



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

*CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE *Peltogyne mexicana* MARTÍNEZ
EN DOS ZONAS DEL ESTADO DE GUERRERO*

T E S I S

*QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES*

P R E S E N T A

TERESA TÉLLEZ ARREOLA

Bajo la supervisión de: Dra. Ma. Amparo Borja De la Rosa

Chapingo, Estado de México, México.

Agosto de 2017



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



La presente tesis titulada: CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE *Peltogyne mexicana* MARTÍNEZ EN DOS ZONAS DEL ESTADO DE GUERRERO, fue realizada por la C. Teresa Téllez Arreola bajo la dirección del comité asesor indicado aprobado por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES.

Directora: Dra. Ma. Amparo Maxima Borja De la Rosa



Asesor: Dr. Benjamín Castillo Elías



Asesor: Mc. Alejandro Corona Ambriz



Asesor: Dr. Roberto Machuca Velasco



Chapingo, Texcoco, Estado de México, agosto del 2017.

DEDICATORIA

A mi esposo Arturo Peláez Arroyo y a mi hijo Arturo Peláez Téllez, por ser mi inspiración, mi motor, mi soporte y mi motivo. Con todo mi amor y admiración.

A mis padres Hilaria Arreola Arreola y Bartolo Téllez Aguirre, por ser el mayor y mejor ejemplo de trabajo, dedicación, compromiso, sabiduría y amor que tengo en la vida.

A mis hermanos Hortensia, Adolfo, Adrian, Evelin y Joselyn, porque de cada uno de ustedes he aprendido algo y todavía me siguen enseñando, los amo.

A mis tíos, tías y primos (as) por ser apoyo incondicional y parte importante de este proyecto.

A mis amigos Adán, Alma Delia, Pedro, Anabel, Jessi, Manuel, Liliana, Ana Laura Alina y Melina, por ser ejemplos de dedicación.

Con mucho cariño a la familia Plancarte Galán por su amistad y cariño.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme la oportunidad de cumplir un proyecto más en esta vida.

A la Universidad Autónoma Chapingo y a la División de Ciencias Forestales (DiCiFo), por darme la oportunidad de ser parte de sus estudiantes y por haber contribuido a mi formación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento proporcionado durante estos años de estudio.

A la Dra. Ma. Amparo Borja De la Rosa, por su dirección y sus comentarios siempre atinados, su valiosa amistad, por siempre alentarme a seguir adelante y no desistir.

Al Dr. Roberto Machuca Velasco, por su valiosa aportación en el presente trabajo, y su amistad.

Al Dr. Benjamín Castillo Elías, principalmente por su apoyo incondicional para la realización del presente trabajo, así como su asesoría, colaboración, comentarios y correcciones a las partes que integran este trabajo.

Al Mc. Alejandro Corona Ambriz, por todos sus comentarios, aportes y recomendaciones, todas muy valiosas.

A los Doctores antes mencionados, por su amistad. Porque no sólo han sido buenos profesores sino unos buenos Maestros. Espero seguir aprendiendo de Ustedes.

A la Sra. Adriana Acosta García y al Sr. Álvaro Cebrero por su apoyo en la realización del presente trabajo.

Especialmente al Mc. Miguel Ángel Zapata y todo el personal que labora en la Unidad de Manejo para la Conservación y Manejo de Vida Silvestre (UMA extensiva "Palo morado") ubicada en el Fraccionamiento Las Brisas Acapulco, Guerrero por facilitarnos material vegetal y conocimientos muy valiosos acerca de esta especie.

BIOGRAFÍA



TERESA TELLEZ ARREOLA

(1987)

Nació el 15 de octubre de 1987 en la comunidad de el Eden municipio de Tecpan de Galeana CURP (TEAT871015MGRLRR05), Gro., realizó sus estudios a nivel básico en la Escuela Primaria Melchor Ocampo (1994-2000); en Matias Romero, Oaxaca. El nivel medio básico en la Escuela Secundaria Moises Saenz (2000-2003) en Tecpan de Galeana, Gro.; el nivel medio superior en la Unidad Académica número 6 Gral. Hermenegildo Galeana, en Tecpan de Galeana Gro. (2003-2007) y el nivel superior en el Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CEP-CSAEGro.; 2010-2014) de Cocula Gro., egresada como Ingeniero Agrónomo Fitotecnista con cédula profesional (9609705). Nivel Maestria en la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. (2015-2017).

RESUMEN GENERAL

CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE *Peltogyne mexicana* MARTÍNEZ EN DOS ZONAS DEL ESTADO DE GUERRERO

El presente estudio tuvo como objetivo determinar las características anatómicas, las propiedades físicas, estimar las propiedades mecánicas e índice de vulnerabilidad de la madera *Peltogyne mexicana* Martínez, la cual es una especie endémica del estado de Guerrero protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010. Se obtuvieron muestras maderables provenientes del Ocotito y Acapulco, Gro. México. La investigación se desarrolló según la metodología del Laboratorio de Anatomía y Tecnología de la Madera de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo; con el programa estadístico SAS se realizó una correlación de Pearson. Los resultados obtenidos mostraron que la madera es de color café pálido en la albura y morado en el duramen, el olor y sabor fueron imperceptibles, brillo alto, vetado pronunciado, hilo entrecruzado y textura media, porosidad difusa en ambos sitios. En el sitio de Acapulco los poros en su mayoría son solitarios, en algunos casos múltiples con parénquima concéntrico, aliforme en bandas confluentes. En el sitio Ocotito los poros en su mayoría son múltiples, parénquima escaso, concéntrico y aliforme. Para ambas zonas los rayos son uniseriados, biseriados, triseriados y multiseriados; fibra libriforme, de longitud media, diámetro delgado, pared extremadamente gruesa y elementos de vaso de diámetros angostos. Con un promedio de 18 vasos/mm² en el sitio Ocotito y 5 vasos/mm² en sitio Acapulco. El índice de vulnerabilidad fue de 23 y 6 en el sitio Acapulco y sitio Ocotito, respectivamente. Se encontró una alta correlación entre el diámetro total de la fibra, el grosor de la pared y el diámetro lumen en ambos sitios. La madera presentó densidad básica extremadamente alta y propiedades mecánicas altas en ambos sitios. El poder calorífico fue de 4,652 cal/g. en el sitio Ocotito. Esta especie es mesomórfica y vulnerable a estrés hídrico. Por sus propiedades tecnológicas la madera puede ser utilizada en pisos, muebles entre otros.

Palabras clave: Palo morado, Características anatómicas, Propiedades físicas, Propiedades mecánicas, Índice de vulnerabilidad

ABSTRACT

TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF *Peltogyne mexicana* MARTÍNEZ IN TWO AREAS OF THE STATE OF GUERRERO

The aims of the present study are to determine the anatomical characteristics, physical properties and estimate the mechanical properties and to vulnerability index of the *Peltogyne mexicana* Martínez. wood, which is an endemic species of the state of Guerrero, protected by the NOM-059-SEMARNAT- 2010. Timber samples were obtained from the sites Ocotito and Acapulco, Guerrero state, Mexico. The research was developed according to the methodology of the Laboratory of wood Anatomy and Technology of the Division of Forestry Sciences, Universidad Autónoma Chapingo; with the SAS statistical program we performed a Pearson correlation. The results showed that the wood is pale brown in the sapwood and purple in the heartwood, the smell and taste were imperceptible, high gloss, pronounced grain, cross yarn and medium texture, diffuse porosity in both sites. In the Acapulco site the pores are mostly solitary, in some cases multiple with concentric parenchyma, aliform in confluent bands, In the Ocotito site the pores are mostly multiple, scarce parenchyma, concentric and aliform. For both zones the rays are uniseriate, biseriate, triseriate and multiseriate; libriform fibers, of medium length, thin diameter, extremely thick wall and vessel elements of narrow diameters. An average of 18 vessels / mm² was recorded for the Ocotito site and 5 vessels / mm² for the Acapulco site. The vulnerability index was 23 and 6 in the Acapulco and Ocotito sites respectively. A high correlation was found between total fiber diameter, wall thickness and lumen diameter at both sites. The wood presented extremely high basic density and high mechanical properties at both sites. The calorific value was 4,652 cal / g. on the Ocotito site. This species is mesomorphic and vulnerable to water stress. Due to its technological properties, wood can be used in floors, furniture and others.

Keywords: Purple stick, anatomical characteristics, physical properties, mechanical properties, vulnerability index

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
BIOGRAFÍA	vi
RESUMEN GENERAL	vii
ABSTRACT	viii
CONTENIDO	ix
LISTA DE CUADROS	xiii
LISTA DE FIGURAS	xiv
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Importancia de la actividad forestal.....	3
2.2 Aspectos generales de <i>Peltogyne mexicana</i>	4
2.2.1 Importancia	4
2.2.2 Usos.....	4
2.2.3 Distribución	5
2.2.4 Ecología	5
2.2.5 Taxonomía	6
2.2.6 Morfología	6
2.3 Características químicas.....	7
2.4 Características macroscópicas y microscópicas	8
2.4.1 Características físicas y mecánicas.....	8

3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	9
3.1 Objetivos de la investigación.....	9
3.2 Hipótesis.....	9
4. CAPÍTULO . CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DE LA MADERA DE	
<i>Peltogyne mexicana</i> Martínez EN DOS ZONAS DEL ESTADO DE	
GUERRERO, MEDIANTE UN MÉTODO NO DESTRUCTIVO	10
4.1 Resumen	10
4.2 Abstract	11
4.3 Introducción	12
4.4 Objetivo	13
4.5 Materiales y métodos.....	14
4.5.1 Descripción de las áreas de colecta	14
4.5.2 Obtención de las muestras de madera	15
4.5.3 Caracterización macroscópica de la madera	15
4.5.4 Caracterización microscópica de la madera	15
4.5.5 Proporción de elementos constitutivos	17
4.5.6 Elaboración de disociado	18
4.6 Análisis estadístico	19
4.7 Resultados.....	19
4.7.1 Descripción macroscópica.....	19
4.7.2 Características microscópicas	20
4.7.3 Proporción de elementos constitutivos	24
4.7.4 Caracterización del suelo de las zonas de estudio	25

