

ANATOMÍA, FÍSICA Y MECÁNICA DE LA MADERA DE *Andira inermis* (W. Wright) DC. (*Leguminosae*)

C. Téllez-Sánchez¹; M. A. Herrera-Ferreira²;
J. G. Rutiaga-Quiñones²

¹Tesista de la Maestría en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.

²Director de tesis. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera,

Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo.

Apartado Postal 580. C. P. 58000 Morelia, Michoacán, MÉXICO.

Correo-e: cornelio.tellez.sanchez@gmail.com, mherrerf@umich.mx, rutiaga@umich.mx

RESUMEN

En el presente estudio se determinaron las características anatómicas y las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Andira inermis* (W. Wright) DC. (*Leguminosae*). El material de estudio se obtuvo de un sólo árbol colectado en el municipio de Arteaga, Michoacán, México. La descripción anatómica se basó en las recomendaciones de IAWA. Las propiedades físicas y mecánicas se efectuaron de acuerdo a la norma D 143-94 de la ASTM. La madera de *A. inermis* presenta brillo mediano, vetado pronunciado, textura media, hilo entrecruzado, porosidad difusa y pared celular muy gruesa. La densidad básica es muy alta y la contracción media. El ELP, MOR y MOE es alto, extremadamente alto y medio, respectivamente, en flexión estática. En compresión paralela a la fibra su ELP es alto, MOR extremadamente alto. ELP muy alto en compresión perpendicular a la fibra. Dureza Janka muy alta.

PALABRAS CLAVE: maderas tropicales, características anatómicas, propiedades físicas, propiedades mecánicas.

ANATOMICAL DESCRIPTION AND PHYSICAL AND MECHANICAL WOOD PROPERTIES OF *Andira inermis* (W. Wright) DC. (*Leguminosae*)

SUMMARY

The anatomical description and physical and mechanical properties of the *Andira inermis* (W. Wright) DC. (*Leguminosae*) wood are presented in this paper. The testing material was obtained from one tree collected in the Arteaga municipality of the Michoacán State. In the anatomical description the IAWA nomenclature was used. The physical and mechanical properties were determined according to D 143-94 ASTM standards. *A. inermis* wood has medium bright, attractive grain pattern, interlocked grain, diffuse porous and very thick cell wall. Its basic density is very high and its shrinkage is medium. Static bending SPL, MOR and MOE is high, very high and medium, respectively. Compression parallel to grain SPL is high, and MOR is very high. Compression perpendicular to grain SPL is very high. Janka hardness is very high.

KEY WORDS: tropical woods, anatomical characteristics, physical properties, mechanical properties.

INTRODUCCIÓN

Andira inermis (W. Wright) DC. (= *Andira jamaicensis* (W. Wright) Urban., = *Geoffraea inermis* W. Wright (*Leguminosae*)) es una especie nativa que se distribuye desde el sur de México hasta Perú, Bolivia y Brasil. Sin embargo, fue introducida en Las Antillas, Las Islas Caribeñas, Florida y África (Witsberger *et al.*, 1982; Benítez y Montesinos, 1988). En México esta especie crece en la vertiente del Pacífico desde Nayarit hasta Chiapas y en la vertiente del

Golfo únicamente en Tabasco. Se desarrolla desde el nivel del mar hasta casi 1000 m (Witsberger *et al.*, 1982; Benítez y Montesinos, 1988; Niembro, 1990; Pennington y Sarukhán, 1998). Su nombre vulgar o común varía según el Estado en que crece, Quiringuca en la zona de recolección para este estudio, Tololote o Cuautololote en Guerrero (Oaxaca), Quiringuca o Cuilimbuca en Michoacán (Guerrero) y Maquilla en el norte de Chiapas (Pennington y Sarukhán, 1998; Niembro, 1990).

Es una especie que está adaptada a una variedad de sitios, crece naturalmente en varios tipos de bosques, principalmente en los bosques subtropical húmedo y muy húmedo, aunque se ha registrado también en los bosque subtropicales secos, pero no crece bien en áreas con una temporada de estiaje muy marcada.

