en condición verde. Los valores del coeficiente de determinación calculados para las ecuaciones de regresión variaron de 0.47 para la regresión con los datos de módulo de elasticidad en compresión paralela a la fibra, a 0.51 para el análisis de regresión del trabajo al límite proporcional en flexión.

## RECONOCIMIENTOS

Agradecemos el apoyo de los estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Veracruzana Abigail Guererro Báez, Víctor Hugo Hernández Viveros y Carmen J. Elizondo Salazar por el trabajo de captura de datos como parte de sus actividades de Servicio Social. Este trabajo se realizó con el apoyo de los recursos fiscales asignados al Departamento de Productos Forestales y Conservación de Bosques del Instituto de Ecología, A.C. con la clave 902-13.

## REFERENCIAS

- ASTM. 1981. Standard methods of testing small clear specimens of timber. ASTM D 143. Philadelphia, Pa.
- Bárcenas P., G. y F. Ortega E. 1993. Fichas tecnológicas de cuatro especies de madera del bosque mesófilo de montaña. Revista Forestal Latinoamericana. No. 13:41-71.
- Bárcenas P., G., R. Dávalos S. y M. Enríquez. 1998. Banco de características tecnológicas de maderas mexicanas. Memorias del II Congreso Mexicano de Tecnología de Productos Forestales, Noviembre 25-27, Morelia, Mich.
- Bárcenas P., G. 1995. Caracterización tecnológica de 20 especies maderables de la Selva Lacandona, Chis., México. Madera y Bosques 1(1):9-38.
- Bárcenas P., G., R. P. Zárate M., J. L. Martínez C. y S. Rebollar D. Sin publicar. Propiedades mecánicas de especies maderables de Quintana Roo.
- Dávalos S., R. 1999. Ayudas de diseño. Capítulo 8 del Manual de Clasificación de Estructuras Ligeras de Madera. Comisión Forestal de América del Norte, COMACO-UACH, México, D.F.
- Dávalos S., R. y G. Bárcenas P. 1998. Clasificación de las propiedades mecánicas de las maderas mexicanas en condición "verde". Madera y Bosques 4(1):65-70.
- Dávalos S., R. y G. Bárcenas P. 1999. Clasificación de las propiedades mecánicas de las maderas mexicanas en condición "seca". Madera y Bosques 5(1):61-69.
- Gobierno del Distrito Federal, 2001. Norma Técnica Complementaria para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, DDF, México, D. F.
- Ordóñez C., V. R., G. Bárcenas P. y A. Quiroz S. 1989. Características físico-mecánicas de la madera de diez especies de San Pablo Macuitianguis Oaxaca. La madera y su uso. No. 21. Xalapa, Ver. 30 p.
- Ordóñez C., V. R., R. P. Zárate M. y A. Quiroz S. 1998. Propiedades mecánicas de laminados estructurales con madera de encino. Madera y Bosques 4(2):95-104.
- Ortega E., F. y G. Angeles A., 1998. Relación entre la densidad relativa y el cortante paralelo al grano en maderas latinoamericanas. Foresta Veracruzana 1(3):33-36. ♦

- 1 Instituto de Ecología, A.C. Km. 2.5 Antigua Carretera a Coatepec, Xalapa, Ver. 91000, México.  
c.e.:davalos@ecología.edu.mx
- 2 Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. México, D.F.

Manuscrito recibido el 27 de abril de 2000.

Aceptado el 8 de enero de 2001.

Este documento se debe citar como:

Dávalos S., R, R. P. Zárate M. y C. De la Paz P. O. 2001. Tablas de clasificación de algunas propiedades mecánicas de maderas mexicanas en condición “verde”. *Madera y Bosques* 7(1):71-78.