4.7.5	Análisis estadístico.....	27
4.8	Discusión.....	27
4.9	Conclusiones.....	31
4.10	Agradecimientos.....	32
4.11	Referencias.....	32
5.	CAPÍTULO . EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y ESTIMACIÓN DE ÍNDICES DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS MEDIANTE ECUACIONES, PARA <i>Peltogyne mexicana</i> MARTÍNEZ EN EL OCOTITO, y ACAPULCO, GUERRERO.....	36
5.1	Resumen.....	36
5.2	Abstract.....	37
5.3	Introducción.....	38
5.4	Materiales y métodos.....	40
5.4.1	Descripción de la zona de estudio.....	40
5.4.2	Propiedades físicas.....	41
5.4.3	Propiedades mecánicas.....	46
5.5	Resultados y Discusión.....	47
5.5.1	Propiedades físicas.....	47
5.5.2	Propiedades mecánicas.....	54
5.6	Conclusiones.....	58
5.7	Literatura citada.....	58
6.	CAPÍTULO . DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES.....	62
6.1	Discusiones generales.....	62

6.2	Conclusiones generales.....	63
7.	Literatura citada	65
8.	Apéndice	69

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Características microscópicas de <i>P. mexicana</i> para dos zonas de Guerrero.	23
Cuadro 2. Proporción de elementos constitutivos de <i>P. mexicana</i> para dos zonas de Guerrero.	25
Cuadro 3. Características nutrimentales del suelo de las dos zonas de Guerrero	26
Cuadro 4. Matriz de correlación en las variables evaluadas de fibras y elementos de vaso de <i>P. mexicana</i>	27
Cuadro 5. Valores de los coeficientes de las ecuaciones para calcular las características mecánicas de maderas mexicanas y su coeficiente de correlación reportados por Sotomayor <i>et al</i> , (2003).	46
Cuadro 6. Valores de las densidades de albura y duramen de <i>P. mexicana</i> en el Ocotito, Gro.	47
Cuadro 7. Valores de las densidades de albura y duramen de <i>P. mexicana</i> en Acapulco, Gro.	48
Cuadro 8. Contracción para la madera de duramen y albura de <i>P. mexicana</i> en el Ocotito, Gro.	51
Cuadro 9. Relación de anisotropía, punto de saturación de la fibra, coeficiente de hinchamiento y coeficiente de contracción volumétrica de <i>P. mexicana</i>	52
Cuadro 10. Propiedades mecánicas de acuerdo a la densidad de la madera de <i>P. mexicana</i> en el Ocotito, Gro.	54
Cuadro 11. Propiedades mecánicas de acuerdo a la densidad de la madera de <i>P. mexicana</i> en Acapulco, Gro.....	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Áreas de distribución de <i>P. mexicana</i>	14
Figura 2. Cortes típicos tangencial, transversal y radial de Acapulco (a, b y c) y el Ocotito (d, e y f) de <i>P. mexicana</i>	16
Figura 3. Anatomía macroscópica de <i>P. mexicana</i> , cortes típicos (TA=tangencial, TR= transversal y RA= radial) de Ocotito y Acapulco, Gro.	20
Figura 4. Porosidad difusa, poros solitarios (ps) y agrupados (pa), rayos uniseriados (ru), biseriados (rb) y triseriados (rt), vasos taponeados con aceites (a) y gomas (g) y elementos de vaso con puntuaciones areoladas (pa), cristales prismáticos (cp) y placa perforada simple, muestras obtenidas del Ocotito, Gro.	21
Figura 5. Cristales prismáticos (cp), rayos uniseriados (ru) y multiseriados (rm), porosidad difusa, poros solitarios, parénquima aliforme (pa) y en bandas (pb), aceites entre los rayos (a) en <i>P. mexicana</i> del sitio Acapulco, Gro.	21
Figura 6. Elementos de vaso de <i>P. mexicana</i> , muestras de Acapulco, Guerrero. Con placa perforada simple (pps) y puntuaciones areoladas (pa).....	22
Figura 7. Longitud de la fibra (lf) mediana, diámetro del lumen (dl) mediano y grosor de la pared (gp) extremadamente gruesa, para ambas zonas.	23
Figura 8. Proporción de elementos celulares de la madera de <i>P. mexicana</i> para Acapulco y el Ocotito, Gro.	25
Figura 9. Procedimiento para realizar las pruebas de poder calorífico de <i>P. mexicana</i>	45
Figura 10. Comparación de las densidades básicas de especies del genero <i>Peltogyne</i>	49
Figura 11. Contracción en el plano tangencial de <i>P. mexicana</i>	50
Figura 12. Poder calorífico de la albura y duramen de <i>P. mexicana</i> en El Ocotito, Gro.	53

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Los bosques y selvas, son de gran importancia para el país desde el punto de vista social, económico y ambiental, además, juegan un papel de gran importancia frente a la mitigación al cambio climático (Torres, 2004). Se estima que alrededor de un tercio de la población mundial (2.4 mil millones), depende de la madera como su principal o única fuente de energía, principalmente en países en desarrollo, donde la madera significa una comida cocida y más nutritiva, agua hervida y una vivienda cálida (FAO, 2014; FAO, 2017).

México cuenta con 195 millones de hectáreas del territorio nacional, de las cuales aproximadamente a 22.2 millones de hectáreas corresponden a bosques y 12.2 millones a selvas, equivalente a 70% de vegetación forestal, en las que se encuentran alrededor de 30 mil especies de flora y fauna (INEGI, 2016). Por medio de la Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005 (FRA, por sus siglas en inglés), se publica que México ocupa el lugar número 12 en cuanto a superficie forestal mundial. Sin embargo, aprovechamientos inadecuados han provocado que especies potencialmente maderables se vean en amenazadas. De acuerdo con la NOM-059 del 2010 para las categorías en Peligro y Amenazada, México sería el segundo lugar del mundo en especies en riesgo con 1,203.

Peltogyne mexicana Martínez (palo morado), especie endémica del estado de Guerrero que habita las selvas medianas subperennifolias, fue víctima del aprovechamiento indiscriminado, los cambios de uso de suelo y la tala clandestina, alterando el hábitat natural, provocando la disminución de las poblaciones de esta especie, la cual es perseguida por su gran tamaño, coloración de madera que posee tintes púrpura o violeta y a su resistencia al ambiente y patógenos; por esta razón, es considerada por la Norma Oficial Mexicana NOM 059 SEMARNAT 2010, como especie amenazada y podría

desaparecer, sin que las futuras generaciones la conozcan (Bodig and Gayne, 1982; Navarro, Borja, y machuca, 2005; Sotuyo, 2014; Gutierrez-Macias, Peratla-Cruz, Borja-de-la-Rosa and Barragan-Huerta, 2016), por ello es necesario llevar a cabo estudios para contribuir al conocimiento de la madera de *P. mexicana*.

Las propiedades tecnológicas de las especies maderables aprovechadas industrialmente; aunque sea la misma especie no siempre va a presentar iguales características y propiedades (Interián, *et al.*, 2011). De este conocimiento depende en gran medida darles el uso adecuado y la posibilidad de sugerir nuevos.

En el presente estudio se cree que existirá diferencia en cuanto a las características anatómicas macroscópicas y microscópicas de la misma especie en zonas diferentes, no obstante, las propiedades físicas y mecánicas presentarán una amplia relación con las características anatómicas. Por lo antes mencionado, se considera importante determinar las características anatómicas macroscópicas y microscópicas de la madera de *Peltogyne mexicana* Martínez; además, evaluar las propiedades físicas y estimar los índices de las propiedades mecánicas de *P. mexicana* Martínez mediante ecuaciones en dos zonas diferentes del estado de Guerrero.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia de la actividad forestal

Casi 900 millones de personas, en su mayoría en países en desarrollo, participan en el sector de la madera y la energía a tiempo parcial o imparcial, entre ellos unos 13.4 millones de empleados en el sector forestal formal y al menos 41 millones trabajan en el sector informal, además se estima que alrededor de un tercio de la población mundial (2.4 mil millones), depende de la madera como su principal o única fuente de energía, principalmente en países en desarrollo. (FAO, 2014; FAO, 2017).

La cubierta vegetal de México es una de las más mega diversas a nivel mundial ya que alberga fauna y flora (alrededor de 30 mil especies). Esta diversidad biológica se debe a las condiciones fisiográficas, geológicas y climáticas, las cuales influyen en la existencia de niveles altos de diversidad y endemismos, al presentar un mosaico de nichos ecológicos, (Juárez-Agis, Castro, Martínez & Umaña, 2016; Rzedowski, 1978; Rzedowski, 1994). De todo el territorio nacional mexicano (193, 317, 118.10 millones de hectáreas), el 71% está habitado por vegetación forestal (33% bosques y selvas y el 38% corresponde a otros tipos de vegetación), el resto corresponde principalmente a uso de suelo agrícola, pecuario, zonas urbanas, acuícolas, y demás. En México se han reportado 994 denominaciones taxonómicas para géneros y 3,376 denominaciones taxonómicas para especie (Conafor, 2012). No obstante, el estado de Guerrero juega un papel muy importante en la diversidad biológica del país debido a su heterogeneidad; de las plantas vasculares que se han registrado en el país, se valora que el 20 y 25% de esta flora se encuentra en Guerrero (Challenger, 1998; Rzedowski, 1991; Toledo, 1988).

2.2 Aspectos generales de *Peltogyne mexicana*

2.2.1 Importancia

La madera siempre ha sido codiciada por sus características mecánicas y anatómicas, entre ellas sus colores. El género *Peltogyne* es mejor conocido como palo morado, morao, nazareno, violeta o pau roxo (característica del color de la madera) según la región y especie de la cual se trate. Lo verdaderamente llamativo en estas especies, además de su gran tamaño, es la coloración de su madera que posee tintes morados o violeta que van desde ligeramente rosados hasta prácticamente negro con la exposición al aire y/o agua (Bodig y Gayne, 1982, Gutierrez-Macias *et al.* 2016; Sotuyo, 2014). Este árbol fue reportado como nueva especie botánica por Maximino Martínez en 1960 (Martínez, 1960).