A. inermis es un árbol que llega a medir hasta 25 m de altura y alcanza un diámetro hasta de 1.20 m (a la altura de 1.30 m del suelo). El tronco es derecho con las ramas horizontales o ascendentes y la copa es plana y redondeada (Niembro, 1990; Pennington y Sarukhán, 1998). La madera de esta especie se usa localmente como leña, implementos agrícolas y cercas. Debido al desconocimiento de sus propiedades tecnológicas, el objetivo del presente estudio fue conocer las características anatómicas y las propiedades físico-mecánicas de la madera de *A. inermis*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta y habilitación del material

El material de la especie se obtuvo de un árbol recolectado del predio denominado "Los Chupaderos" del municipio de Arteaga, Michoacán, México, ubicado en las coordenadas 18° 10' LN - 18° 50' LN y 101° 51' LO - 102° 45' LO (Plan de Desarrollo Municipal, 2001).

El árbol presentó una altura total aproximada de 24 m y un diámetro de 0.40 m (a la altura de 1.30 m del suelo) (Figura 1). El ejemplar botánico se depositó y registró en el Herbario de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Las muestras de madera de xiloteca se depositaron y registraron en la colección de maderas de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera de la misma Universidad.



FIGURA 1. Árbol de *A. inermis*.

El corte para el derribo del árbol se realizó a 0.30 m de altura del nivel del suelo. A partir de la base del fuste se obtuvo una troza de 1.30 m de longitud para los estudios anatómicos y, otra troza más de 1.30 m para las pruebas físicas y mecánicas.

Estudios Anatómicos

De una muestra de 1.00 m de longitud se obtuvieron tablillas longitudinales de 15x7x1 cm. Las tablillas transversales se obtuvieron de una rodaja de 5 cm de espesor. Este material no sólo sirvió para los estudios anatómicos, sino también se empelaron para describir las características macroscópicas usando las tablas de clasificación de Tortorelli (1956) y para determinar los caracteres organolépticos, el color según las tablas de Munsell (1964), el olor, el sabor, el hilo, el vetado, la textura, el brillo y la visibilidad de los elementos celulares. Los caracteres macroscópicos se realizaron a simple vista y con lupa de 10x.

De otra rodaja de 5 cm de espesor se obtuvieron cubos de 2x2x2 cm, los cuales fueron ablandados utilizando agua destilada en una autoclave a 7.5 kg·cm⁻² durante un total de 110 horas. El material tratado fue cortado en secciones transversales, tangenciales y radiales de 20 a 30 mm de espesor en un micrótopo de deslizamiento (Leitz). Los cortes obtenidos fueron decolorados con una solución de hipoclorito de sodio 50 %, teñidos con verde yodo y pardo de Bismarck durante 30 min y lavados con agua destilada. Luego los cortes teñidos fueron deshidratados en una batería de etanol ascendente 50° (60 min), 60° (45 min), 70° (40 min), 80° (30 min), 96° (20 min) y absoluto (5 min). Finalmente fueron aclarados con xilol durante un min y montados en portaobjetos con resina sintética, de acuerdo con la metodología descrita por Guridi (1998).

Asimismo se obtuvieron pequeñas virutas de la cara radial de los cubos. Estas fueron utilizadas para aplicar la técnica de disociado utilizando una mezcla de ácido acético glacial, ácido nítrico, ácido láctico y glicerina (1:1:1:1) en baño María hasta la disociación total. Luego de eliminar la mezcla de disociación, el material lavado con agua destilada y teñido con pardo de Bismarck, se procedió a esparcir el material sobre el portaobjetos, para luego ser montado con resina sintética (Guridi, 1998).

La descripción anatómica fue realizada según las recomendaciones de la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera (IAWA, 1989). Se tomó una muestra de 50 mediciones por cada carácter, utilizando un microscopio óptico (Binolux). Se determinaron los parámetros principales de estadística descriptiva para cada carácter (valores máximo y mínimo, coeficiente de variación, desviación estándar y media aritmética) y los elementos mensurables se clasificaron tomando en cuenta la media aritmética.

Específicamente con los datos mensurables promedio de las fibras, se calcularon los índices de calidad de pulpa para papel (rigidez, flexibilidad y relación de Runkel) (Villaseñor y Rutiaga, 2000).

