



**Universidad Michoacana de San Nicolás
de Hidalgo**

**Facultad de Ingeniería en Tecnología de
la Madera**

**Propiedades Físico Mecánicas y Proceso de Secado de
Arbutus xalapensis (madroño)**

Que para obtener el título de:
INGENIERO EN TECNOLOGÍA DE LA MADERA

Presenta:
Sergio Mauricio Escobedo Torres

Director de tesis
Dr. David Zavala Zavala



Asesor de tesis
M. C. Salvador Bocanegra Ojeda

Morelia Michoacán, Noviembre 2005.

DEDICATORIA:

A MIS PADRES: Por todos los esfuerzos y sacrificios que realizaron para darme la oportunidad de cursar una carrera y consumir una meta mas en la vida, brindándome todo su apoyo y confianza.

CIRIACO ESCOBEDO CAMPOS

MARIA EMELIA TORRES PONCE

A MI HERMANA: Por su comprensión y cariño.

CYNTHIA AURORA ESCOBEDO TORRES.

A MI NOVIA: Porque en ella encuentro un motivo más de superación por su paciencia, comprensión y apoyo constante con sus palabras de aliento.

BIANCA GILLIANA ALCARAZ VARGAS

AGRADECIMIENTOS:

A DIOS: POR DARMER LA FUERZA PARA SEGUIR LUCHANDO, PODER SALIR ADELANTE Y TERMINAR MI CARRERA, LLEGANDO ASÍ A UNA DE LAS METAS QUE ME EH FIJADO, PUES EN MI VIDA SIEMPRE HA SIDO GUÍA Y APOYO INFALIBLE.

A MI FAMILIA : POR HABERME DADO LA OPORTUNIDAD DE CURSAR UNA CARRERA, PERO MÁS TODAVÍA AGRADEZCO EL APOYO, AMOR Y COMPRESIÓN INFINITA QUE ME BRINDAN EN TODO MOMENTO, A ELLOS MI RECONOCIMIENTO, AMOR Y ADMIRACIÓN.

A LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO: POR PERMITIRME ADQUIRIR UNA FORMACIÓN PROFESIONAL EN SUS INSTALACIONES.

A LA FACULTAD DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE LA MADERA: POR ACEPTARME DURANTE ESTOS SEIS AÑOS Y SENTIRME MUY ORGULLOSO DE ELLA.

AL DR. DAVID ZAVALA ZAVALA: POR SU DESINTERESADA Y VALIOSA ASESORÍA.

AL M. C. SALVADOR BOCANEGRA OJEDA: PRIMERAMENTE POR SU AMISTAD Y SU APRECIABLE ASESORÍA.

AL M. C. DAVID RAYA GONZALEZ: POR SUS COMENTARIOS QUE ENRIQUECIERON MI TRABAJO.

AL M. I. SAUL LOPEZ PEÑALOZA: POR SUS RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS.

A LA BIOLOGA LIDIA ISABEL GURIDI GOMEZ: POR SUS ATINADAS RECOMENDACIONES PARA MI TRABAJO.

AL ING. ARMANDO MUÑIZ RAMIREZ: POR SU VALIOSA ASESORÍA.

AL M. C. ROBERTO CALDERÓN MUÑOZ: PRIMERAMENTE POR BRINDARME SU AMISTAD Y DESPUÉS POR SUS COMENTARIOS Y OBSERVACIONES QUE PERMITIERON ENRIQUECER MI TRABAJO.

Y A TODOS MIS MAESTROS Y AMIGOS QUE AYUDARÓN DE UNA FORMA U OTRA PARA LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

¡GRACIAS!

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- ANTECEDENTES	3
3.- OBJETIVOS	8
4.- MATERIALES Y MÉTODOS	9
4.1.- Recolección de material	9
4.1.1.- Sitio 1	9
4.1.2.- Sitio 2	10
4.1.3.- Sitio 3	11
4.2.- Descripción de la especie	13
4.2.1.- Descripción botánica	13
4.2.2.- Descripción anatómica	16
4.3.- Propiedades físicas	19
4.4.- Propiedades mecánicas	21
4.5.- Proceso de secado	25
5.- ANÁLISIS DE RESULTADOS	28
5.1.- Propiedades físicas	28
5.2.- Propiedades mecánicas	30
5.3.- Proceso de secado	32
6.- USOS DE LA MADERA DE MADROÑO	36
7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
8.- BIBLIOGRAFÍA	41

INDICE DE FIGURAS

PÁGINA

1	Madroño correspondiente a la muestra 1, del paraje los Volcancitos municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro, en un bosque mesófilo de <i>Pinus-Quercus</i> y <i>Abies</i>	10
2	Madroño correspondiente a la muestra 2 en el paraje Volcancitos municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro, en bosque mesófilo de <i>Pinus-Quercus</i> y <i>Abies</i>	11
3	Madroño correspondiente a la muestra 3 en el paraje Volcancitos municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro, en bosque mesófilo de <i>Quercus-Pinus</i>	11
4	Derribo y dimensionado de trozas.....	12
5	Inflorescencia del madroño en el mes de noviembre.....	14
6	Ramilla de madroño con inflorescencia y corteza desprendida, que también ocurre en el fuste.....	15
7	Municipios donde se distribuye el madroño.....	16
8	Características microscópicas de los tres cortes típicos.....	18
9	Preparación de cubos para la determinación de propiedades físicas.....	19
10	Balanza y vernier digitales utilizados en las determinaciones de las mediciones y pesos.....	21
11	Obtención de listones con caras radiales y tangenciales paralelas entre si.....	22
12	Maquina universal para pruebas físico mecánicas.....	22
13	Sierra cinta de 2” y Cepillo de 12” ancho.....	23
14	Canteadora 6” de ancho y Taladro de pedestal.....	23
15	Sierra de brazo radial y Sierra circular.....	23
16	Pruebas de flexión y resistencia a rajaduras.....	24
17	Pruebas de compresión paralela y perpendicular a la fibra.....	24
18	Pruebas de tensión paralela y perpendicular a la fibra.....	25
19	Pruebas de extracción de clavos y dureza janka.....	25
20	Estufa de secado convencional de 1 m ³	26
21	Defectos desarrollados durante el secado	34
22	Perdida de contenido de humedad durante el secado	35

INDICE DE CUADROS

PÁGINA

1	Características macroscópicas de la madera de madroño.....	17
2	Características microscópicas de la madera de madroño.....	18
3	Secuela de secado para madroño de 8/4” de espesor, T3-A1.....	25
4	Promedios de contracción volumétrica, tangencial y radial de verde al 12.4% de C.H. , y de verde hasta condición anhidra, por rollete.....	28
5	Promedios de contracción volumétrica, tangencial y radial por árbol y la media, desviación estándar y coeficiente de variabilidad para todos los árboles.....	30
6	Determinación de las propiedades mecánicas.....	31
7	Perdida de volumen por los efectos de secado y maquinado.....	33

1.- INTRODUCCIÓN

México es extraordinariamente diverso biológicamente. En este aspecto ocupa el cuarto lugar mundial en mega diversidad, albergando aproximadamente el 10% de las especies vegetales, de uso artesanal conocidas y con una alta proporción de endemismos, lo que conlleva a tener una representación de géneros y especies maderables muy alta, esto obedece sin duda a la gran variedad de condiciones físicas, tales como topografía, variabilidad del suelo, clima y otros factores que prevalecen en el país, por lo cual a lo largo de la historia ha llevado al hombre a conocerlos y así saber cuales son más útiles (Bravo y López 2002).

Muchas de estas especies en la actualidad se encuentran amenazadas o en peligro de extinción. La sobre explotación, la sustitución de los bosques por la práctica del monocultivo, la contaminación del agua y del aire, el deterioro del suelo, la destrucción del hábitat y la introducción de especies exóticas, son algunos de los factores que han propiciado la posible extinción de un gran número de especies (CONAFOR 2002).

El Estado de Michoacán no ha sido la excepción en este tipo de cuestiones sobre todo en la región de la Sierra Purépecha donde las comunidades indígenas han aprovechado intensamente la flora maderable con que cuentan, en muchos casos haciendo el cambio de uso del suelo para la apertura masiva de áreas agrícolas, ganaderas y para el aprovechamiento selectivo de especies forestales de diversos propósitos. Esto ha ocasionando que muchos ecosistemas estén reduciendo sus poblaciones arbóreas de diversas especies de *Pinus* (pino), *Abies* (oyamel), *Quercus* (encinos), *Tilia* (cirimo), *Garrya* (azulillo), *Clethra* (pacata), *Alnus* (aile) y *Arbutus* (madroño). Aún cuando estas especies mantienen sus poblaciones en niveles no tan críticos (excepto *Tilia* y *Arbutus*), es preocupante el grado de deterioro al que están siendo sometidas (CONAFOR 2002).

En este caso el madroño, ha sido objeto de una sobre explotación en infinidad de artículos torneados como figuras decorativas, ensaladeras, dulceros, especieros, floreros, platos, saleros, juguetes, cofres, licoreras, etc. Su madera también se recomienda para la producción de chapa, muebles, decoración de interiores y carbón. La corteza contiene grandes

cantidades de extractos tánicos que son utilizados para curtir pieles, además la infusión que se obtiene de su cocimiento se emplea en medicina casera como astringente en casos de diarrea, mientras que el fruto tiene propiedades narcóticas (CONAFOR 2002).

Se sabe que presenta un gran problema en cuanto a su secado, ya que es muy propensa a sufrir rajaduras y para evitarlas recurren al proceso de desflemado, el cual hace resaltar su color natural, debido a los extractivos que libera la madera durante el proceso y que se impregnan en la superficie (Andrade 1990).

Debido a la categoría que ha alcanzado el madroño como especie amenazada regionalmente y a pesar de que se le ha utilizado en aplicaciones muy precisas, el conocimiento científico básico y tecnológico de esta madera es escaso, principalmente en lo que se refiere a sus características anatómicas y químicas; a las propiedades físicas, mecánicas, de maquinado, de durabilidad y la forma más eficiente de aserrarla, secarla y maquinarla; así como la posología de su corteza, hojas y frutos, con la finalidad de optimizar su uso de manera racional y planear estrategias de manejo que permitan realizar un aprovechamiento adecuado, implementando programas de propagación con fines de cultivo y/o plantaciones (CONAFOR 2002).