De las 25 especies pertenecientes a este género, *Peltogyne mexicana* Martínez, o palo morado (nombre común en Guerrero) es la única especie de este género que se encuentra en México y es nativa del estado de Guerrero; la cual, es perseguida por su gran tamaño, coloración de madera que posee tintes púrpura o violeta y por su resistencia al ambiente, patógenos y al tiempo. Actualmente, es víctima del aprovechamiento indiscriminado, los cambios de uso de suelo, la tala clandestina y aunado a esto, su lento crecimiento, lo cual ha provocado la disminución de las poblaciones de esta especie, por esta razón se encuentra considerada dentro por la Norma Oficial Mexicana NOM 059 SEMARNAT 2010 (Bodig y Gayne, 1982; Gutierrez-Macias *et al.* 2016; Navarro *et al.*, 2005; Sotuyo, 2014).

2.2.2 Usos

P. mexicana es considerada como madera preciosa y anteriormente esta especie, fue utilizada para la fabricación de muebles finos, artesanías torneadas y talladas,

incrustaciones en muebles de tipo colonial, piezas de dominó con incrustaciones de plata y artículos religiosos combinados con plata. Por la belleza de su color, no necesita pintarse con colores sintéticos, basta con usar lacas o barnices transparentes; tampoco es necesario el uso de conservadores, ya que es resistente al tiempo. Además, recientemente se ha registrado actividad antioxidante de una nueva molécula del pigmento púrpura de la madera (peltomexicanina), la cual sirve para estudios futuros de su actividad biológica (Gutiérrez-Macías, Peralta-Cruz, Borja-de-la-Rosa & Barragán-Huerta, 2016; Navarro *et al.*, 2005; Sotuyo, 2014).

2.2.3 Distribución

La distribución del género *Peltogyne* va desde México (Guerrero), pasando por América Central, Colombia, Guyana, Bolivia, Trinidad y su límite es el sudeste de Brasil. En México *P. mexicana* es una especie endémica del estado de Guerrero que habita las selvas medianas subperennifolias. El género *Peltogyne* está constituido por alrededor de 25 especies (Navarro *et al.*, 2005; Sotuyo, 2014). En Guerrero se ubica principalmente en Acapulco, El Ocotito, Tierra colorada, Acahuizotla, Omitlán, Chilapa, Cuajilotla, La Vieja y en la cuenca de río papagayo (Navarro *et al.*, 2005; Martínez, 1960).

2.2.4 Ecología

En Guerrero *P. mexicana* habita en lugares que poseen una alta fertilidad suelos, ricos en materia orgánica, franco arenosos y accidentados, que van desde los 130 a los 750 msnm, en climas subhúmedos-cálidos hasta subhúmedos templados con temperatura promedio anual de 25° C, mínima de 18° C y máxima de 32° C, así como precipitaciones de 1300 a 2000 mm anuales (García y García, 2015; INEGI, 2016).

2.2.5 Taxonomía

De acuerdo a Martínez (1960), la taxonomía correcta de *Peltogyne mexicana* es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabaales

Familia: Fabaceae

Género: *Peltogyne*

Especie: *mexicana*

2.2.6 Morfología

Árbol de 15 a 20 metros de altura, el tronco alcanza de 30 a 60 cm de diámetro, la corteza es grisácea, con tinte amarillento, casi lisa, de 6 a 7 mm de grueso; las ramas, extendidas, se inician desde unos 5 a 6 m del suelo; hojas alternas compuestas de dos hojuelas coriáceas, glandulosas, oblongas, asimétricas y encorvadas, de 4.5 a 6 cm de largo por 2.5 a 2.8 de ancho; presentan el ápice ligeramente hendido, excepto las muy jóvenes, las cuales son acuminadas en el ápice; con el borde entero, verde al principio y morado después, con glándulas puntiformes y azulosas que forman las nervaduras, visibles en la cara superior y casi invisibles en el envés; la nervadura central es muy marcada y de color violáceo en la cara inferior; el peciolo mide de 1 a 1.5 cm de largo y los peciolillos de 2 a 3 mm (Martínez, 1960).

Las flores son blancas, aromáticas, de 8 mm de diámetro, con la superficie cubierta de bellos blanquecinos; con cuatro sépalos de los que sólo son visibles tres por fuera de botón, desiguales e imbricados, cóncavos, de color levemente violáceo o castaño, de 3 mm, con glandulitas traslúcidas; con cinco pétalos elípticos, oblongos, de 5 mm de largo por 2 a 2.5 de ancho, casi iguales, también con numerosas glandulitas traslúcidas; con

10 estambres, de los cuales cinco son mayores de 7 mm y van alternados con los otros (5 a 6 mm), son todos fértiles, con los filamentos blancos y las antenas pálidas y articuladas; el ovario es asimétrico, de 4 a 5 mm, adelgazado hacia la base, con seis óvulos alargados, lobulado, dispuesto perpendicularmente, por lo que se dice que es peltado, de ahí el nombre genérico *Peltogyne* significa estigma peltado (Martínez, 1960).

Las flores se agrupan en inflorescencias paniculadas, vellosas, terminales y axilares, de 5 a 8 cm, con los pedúnculos y los pedicelos densamente ferrugíneo-pubescentes. Las flores son numerosas y de poca duración, pues pronto caen los pétalos y los estambres, y un poco después los sépalos, permaneciendo sólo el ovario con el estilo. Florece en agosto y la polinización se efectúa por medio de insectos. El fruto es oblicuo, comprimido, ovoide-oblongo, asimétrico encorvado, coriáceo, de 3 a 4 cm, con el ápice redondeado y provisto de un pequeño apículo en posición algo lateral. Suele cubrirse por una especie de savia muy pegajosa (Martínez, 1960).

2.3 Características químicas

Las especies del género *Peltogyne* producen resinas, aunque *Peltogyne mexicana* Martínez no llama tanto la atención por su escasez. Lo verdaderamente llamativo en estas especies, además de su gran tamaño, es la coloración de su madera que posee tintes púrpuras a violetas, dicha coloración se debe a compuestos tipo flavonoides denominados peltoginoides presentes en el duramen o corazón de la madera, aunque dichos compuestos también pueden encontrarse en los frutos, corteza, raíces o partes aéreas de éstas y otras leguminosas, Actualmente se ha identificado una nueva molécula del pigmento púrpura de *P. mexicana* Martínez y se ha denominado como un quinone metide peltoginoide. (Bodig y Gayne, 1982, Gutierrez-Macias *et al.*, 2016).

2.4 Características macroscópicas y microscópicas

2.4.1 Características físicas y mecánicas

Las propiedades físicas y mecánicas de la madera dependen de la estructura y composición química de la pared celular (Borja y Tamarit, 1997). De este conocimiento depende en gran medida darles el uso adecuado y la posibilidad de sugerir nuevos. Se considera importante revisar con detalle estas características ya que la madera es un material muy heterogéneo, aunque sea la misma especie no siempre va a presentar iguales características y propiedades (Interiá *et al.*, 2011).

El comportamiento mecánico de la madera, depende originalmente de su estructura anatómica (Carlquist 2001, Harris 1989, Hillis 1987, Lewin y Goldstein 1991) y de su composición química (Higuchi 1997, Rowell 1984, Stamm 1964). La calidad de la madera está relacionada principalmente con consideraciones tecnológicas, industriales y comerciales (Sotomayor, 1987). La madera es un material variable y en consecuencia, toda característica mecánica de la madera se relaciona con un índice probabilístico de variabilidad, la asociación de un valor numérico a un atributo de la madera, debe tomar en consideración las propiedades técnicas de la especie (Grupo Botánico, Porosidad, Irregularidades Morfológicas y Durabilidad Natural, entre otros) así como su disponibilidad comercial (Dimensiones de empleo, Contenido de Humedad, Tratamiento de Preservación y Terminado de Superficie) (Haygreen y Bowyer, 1996; Tsoumis, 1991).

3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Objetivos de la investigación

Determinar las características anatómicas macroscópicas, microscópicas de la madera e índice de vulnerabilidad de *Peltogyne mexicana* Martínez en dos zonas diferentes del estado de Guerrero.

Evaluar las propiedades físicas y estimar los índices de las propiedades mecánicas mediante ecuaciones matemáticas para *Peltogyne mexicana* Martínez en El Ocotito y Acapulco, Guerrero.

3.2 Hipótesis

Se plantearon las siguientes hipótesis:

1. Existe diferencia en cuanto a las características anatómicas macroscópicas, microscópicas e índice de vulnerabilidad de la misma especie en zonas diferentes.
2. Las propiedades físicas y mecánicas están ampliamente relacionadas con las características anatómicas.

4. CAPÍTULO . CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS DE LA MADERA DE *Peltogyne mexicana* Martínez EN DOS ZONAS DEL ESTADO DE GUERRERO, MEDIANTE UN MÉTODO NO DESTRUCTIVO

4.1 Resumen

El objetivo del presente trabajo fue determinar las características anatómicas macroscópicas y microscópicas de la madera de *Peltogyne mexicana* Martínez (Palo morado), una especie endémica del estado de Guerrero protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010. Se obtuvieron muestras maderables provenientes de El Ocotito y Acapulco, Gro. México. Se realizó un análisis de correlación de Pearson con el programa estadístico SAS. Los resultados obtenidos mostraron que la madera es color café pálido en la albura y morado en el duramen, el olor y sabor fueron imperceptibles, porosidad difusa en ambos sitios. En Acapulco los poros en su mayoría son solitarios, en algunos casos múltiples con parénquima concéntrico, aliforme en bandas confluentes; en El Ocotito los poros en su mayoría son múltiples, parénquima escaso, concéntrico y aliforme. Para ambas zonas los rayos son uniseriados, biseriados, triseriados y multiseriados; fibras libriforme, de longitud media, diámetro delgado, pared extremadamente gruesa y elementos de vaso de diámetro angosto. Con un promedio de 18 vasos/mm² en El Ocotito y 5 vasos/mm² en Acapulco. El índice de vulnerabilidad fue de 23 y 6 en Acapulco y El Ocotito, respectivamente. Se encontró una alta correlación entre el diámetro total de la fibra, el grosor de la pared y el diámetro lumen en ambos sitios.