Propiedades físicas y mecánicas

De la troza de 1.30 m de longitud se obtuvieron las probetas que fueron utilizadas en los ensayos para determinar las propiedades físicas, de acuerdo a la norma D 143-94 de la ASTM (2000), con excepción del número de individuos y del número de probetas. Por ello, para cada parámetro estudiado se utilizó diferente número y tamaño de probetas: densidad básica (10 probetas), contracción volumétrica (7 probetas), contracción radial (9 probetas) y contracción tangencial (10 probetas).

Para la determinación de las propiedades mecánicas se procedió también según la norma D 143-94 de la ASTM (2000), con excepción del número de individuos y del número de pruebas realizadas. Los ensayos se llevaron a cabo en una máquina universal de pruebas mecánicas de 10,000 kg de capacidad. De esta manera se determinó la flexión estática (13 probetas), compresión paralela a la fibra (20 probetas), compresión perpendicular a la fibra (14 probetas), tensión perpendicular (20 probetas), resistencia a rajaduras (20 probetas), dureza Janka (14 probetas) y resistencia a la extracción de clavos (14 probetas). Las probetas se acondicionaron a 12 % de contenido de humedad.

Se obtuvieron los parámetros principales de estadística descriptiva: valores máximo y mínimo, coeficiente de variación, desviación estándar y media aritmética; tomando en cuenta esta última, se realizó la clasificación de la madera en relación a sus propiedades físicas y mecánicas, de acuerdo con Sotomayor (1987).

RESULTADOS

Anatomía de la madera

Características organolépticas

La albura es de color amarillo pálido (HUE 5Y $\frac{8}{3}$) con franjas amarillas (HUE 10Y R $\frac{7}{6}$), el duramen es de color rojizo amarillento (HUE 5Y R $\frac{5}{6}$) con franjas de café pálido (HUE 10Y R $\frac{8}{4}$) (Figura 2), simbología según las tablas Munsell (1964). El olor es característico y desagradable, semejándose a excremento de caballo, cuando la madera está fresca, y cuando está seca se pierde. El sabor es ligeramente amargo y desagradable, se aprecia ésta característica cuando la madera se cepilla o lija.

Características macroscópicas

El hilo es entrecruzado. El vetado es pronunciado en



FIGURA 2. Rodaja de la madera de *A. inermis*.

la cara tangencial y menos pronunciado en la radial debido a la abundancia de parénquima. La textura es media, la consistencia granulosa y el brillo es medio tendiendo a bajo (Figura 3).



FIGURA 3. Tablillas de madera de *A. inermis*.

Corte tangencial (izquierdo), radial (derecho) y transversal (abajo)

No presenta zonas de crecimiento, la porosidad es difusa, los poros de mayor tamaño se observan a simple vista, y con ayuda de una lupa los que se encuentran agrupados y son de menor tamaño.

Los rayos son apenas visibles sin lupa en cortes transversal, radial y tangencial. Con ayuda de una lupa se aprecia que los rayos tienden a formar líneas de estratificación en el corte tangencial, se aprecia mejor sobre todo en el área donde no hay fibras, es decir en las franjas del parénquima axial.

Características microscópicas

Predominan los poros de forma ovalada, siendo en menor grado de forma redonda a irregular. Estos son medianos a grandes con un promedio de 187.7 μm de diámetro con una densidad promedio de 3.5 poros- mm^{-2} . El arreglo es solitario a múltiple radial de 2, 3, 4 y 5 poros,

aunque predomina el orden de 2 y 3 células. Cuando el arreglo es múltiple tangencial generalmente se agrupan 2 células y rara vez se forman agrupaciones de 4,5 y 6 poros (Cuadro 1) (Figura 4a).

Los elementos de vaso presentan placa perforada horizontal e inclinada. La perforación es simple sin lígulas presentes. Las puntuaciones inter-vasculares son areoladas alternas y areoladas opuestas, de contorno ovalado tendiendo a hexagonal con un diámetro promedio de 7 mm. Las aberturas de las puntuaciones tienen forma ovalada y presentan ornamentaciones. Las puntuaciones vaso-radio son iguales a las presentes entre los vasos.

Los elementos de vaso son cortos (Figura 5) con promedio de 304.2 mm de longitud (Cuadro 1) y presentan gomas de color café oscuro en los lúmenes (Figuras 4a y 4b).

El parénquima axial es muy notorio, de tipo paratraqueal aliforme y aliforme confluyente. En el corte radial se aprecian con claridad células cristalíferas en hileras cortas (3 cristales) y en hileras largas (12 y 15 cristales). Los cristales son de forma irregular a romboidal y se encuentran muy abundantes en la madera estudiada (Figura 4c).