El conocimiento de las características tecnológicas y de los procesos de transformación mencionados; permitirá darle una óptima utilización, para obtener un mayor valor agregado de los diferentes productos que se elaboran con la madera de madroño, además de las artesanías, el parquet, lambrín, muebles, mangos para herramientas, construcciones de partes para barcos y de casas habitación, entre otros.

La finalidad de este trabajo es determinar las propiedades físicas y mecánicas, analizar el comportamiento de la madera de *Arbutus xalapensis* (madroño) durante el proceso de secado, con la finalidad de definir su uso más adecuado. Cabe mencionar que el presente estudio forma parte del proyecto “Estudio para la definición de caracteres científicos, técnicos y productivos del madroño: usos maderero, medicinal y artesanal “, que aún esta en proceso de realización.

2.- ANTECEDENTES

De la información consultada sobre aspectos taxonómicos del madroño sobresalen los siguientes trabajos.

Standley (1920-1926), en la obra sobre los árboles y arbustos de México se proporcionan botánicos y taxonómicos datos sobre 7 géneros y 42 especies, de las cuales 7 son del género *Arbutus*.

La información sobre las características botánicas de *Arbutus xalapensis* se encuentra dispersa en varias publicaciones sobresaliendo los trabajos de Martínez (1939 y 1959), Kaplan (1964), Díaz (1976) y Zamora y Hernández (1985).

En contraste, sobre *Arbutus menziesii* en USA, se tiene bien definida la época de fructificación, los sistemas de reproducción y propagación por semillas y vegetativamente, y la evaluación a través del seguimiento de plantaciones de esta especie, en los trabajos de Abrams (1951) y Roy (1968).

En relación a los usos de su madera y de sus componentes arbóreos, se tienen los trabajos de Caballero y Mapes (1985), Reyes (1986), Flores (1987), Prado (1988) y Suárez (1990).

González (1990), en la revisión taxonómica de la familia para el estado de Jalisco, describe 8 géneros con 21 especies, 2 subespecies y 3 variedades, de las cuales tres corresponden a especies de madroño.

Medina (1992), registra la presencia de madroño en un trabajo de tipo florístico y fitoecológico de la microcuenca del río Chiquito de Morelia, en donde se describen 9 tipos de vegetación y reporta 1046 especies para esta área.

Aguilar, *et al* (1994), indica los usos tradicionales de la madera de madroño y los frutos, además se emplean las hojas y la corteza en la medicina tradicional, para problemas de riñones, diarreas y apretar los dientes, dolor de muelas y caída del cabello.

Labat (1995), en el estudio de la vegetación del Noroeste de Michoacán reporta 969 especies en 6 tipos de vegetaciones, incluye el madroño.

Rodríguez y Espinosa (1996), señalan que en el estado de Michoacán se localizan 26 especies, correspondientes a 289 números de colecta, de los cuales 128 son de madroño pero no se citan colectas en el municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro.

Calderón (2001), en la segunda edición de la flora fanerogámica del Valle de México, reporta 11 géneros y 16 especies, en las que se incluyen dos de madroño, en este trabajo la primera especie es un *Arbutus xalapensis* y consideran como una sinonimia al *Arbutus glandulosa* y la otra especie que reporta es *Arbutus tessellata*.

De la información consultada a la fecha, se ha detectado la falta de estudios formales sobre las características tecnológicas de la madera de madroño, de los trabajos consultados sobresalen los siguientes.

De la Paz, Pérez y Corral (1980), realizaron el estudio anatómico de 11 maderas de angiospermas entre las que se encuentra *Arbutus xalapensis*, con base en este estudio, sugieren sus posibles usos.

Guridi (1980), describe las características estéticas y los usos artesanales de varias especies maderables incluyendo el *Arbutus xalapensis* del estado de Michoacán.

Rodríguez (1982), describe anatómicamente la madera de 20 especies de distintas regiones de México, entre ellas el *Arbutus xalapensis*, indica su distribución, las características

del arbolado y de la madera a través de su descripción macro y microscópica y señala sus usos más comunes.

Andrade (1990), evaluó el proceso de secado en estufa convencional de dos especies de madroño (*Arbutus xalapensis* y *A. glandulosa*), donde señala que la secuela o programa de secado que mejores resultados generó, fue la T10-E3, con la cual se redujeron el número de defectos y el tiempo de secado, llevando a cabo un desflemado previo al inicio del proceso de secado; para lo cual se utilizaron recipientes metálicos.

Aguilar *et al.* (2000) realizaron el estudio de anatomía de maderas de México en especies de un bosque mesófilo de montaña, entre las que se encuentra el *Arbutus xalapensis*.

Rodríguez *et al.* (2001) en muestras de madera recolectadas en el Estado de México, señalan algunas propiedades físicas de *Arbutus xalapensis*. No especifican otras características tecnológicas para esta especie debido a que el objetivo del trabajo fue comparar y correlacionar características anatómicas asociadas al clima y la interrelación de la densidad con el espesor de la pared celular.

Otros trabajos que han aplicado parte de la metodología a utilizar en el presente trabajo son los siguientes:

Romero *et al.* (1978), de acuerdo a las características anatómicas, físicas y mecánicas de 8 especies de coníferas, determinaron que podían ser usadas en la elaboración de triplay para interiores y exteriores, acabados y decoración, chapa, parquet, lambrín y pisos principalmente.

Echenique y Becerra (1981), indican que no es posible comparar directamente los resultados de los ensayos mecánicos de su trabajo con los resultados realizados con especies

similares, ya que los contenidos de humedad (CH) promedio de alrededor de 10% son bajos comparados con el 12% que reportan otros autores en sus especies.

Huerta y Becerra (1982), describen las características físicas de 17 especies de maderas y las clasifican de acuerdo a los resultados obtenidos, así mismo recomiendan el uso más adecuado según su valoración.

Laundrie (1986), indica que el *Arbutus menziesii* es una de las especies que se utilizan para tarimas e indica algunas propiedades físicas y mecánicas de su madera, como la gravedad específica de 0.58, el Modulo de Ruptura (MOR) al 12% de CH es de 50.3 Mpa, y el MOR en estado verde es de 32.4 Mpa.

Herrera (1992), realizó el estudio físico mecánico de 15 especies (9 coníferas y 6 latifoliadas) obteniendo como resultado valores similares a los reportados por otros autores.

Alden (1995), indica algunas características tecnológicas de *Arbutus menziesii*, que por ser del mismo género que la especie de interés de este estudio (*A. xalapensis*), se considera importante por la similitud que puede existir entre la madera de ambas especies. También señala la distribución, las características generales de la madera, la gravedad específica y algunas propiedades mecánicas (Modulo de Elasticidad (MOE), MOR, C/, C=, dureza y cortante). Reporta los valores de las contracciones tangencial, radial y volumétrica al 0%, 6% y 20% de CH. Respecto al proceso de secado, señala que la secuela T4 - B2 es la más adecuada para la madera de 4/4", 5/4" y 6/4" de espesor y menciona que tiene buenas características de maquinado con todo tipo de herramientas.

Sánchez y Camarena (2000), realizaron el estudio físico mecánico de la madera de *Acrocarpus fraxinifolius* obteniendo resultados de densidad calificada como media y los resultados de resistencia mecánica también en su mayoría se clasificaron en la misma categoría, por la relación de la densidad que es directamente proporcional a su resistencia mecánica.

Calderón (2001), en su análisis de secado al aire y en estufa de pino y encino determinó que independientemente del tipo de secado, el pino es el menos susceptible a los defectos, también reporta que el tiempo de secado al aire para el pino fue de 57 días a un CH del 11.82% mientras que para el encino fue de 80 días a un CH de 15.65%; el tiempo en estufa convencional fue de 3 días para el pino a un CH del 8%, contra 18 días del encino par un 8% de CH.

Correa (2003), considera que en base a los valores obtenidos de las pruebas físico mecánicas del mango (*Mangifera indica* L.) puede utilizarse en: elementos estructurales para techos, muros y pisos con trafico ligero, elementos estructurales de cimbra para concreto, como elementos no estructurales para interiores de edificios, muebles de alta calidad, cajas de empaque, embalajes y tarimas, durmientes de ferrocarril, mangos para herramienta no resistentes al impacto y artículos de cocina.

3.- OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Determinar las propiedades físicas, mecánicas y analizar el comportamiento del proceso de secado en estufa convencional de la madera de *Arbutus xalapensis*.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Determinar las propiedades físicas.
- Determinar las propiedades mecánicas.
- Evaluar el proceso de secado.
- Evaluar la pérdida de volumen de madera por efecto del proceso de secado.
- En base a los resultados obtenidos, recomendar el uso más adecuado para esta especie.

4.- MATERIALES Y MÉTODOS

La descripción fisiográfica y botánica de los tres sitios de recolección, así como la identificación de la especie la realizó como parte integral de este trabajo, la Bióloga Marcela Gutiérrez Garduño.

4.1.- Recolección de material

Para realizar los estudios físico-mecánico y el proceso de secado, se recolectaron tres árboles de la especie *Arbutus xalapensis* procedentes de tres sitios del paraje los Volcancitos perteneciente al municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro (058), donde la cabecera municipal es el Valle de Nuevo San Juan Parangaricutiro, las coordenadas geográficas extremas son al Norte 19° 28' al Sur 19° 22' de latitud Norte; al Este 102° 05' y al Oeste 102° 15' de longitud Oeste (escala 1:50000 carta topográfica titulada Uruapan E13B39 CETENAL-SPP de Mich.), colinda al Norte, al Sur y al Este con el municipio de Uruapan (102) y al Oeste con el municipio de Tancítaro (083)(INEGI 1993).

4.1.1.- Sitio 1

La ubicación del sitio 1 se localiza en el Paraje los "Volcancitos" con las siguientes coordenadas: 19° 25' de latitud Norte y 102° 8' de longitud Oeste. Altitud 2200 m.s.n.m. con relieve accidentado, exposición Este, pendiente de 30 % cerca de camino de terracería, con una cobertura de vegetación por sitio de 75% , hojarasca de 10% y rocas volcánicas de 15%. La hojarasca forma un mantillo o tapete con 2 cm de espesor integrado por musgo, líquenes y hojas de encino, pino, oyamel y tila. El tipo de suelo es limoso-arenoso con gran humedad, el tipo de vegetación es de un Bosque mesófilo de *Pinus-Quercus* y *Abies* (pino-encino-oyamel).