Palabras clave: Palo morado; Acapulco y Ocotito; Anatomía macroscópica; Anatomía microscópica

Anatomical characteristics of the wood of *Peltogyne mexicana* Martínez in two zones of the state of Guerrero, by means of a nondestructive method

4.2 Abstract

The objective of the present work was to determine the macroscopic and microscopic anatomical characteristics of the wood of *Peltogyne mexicana* Martínez (Palo morado), an endemic species of the state of Guerrero protected by NOM-059-SEMARNAT-2010. Timber samples were obtained from El Ocotito and Acapulco, Gro. Mexico. A Pearson correlation analysis was performed with the SAS statistical program. The results showed that the wood is pale brown in the sapwood and purple in the heartwood, the smell and taste were imperceptible, diffuse porosity in both sites. In Acapulco the pores are mostly solitary, in some cases multiple with concentric parenchyma, aliform in confluent bands; In El Ocotito the pores are mostly multiple, scarce parenchyma, concentric and aliform. For both zones the rays are uniseriate, biseriate, triseriate and multiseriate; Libriform fibers, medium length, thin diameter, extremely thick wall and narrow diameter vessel elements. With an average of 18 vessels/mm² in El Ocotito and 5 vessels/mm² in Acapulco. The vulnerability index was 23 and 6 in Acapulco and El Ocotito, respectively. A high correlation was found between total fiber diameter, wall thickness and lumen diameter at both sites.

Keywords Purpleheart; Acapulco and Ocotito; Macroscopic anatomy; Microscopic anatomy; Differences; Purpleheart

4.3 Introducción

México es un país que posee los tres grandes ecosistemas forestales (bosques, selvas y zonas áridas), lo cual le permite contar con una de las floras más ricas y variadas del mundo (Varela y Aguilera, 1999).

A nivel nacional, el estado de Guerrero ocupa uno de los lugares más importantes por la gran variedad de plantas y animales que posee. Un ejemplo de ello, es que de entre las 22 000 y 30 000 especies de plantas vasculares que se han registrado en el país, se estima que entre el 20 y 25% de esta flora se encuentra en Guerrero (Rzedowski, 1991). Algunas regiones en el estado son consideradas como centros de diversificación y endemismo de varios grupos de plantas (Rzedowski *et al.*, 2005).

La selva baja caducifolia en el estado de Guerrero tiene una gran diversidad de especies, dentro de las cuales se encuentran el palo culebro (*Astronium graveolens*), el drago (*Pterocarpus acapulcensis*), el guapinol (*Hymenaea courbaril*), la parota (*Enterolobium cyclocarpum*), la ceiba (*Ceiba pentandra*), el roble (*Tabebuia chrysantha*), Cacahuate de Jabón (*Licania arborea*), amatillo (*Sapium macrocarpum*), tempisque (*Mastichodendron capiri*), (*Brosimum alicastrum*), (*Tabebuia rosea*), (*Tabebuia palmeri* Rose), (*Swietenia humilis*), (*Cedrela mexicana*), y el palo morado (*Peltogyne mexicana*). Esta última es endémica en el estado y se encuentra protegida legalmente (Carreto *et al.*, 2015).

Peltogyne mexicana, llamado palo morado en virtud de la coloración de la madera, es una especie endémica del estado de Guerrero que se distribuye en las selvas medianas subperennifolias (Sotuyo, 2014). Anteriormente esta especie, fue utilizada para la fabricación de muebles (comedores, sillas, camas, roperos, buroes, salas, tocadores) torneados o no, artesanías torneadas y talladas, sin embargo, los cambios de uso de suelo y la tala clandestina han alterado el hábitat natural, provocando la disminución de las poblaciones de esta especie; por esta razón es considerada por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, como especie amenazada y podría desaparecer (SEMARNAT, 2010; Barragán y Santillán, 2011; Sotuyo, 2014).

La determinación y el conocimiento de las propiedades tecnológicas de las especies maderables aprovechadas industrialmente tienen una importancia primordial, toda vez que éstas varían según la procedencia y las condiciones de crecimiento. De este conocimiento depende en gran medida darles el uso adecuado y la posibilidad de sugerir nuevas formas de aprovechamiento (Borja y Tamarit, 1997).

4.4 Objetivo

Determinar las características anatómicas macroscópicas y microscópicas de la madera de *Peltogyne mexicana* Martínez en dos zonas diferentes en el estado de Guerrero, mediante un método no destructivo.

4.5 Materiales y métodos

4.5.1 Descripción de las áreas de colecta

La colecta se llevó a cabo en la comunidad del Ocotito ubicado en el municipio de Chilpancingo, a una altura de 750 msnm delimitado por las coordenadas geográficas 17°17'21.4" y 99°34'11.5" de latitud norte y longitud oeste. Los climas existentes son el subhúmedo-semicálido, subhúmedo-cálido y subhúmedo-templado; la temperatura varía de 15°C a 24°C. El temporal aparece normalmente de junio a septiembre con una precipitación media anual de 1,650 milímetros (García y García, 2015). Y en la Unidad de Manejo para la Conservación y Manejo de Vida Silvestre (UMA extensiva "Palo morado") ubicada en el Fraccionamiento Las Brisas Acapulco, Guerrero, a una altura de 130 msnm delimitado por las coordenadas geográficas 16°49'13.3" y 099°51'41.9" de latitud norte y longitud oeste, el clima es predominantemente subhúmedo cálido, sin embargo presenta ciertas variaciones: Caliente y húmedo en las partes bajas y templadas en las tierras altas, en esta última la temperatura media anual es de 28°C y la mínima de 22°C la precipitación pluvial varía de 1,500 a 2,000 mm. (García y García, 2015) (Figura 1).



Figura 1. Áreas de distribución de *P. mexicana*.

4.5.2 Obtención de las muestras de madera

Para anatomía macroscópica se obtuvieron rodajas de árboles derribados por cuestiones de saneamiento y para anatomía microscópica del Ocotito se extrajeron muestras de tres árboles sanos y vigorosos y de la (UMA extensiva "Palo morado") ubicada en el Fraccionamiento Las Brisas Acapulco, Guerrero, se extrajo una muestra con un taladro de pressler a una altura de 1.30 m, de cada zona se recolectaron muestras de suelo a 30 cm de profundidad se colocaron en bolsas de plástico y el material se trasladó al Laboratorio de Anatomía y Tecnología de la Madera de la Universidad Autónoma de Chapingo para su análisis.

4.5.3 Caracterización macroscópica de la madera

Se cortaron dos rodajas de 20 cm de largo a 0.50 de árboles cortados por cuestiones de saneamiento, de éstas se elaboraron tablillas de cortes típicos (transversal, longitudinal radial y tangencial) tanto de albura como de duramen de 15 x 7 x 1 cm que se utilizaron para describir las características macroscópicas, las cuales se determinaron usando las tablas de clasificación de Tortorelli (1956). para el color las tablas de Munsell (1990). Para cada zona se describieron las características organolépticas son aquellas perceptibles con los órganos de los sentidos, estas son: el color, el olor, el sabor, el brillo, el veteado, la textura, el hilo y la visibilidad de los elementos celulares.

4.5.4 Caracterización microscópica de la madera

De las virutas colectadas en campo se seccionaron en trozos de 1.5 cm, desde la médula hacia la corteza. Se hirvieron en agua destilada por 5 minutos para ablandarlos. Las muestras se cortaron de 20 μm a 30 μm de grosor con un micrótomo de deslizamiento en los planos transversal,

tangencial y radial, utilizando la metodología según (Navarro *et al.*, 2005). En el corte transversal se midió el diámetro tangencial y radial de los elementos de vaso, número de vasos/mm², el tipo de porosidad y el parénquima axial; en el corte longitudinal-tangencial, la longitud y ancho de los rayos, y se describió el tipo de puntuaciones de los elementos de vaso. En el corte longitudinal radial se describió el tipo de rayo, tipo de placa y contenidos celulares (Figura 2). Los elementos constitutivos se midieron con el software LAS Core, usando los objetivos 5x, 10x y 40x. Los elementos mensurables se clasificaron con base en la media de acuerdo a la clasificación de IAWA Committee (1989) y Tortorelli (1956).

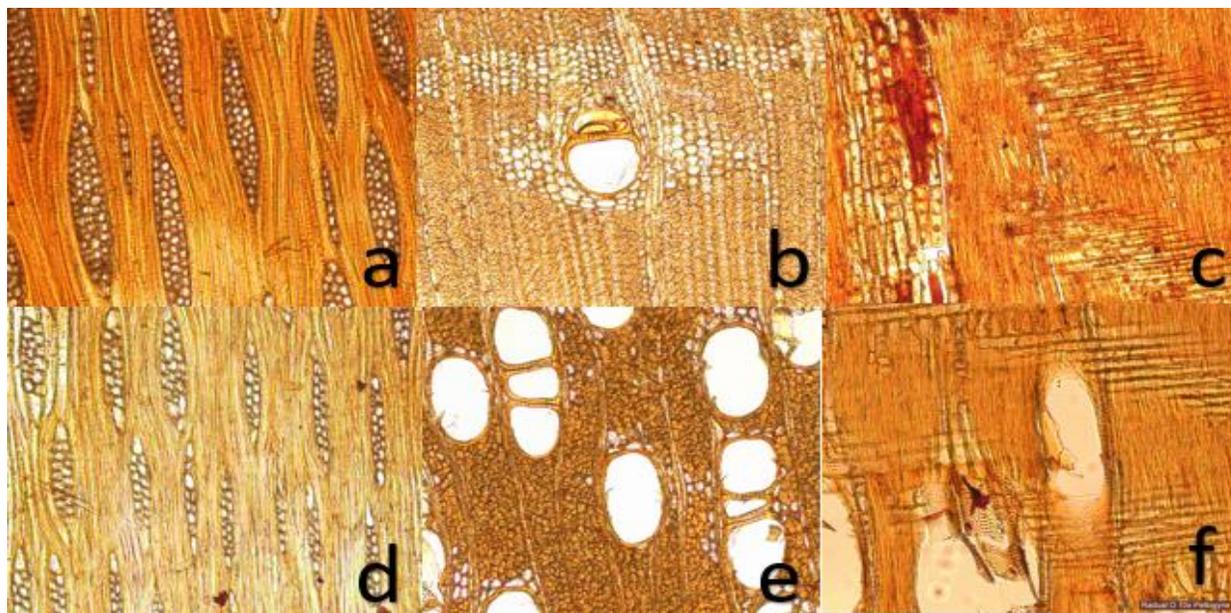


Figura 2. Cortes típicos tangencial, transversal y radial de Acapulco (a, b y c) y el Ocotito (d, e y f) de *P. mexicana*.