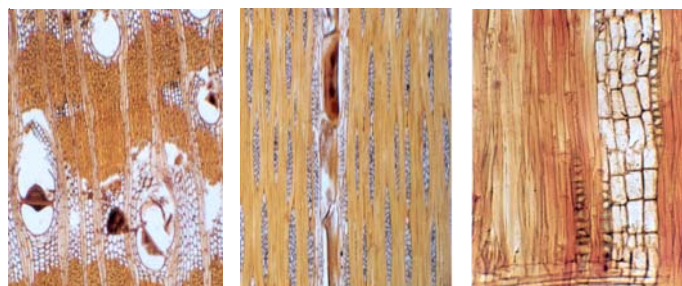


FIGURA 4. Características microscópicas de la madera de *A. inermis*. Corte transversal (izquierda), tangencial (centro) y radial (derecha).

Los rayos uniseriados promedio de 6 células de altura, biseriados, triseriados y poliseriados de 4, 5 y 6 series, predominando 3, 4 y 5 siendo escasos los de una serie, se consideran bajos con promedio de 372.7 mm y de moderadamente angostos a medianos con promedio de 54.7 mm; son de poco numerosos a numerosos pues existen con promedio de 7 por mm (Cuadro 1), respecto a su constitución son heterogéneos y homogéneos, además se observa en éstos una tendencia a fusionarse entre si en los extremos y en pocas ocasiones a lo ancho.

Las fibras presentan un arreglo irregular y tienen contornos redondos a ovalados, ocasionalmente irregular. Las puntuaciones de estas fibras, a menudo libriformes, son simples y muy pequeñas. La longitud promedio de las fibras es de 1395.8 mm y el diámetro promedio de 15.7 mm. El espesor promedio de su pared es 5.6 mm, considerándose gruesas (Figura 5).

La amplitud promedio del lumen es 4.5 mm (Cuadro 1). En algunas fibras se puede apreciar que contiene en su interior cristales de forma irregular a romboidal (Figura 4).

En el Cuadro 2 se reporta la cantidad porcentual aproximada de sus elementos constitutivos y en el Cuadro 3 se muestran los índices obtenidos de calidad de pulpa para papel.

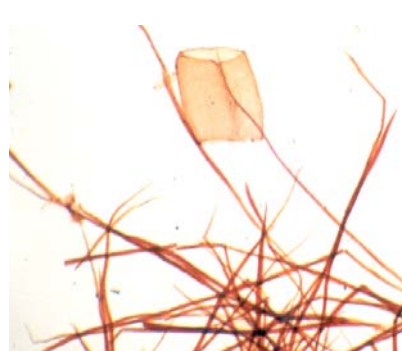


FIGURA 5. Fibras y elemento de vaso de la madera de *A. inermis*.

CUADRO 1. Caracteres mensurables y clasificación de los elementos constitutivos de la madera de *A. inermis* (W. Wright) DC. (*Leguminosae*).

	Máx	Mín	CV (%)	DE	MA	Clasificación
Abundancia de poros-mm ²	8	2	35.2	1.2	3.5	Poco numerosos
Diámetro de vasos (mm)	252.5	101.0	21.6	40.6	187.7	Medianos
Longitud de elemento de vaso (mm)	404.0	222.2	6.5	53.4	304.2	Cortos
Longitud de fibras (mm)	1,787.7	1,010.0	15.9	223.3	1,395.8	Medianas
Grosor de pared de fibras (mm)	10.0	2.5	32.9	1.8	5.6	Mediana
Diámetro de fibras (mm)	25.0	7.5	21.8	34.2	15.7	Finas
Abundancia de radios-mm ⁻¹	8	5	12.0	0.8	6.8	Poco numerosos
Altura de radios (mm)	909.0	222.2	41.8	156.1	372.7	Bajos
Ancho de los radios (mm)	101.0	30.3	29.1	15.9	54.7	Medianos

Máx = valor máximo; Mín = valor mínimo; CV (%) = coeficiente de variación; DE = desviación estándar; MA = Media aritmética.

CUADRO 2. Porcentaje de los elementos constitutivos de la madera de *A. inermis*.