En este sitio se recolectó el árbol No. 1 (No. de registro para el herbario 58172) de Madroño (*Arbutus xalapensis* H.B.K.), con una altura de 8 m. con todo y copa, 5 m de fuste un

poco inclinado y con daño mecánico en la parte inferior del fuste, su diámetro a la altura de pecho (DAP) fue de 27 cm y con una cobertura de 10 m (Figura 1).



Figura 1.- Madroño correspondiente a la muestra 1, del paraje los Volcancitos un bosque mesófilo de *Pinus-Quercus* y *Abies*.

4.1.2.- Sitio No. 2

El sitio 2 se ubicó en el mismo paraje los "Volcancitos", con pendiente de 10%, a 100 m del camino de terracería, con una cobertura de vegetación por sitio de 90% y 5% de hojarasca con rocas volcánicas hasta de un 5%. La hojarasca se mezcla con un mantillo o tapete de 6 cm de espesor formado por musgo, líquenes y hojas de encino, pino, oyamel y tila. El tipo de suelo es limoso-arenoso con gran humedad, el tipo de vegetación es de un bosque mesófilo de *Pinus-Quercus* y *Abies* (pino-encino-oyamel).

El árbol No. 2 (No. de registro para el herbario 58173) se recolectó en una pequeña meseta de éste sitio, con una altura de 8 m incluyendo la copa, con 5 m. de fuste, y un DAP de 25 cm y una cobertura de 5 m (Figura 2).



Figura 2.- Madroño correspondiente a la muestra 2 en el paraje Volcancitos en bosque mesófilo de *Pinus-Quercus* y *Abies*.

4.1.3.- Sitio No. 3

La ubicación del sitio 3 se realizó en una parte más baja, a 200 m menos de altura al nivel del mar de los otros dos sitios, (2000 m.s.n.m), con una vegetación de bosque de *Quercus* y *Pinus* derivado de un bosque mesófilo, ya que existen árboles de *Tenstroemia pringlei* (tila) y *Clethra mexicana* (cletra). La cobertura de vegetación es de 65% para el sitio, con una exposición W y con una pendiente del 20%, el suelo es pedregoso y abundan musgos y líquenes terrestres formando un mantillo que cubre las rocas volcánicas.

En este sitio se recolectó el árbol No. 3 (No. de registro para el herbario 58174), con una altura de 9 m., con 7 m de fuste y un DAP de 24 cm proyectando con una cobertura de 6 m. Su fenología correspondió a la etapa de floración (Figura 3).



Figura 3.- Madroño correspondiente a la muestra 3 en el paraje Volcancitos en bosque mesófilo de *Quercus-Pinus*.

Los tres árboles seleccionados se derribaron y trocearon (Figura 4), utilizando la metodología elaborada por el INIFAP (Ramos, 1981), para la selección y ubicación de las trozas en el fuste de 1.30 m a partir de 0.30 m del suelo y previamente a su derribo, se determinó y marco en el fuste la orientación norte. De cada árbol se recolectó material de herbario para su respaldo con la identificación correspondiente, este material se ingresó al Herbario Nacional Forestal.

De los árboles No. 1 y No. 2 se obtuvieron dos trozas de cada uno y del árbol No. 3 se generaron 5 trozas, todas de 1.30 m de longitud y de 24 a 27 cm de diámetro a la altura del pecho de la primera troza. Cada troza se codificó para identificarla con el árbol y con su ubicación en el fuste. Con excepción de la primera troza del árbol No. 3 que se destinó para el estudio anatómico, todas las demás trozas se transportaron al laboratorio “O” de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo donde se aserraron y dimensionaron para realizar los ensayos físicos mecánicos y de secado.



Figura 4.- Derribo y dimensionado de trozas.

4.2.- Descripción de la especie

La descripción de la especie se basó en el material recolectado en campo y la realizó la Biol. Marcela Gutiérrez Garduño, y se corroboró con el de la flora de Jalisco (González, 1990), como se indica a continuación:

Arbutus xalapensis H.B.K. Nov. Gen.&Sp.3:279.1819. Tipo México ca. Xalapa Veracruz. *Arbutus densiflora* H.B.K. Nov. Gen. & Sp, 3: 280.1819. *Arbutus mollis* H.B.K. Nov. Gen.& Sp. 3:280 .1819. *Arbutus petiolaris* H.B.K. Nov. Gen.& Sp.3:281.1819 *Arbutus laurifolia* Lindl. Bot.Reg.25:pl.67.1839. *Arbutus varians* Benth.,Pl. Hartw.77.1841. *Arbutus floribunda* Martens & Galeotti., Bull. Acad.Bruy 9¹ :534.1842. *Arbutus macrophylla* Martens & Galeotti. Bull. Acad.Bruy 9¹ :534.1842. *Arbutus paniculata* Martens & Galeotti, Bull. Acad.Bruy 9¹ :534.1842. *Arbutus prunifolia* Klotzsch, Linnaea 24: 73.1851. *Arbutus texana* Buckl. Proc. Acad. Phila. 1861:460 1862. *Arbutus glandulosa* Marts & Gal. Bull. Acad. Bruy. 9 1: 533.1842.

Nombres comunes:

Banutzin (purépecha), madroño (Chih., Dgo.,Oax. Méx. Sin. S.L.P y Mich.), manzanita (Dgo.), tunto (mixteco), tuntu (mixteco), ulúbasi (tarahumara), ulúbsi, urúbisi, penan chen o panan sini, nuzu-ndu (Oax.).

4.2.1.-Descripción botánica.

Árbol de 5 a 15 m de alto, hirsuto a glabro, tallos con la **corteza** rojiza, lustrosa y exfoliante en capas o láminas, a veces dejando el tronco desnudo; **ramillas** jóvenes tomentosas con pequeños pelos glandulares; hojas con peciolo de 2 a 4 cm de largo glabras o ligeramente aterciopeladas, forma de las **hojas** elípticas, lanceoladas u ovadas, de 5 a 17 cm de largo por 1.5 a 5 cm de ancho, ápice redondeado o acuminado, borde aserrado, base obtusa a acorazonada, con frecuencia rojizas, hirsutas en el **haz** y con pubescencia blanquecina en la

nervadura central, esparcidamente hirsutas a aterciopeladas-pubescentes en el **envés**; **inflorescencias** en panículas de 4 a 10 cm de largo; **sépalos o brácteas** ovado-deltoides, agudos o acuminados, rojizos, amarillentos o verdes, de 1.5 a 4 mm de largo por 2.2 a 3.2 mm de ancho y ciliadas; **bractéolas** en la base del **pedicelo**, de 1.5-3.2 mm de largo lanceoladas y elípticas, opuestas, ciliadas; óvulos del cáliz libres, ovado-deltoides, de 2-3 mm de largo y de 1.7 a 2 mm de ancho agudos a acuminados, rojizos amarillentos o verdosos casi glabros; **corolas** urceoladas blanco-amarillentas, de 8 a 10 mm de largo y de 5 a 8 mm de ancho glabra por fuera, pubescente o pilosa por dentro; **estambres** 10, filamentos densamente pubescentes de 2.5 a 3.5 mm de largo ensanchados de la base, densamente pubescentes; **anteras** café-amarillentas a rojizas de 1.3 a 1.7 mm de largo, de 0.7 a 0.9 mm de ancho; **ovario** papiloso densamente tomentoso a glabro; estilo columnar, glabro de 2.5 a 4.5 mm de largo, estigma capitado; **fruto** papiloso color verde hasta café rojizo pasando por anaranjado, de 5 a 10 mm de diámetro. **Semillas** de 2 a 3 mm de largo, fusiformes, reticulados, café-amarillentas. Especie de comportamiento bimodal, con dos máximos de caída de hoja al año; el mayor de agosto a octubre y otro más pequeño de diciembre a enero. El primer pico de caída coincide con la época de lluvias. (Rzedowski y Rzedowski, 1985) (Figura 5 y 6).



Figura 5.- Inflorescencia del madroño en el mes de noviembre.

Fenología: Florece de noviembre a marzo y fructifica de abril a agosto.



Figura 6.- Ramilla de madroño con inflorescencia y corteza desprendida, que también ocurre en el fuste.

Hábitat.

Se localiza en bosques de pino y encino y bosque mesófilo de montaña con un rango altitudinal de 1600 a 2700 msnm. En los bosques de Michoacán se localiza en laderas de cerros, barrancas, suelos profundos o someros dentro de los bosques de pino-encino, bosque mesófilo, encino o pastizales. Altura 2000-3370 m.s.n.m, se asocia a *Garrya laurifolia*, *Clethra mexicana*, *Arbutus glandulosa*, *Abies religiosa*, *Salix oxylepis*, *Pinus leiophylla*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus montezumae*, *Quercus laurina*, *Q. candicans* y *Q. crassipes* (Díaz y Bello, 1993 y Bello, 2002).

Distribución en Michoacán.

Dentro del estado de Michoacán se le encuentra en los municipios de Acutzio, Angangueo, Charo, Cherán, Chilchota, Coeneo, Colacomán, Buenavista, Erongarícuaro, Gabriel Zamora, Hidalgo, Jiménez, La Huacana, Los Reyes, Madero, Morelia, Nahuatzen,

Pallarez, Paracho, Pátzcuaro, Purépero, Quiroga, S. Esclante, Susupuat, Tacámbaro, Tangamandapio, Tangancícuaro, Tingambato, Tlalpujahua, Tzintzuntzan, Uruapan, Zacapu, Zinapécuaro, Zitácuaro, (Díaz y Bello, 1993; Rodríguez y Espinoza, 1996) (Figura 7).