4.5.5 Proporción de elementos constitutivos

Para determinar la proporción de elementos constitutivos: fibras, vasos, rayos y parénquima axial de la madera de *P. mexicana*; en el corte transversal se obtuvieron fotografías de 450 campos con el objetivo 10x usando el Software LAS Core. Posteriormente estas fotografías fueron examinadas en el mismo software, el cual es un programa de análisis de imágenes y se realizaron 47 mediciones donde se incluyeron: diámetro radial, cálculo de perímetro, área y número de elementos por mm², Se calcularon los índices de vulnerabilidad y mesomorfía, para el cálculo de estos índices se utilizaron las siguientes fórmulas:

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

$$IM = IV * Lev$$

donde:

IV = índice de vulnerabilidad

IM = índice de mesomorfía

Ø de poros = diámetro de poros

Lev = longitud de elementos de los vasos

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

Proporción de elementos de vaso. Se obtuvo el área de los vasos existentes en el área determinada (considerando todas las formas y tamaños de los elementos de vasos). La proporción de elementos de vaso (PV), se calculó con la siguiente expresión:

$$PV (\%) = \frac{\text{Área de los elementos de vaso}}{\text{Área determinada}} * 100$$

Proporción de rayos. En el área fijada se calculó el área de los rayos existentes, la proporción de rayos (PR) se determinó con la siguiente expresión:

$$PR (\%) = \frac{\text{Área de rayos}}{\text{Área determinada}} * 100$$

Proporción de parénquima axial. Se obtuvo el área del parénquima axial (PPA) en el área determinada, se calculó la proporción de parénquima axial con la expresión siguiente:

$$PPA (\%) = \frac{\text{Área de parénquima axial}}{\text{Área determinada}} * 100$$

Proporción de fibras. La proporción de fibras para el área determinada (PF) se calculó por diferencia, con las proporciones antes calculadas:

$$PF(\%) = (100 - PV - PR - PPA).$$

4.5.6 Elaboración de disociado

Se obtuvieron astillas pequeñas y delgadas de cada muestra fueron depositados en frascos de cristal previamente aforados con peróxido de hidrógeno y ácido acético glacial (en partes iguales), se colocaron en una estufa a 60 °C durante 48 horas. El material disociado (macerado) se tiñó con Pardo de Bismarck al 1 %, se elaboraron preparaciones permanentes y temporales, el tamaño de muestra fue calculado según (Navarro *et al.*, 2005).

En 25 células se midieron la longitud, grosor y diámetro de fibras y la longitud y diámetro de los elementos de vaso usando el microscopio estereoscópico con el objetivo 10x y el Software LAS Core. Los resultados obtenidos se clasificaron de acuerdo con IAWA Committee (1989), Terrazas (1984) y Tortorelli (1956).

El tamaño de muestra se calculó con la fórmula siguiente:

$$n = \frac{t^2 cv^2}{E^2}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

t = Valor de la tabla de Student para una $\alpha = 0.05$

E = Error relativo = 0.05

cv = Coeficiente de variación

4.6 Análisis estadístico

Se obtuvieron los valores, máximo, mínimo, media, desviación estándar y coeficiente de variación, además se calculó el coeficiente de correlación de Pearson de la longitud total de la fibra, diámetro total de la fibra, diámetro del lumen, grosor de la pared, longitud de vaso y diámetro de vaso respectivamente mediante un análisis de correlación con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) considerando un nivel de significancia de 0.05.

4.7 Resultados

4.7.1 Descripción macroscópica

Las características macroscópicas son similares para ambas zonas, el duramen presenta un color púrpura (10R 2.5/2) y café claro para la albura según Musell (1975), (10YR 8/3), olor y sabor no distinguibles, brillo alto, veteado pronunciado, textura media e hilo entrecruzado (Figura 3).



Figura 3. Anatomía macroscópica de *P. mexicana*, cortes típicos (TA=tangencial, TR= transversal y RA= radial) de Ocotito y Acapulco, Gro.

4.7.2 Características microscópicas

La madera del sitio Ocotito (M.S.O) presentó poros en su mayoría múltiples radiales (2-6) y en algunos casos solitarios, mientras que, la madera del sitio Acapulco (M.S.A) se observan poros en su mayoría solitarios y en algunos casos múltiples radiales (2-4); no obstante, ambos presentan forma helicoidal con tendencia circular y porosidad difusa. La MSO presenta el parénquima axial paratraqueal vacicentrico con poca presencia de aliforme, no así para la M.S.A. el parénquima axial paratraqueal en bandas confluentes y aliforme, ambos presentan abundantes cristales de tipo prismáticos, así como gomas y aceites. La M. S. O. los rayos son uniseriados, por el contrario, en la M.S.A. hay pocos uniseriados, en su mayoría multicieriados; pero en ambos existen rayos bicieriados y tricieriados (Figura 4, 5 y 6).

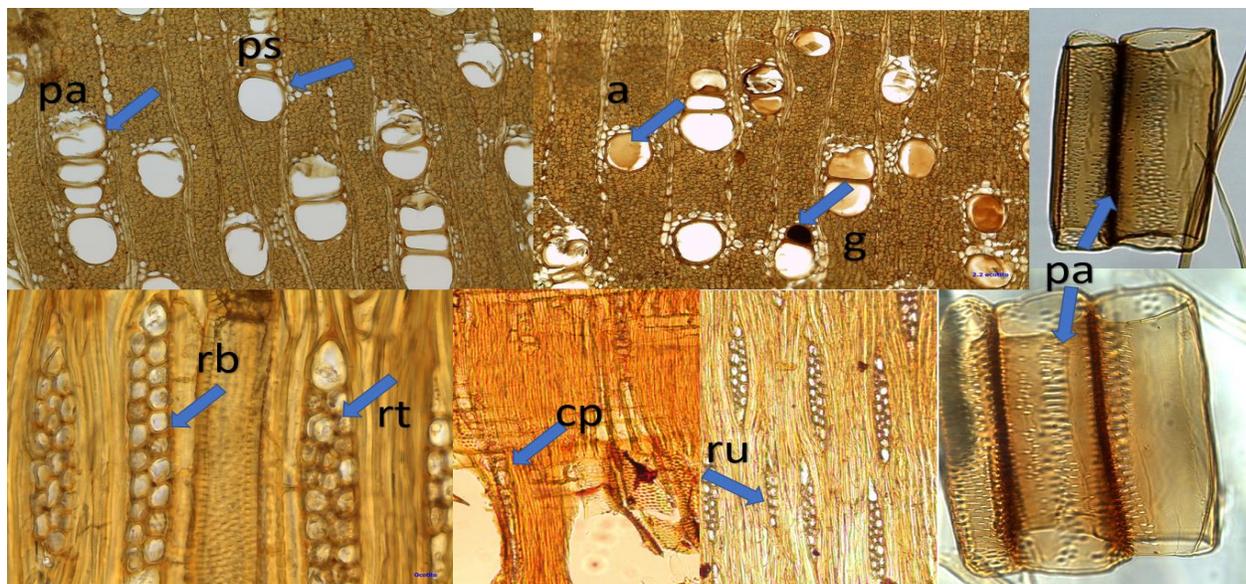


Figura 4. Porosidad difusa, poros solitarios (ps) y agrupados (pa), rayos uniseriados (ru), biseriados (rb) y triseriados (rt), vasos taponeados con aceites (a) y gomas (g) y elementos de vaso con puntuaciones areoladas (pa), cristales prismáticos (cp) y placa perforada simple, muestras obtenidas del Ocotito, Gro.

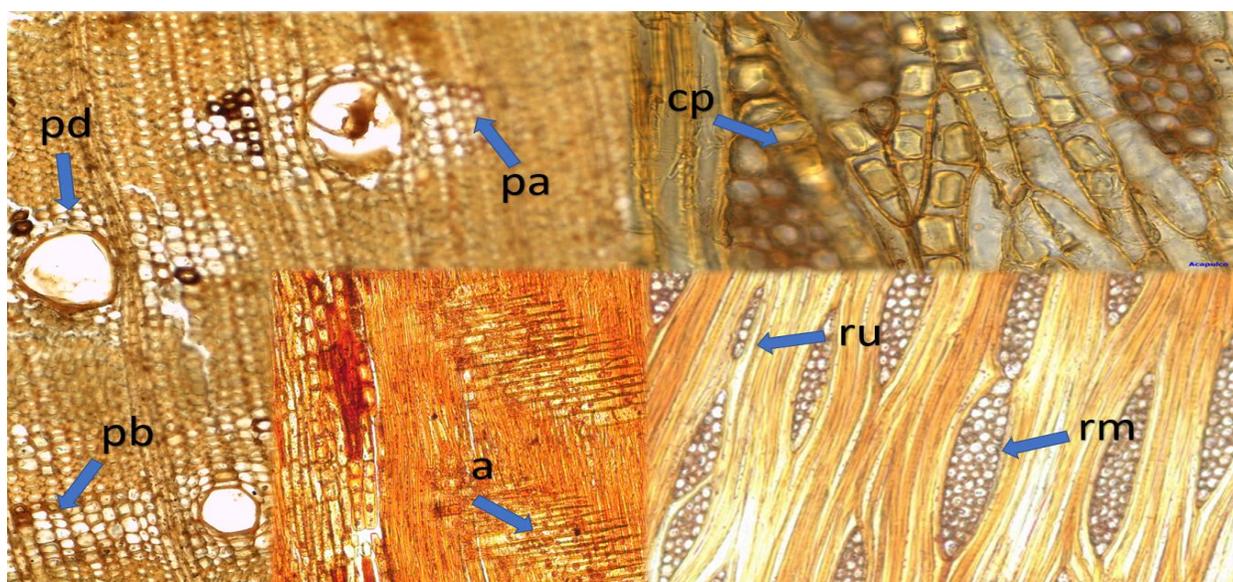


Figura 5. Cristales prismáticos (cp), rayos uniseriados (ru) y multiseriados (rm), porosidad difusa, poros solitarios, parénquima aliforme (pa) y en bandas (pb), aceites entre los rayos (a) en *P. mexicana* del sitio Acapulco, Gro.



Figura 6. Elementos de vaso de *P. mexicana*, muestras de Acapulco, Guerrero. Con placa perforada simple (pps) y puntuaciones areoladas (pa).