Elementos constitutivos	(%)
Poros	20
Parénquima axial	30
Parénquima radial	5
Fibras	45

CUADRO 3. Índices de calidad de pulpa para papel de la madera de *A. inermis*.

Índices	Valor	Clasificación
Rigidez	0.71	Pared celular muy gruesa
Flexibilidad	0.29	
Runkel	2.48	Mala para papel

Propiedades físicas y mecánicas

En el Cuadro 4, se presentan los resultados de las propiedades físicas y en el Cuadro 5 se presentan los resultados para las propiedades mecánicas. En ambos casos, la clasificación es de acuerdo a Sotomayor (1987).

CUADRO 4. Propiedades físicas de la madera de *A. inermis*.

Propiedad	Máx	Mín	CV (%)	DE	MA	Clasificación
Densidad básica (g/cm ³)	0.75	0.67	3.67	0.02	0.71	<i>Muy alta</i>
Contracción (%):						
radial	5.9	2.9	18.3	0.8	4.6	<i>Media</i>
tangencial	10.3	7.2	12.8	1.1	8.5	<i>Media</i>
volumétrica	15.4	11.7	11.0	1.5	13.2	<i>Media</i>

Máx = valor máximo; Mín = valor mínimo; CV (%) = coeficiente de variación; DE = desviación estándar; MA = Media aritmética.

CUADRO 5. Propiedades mecánicas de *A. inermis*.

Ensayo	Propiedad	Máx	Mín	CV (%)	DE	MA	Clasificación
Flexión estática (kg·cm ⁻²)	ELP	947.5	503.7	18.9	139.3	733.6	<i>Alta</i>
	MOR	1,274.7	955.0	8.9	94.6	1,066.1	<i>Excepcionalmente alta</i>
	MOE	119,961.4	84,863.3	94	9,806.9	104,835.2	<i>Media</i>
Compresión \parallel (kg·cm ⁻²)	ELP	709.8	411.9	14.1	75.5	535.3	<i>Alta</i>
	MOR	725.9	495.2	11.9	70.2	584.9	<i>Excepcionalmente alta</i>
	MOE	108,396.9	32,986.4	35.4	20,925.1	59,109.6	*
Compresión \perp (kg·cm ⁻²)	ELP	236.8	160.9	12.4	23.8	190.9	<i>Muy alta</i>
Tensión \perp (kg·cm ⁻²)	Esfuerzo máximo	67.6	12.7	38.6	15.2	39.4	*
Rajaduras (kg·cm ⁻²)	Esfuerzo máximo	12.0	6.4	22.1	1.9	8.4	*
Dureza Janka (kg)	Promedio R/T	992.5	712.5	9.6	83.0	868.0	<i>Muy alta</i>
	Promedio transversal	1,175.0	810.0	10.6	103.7	978.9	<i>Muy alta</i>
Extracción de clavos (kg)	Promedio R/T	199.5	131.8	11.8	19.3	163.7	
	Promedio transversal	168.5	95.5	19.2	24.7	128.9	*

Máx = valor máximo; Mín = valor mínimo; CV (%) = coeficiente de variación; DE = desviación estándar; MA = Media aritmética.

ELP = Esfuerzo al límite de proporcionalidad; MOR = Módulo de ruptura; MOE = Módulo de elasticidad; Q % = Paralela a la fibra; 4 % = Perpendicular a la fibra; * = No se encontraron valores de referencia.

DISCUSIÓN

Al describir microscópicamente la madera de *A. inermis*, se observó que su albura es de color amarillo pálido con franjas amarillas y su duramen de color rojizo amarillento con franjas café pálido, lo que en general coincide con lo reportado por la literatura (Benítez y Montesinos, 1998; Pennington y Sarukhán, 1998). Así mismo, se encontró que el olor de la madera estudiada es característico y desagradable, sabor ligeramente amargo, hilo entrecruzado, veteado pronunciado en cara tangencial y menos pronunciado en la radial, la textura media, el brillo es medio tendiendo a bajo. Benítez y Montesinos (1998) coinciden en lo general pero, reportan que no presenta olor ni sabor característico.

En relación a la descripción microscópica, se encontró que esta madera no presenta zona de crecimiento y su porosidad es difusa. Predominan los poros de forma ovalada, seguida por la redonda y la irregular, son de medianos a grandes y poco numerosos.