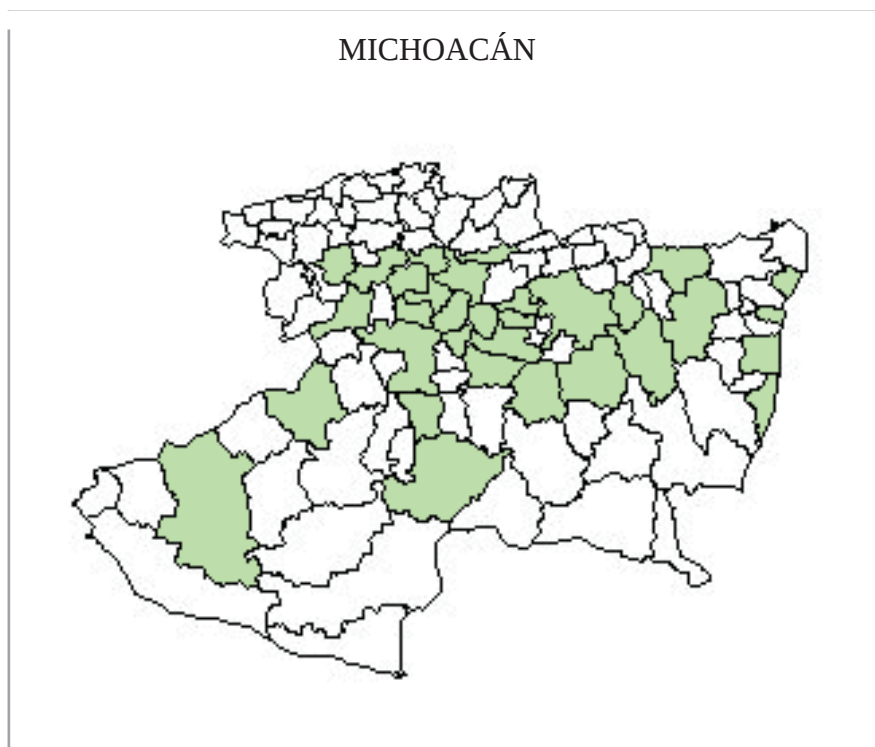


Figura 7.- Municipios donde se distribuye el madroño.

4.2.2.- Descripción anatómica.

El estudio anatómico de las muestras recolectadas para la realización de la parte del proyecto integral del presente trabajo, lo realizó la Biol. Lilia Patricia Olvera Coronel, con los resultados que se indican a continuación:

Características de la corteza.

La corteza externa es fisurada, de color castaño oscuro, cubierta de una capa con escamas que se desprenden fácilmente y mide de 0.5 a 1.0 centímetros de espesor. La corteza interna es de color amarillo rojizo y midió de 0.1 a 0.2 centímetros de grosor.

Descripción macroscópica de la madera.

La albura es de color amarillo claro (10YR 7/4) con tonalidades rosáceas y el duramen castaño pálido (10YR 6/3), no presenta olor ni sabor característicos, brillo alto, veteado suave, textura mediana e hilo recto. Los anillos de crecimiento marcados, con poros y rayos visibles solamente con lupa (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Características macroscópicas de la madera de madroño.

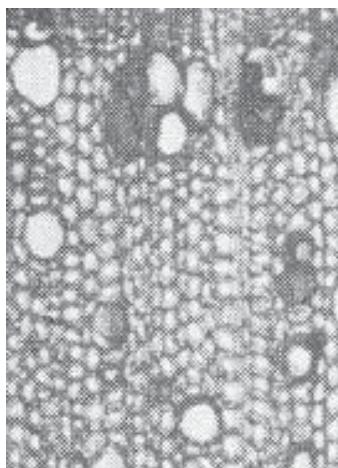
Color	Olor y sabor	Brillo	Veteado	Textura	Hilo	Visibilidad de los elementos constitutivos
Albura: Amarillo claro Duramen: Castaño Pálido	No característicos	Alto	Suave	Mediana	Recto	Anillos de crecimiento a simple vista. Poros y rayos solo con lupa

Descripción microscópica de la madera.

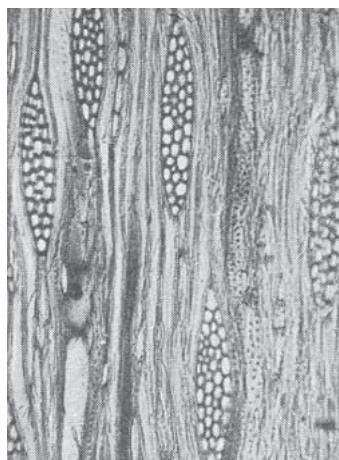
La porosidad es difusa, con tendencia a semicircular. Los poros muy numerosos, de diámetro tangencial pequeño, ligeramente más grandes en la zona de madera temprana, solitarios, múltiples radiales de 2 a 4 y agrupados de 2 a 6. Los elementos de vaso de longitud media, con placa terminal oblicua, con perforación simple y escaleriforme, con engrosamiento en espiral y puntuaciones simples alternas. Presenta fibras libriformes y fibrotraqueidas, predominando las libriformes con engrosamiento espiralado; de longitud corta, de diámetro medio y con pared delgada. Con parénquima leñoso apotraqueal difuso muy escaso. Los rayos heterogéneos uniseriados, biseriados, triseriados y poliseriados, estos últimos son los más abundantes y en series generalmente de cuatro (Cuadro 2 y Figura 8).

Cuadro 2.- Características microscópicas de la madera de madroño.

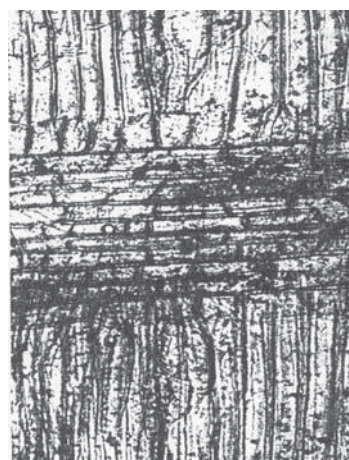
P O R O S				E L E M E N T O S V A S C U L A R E S				
Distribución	Disposición	No. Por mm ²	Diámetro Tangencial μ	Longitud μ	Puntuaciones	Pared celular	Membrana terminal	Placa perforada
Difusa con tendencia a semicircular	Solitarios y múltiples	Extremadamente numerosos	Pequeño	Mediana	Simples	Presenta engrosamientos en espiral	Oblicua	Escalieriforme
	radiales de 2 a 6	Mínima 36	Mín. 33	Min. 357	Alternas			
		Máxima 97	Máx. 78	Máx. 729				
	y agrupados de 2 a 4	Media 65	Med. 53	Med. 563				
		D. E. 14	D.E. 2.3	D.E. 72				
F I B R A S								
T i p o		L o n g i t u d μ		D i á m e t r o μ		Grosor de la pared μ		
Librifonres y Fibrotraqueidas		M e d i a		P e q u e ñ o		D e l g a d a		
		Mín. 514		Mín. 15		Min. 3		
		Máx. 985		Máx. 36		Máx. 8		
		Med. 789		Med. 27		Med. 6		
		D.E. 73		D.E. 5		D.E. 1		
PARENQUIMA AXIAL			PARENQUIMA RADIAL (RAYOS)					
Tipo	C l a s e	T i p o	No. por mm ²	Altura de los poliseriados μ	Anchura de los poliseriados μ	No. de células de los poliseriados		
Difuso Apotraqueal	Uniseriados y poliseriados	Heterogéneo	Poco numerosos	Bajos	Moderadamente	Tetraseriados		
			Min. 5	Min. 143	angostos	Min. 3		
			Máx. 7	Máx. 567	Min. 28	Máx. 6		
			Med. 10	Med. 325	Máx. 62	Med. 4		
				D.E. 78	Med. 43	D.E. 0.52		
				D.E. 11				



Corte transversal



Corte tangencial



Corte radial

Figura 8.- Características microscópicas de los tres cortes típicos.

4.3.- Propiedades físicas

Para determinar las propiedades físicas se cortaron rolletes de 5 y 6 cm de espesor, tres del árbol No.1, tres del árbol No.2 y seis del árbol No.3, para la obtención de probetas orientadas en el sentido radial y tangencial (Figura 9). Con la finalidad de determinar las contracciones radial, tangencial y volumétrica, se cortaron de los rolletes probetas de 2 cm. de espesor x 6 cm de ancho y de 5 y 6 cm de longitud.

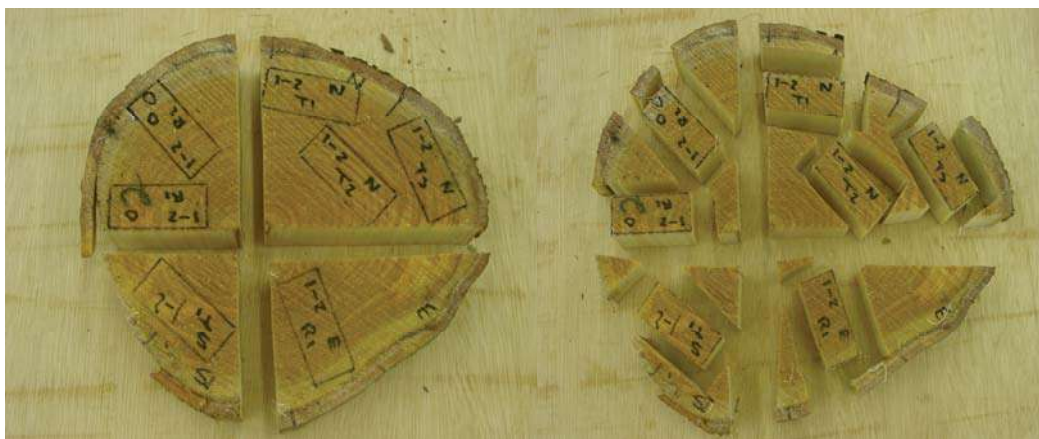


Figura 9.- Preparación de cubos para la determinación de propiedades físicas.

Las probetas generadas se midieron inicialmente en condición verde ($CH \geq 30\%$), posteriormente bajo las mismas condiciones de humedad se pesaron (peso húmedo) y se deshidrataron en un horno de desecación hasta obtener un contenido de humedad del 12%; para que nuevamente se midieran y se pesaran para determinarles las propiedades físicas al 12% CH; posteriormente se continuó con el proceso de deshidratación de las probetas en el horno de desecación hasta obtener un peso constante, posteriormente se midieron y se pesaron para determinar las propiedades físicas en condiciones anhidras.

Las propiedades físicas que se determinaron fueron:

- Relación P_s/V_v Kg/cm³ (densidad básica)

- Relación P_s/V_s Kg/cm³ (densidad seca)
- Relación P_v/V_v Kg/cm³ (densidad verde)
- Contracción radial (estado verde al 12% CH, y de estado verde a anhidro)
- Contracción tangencial (estado verde al 12% CH, y de estado verde a anhidro)
- Contracción Volumétrica (estado verde al 12% CH, y de estado verde a anhidro)
- Contenido de humedad (CH)

Donde:

P_s = Peso seco (anhidro)

P_v = Peso verde (inicial)

V_v = Volumen verde (inicial)

V_s = Volumen seco (anhidro)

Para determinar los tres tipos de densidades y el contenido de humedad, se utilizaron las mismas probetas para optimizar el uso del material disponible. Para determinar la densidad básica se utilizó el método de inmersión, que consiste en sumergir las probetas saturadas en un líquido (agua) para determinar su volumen. Dicho volumen se calculó colocando el agua (aproximadamente 0.5 lts.) en un matraz con capacidad de 1lt, el cual se colocó sobre una balanza digital, donde primeramente se taro el peso registrado, para después sumergir totalmente la probeta para determinarle su peso correspondiente al volumen (verde) de las probeta; dado que 1 lt de agua es equivalente aproximadamente a 1kg, por consiguiente el peso del volumen de agua desplazado por la probeta es el volumen de la madera, esta operación se repitió para cada una de las probetas estudiadas.