En la madera colectada de *Peltogyne mexicana* en ambos sitios (Ocotito y Acapulco) las fibras son de tipo libriforme, su longitud y diámetro del lumen se clasifican como medianos; por el diámetro total son finas y de pared celular extremadamente gruesa (Figura 7). Los elementos de vasos para ambos sitios son cortos, sus paredes presentan puntuaciones areoladas alternas y placa perforada simple (IAWA Committee, 1989). En la variable longitud de vasos de *P. mexicana* el promedio mínimo se encontró en La M.S.O., con 217 μm , mientras que el máximo se encontró en La M.S.A., con 274 μm ; la distribución por categorías de acuerdo a lo establecido por IAWA Committee (1986) categoría IV, > 200 μm . Para la variable número de vasos por mm^2 , la M.S.O. se registró un promedio de 18 vasos/ mm^2 , mientras que en la M.S.A se encontró un promedio de 5 vasos/ mm^2 , donde según IAWA Committee (1989), esta distribución de vasos se ubica en la categoría II (5-20 vasos/ mm^2). Para la madera de *P. mexicana* el IV para M.S.A fue de 23 y para el M.S.O fue de 6 y el IM para el M.S.A fue de 6302 y para el M.S.O fue de 1206, por lo tanto, según los índices de Carlquist (1977) esta madera es mesomórfica, vulnerable a la embolia y eficiente en el transporte del agua. Los rayos en la madera de los dos sitios se clasifican como bajos, moderadamente angostos y extremadamente numerosos (Cuadro 1) (Tortorelli, 1956; Terrazas, 1984; IAWA Committee, 1989).

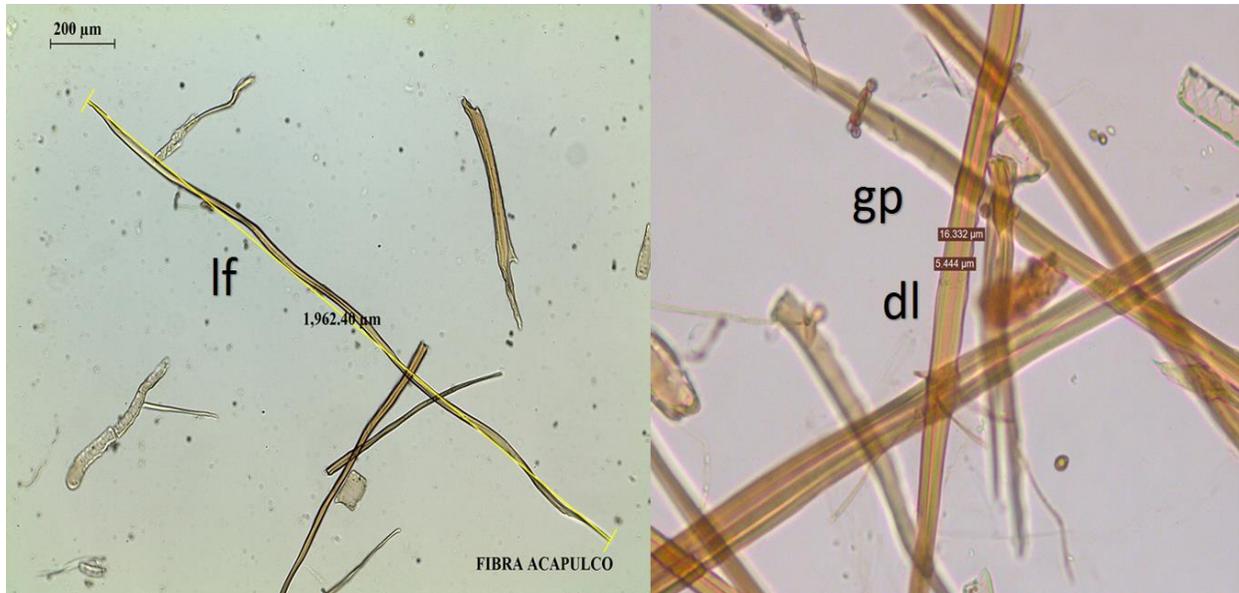


Figura 7. Longitud de la fibra (lf) mediana, diámetro del lumen (dl) mediano y grosor de la pared (gp) extremadamente gruesa, para ambas zonas.

Cuadro 1. Características microscópicas de *P. mexicana* para dos zonas de Guerrero.

Ocotito	N	Media μm	Máxima μm	Mínima μm	C. v.	D. e.	Clasificación
Variable							
Fibra	475						
Longitud		1109	1992	806	15	168	Mediano ³
Diámetro de lumen		5	10	2	24	1	Mediano ¹
Diámetro total		15	27	6	19	3	Fino ¹
Grosor de pared celular		10	21	1	24	2	Extremadamente Gruesa ¹
Vasos	307						
Longitud		217	288	125	12	27	Cortos ³
Diámetro radial		137	221	36	27	37	Mediano ³
Diámetro tangencial		100	161	45	17	17	
Vasos por mm ²		18	38	5	42	8	Abundantes ²
Rayos	326						
Altura		205	278	158	11	23	Bajos ¹
Diámetro		31	49	17	22	7	Moderadamente angostos ¹
Rayos por mm ²		35	45	23	17	6	Extremadamente numerosos ¹
Acapulco	N	Media μm	Máx. μm	Mín. μm	C. v.	D. e.	Clasificación
Variable							
Fibra	175						
Longitud		975	1402	731	11	115	Mediana ³

Diámetro de lumen	10	20	5	25	2	Mediano ¹
Diámetro total	22	35	14	15	3	Fino ¹
Grosor de pared celular	13	10	7	16	2	Extremadamente gruesa ¹
Vasos	84					
Longitud	274	439	112	25	69	Cortos ³
Diámetro radial	165	263	48	28	46	Mediano ³
Diámetro tangencial	115	185	70	21	24	
Vasos por mm ²	5	11	2	58	3	Pocos ²
Rayos	438					
Altura	280	440	196	17	48	Bajos ¹
Diámetro	46	75	26	19	9	Moderadamente angostos ¹
Rayos por mm ²	26	34	18	17	4	Extremadamente numerosos ¹

N = Número de estructuras medidas; ¹Tortorelli (1956); ²Terrazas (1984); ³IAWA Committee (1989)

D.e. = Desviación estándar

C. v. = Coeficiente de variación

4.7.3 Proporción de elementos constitutivos

Las propiedades de la madera son un atributo variable que puede cambiar según la posición en el árbol, así como la zona geográfica y el clima. Asimismo, estas variaciones pueden ser debidas a la edad del árbol, a la velocidad de crecimiento, a diferencias genéticas, disponibilidad de nutrientes y a la historia evolutiva (Goche *et al.*, 2011).

La proporción de madera son un atributo variable *P. mexicana* se clasifican de acuerdo a Kollmann (1959). Concorde a los resultados arrojados por el software se determinó el porcentaje de cada elemento celular para cada zona de estudio (Figura 8), donde se observa que el porcentaje de elementos de vaso es mucho mayor en la M.S.O; para el caso de las fibras el porcentaje es similar en ambas zonas; para el parenquima determinó el porcentaje más alto para M.S.A para el parámetro rayos el porcentaje es más alto en en M.S.O.

Cuadro 2. Proporción de elementos constitutivos de *P. mexicana* para dos zonas de Guerrero.

ACAPULCO					
TIPO DE ELEMENTO					CLASIFICACIÓN
	MÍNIMO	MEDIA	MÁXIMO	D.E.	
Vaso	2.16	6.07	11.22	2.17	Media
Fibra	35.00	62.01	87.15	11.68	Media
Rayo	2.53	10.06	22.54	5.53	Media
Parénquima axial	7.14	21.86	39.66	7.78	Media
OCOTITO					
Vaso	7.86	12.20	17.19	2.49	Media
Fibra	28.68	61.34	85.78	11.77	Media
Rayo	5.23	15.61	40.11	8.36	Media
Parénquima axial	0.32	10.84	17.46	4.28	Media

D.E. Desviación Estándar; clasificación según (Kollmann, 1956)

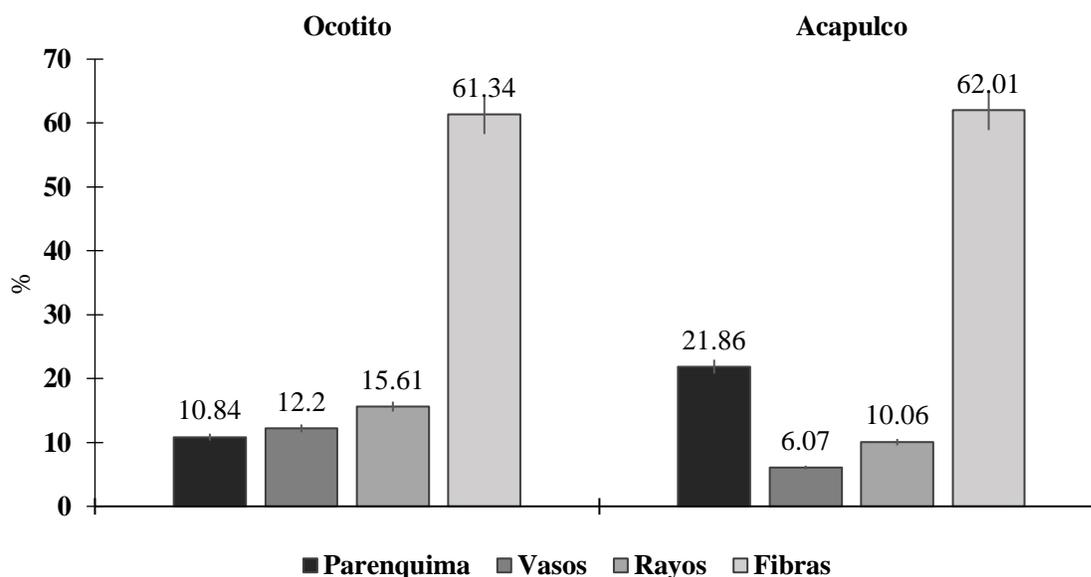


Figura 8. Proporción de elementos celulares de la madera de *P. mexicana* para Acapulco y el Ocotito, Gro.