De acuerdo con los índices de calidad de pulpa obtenidos, las fibras de la madera estudiada se clasifican como de mala calidad para papel. Aun cuando la clasificación (según a la Relación de Runkel) hubiera sido de buena o excelente para papel, no se recomendaría la madera de

A. inermis para la obtención de pulpa para papel, debido al color de su duramen, asociado a un alto contenido de sustancias extraíbles, sustancias que suelen ocasionar problemas en el proceso de pulpeo (Libby, 1980).

El valor promedio de la densidad de la madera de *A. inermis* que se determinó en el presente estudio fue de 0.71 g·cm⁻³. Este valor es mayor al informado por otros autores, 0.63 g·cm⁻³ (Benítez y Montesinos, 1988) y de 0.64 g·cm⁻³ (Echenique y Plumptre, 1994).

De acuerdo con Sotomayor (1987) y Echenique y Plumptre (1994), la densidad de la madera aquí estudiada se encuentra dentro del rango de 0.71 a 0.89 g·cm⁻³, y de 0.71 a 0.85 g·cm⁻³, respectivamente, correspondiendo a un valor *muy alto*. Sin embargo, los valores obtenidos por otros autores (0.63 y 0.64 g·cm⁻³), permiten clasificarla como *alta*. La diferencia en estos valores pudiera atribuirse a la zona del árbol, edad y lugar de colecta, de donde se extrajeron las respectivas probetas para determinar dicha propiedad, pues es conocido que ésta varía dentro de un mismo individuo (Panshin y de Zeeuw, 1964).

La contracción radial, tangencial y volumétrica promedio de la madera en estudio es de 4.6, 8.5 y 13.2 % respectivamente, coincidiendo con los valores de la bibliografía, para contracción radial y tangencial (Benítez y Montesinos, 1988). Tomando en cuenta la clasificación de Sotomayor (1987) para la contracción, los resultados encontrados para *A. inermis* la sitúan en la clasificación de *Media*.

No se han encontrado reportes previos de ensayos mecánicos realizados a un C. H. de 12 % y su clasificación según Sotomayor (1987) como punto de comparación para *A. inermis*. Benítez y Montesinos (1988) reportaron resultados para algunos de estos ensayos, sólo que realizados en condición verde.

Con respecto a dureza Janka la madera en estudio presenta valores de 868.0 kg promedio radial-tangencial (lateral) y el valor de los extremos (promedio transversal) es de 978.9 kg, cuya clasificación según Sotomayor (1987) es *Muy alto* y de acuerdo con Echenique y Plumptre (1994), corresponde a *Medio*. Benítez y Montesinos (1988) reportan valores para dureza Janka lateral de 655 kg y promedio transversal de 822 kg, coincidiendo en la clasificación de *Muy alto* (Sotomayor, 1987), no así con Echenique y Plumptre (1995) quienes lo clasifican como *Medio*.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran la relación entre la estructura anatómica y las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *A. inermis*. Así, las paredes celulares gruesas provocan una alta densidad de la madera que, a su vez, se refleja en alta resistencia mecánica y altos valores de los módulos de elasticidad, coincidiendo

con diversos autores (Stamm, 1964; Fengel y Grosser, 1976; Haygreen y Bowyer, 1982; Vignote y Jiménez, 1982).

CONCLUSIONES

La madera de *Andira inermis* presenta marcada diferencia de color entre la albura y el duramen; albura color amarillo pálido y duramen rojizo amarillento. Su olor es desagradable, su sabor ligeramente amargo. Presenta brillo mediano, veteado pronunciado, su textura es media e hilo entrecruzado. Su porosidad es difusa. Presenta puntuaciones areoladas alternas, placa perforada simple. Parénquima axial tipo paratraqueal aliforme y aliforme confluyente. Sus fibras de tipo libriiforme. Su densidad básica es *muy alta* y de contracción *media*. La flexión estática en el esfuerzo al límite de proporcionalidad, módulo de ruptura y módulo de elasticidad, corresponde a una clasificación de *alta*, *excepcionalmente alta* y *media*, respectivamente. La compresión paralela en el esfuerzo al límite de proporcionalidad y módulo de ruptura corresponde a una clasificación de *alta* y *excepcionalmente alta*, respectivamente. La compresión perpendicular resultó ser en su esfuerzo al límite de proporcionalidad con clasificación de *muy alta*. Para la dureza Janka su clasificación corresponde a *muy alta*. Finalmente, se observó la relación entre la estructura anatómica y las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *A. inermis*.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo el apoyo al Proyecto CIC-21.3-JGRQ, dentro del cual se realizó la presente investigación. Igualmente a la Ing. Teresa García Moreno y M. C. Teresa Sánchez Vargas, su apoyo en el Laboratorio de Anatomía de la Madera y en el Laboratorio de Física y Mecánica de la Madera de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, respectivamente.