Para la determinación de las contracciones y densidades se utilizó las especificaciones de la norma ASTM-D 143 (1992), las mediciones se efectuaron con un vernier digital con una precisión de 0.01 mm, y los valores de peso se determinaron en una balanza digital de 0.01g de precisión (Figura 10).



Figura 10.- Balanza y vernier digitales utilizados en las determinaciones de las mediciones y pesos.

El tamaño de muestra se determinó considerando el nivel de precisión requerido y el error de muestreo aceptable; a través de la siguiente relación (Chisnall 1996):

$$n = \left(\frac{t_{gl} \sigma}{EE} \right)^2$$

Donde:

n = Tamaño de muestra

t_{gl} = El valor de “t” de student con “n” grados de libertad

σ = Desviación estándar de una muestra preliminar.

EE = Nivel de error aceptado (nivel de aceptación), que se considero como la mitad del intervalo de confianza para la media.

Se determinó el tamaño de muestra, que para los ensayos de densidad, contracción volumétrica y contenido de humedad fue de “n = 83”, para los ensayos de contracción tangencial de “n = 42” y para la contracción radial de “n = 40”.

4.4.-Propiedades mecánicas

Para determinar las propiedades mecánicas de la madera de madroño, se destino la primera y segunda troza de los árboles No. 1 y No. 2, y del árbol No.3 se utilizaron las trozas 2, 3, 4 y 5 con la finalidad de obtener el mayor número posible de probetas, debido a los diámetros reducidos y la mala conformación de las mismas.

Para los ensayos mecánicos, las trozas se aserraron para obtener piezas en forma de listones de 7.6 cm X 7.6 cm X 125 cm, y listones de 7.6 cm X 7.6 cm X 62.5 cm, de estos últimos con el fin de contrarrestar las curvaturas de las trozas y obtener piezas rectas, los cortes se orientaron para obtener dos caras radiales paralelas entre sí y dos tangenciales también paralelas (Figura 11).



Figura 11.- Obtención de listones con caras radiales y tangenciales paralelas entre si.

Las piezas de madera se acondicionaron en una estufa de secado convencional, donde después de un periodo de alrededor de 7 meses se logró un 12.4% de CH, posteriormente se prepararon las probetas para realizar los ensayos mecánicos con base a las especificaciones de la norma ASTM D 143 - 94 en una Máquina Universal para pruebas físico mecánicas, con una capacidad de 10 ton (Figura 12).



Figura 12.- Maquina universal para pruebas físico mecánicas.

Para la preparación de las probetas correspondientes para cada uno de los ensayos realizados, se utilizó una sierra cinta de 2" de ancho, un cepillo con cabezal de 3 cuchillas de

12 “ de ancho, un canteador de 6” de ancho, un taladro de pedestal con brocas de 1” de diámetro, una sierra circular de banco con disco de 10” y una sierra radial (Figura 13, 14 y 15).



Figura 13.- Sierra cinta de 2” y Cepillo de 12” ancho.



Figura 14.- Canteadora 6” ancho y Taladro de pedestal.



Figura 15.- Sierra de brazo radial y Sierra circular

Las propiedades mecánicas que se determinaron fueron:

- Flexión estática (Figura 16)
- Resistencia a rajaduras (Figura 16)
- Compresión paralela a la fibra (Figura 17)
- Compresión perpendicular a la fibra (Figura 17)
- Tensión paralela a la fibra (Figura 18)
- Tensión perpendicular a la fibra (Figura 18)
- Extracción de clavos (Figura 19)
- Dureza Janka (Figura 19)



Figura 16.- Pruebas de flexión y resistencia a rajaduras.



Figura 17.- Pruebas de compresión paralela y perpendicular a la fibra.



Figura 18.- Pruebas de tensión paralela y perpendicular a la fibra.



Figura 19.- Pruebas de extracción de clavos y dureza janka.

4.5.- Proceso de secado

El proceso de acondicionamiento de los listones para lograr un CH del 12% se realizó utilizando la secuela o programa de secado T3-A1 (Cuadro 3):

Cuadro 3.- Secuela de secado para madroño de 8/4" de espesor, T3-A1.

Etapas	% CH	TBS - °F	Depresión – °F	% HR	% CHE
1	>30	110	3	90	19
2	30	120	4	88	17.4
3	25	130	6	83	14.9
4	20	140	10	75	11.9
5	15	150	15	66	9.5
6	10	150	20	57	8

Es conveniente enfatizar que para evitar el deterioro o desarrollo de defectos por rajaduras y deformaciones de los listones de madera por efecto del acondicionamiento, que se realizó en una estufa convencional de 1 m³ de capacidad, fue necesario aplicar condiciones muy suaves de temperatura y humedad, lo cual requirió un periodo de 7 meses, que se considera totalmente inusual, pero que a la vez explica una de las razones por las cuales no se habían realizado los ensayos mecánicos de esta especie (Figura 20).



Figura 20.- Estufa de secado convencional de 1 m³.

En la estufa de secado se introdujeron un total de 14 listones de 7.6 cm X 7.6 cm X 125 cm, y 29 listones de 7.6 cm X 7.6 cm X 62.5 cm, lo cual generó un volumen inicial de 0.202 m³ (85.6 pie tabla (pt)) en estado verde y el contenido de humedad inicial promedio de las probetas antes del secado fue de 115.42%.

El contenido de humedad inicial se determinó a través de secciones de humedad que se cortaron de 8 listones, las cuales se pesaron inicialmente en estado verde en una balanza digital y después se colocaron dentro de un horno de desecación a una temperatura de 103 ± 2 °C , hasta obtener un peso constante, posteriormente se determinó su contenido de humedad mediante la siguiente ecuación:

$$CH = \frac{Ph - Ps}{Ps}(100\%)$$

Donde:

CH = Contenido de Humedad de las secciones (%)

Ph = Peso húmedo de la sección (g)

Ps = Peso seco de la sección (g)

Para el control del proceso de secado los 8 listones o probetas se pesaron en forma periódica para determinarles la pérdida de humedad. Al inicio del secado, la toma de datos se realizó diariamente durante los primeros dos meses, con esta información se analizó el avance de la pérdida de humedad, posibles deformaciones y desarrollo de rajaduras; con base en los resultados observados se optó por ampliar los periodos de registro de pesos de los listones a intervalos de una semana. Ambos parámetros, pérdida de humedad y presencia de defectos, se utilizaron para definir la etapa de la secuela por aplicar cuidando la calidad de la madera. El cambio de etapa de la secuela utilizada se definió por medio del contenido de humedad actual (CHA), que se derivó a través de la siguiente ecuación:

$$CHA = \left(\frac{Pa}{Pi} \right) (Hi + 100) - 100$$

Donde:

CHA = Contenido de Humedad Actual (%)

Pa = Peso actual de la probeta (g)

Pi = Peso inicial de la probeta (g)

Hi = Humedad inicial (%)

5.- ANALISIS DE RESULTADOS

5.1.- Propiedades físicas

Los resultados de los ensayos físicos realizados se resumen en el Cuadro 4, para cada uno de los parámetros analizados: contracción volumétrica, contenido de humedad (CH), contracción tangencial y radial al 12.% de CH y en condición anhidra. se integran los resultados de las propiedades físicas por rollete para cada troza y de cada árbol.

En estos resultados se observa la influencia que tiene la altura del árbol, sobre todo en el árbol No. 3 del cual se utilizaron 5 trozas, sin embargo en los demás árboles de los que se utilizaron solamente dos trozas; los coeficientes de variabilidad son menores por lo que se considera que ésta influencia no es tan marcada en las dos primeras trozas.

Cuadro 4. -Promedios de contracción volumétrica, tangencial y radial de verde al 12.4% de CH, y de verde hasta condición anhidra, por rollete.

Arb./Ro.	B	B12%	Bt	Bt12%	Br	Br12%	Den.bas Kg/cm ²
1 – 3	21.30	19.93	14.29	13.62	6.11	4.80	0.54
1 – 2	20.27	18.78	13.66	12.67	5.73	4.31	0.54
1 – 1	25.23	24.56	17.54	17.20	5.99	5.30	0.52
Des-Est	2.62	3.06	2.08	2.39	0.20	0.49	0.01
Coef-Var.	11.75	14.52	13.72	16.47	3.29	10.29	2.54
2 – 3	26.44	25.22	15.86	15.49	6.08	5.27	0.50
2 – 2	30.69	30.36	21.32	20.49	6.73	6.37	0.48
2 – 1	32.70	31.56	21.87	21.36	6.51	5.72	0.47
Des-Est	3.19	3.36	3.32	3.16	0.33	0.55	0.01
Coef-Var.	10.66	11.58	16.87	16.56	5.16	9.58	2.80
3 – 6	17.50	15.28	11.72	10.61	4.74	3.51	0.58
3 – 5	20.26	16.32	11.20	9.26	5.24	3.50	0.56
3 – 4	22.50	19.15	16.33	14.96	5.48	4.07	0.54
3 – 3	21.88	18.83	15.77	13.96	5.72	4.11	0.55
3 – 2	26.12	23.51	19.02	17.83	5.69	4.20	0.54
3 – 1	29.78	28.18	22.90	22.26	5.57	4.71	0.52
Des-Est	4.36	4.83	4.43	4.77	0.37	0.46	0.02
Coef-Var.	18.95	23.91	27.42	32.19	6.84	11.46	3.95

Arb. / Ro = árbol y rollete

B = contracción volumétrica de condición verde a anhidra.

B12% = contracción volumétrica de condición verde hasta un 12 % de contenido de humedad.

Bt = coeficiente de contracción tangencial de condición verde a anhidra.

Bt12% = coeficiente de contracción tangencial de condición verde a un contenido de humedad del 12%.

Br = coeficiente de contracción radial de condición verde a anhidra.