4.7.4 Caracterización del suelo de las zonas de estudio

Las muestras obtenidas de cada zona de estudio se trasladaron al laboratorio de análisis de suelo de la Universidad Autónoma Chapingo para ser analizadas de lo cual, los dos sitios tienen un contenido extremadamente rico de materia orgánica, un pH ligeramente ácido en el Ocotito y ácido

en el sitio Acapulco; así también, los valores indicaron que ambos sitios son ricos en contenido de nitrógeno total; para el caso del contenido de algunos elementos como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, fierro, cobre, zinc y manganeso, los valores muestran que se encuentran dentro de los rangos de medio a muy ricos, esto quiere decir que ambos sitios poseen buena fertilidad de suelos nutrientes y muy productivos (Cuadro 4) (Vázquez y Alarcón, 1999; Castellanos *et al.*, 2000). El contenido de materia orgánica del suelo es probablemente una de sus principales características, esta propiedad se asocia con la liberación de nitrógeno, fósforo y azufre, en cuyos ciclos juega un papel importante. También el nivel de materia orgánica se asocia a la disponibilidad de Fe, Mn, Cu y Zn, por la acción quelatante.

Cuadro 3. Características nutrimentales del suelo de las dos zonas de Guerrero

Muestra * Cmol(+)/Kg-1	pH	pH CaCl2	MO %	N Tot. %	*N	*P	*K	*Ca	*Mg
Acapulco	5.9 A	5.6	6.05 ER	0.32 R	27.1 M	3.85 B	772 MR	1693 M	390 MR
Ocotito	6.5 LA	6.3	7.40 ER	0.34 R	26.4 M	17.1 M	484 MR	2303 M	438 MR
Muestra Cmol(+)/Kg-1	CIC	Fe	Cu	Zn	Mn	Pb	Cr	Cd	Co
Acapulco	18. 6 M	88.69 E	0.39 B	3.22 MA	17.24 M	0.76	ND	ND	0.39
Ocotito	19. 7 M	61.74 E	0.88 MB	4.86 MA	10.29 MA	0.94	ND	0.02	0.21
Textura									
Acapulco						ARENOSO-FRANCO			
El Ocotito						FRANCO-ARENOSO			

(Vázquez y Alarcón, 1999; Castellanos *et al.*, 2000). ND: NO DETECTADO POR EL MÉTODO EMPLEADO; B= bajo, MB= moderadamente bajo, M= medio, MA= ,moderadamente alto, R= rico, MR= muy rico, ER= extremadamente rico, A= ácido, LA= ligeramente ácido, E= excesivo

4.7.5 Análisis estadístico

Las correlaciones del diámetro total de la fibra el diámetro del lumen y el grosor de la pared resultaron altamente significativas (Cuadro 4), las correlaciones positivas más altas se dieron entre (diámetro total de la fibra y el diámetro del lumen = 0.54167 $p < .0001$) y entre (el diámetro total de la fibra y el grosor de la pared = 0.89103 $p < .0001$), por lo tanto, están relacionadas en el sentido de que el cambio en cualquier variable estará acompañado por un cambio en la otra variable.

Cuadro 4. Matriz de correlación en las variables evaluadas de fibras y elementos de vaso de *P. mexicana*.

		Coeficientes de correlación Pearson, N = 475 Prob > r suponiendo H0: Rho=0				
	L	D	DL	GP	VL	VD
L	1.00000	0.12065	0.21796	0.02509	-0.11811	0.10802
		0.0085	<.0001	0.5855	0.0100	0.0185
D	0.12065	1.00000	0.54167	0.89103	0.02068	-0.09535
		0.0085	<.0001	<.0001	0.6531	0.0378
DL	0.21796	0.54167	1.00000	0.10106	-0.00237	-0.07509
		<.0001	<.0001	0.0276	0.9588	0.1021
GP	0.02509	0.89103	0.10106	1.00000	0.02576	-0.07230
		0.5855	<.0001	0.0276	0.5755	0.1156
VL	-0.11811	0.02068	-0.00237	0.02576	1.00000	-0.06486
		0.0100	0.6531	0.9588	0.5755	0.1581
VD	0.10802	-0.09535	-0.07509	-0.07230	-0.06486	1.00000
		0.0185	0.0378	0.1021	0.1156	0.1581

L: longitud de fibra, D: diámetro de la fibra, DL: diámetro del lumen, GP: grosor de la pared, VL: longitud del vaso y VD: diámetro del vaso

4.8 Discusión

Santini (2013), en su estudio donde describe las propiedades macroscópicas, menciona que *Peltogyne* sp. presenta duramen color morado distinguible de la albura color rosado, olor no

distinguible y textura media, resultados que coinciden con los obtenidos en la presente investigación. Fortaleciendo los resultados Navarro *et al.* (2005), en un estudio de la madera de *Peltogyne mexicana* Martínez (palo morado), con muestras de Tierra colorada, Gro., obtiene resultados similares de las características macroscópicas reportadas para Acapulco y el Ocotito en el presente trabajo. (Almeida *et al.*, 1974) menciona que la coloración violeta en la madera de algunas especies del género *Peltogyne*, de las que pertenece Roxinho, se debe a compuestos fenólicos conocidos como peltoginoides, que son flavonoides por otro lado Gutierrez *et al.*, (2016), donde en su trabajo descubren un nuevo pigmento llamado "peltomexicanin".

Santini (2013), en su estudio describe las propiedades microscópicas de la madera de *Peltogyne* sp., menciona que las características microscópicas presentan vasos solitarios predominantes y múltiples de hasta 3 con distribución difusa, placa de perforación simple, puntuaciones alternas, fibras libriformes de pared gruesa, rayos exclusivamente multiseriados y cristales prismáticos, características microscópicas; mientras que Navarro *et al.*, (2005), menciona que *P. mexicana* en Tierra Colorada, Gro., presenta porosidad difusa, solitarios y múltiples radiales de 2 a 9, placa perforada simple, puntuaciones areoladas alternas, fibras libriformes pared celular gruesa, datos similares a los reportados en la presente investigación para *P. mexicana* en Acapulco y Ocotito, Gro. Por otro lado, León y Williams (2014), en el estudio de elementos xilemáticos de conducción en 69 especies leñosas, entre ellas tres fabáceas (*Senna alata*, *Acacia articulata* y *Fissicalyx fendleri*), en donde indica que estas especies presentaron porosidad semicircular.

Aguilar-Alcántara *et al.*, (2014), en el estudio de doce especies de un bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas, indica que las dos especies fabáceas estudiadas (*Acacia angustissima* y *Cercis canadienses*) presentaron los elementos de vaso cortos, al igual que lo antes mencionado en el presente trabajo; los mismos autores mencionan que ambas fabáceas presentan una longitud de vasos que fluctúa entre 241 μm y 315 μm , similar a lo reportado en la presente investigación para el sitio Ocotito (125 μm y 288 μm); mientras que Navarro *et al.* (2005), señalan un longitud que fluctúa entre 175 μm y 420 μm , resultados próximos a lo registrado en el sitio Acapulco (112 μm y 439 μm) en el presente estudio. Melandri y Espinoza (2009) en su estudio “Anatomía de la madera de la tribu Detarieae y comparación con la tribu Caesalpinieae (Leguminosae, Caesalpinioideae) en Venezuela” reportan que puede haber de 2 a 10 vasos/ mm^2 en la mayoría de las especies de Caesalpinieae y tribus Detarieae, sin embargo, *Peltogyne* es muy diferente, presenta de 20 a 46 vasos/ mm^2 , resultado diferente al obtenido en la presente investigación, ya que para el Ocotito se reportan 18 vasos/ mm^2 y para Acapulco 5 vasos/ mm^2 ; esto se puede atribuir a las distintas condiciones climáticas y ecológicas en ambos sitios (Carlquist, 1977; García y García, 2015).

De acuerdo a lo estipulado por la Asociación Internacional de Anatomistas de Madera (IAWA, por las siglas en inglés), indica que valores obtenidos en el número de elementos de vasos vasos/ mm^2 en la presente investigación pertenecen a la categoría II (5-20 vasos/ mm^2). Se ha observado que los vasos muestran una tendencia a agruparse en ambientes secos, mientras que suelen ser solitarios y rara vez se agrupan en ambientes húmedos, en donde las maderas son mesomórficas (Carlquist, 1966; Carlquist, 1977). También reportan parénquima marginal en *P. paniculata* pero ausentes en *P. floribunda*. porosidad difusa, vasos solitarios (60-120) 140 μm de diámetro, 200 (260-390) 420

µm de longitud de elemento, placas de perforación simples, fibras de paredes muy gruesas, 860 (1208-1700) 1820 µm de longitud, valores similares a los reportados para *P. mexicana* en la presente investigación.

Interiá *et al.* (2011), en un estudio realizado en *Caesalpinia gaumeri* Greenm, una especie de la familia Fabaceae al igual que *P. mexicana* reportan que algunas de las características anatómicas no son diferentes, sin embargo encontraron diferencias en el grosor de la pared de las fibras (extremadamente gruesas en los individuos de Yucatán y muy gruesas en los de Quintana Roo), en los rayos (extremadamente finos en los individuos de Yucatán y moderadamente finos en los de Quintana Roo) y en que algunos elementos de vaso presentan cola en las muestras de Yucatán; mientras que en las de Quintana Roo no está presente, estas diferencias se pueden atribuir a las condiciones ecológicas y de crecimiento, propias de los lugares de estudio. Al igual que lo antes mencionado, en la presente investigación se encontraron diferencias entre los sitios Acapulco y Ocotito, con respecto al porcentaje de los elementos celulares de la madera de *P. mexicana*.

Alcántara *et al.* (2014), al evaluar la anatomía de doce especies de un bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas y compararlas con otras o con las mismas, encontraron que las dos especies pertenecientes a la familia de las fabáceas, presentaron parénquima axial marginal delimitándolos, diferencias en las estructuras de los elementos celulares, indicando que los caracteres anatómicos de la madera pueden determinar a las especies o grupos de ellas.

Navarro *et al.* (2005), en su estudio realizado en Tierra colorada reporta que *P. mexicana* presenta un promedio de la proporción de elementos constitutivos similar a los reportados para el Ocotito, Gro. sin embargo, para Acapulco se reportan valores más altos en cuanto a parénquima y valores menores en vasos y rayos, esta variación se debe en gran parte, a las circunstancias ambientales que afectan el desarrollo de los árboles y de las características hereditarias o factores como la velocidad de crecimiento y época de formación de la madera (Braham y Ramírez, 2001).