LITERATURA CITADA

- ASTM. 2000. (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). D 143-94 Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber. Annual Book of ASTM Standards. Section 4, Construction. Volume 04.09 Wood. Philadelphia, U. S. A.
- BENÍTEZ R., R. F.; MONTESINOS L., J. L. 1988. Catálogo de cien especies forestales de Honduras: Distribución Propiedades y Usos. Escuela Nacional de Ciencias forestales (ESNACIFOR). Siguatepeque, Honduras 9-10 p.
- ECHENIQUE-MANRIQUE, R.; PLUMPTRE, R. A. 1994. Guía para el uso de Maderas de Belice y México. Universidad de Guadalajara, Consejo Británico, Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera, A. C., Universidad de Oxford. Oxford. 196 pp.
- FENGEL, D.; GROSSER, D. 1976. Holz, Morphologie und Eigenschaften. In: Ullmanns Encyklopaedie der technischen Chemie. 4th Ed. Vol. 12. Verlag Chemie. Weinheim, pp. 669-679.

- GURIDI-GÓMEZ, L. I. 1998. Anatomía de la Madera, Instructivos. Maestría en Ciencias y Tecnología de la Madera. FITECMA-UMSNH. (Edición libre). Morelia, México.
- HAYGREEN, J. G.; BOWYER, J. L. 1982. Forest Products and Wood Science. An Introduction. The Iowa State University. Press/ AMES. Iowa.
- IAWA 1989. List of Microscopic Features for Hardwood Identification. E. A. Wheeler, P. Baas and P. E. Gasson. Rijksherbarium, Leiden, The Netherlands. Bulletin 10(3): 219-332.
- LIBBY, C. E. 1980. Ciencia y tecnología sobre pulpa y papel. Tomo I. Pulpa. CECSA. México. 534p.
- MUNSELL COLOR COMPANY. 1964. Munsell Soil Color Chart. Munsell Color Company. Maryland, 19 pp.
- NIEMBRO-ROCAS, A. 1990. Árboles y arbustos útiles de México – Naturales e Introducidos. LIMUSA Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México.
- PANSHIN, A. J.; C. DE ZEEUW. 1964. Textbook of Wood Technology. 3a Edición. McGraw-Hill. New Yoek. 705 pp.
- PENNINGTON, T. D.; SARUKHÁN, J. 1998. Árboles Tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Texto Científico Universitario. Universidad Nacional Autónoma de México Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 521 pp.
- PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL (1999-2001). 1999. Ayuntamiento Municipal Arteaga, Michoacán. México.
- SOTOMAYOR-CASTELLANOS, J. R. 1987. Calidad de la Madera Para la Industria de la Construcción. Consideraciones Tecnológicas, Industriales y Comerciales. CINC. Instituto Regional de Investigaciones de la Construcción del Estado de Michoacán. A. C. Morelia, Michoacán. México. 141 pp.
- STAMM, A. J. 1964. Wood and Cellulose Science. Ronald Press. New Cork.
- TORTORELLI, L. A. 1956. Maderas y Bosques Argentinos. ACME. S.A.C.I. Buenos Aires.
- VIGNOTE-PEÑA, S., JIMÉNEZ-PERIS, F. J. 1982. Tecnología de la madera. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentos. Mundiprensa. Madrid.
- VILLASEÑOR, A. J. C. y J. G. RUTIAGA, Q. 2000. La madera de *Casuarina equisetifolia* L., química e índices de calidad de pulpa. Madera y Bosques 6(1): 29-40.
- WITSBERGER, D.; CURRENT, D.; ARCHER, E. 1982. Árboles del parque Deinger. Ministerio de Educación, El Salvador. 146-147 p.