Br12% = coeficiente de contracción radial de condición verde a un contenido de humedad del 12%.

Den. bas = relación peso seco volumen verde (densidad básica)

De la concentración de resultados de las probetas ensayadas, se determinaron la media, la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad de cada uno de los parámetros analizados (contracción volumétrica, contenido de humedad, contracción tangencial y radial al 12% CH y en condición anhidra) para cada uno de los árboles muestreados (Cuadro 5).

En el Cuadro 5 se observan los resultados por árbol y en general para la especie en estudio, los valores tan altos para la contracción tangencial se atribuyen al ancho y abundancia de los rayos que presenta esta especie (Andrade, 1990). Posiblemente influyeron los extractivos existentes que pueden estar depositados en los rayos, y que durante el proceso de secado se pueden cristalizar y quedarse dentro de los rayos reduciendo así la contracción radial, en tanto que en la contracción tangencial no se tiene el mismo efecto. Sin embargo, esta contracción también puede deberse a la orientación micro fibrilar que se presente en la capa S2 de la pared celular y también a la cantidad de poros que tiene esta especie.

Cuadro 5.- Promedios de contracción volumétrica, tangencial y radial por árbol , desviación estándar y coeficiente de variabilidad para todos los árboles.

ARBOL	B	B12%	Bt	Bt12%	Br	Br12%	Den.bas Kg/cm ²	CH inicial
1	22.27	21.09	15.16	14.50	5.95	4.80	0.53	109.9
2	29.94	29.04	19.68	19.11	6.44	5.79	0.48	132.49
3	23.01	20.21	16.16	14.81	5.41	4.02	0.55	103.85
PROMEDIO	25.07	23.45	17.00	16.14	5.93	4.87	0.52	115.42
Des-Est	4.23	4.87	2.38	2.58	0.52	0.89	0.03	15.10
Coef-Var.	16.89	20.75	13.98	15.98	8.69	18.21	6.61	7.65

Los resultados obtenidos en el estudio físico de esta especie, por la densidad básica se clasifica como de densidad media, la contracción tangencial se considera alta y la contracción radial se clasifica como media, de acuerdo a la clasificación de Sotomayor (1987), y considerando la clasificación de Echenique y Plumptre (1994).

Por los cambios de dimensiones radial y tangencial como consecuencia del cambio de humedad relativa del 90 al 60%, esta madera se clasifica como “grande” (grandes cambios en sus dimensiones). Esta característica repercute en el proceso de secado, que requiere que se realice en forma lenta para contrarrestar la tendencia a desarrollarse defectos en la madera (torceduras, grietas, rajaduras, etc.)

5.2.- Propiedades mecánicas

Los resultados de las propiedades mecánicas evaluadas (flexión estática, compresión paralela a la fibra, compresión perpendicular a la fibra, tensión paralela a la fibra, tensión perpendicular a la fibra, resistencia a rajaduras, extracción de clavos, dureza Janka), se resumen en el Cuadro 6.

Cuadro 6.-Determinación de las propiedades mecánicas.

Propiedades Mecánicas			Valor Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de variabilidad	Clasificación	
						1	2
Flexión Estática	ELP	Kg/cm ²	544.08	159.13	0.29		Medio
	MOR	Kg/cm ²	830.33	191.13	0.23	Medio	Medio
	MOE	Kg/cm ²	120360	82926	0.69	Medio	Medio
Compresión Paralela	ELP	Kg/cm ²	314.33	66.69	0.21		Medio
	MOR	Kg/cm ²	414.73	66.16	0.16	Medio	Medio
	MOE	Kg/cm ²	38166.08	13798	0.36		Bajo
Compresión Perpendicular.	ELP	Kg/cm ²	126	5.95	0.04	Alto	Alto
Tensión Paralela	ELP	Kg/cm ²	638.6	40.55	0.06		
	MOR	Kg/cm ²	863.9	38.80	0.04		
	MOE	Kg/cm ²	144.263	18539	0.13		
Tensión Perpendicular	ESF. MAX.	Kg/cm ²	61.25	27.23	0.44		
Resistencia a Rajaduras	ESF. MAX.	Kg/cm ²	12.72	3.38	0.26		
Extracción de Clavos	Longitudinal		126.1	8.64	0.06		
	Transversal		98.75	12.1	0.2		
Dureza Janka	Longitudinal		579.08	57.54	0.09	Medio	Medio
	Transversal		617.36	56.25	0.09	Medio	Medio

ELP = Esfuerzo al límite de proporcionalidad.

MOR = Módulo de ruptura.

MOE = Módulo de elasticidad.

ESF. MAX. = Esfuerzo máximo de resistencia.

La clasificación de la madera de *Arbutus xalapensis* relacionada con los resultados físicos y mecánicos se realizó de acuerdo a los indicadores señalados por Echenique-Manrique y Plumtre (1994) ¹ y Sotomayor (1987) ².

En relación a las propiedades mecánicas, por la resistencia de la madera del madroño sometida a esfuerzos mecánicos se clasifica como de resistencia mediana, que concuerda con la clasificación que se le designó en cuanto a su densidad , que también se clasifica como mediana, observándose la proporcionalidad que existen entre la densidad y la resistencia.

Estos valores de resistencia media pueden deberse a la edad y diámetro relativamente reducidos de los árboles muestreados, que fueron inferiores a 30 cm de diámetro a la altura de pecho., los cuales posiblemente serían más altos si se hubiesen evaluado árboles de mayor

edad y diámetro, como lo indica Tsoumis (1991): “las maderas jóvenes presentan una menor proporción de madera tardía en comparación con la madura, por lo que se considera que hay una menor cantidad de madera sólida que esta soportando la carga aplicada y por lo tanto una resistencia mecánica menor”.

Respecto a la resistencia mecánica en relación a la orientación del hilo, como lo establece Dias-Vaz, *et.al.* (1986): “Todas las resistencias son inversamente proporcionales al aumento del ángulo de las fibras, las mayores resistencias se alcanzan en solicitaciones paralelas a las fibras”; en este estudio se considera que no tuvo ningún efecto puesto que en la mayoría de las probetas evaluadas el hilo fue recto.

5.3.- Proceso de secado

Los resultados de pérdida de volumen por efecto del secado, maquinado y por limpieza o saneamiento de la madera de madroño se resumen en el Cuadro 7.

Después de transcurridos los 7 meses de secado, para lograr un CH de 12.4% el volumen inicial de 0.202 m³ se redujo a 0.154 m³ (65.13 pt). Este volumen se redujo a 0.087 m³ (36.8 pt) por efecto del maquinado al que fueron sometidos los listones para la elaboración de las probetas para los ensayos mecánicos, de estos se eliminó un total de 0.013 m³ (5.33 pt) por defectos de secado, y de conformación de la madera quedó un volumen final de 0.074 m³ (31.47 pt) para las respectivas pruebas mecánicas.

Cuadro 7.- Pérdida de volumen por los efectos de secado y maquinado.

Condición	Volumen			Pérdida de volumen por operación		
	m ³	(pt)	%	m ³	(pt)	%
Inicial	0.202	(85.6)	100	0	0	0
Después del secado	0.154	(65.1)	76.086	0.048	(20.5)	23.91
Después del maquinado	0.087	(36.8)	42.99	0.115	(48.8)	57.01
Probetas elaboradas	0.074	(31.4)	36.76	0.128	(54.2)	63.27

Los valores señalados en el Cuadro 7, coinciden con los derivados de las propiedades físicas, sobre todo el promedio de contracción volumétrica total al 12% que fue de 23.45%, que comparándolo con el 23.9% que resultó después del secado, se eleva un 0.045% lo que reafirma las grandes contracciones a las que es propensa la especie y lo importante que es el proceso de desflemado antes del secado de esta madera.

Es conveniente señalar que aun cuando uno de los objetivos de este trabajo es evaluar la pérdida del volumen por efecto del secado, de igual forma también es importante considerar el alto porcentaje de madera que se pierde por efecto de maquinado al momento del habilitado que en este caso fue de 33.096%, que junto con la pérdida de volumen por efecto del secado representó un 57.01%.

Los defectos originados por el proceso de secado fueron mínimos, en general todas las probetas presentaron grietas superficiales debido a que las trozas eran de diámetros reducidos y algunos listones tenían caras con corteza. De un total de 43 listones que se introdujeron a la estufa de secado convencional, solamente se eliminaron 8 listones, equivalentes a un 18.6% el cual sería muy alto para cargas grandes de madera. Cabe aclarar que de estos 8 listones, se excluyeron 5 por defectos naturales de crecimiento (nudos, hilo inclinado, etc.), y por defectos producidos por el secado se eliminaron únicamente 3 listones que representaron un 6.97%, lo cual se considera aceptable si se compara con los porcentajes de pérdida de madera por efecto del proceso de secado de pino y bueno si se compara con la pérdida de madera en encino. Este porcentaje seguramente podría todavía reducirse más si se desflema la madera previamente al secado (Figura 21).

Además del desarrollo de grietas superficiales durante el secado, se presentaron otros dos tipos de defectos: 3 listones con torceduras y 2 listones con arqueamiento, estos no se tomaron en cuenta para el cálculo de pérdida de volumen por defectos de secado, debido a que al momento de aserrar las trozas a los listones se le dejó un refuerzo de 2.54 cm (1”), lo que permitió poder utilizarlos, debido a que las probetas para los ensayos mecánicos son en su mayoría pequeñas, lo cual facilitó su aprovechamiento.



Figura 21.- Defectos desarrollados durante el secado.

En la figura 22 se observa el comportamiento que presentaron las curvas de secado, fue muy semejante la velocidad de secado en todas las probetas a lo largo del proceso. Aún cuando estas curvas fueron muy dispersas al inicio del proceso de secado por la diferente humedad que presentaban las probetas; también se observa en la Figura indicada un ligero aumento en las curvas a los 5 días del secado, esto se debió a que los listones presentaban pequeñas grietas superficiales y para evitar que continuaran e incluso que se serraran, se aplicó vapor dos veces al día por un lapso de 20 minutos durante dos días. Así mismo se puede ver que a los 55 días hay una caída muy pronunciada en la pérdida de humedad, que se origino porque se interrumpió el proceso de secado durante 24 días por el periodo vacacional de navidad y como las probetas todavía se encontraban por arriba del punto de saturación de la fibra (PSF), los listones siguieron perdiendo humedad al tratar de equilibrarse con la humedad del ambiente. Después de este período se puede apreciar la forma de como las curvas de secado no son tan dispersas como al inicio del proceso de secado y como empezaron a perder humedad para tratar de igualar su contenido de humedad con el contenido de humedad en equilibrio que se tenía en la primera etapa de la secuela de secado, pero más aun después de los 148 días se

hizo más notorio como las curvas de secado tendieron a tener casi el mismo contenido de humedad por el contenido de humedad en equilibrio, pero ahora de la etapa 3 de la secuela de secado.

Es importante señalar que para cambiar de la etapa 1 a la etapa 2 de secado de la secuela de secado, fue necesario que transcurrieran 101 días, de la etapa 2 a la etapa 3 se requirieron 17 días, de la etapa 3 a la etapa 4 se necesitaron 17 días, para cambiar de la etapa 4 a la etapa 5 de secado transcurrieron 45 días, y la ultima etapa de secado 5 duro 21 días. Resumiendo, el proceso de secado de la madera de madroño duro 201 días, durante los cuales se corroboró en 4 ocasiones el contenido de humedad de las probetas para verificar el contenido de humedad inicial de las mismas y para analizar el posible desarrollo defectos por el proceso de secado, solamente se realizo en cuatro ocasiones porque la perdida de humedad era muy baja de 2.5 a 1% por día debido a ello se realizo pocas veces.

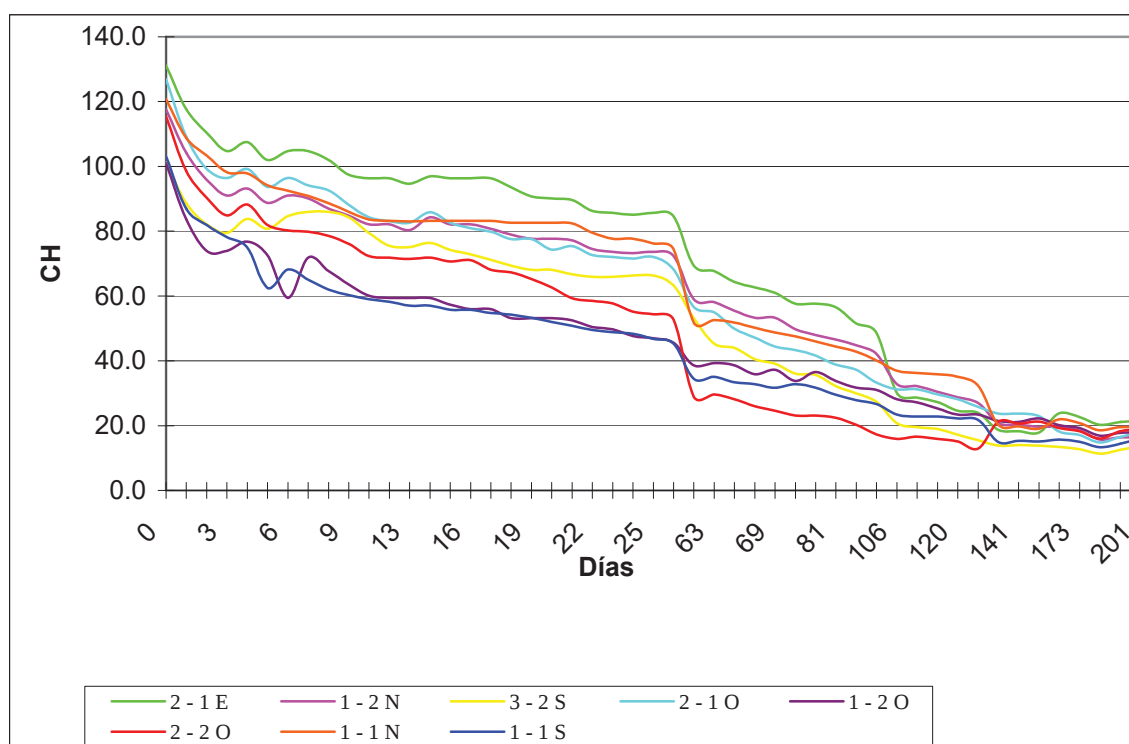


Figura 22.- Perdida de contenido de humedad durante el secado.

2-1 E (árbol 2 – troza 1, lado Este), 2-2 O (árbol 2 – troza 2, lado Oeste), 1-2 N (árbol 1 – troza 2, lado Norte), 1-1 N (árbol 1 – troza 1, lado Norte), 3-2 S (árbol 3 – troza 2, lado Sur), 1-1 S (árbol 1 – troza 1, lado Sur), 2-1 O (árbol 2 – troza 1, lado Oeste), 1-2 O (árbol 1 – troza 2, lado Oeste).

6.- USOS DE LA MADERA DE MADROÑO

Los usos de la madera del madroño se pueden definir en función de sus características anatómicas y de sus propiedades físico-mecánicas. De acuerdo con la clasificación de Echenique y Plumptre (1994).

En relación a las propiedades físico-mecánicas de la madera, el madroño se puede utilizar para la elaboración de elementos estructurales, los cuales requieren maderas con densidades de 0.38 a 0.65 g/cm³, MOE de 71000 a 150000 kg/cm², MOR de 400 a 1350 kg/cm²; un esfuerzo máximo a compresión paralela de 300 a 700 kg/cm², y además una excelente resistencia a ser rajada por clavos y con grano recto.

De acuerdo a la clasificación de los dos autores señalados, la madera del madroño también se puede utilizar para polines, vigas, viguetas, correas y tablas, puesto que su resistencia está dentro del rango de los requerimientos de estos componentes, con densidad de 0.38 a 0.65 g/cm³, MOE de 71000 a 120000 kg/cm², MOR de 400 a 1100 kg/cm², un esfuerzo máximo a la compresión paralela de 300 a 550 kg/cm², excelente resistencia a ser rajada por clavos y con grano recto.

La madera de madroño también se puede utilizar para elementos no estructurales, como marcos, barandales, pasamanos, peldaños para escaleras, vierteaguas, dinteles, molduras, antepechos y puertas, en los cuales se requieren maderas con densidad de 0.38 a 0.65 g/cm³, MOE de 71000 a 150000 kg/cm², MOR de 400 a 1350 kg/cm², una dureza lateral de 200 a 800 kg, y grano recto.

Se puede utilizar para pisos con tráfico ligero incluyendo el uso residencial, en donde los requerimientos físico-mecánicos de la madera son de densidad mayor de 0.48 g/cm³, con

dureza lateral mayor de 400 kg y dureza transversal mayor de 500 kg, con cambios de dimensiones de mediano a pequeño.

Por sus características estéticas, más que mecánicas, el madroño se puede utilizar para la elaboración de lambrines.

Combinado sus propiedades mecánicas con las estéticas, se puede utilizar para la fabricación de muebles finos de alta calidad, los cuales requieren maderas con densidad de 0.40 a 0.65 g/cm³, MOE de 85000 a 150000 kg/cm², MOR de 500 a 1350 kg/cm², un máximo esfuerzo a compresión paralela de 350 a 750 kg/cm², una dureza lateral 250 a 800 kg, con excelente resistencia al rajado con tornillos y con grano recto.

Por sus características anatómicas relacionadas con el color de la albura y el duramen, con su veteado suave, con su textura mediana, con alto brillo y con el hilo recto, se considera una excelente madera para la fabricación de juguetes y artesanías, como ensaladeras, platos, azucareras, saleros, portavasos, especieros, cucharas, molinillos, lámparas, licoreras, alhajeros, cuentas para bolsas, collares, gargantillas, aretes, rosarios y pulseras (Guridi 1980).

7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Por las dificultades que se presentaron para localizar tres árboles que se requieren según la norma, se confirma que esta especie ha sido sobre aprovechada, con nula atención para su conservación y propagación.
- Por la conformación tan irregular del arbolado, fue difícil obtener las probetas para los ensayos mecánicos, sobre todo para los ensayos de flexión que son los que requieren probetas de dimensiones mas largas.
- Por el efecto de las contracciones, se requiere realizar el proceso de secado en forma lenta para evitar el desarrollo de grietas, rajaduras y torceduras. Este efecto se manifestó en el proceso de acondicionamiento de las probetas para realizar los ensayos mecánicos, requiriéndose un periodo de acondicionamiento de las probetas en estufa convencional de alrededor de 7 meses para lograr el contenido de humedad de 12% que especifica la norma ASTM.
- Se considera que la falta de disponibilidad de arbolado con dimensiones y características de conformación del arbolado adecuadas para generar madera aserrada, y la dificultad del proceso de elaboración y acondicionamiento de las probetas para los ensayos mecánicos al contenido de humedad especificado por la norma ASTM, ha repercutido en la falta de estudios de esta especie, puesto que no se encontró ninguna referencia en México con información sobre el madroño.
- El efecto de la densidad (0.52 kg/m^3), aún cuando aparentemente no es tan alto, pero integrado con la estructura anatómica de la madera, se manifiesta en los tiempos tan prolongados para acondicionar las probetas para los ensayos mecánicos.

- Con el estudio de secado realizado por (Andrade 1990) y por la experiencia del proceso de acondicionamiento de las probetas para los ensayos mecánicos, se considera que la fase de desflemado que aplican los artesanos, está bien fundamentada, puesto que se eliminan parte de los extractivos que pueden estar afectando la velocidad del secado y a la vez ablandan la madera, con lo que se favorece el secado y facilita su procesamiento.
- Con base en las propiedades mecánicas, la madera del madroño se puede considerar excelente para la fabricación de mueble de alta calidad, para la utilización en pisos con tráfico ligero, para la elaboración de lambrines y como madera no estructural para interiores.
- De acuerdo con los módulos de elasticidad determinados, esta especie se puede comparar con algunas maderas de densidad media que tradicionalmente se utilizan como madera para construcción.
- Por los valores obtenidos de los ensayos de rajaduras y tensión perpendicular, el madroño es comparable con algunas maderas que se utilizan para la fabricación de muebles.
- Las clasificaciones de las propiedades mecánicas están estrechamente relacionadas con el peso anhidro / volumen, y son mutuamente proporcionales.
- La estabilidad dimensional de esta madera dificulta el proceso de secado por las altas contracciones que sufre por la pérdida de humedad y puede ser una limitante para algunos de los usos señalados.
- Por sus características anatómicas, físico-mecánicas y seguramente de maquinado, (puesto que esta última aún no se ha determinado), la madera del madroño es una de las más apreciadas y demandadas por los artesanos de la zona de Uruapan, Mich., lo que ha generado una sobre explotación de la especie y un incremento muy acentuado

en el precio de la madera en rollo, que se considera incluso superior al de algunas maderas preciosas (cedro, caoba, primavera, etc.).

- Se considera que los defectos por el secado fueron mínimos, en parte debido al periodo tan prolongado que fue alrededor de 7 meses, lo que sería totalmente incosteable para un empresario el secar este tipo de madera en estufa convencional con el procedimiento tradicional.
- Las contracciones son altas en esta madera, y en este caso para los listones fueron de hasta $\frac{3}{4}$ " que se deben tomar en cuenta en futuros secados, cuando se pretenda realizar pruebas mecánicas.
- Se recomienda realizar el ensayo de maquinado y el análisis químico de esta madera, con la finalidad de generar un trabajo integral de la madera de madroño.

8.- BIBLIOGRAFÍA

Abrams, L. 1951. Illustrated flora of the Pacific States. Washington, Oregon and California. Vol. III. Geraniaceae to Scrophulariaceae. Geraniums to figworts. Stanford University. Press. Standford. 866 pp.

Aguilar, A. et al. 1994. Herbario Medicinal del Instituto Mexicano del Seguro Social Información Etnobotánica. edición Instituto Mexicano del Seguro Social.

Aguilar R., S., Barajas Morales, J. y Tejero D., D. 2000. Anatomía de maderas de México: especies de un bosque mesófilo de montaña. Publicaciones especiales del Instituto de Biología, UNAM N° 17: 88 pp.

Alden, A., H. 1995. Harwoods of North America. USDA. Forest Service. F.P.L. Gral. Tech. R. FPL-GTR-83. USA. 136 pp.

Andrade Ch., A. 1990. Anatomía y secado de la Madera de dos especies de madroño (*Arbutus xalapensis* y *A. glandulosa*) del Municipio de Morelia, Michoacán, México. Tesis profesional. Escuela de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich., México. 65 pp.

ASTM (American Society for Testing and Materials) 1992. Standard methods of Testing Small Clear Specimens of Timber. ASTM Designation D- 143-94. (Annual Book of ASTM Standards). Madison, WI. 25-55 p.

Bello, G. M. A. 2002. Flora útil existente en el área de la comunidad Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. CIRPAC, INIFAP. (En prensa).

Bravo, M. C., López, G. A. M. 2002. Inventario de especies vegetales y animales de uso artesanal. [Internet]. Disponible: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/conabio_espanol/doctos/inventario.html>. [consulta: diciembre 03, 2004].

Calderón M., R. 2001. Análisis del proceso de secado al aire libre y en estufa convencional de la madera aserrada de pino y encino. Tesis de maestría. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich., México. 81pp.

Calderón de R. G. y Rzedowski, J. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México, segunda edición revisada, actualizada e integrada en un solo volumen. CONABIO, Instituto de Ecología A. C. Pátzcuaro Mich. 1406 pp.

Caballero, J. y Mapes, C. 1985. Gathering and subsistence patterns among the Purhépecha indians of Mexico. *Journal of Ethnobiology*. 5 (1) 31-47.

Chisnall P., M. 1996. La esencia de la investigación de mercados. Traducido del inglés por Luis J, Díaz Mena. Prentice may hispanoamericana. México. 209 pp.

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2002. Estudio para la definición de caracteres científicos, técnicos y productivos del madroño: usos maderero, medicinal y artesanal. [Internet]. Disponible: <http://www.conafor.gob.mx/programas_nacionales_forestales/imasd/proyectos_2002/4.htm>. [consulta: diciembre 04, 2004].

Correa M., F. 2003. Determinación de las características físicas y mecánicas de la madera de *Mangifera indica* L. Tesis profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich., México.

De la Paz Pérez, O. C. y Corral, C. L. 1980. Estudio anatómico de la madera de once angiospermas. Bol. Tec. No. 64. INIF. México, D. F. 79 pp.

Díaz, B. H., Bello, M. A. 1993. Contribución al conocimiento de la flora de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro. Libro Técnico No. 1., CIPAC-Michoacán, INIFAP (SAGAR), México. 161 pp.

Díaz-Vaz O. J. E. y Cuevas D. H. R. 1986. Mecánica de la Madera. Publicación docente N° 23. Universidad Austral de Chile. 46 pp.

Díaz, J. L. (Ed.). 1976. Usos de las plantas medicinales de México. Monografías Científicas II. IMEPLAM.

Echenique M. R. y Becerra M. J. 1981. Algunas características físico mecánicas de la madera de tres especies de la cordillera neovolcánica. Nota técnica N° 6. Subsecretaría Forestal y de la Fauna. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. 6 pp.

Echenique, M. R. y Pluntre, R.A. 1994. Guía para el uso de maderas de México y Belice. Universidad de Guadalajara. Consejo Británico. Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera, A. C: Univ. de Oxford. México. 196 pp.

Espinosa G. J. y Rodríguez, J. I. 1996. Listado Florístico de Michoacán, sección IV. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Instituto de Ecología A.C., CONACYT, UMSNH, CONABIO. 271 pp.

Flores, R., 1987. Plantas medicinales de la localidad del Cerrito de Cotijarán, Michoacán. Tesis profesional. Escuela de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. México.

González V. L. M. 1990. Las Ericáceas de Jalisco Colección flora de Jalisco 2. Instituto de Botánica Universidad de Guadalajara. 95 pp.

Guridi G. L. I. 1980. La madera en las artesanías del estado de Michoacán. Boletín divulgativo N° 50. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. 132 pp.

Herrera F. M. A. 1992. Propiedades físico-mecánicas de la madera de 15 especies del Municipio de Morelia, Mich., México. Tesis profesional. Escuela de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich., México. 64 pp.

Herrera F. M. A. 2003. Sistema de Citación Bibliográfica. Serie Docente N° 5 . Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 23 pp.

Huerta C. J., Becerra M. J. 1982. Anatomía macroscópica y algunas características físicas de 17 maderas tropicales mexicanas. Boletín divulgativo N° 46. Subsecretaría Forestal y de la Fauna. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. 61 pp.

INEGI, 1993. Cuaderno Estadístico Municipal Uruapan.

Kaplan, L. 1964. A Selected guide to the literature on the flowering plants of Mexico. Philadelphia University of Pennsylvania Press. Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. Tercera Epoca 1 : 303-304 .

Labat J. N. 1995. Vegetation du Nord-ouest du Michoacán Mexique. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes Fascículo complementario VIII Instituto de Ecología A.C. Centro Regional del Bajío Pácuaro Mich., Méx., CONABIO, ORSTOM, CONACYT, CEMCA. 401 pp.

Laundrie, J.F. 1986. Utilizing goods on pallets and splisheets. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-52. Madison, WI. USDA. Forest Serv. 45 pp.

Martínez, M. 1939. Plantas medicinales de México. 2a. Edición. Ediciones Botas . México. 628 pp.

Martínez, M. 1959. Plantas útiles de la flora mexicana. Ediciones Botas. México. 621 pp.

Medina G. C., 1992. Contribución al Conocimiento florístico de la Microcuenca del río Chiquito de Morelia, Michoacán. Tesis Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Prado Rentería, X. 1988. Plantas y Medicina Tradicional en San Andrés Tsiróndaro, Michoacán. Tesis Profesional. Escuela de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. México. 102 pp.

Ramos, A. C. H. 1981. Instrucciones para recolectar muestras de maderas para estudios tecnológicos. Boletín divulgativo N° 54. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México, DF. 15 pp.

Reyes M., J. H. 1986. Recetario de plantas medicinales de la comunidad de Pamatácuaro, Michoacán. Tesis profesional. SEP. Morelia, Michoacán. 207 pp.

Rodríguez, A. S., Bonilla, A. L y Morales, B.J. 2001. Comparación de la gravedad específica y características anatómicas de la madera de dos comunidades vegetales en México. Anales del Instituto de Biología. UNAM. Serie Botánica 72(2): 171-185 .

Rodríguez J. L. S y J. Espinosa G. , 1996. Listado Florístico del Estado de Michoacán Sección III (Angiospermae: Connaraceae-Myrtaceae, excepto Fagaceae, Gramineae, Krameriaceae y Leguminosae). Fascículo complementario No. X, Flora del Bajío y de las Regiones Adyacentes Instituto de Ecología A. C. Centro Regional del Bajío Pátzcuaro Mich. México. 86-95 p.

Rodríguez J. I. S. y Espinosa G. J. 1996. Listado Florístico de Michoacán, sección V. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Instituto de Ecología A.C., CONACYT, UMSNH, CONABIO. 344 pp.

Rodríguez R. B. 1982. Anatomía de la madera de 20 especies de diversas regiones de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 115 pp.

Romero, A. C., Pérez, O. C., y Corral, L. G. 1978. Características anatómicas y físico-mecánicas de 8 especies de coníferas de Baja California Norte. Boletín técnico N° 57. Subsecretaría Forestal y de la Fauna. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. 46 pp.

Roy, D.F. Data field. 1968. Usda Forest Serv. Pac. Southwest. Forest and Range Exp. Stn, Redding California.

Rzedowski, J. y Rzedowski, G. C. 1985. Flora fanerogámica del Valle de México, Vol. II. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN-Instituto de Biología, UNAM. México. 674 p.

Sánchez V. T., Camarena T. J. C. 2002. Determinación de las características físicas y mecánicas en la madera de *Acrocarpus fraxinifolius*. Ciencia y Tecnología de la Madera. Época 2(8):. 20-26.

Sotomayor C., R. J. 1987. Calidad de la madera para la construcción. Instituto Regional de Investigaciones de la Construcción del Estado de Michoacán A.C. Morelia Michoacán. 141 pp.

Standley, P. C. 1920-1926. Trees and Shrubs of Mexico. United States National Herbarium 23, 5 volúmenes. Smithsonian Institution, Washington.

Suárez, C. 1990. Manual para el uso de las plantas medicinales en la región del Lago de Pátzcuaro. Centro de Estudios Sociales y Ecológicos. 166 p.

Tsoumis G. 1991. Science and technology of wood: Structure, Properties, Utilization. Van Nostrand Reinhold. New York. 494 pp.

Zamora M., M. C., y Hernández L. 1985. Catálogo de especies de plantas útiles con importancia económica de la región norte de los estados de Puebla y Veracruz. Inst. Nac. Invest. For. México. Rev. Ciencia Forestal 56 (10): 16-33 .