Según lo estipulado por algunos autores (Vázquez y Alarcón, 1999; Castellanos *et al.*, 2000) los suelos en los que se desarrolla *P. mexicana* poseen una rica fertilidad de suelos (extremadamente ricos en materia orgánica, ligeramente alcalinos, muy ricos en nitrógeno total y extremadamente ricos en potasio, calcio y magnesio), características similares a las reportadas en la presente investigación para el Ocotito y Acapulco, Gro.

4.9 Conclusiones

La madera de *P. mexicana* M. por sus características anatómicas puede ser usada para la elaboración de durmientes, pisos, para manufactura de muebles, puertas, marcos para ventanas, artículos torneados y decoración de interiores.

La presencia de aceites y gomas en las células de la madera de *P. mexicana* M. le confieren características tales como: alta durabilidad natural, resistencia al deterioro o ataque de hongos que causan la pudrición.

4.10 Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada para realizar estudios de maestría y al personal que labora en la Unidad de Manejo para la Conservación y Manejo de Vida Silvestre (UMA extensiva “Palo morado”) del Fraccionamiento Las Brisas Acapulco, Guerrero, por facilitar el material biológico y conocimientos valiosos sobre esta especie y en especial a mi comité asesor por el apoyo para concluir este documento.

4.11 Referencias

Aguilar-Alcántara, M., Aguilar-Rodríguez, S. y Terrazas, T. (2014). Anatomía de la madera de doce especies de un el bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas, México. *Madera y Bosques* 20(3), 69-86.

Almeida, M. E.; Gottlieb, O. R.; Regodeso, J. and Teixeira, M. A. (1974), Chemistry of Brazilian Leguminosae .18. New peltogynoids from three Peltogyne species. *Phytochemistry.*, 13, 1225-1228.

Barragán, B., y Santillán, K. (2011). Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en México para la obtención de colorantes. *Revista Sistemas Ambientales*, 4(1), 1-9.

Brahan, W. K., y Ramírez, Y. T. (2001). Propuesta metodológica para la identificación de usos potenciales de la madera a partir de parámetros fisiomecánicos cuantitativos. *Colombia Forestal*, 7(14), 7-24.

Carlquist, S. 1966. Wood anatomy of Compositae: a summary, with comments on factors controlling wood evolution. *Aliso*, 6: 25–44.

Carlquist, S. 1977. Ecological factors in wood evolution: a floristic approach. *American Journal of Botany*. 64, 887-896.

Carreto, P. B. E., Almazán, J. Á., Sierra, M. P., y Almazán, N. R. C. (2015). Estudio florístico de la cuenca baja del río Papagayo, Guerrero, México. *Polibotánica*, (40), 01-27.

Castellanos, J. Z., Uvalle B. J. X. y Aguilar S.A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2a ed. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola.

García, F., y García, E. (2015). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal.

Gutiérrez-Macías, P., Peralta-Cruz, J., Borja-de-la-Rosa, A., & Barragán-Huerta, B. E. (2016). Peltomexicanin, a Peltogynoid Quinone Methide from *Peltogyne Mexicana* Martínez Purple Heartwood. *Molecules*, 21(2), 186.

Jane, F., W. (1970). The structure of Wood. 2^a edition. Adam y Charles Black. London.

IAWA (International Association of Wood Anatomists) Committee. (1989). List of macroscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin* n.s. 10, 219-332.

Interián, K. V. M., Borja de la R. M. A., Valdez, H. J. I., García, M. E., Romero, M. A., y Vaquera, H. H. (2011). Características anatómicas y propiedades físicas de la madera de *Caesalpinia gaumeri* Greenm en Dzan, Yucatán. *Madera y bosques*, 17(1), 23-36.

Kribs, D. A. (1935). Salient lines of structural specialization in the wood rays of dicotyledons. *Botanical Gazette*, 96(3), 547-557.

León, H. y Williams, J. (2014). Elementos xilemáticos de conducción en 69 especies leñosas de la Reserva Forestal Caparo (Barinas, Venezuela). *Acta Botanica Venezuelica*, 37(2).

Navarro, M. J., Borja de la R. A., y Machuca, V. R. (2005). Características tecnológicas de la madera de palo morado (*Peltogyne mexicana* Martínez) de Tierra Colorada, Guerrero, México. *Revista Chapingo Serie ciencias forestales y del ambiente*, 11, 73-82.

Martínez, M. (1960). Una especie de *Peltogyne* en México. *Anales de instituto de Biología*. México, D.F.: UNAM.

Melandri, J. L., y Espinoza de Pernía, N. (2009). Wood anatomy of tribe Detarieae and comparison with tribe Caesalpinieae (Leguminosae, Caesalpinioideae) in Venezuela. *Revista de biología tropical*, 57(1-2), 303-319.

Munsell Color Company. (1990). Munsell soil color charts. Baltimore, Maryland.

NOM, Norma Oficial Mexicana. 059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, 2010, vol. 30.

Rzedowski, J., (1991). “Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México”. *Acta Botanica de México*, 14, 3-21.

Rzedowski, J., R. Medina y G. Calderón de Rzedowski, (2005). “Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo regionales de las especies mexicanas de *Bursera* (*Burseraceae*)”. *Acta Botanica de México*, 70, 85-111.

SAS Institute Inc. 2009. SASuser’s guide: Statistics. Relase 6.03. Ed. SAS Institute incorporation, Cary, N.C. USA. 1028 p.

Santini, J., L. (2013). Descrição macroscópica e microscópica da madeira aplicada na identificação das principais espécies comercializadas no estado de São Paulo-Programas São Paulo Amigo da Amazônia e Cadmadeira (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Sotuyo, S. (2014). El palo morado (*Peltogyne mexicana*), una leguminosa maderable con futuro incierto y parientes lejanos. *Revista digital universitaria*.

Terrazas S., T. (1984). Proposición para clasificar el tamaño de algunas estructuras de madera de angiospermas mexicanas. Tesis profesional. Universidad nacional Autónoma de México, México.

Tortorelli L., A. (1956). Madera y Bosques Argentinos. ACME.S.A. 910p.

Wilcox, D., B. Dove, D. McDavid y D. Greer. (2002). Image tool for windows version 3.0. The University of Texas Health Science Center in San Antonio. San Antonio, Texas. U. S. A.

Vazquez Alarcón, A., & Alarcón, A. V. (1999). Guía para interpretar el análisis químico del agua y suelo.

5. CAPÍTULO . EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y ESTIMACIÓN DE ÍNDICES DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS MEDIANTE ECUACIONES, PARA *Peltogyne mexicana* MARTÍNEZ EN EL OCOTITO, y ACAPULCO, GUERRERO

5.1 Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad ampliar el conocimiento de las propiedades físicas y la estimación de las propiedades mecánicas a partir de la densidad básica de la madera de *Peltogyne mexicana* Martínez, ("Palo morado"), la cual es una especie endémica del estado de Guerrero y protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010. Se obtuvieron muestras maderables de árboles derribados por saneamiento provenientes del Ocotito y Acapulco, Gro. México. El estudio se desarrolló en el Laboratorio de Anatomía y Tecnología de la Madera de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Para determinar las Propiedades físicas se realizaron según la norma NMX-EE117-1981 y NOM-167-1983 y los índices de las propiedades mecánicas se utilizaron ecuaciones matemáticas. Los resultados obtenidos muestran que la Db es extremadamente alta para ambos sitios, la relación de anisotropía muestra que la madera no es propensa a deformaciones y las contracciones son bajas para ambos sitios. La flexión estática y compresión perpendicular y paralela a la fibra son muy altas para duramen y albura en el Ocotito mientras que para Acapulco se reportan valores que oscilan de media a baja para albura y altos para duramen. El poder calorífico obtuvo un promedio de 4,241 cal/g para albura y 4,652 cal/g para duramen en muestras del Ocotito. Considerando las propiedades físico-mecánicas de la madera de *Peltogyne mexicana* esta puede ser utilizada para la fabricación de pisos, artesanías, construcción de casas, durmientes. Para esto, se propone implementar programas de manejo y reforestación para esta especie ya que esta protegida y no se permite ser aprovechada.

Palabras clave: Propiedades físicas, Propiedades mecánicas, Poder calorífico

EVALUATION OF PHYSICAL PROPERTIES AND ESTIMATION OF INDEXES OF MECHANICAL PROPERTIES THROUGH EQUATIONS, FOR *Peltogyne mexicana* MARTÍNEZ IN THE OCOTITO, and ACAPULCO, GUERRERO

5.2 Abstract

The present work aims to expand the knowledge of the physical properties and the estimation of the mechanical properties from the basic density. Of the wood of *Peltogyne mexicana* Martínez, ("Palo morado"), which is an endemic species of the state of Guerrero and protected by NOM-059-SEMARNAT-2010. Timber samples were obtained from trees felled by sanitation from Ocotito and Acapulco, Gro. Mexico. The study was developed in the Laboratory of Anatomy and Technology of the Wood of the Division of Forestry Sciences, Universidad Autónoma Chapingo. To determine the physical properties were performed according to the norm NMX-EE117-1981 and NOM-167-1983 and the indices of the mechanical properties were used mathematical equations. The results show that the Db is extremely high for both sites, the anisotropy ratio shows that the wood is not prone to deformations and the contractions are low for both sites. The static flexion and compression perpendicular and parallel to the fiber are very high for heartwood and sapwood in the Ocotito while for Acapulco they report values ranging from medium to low for sapwood and high for heartwood. The calorific value obtained an average of 4,241 cal / g for albura and 4,652 cal / g for heartwood in samples of the Ocotito. Considering the physical-mechanical properties of *Peltogyne mexicana* wood, this can be used for the manufacture of floors, crafts, construction of houses, sleepers. For this, it is proposed to implement management and reforestation programs for this species as it is protected and not allowed to be exploited.

Keywords: Physical properties, Mechanical properties, Calorific value

5.3 Introducción

La madera se ha usado a través de los siglos en un rango amplio de propósitos en los cuales la resistencia es un factor de importancia crítica. Como resultado de las pruebas de ensayo y error realizadas durante mucho tiempo, a ciertas maderas se les han atribuido cualidades y usos especiales, atribuyéndoles estándares tradicionales de resistencia y durabilidad (Honorato y Fuentes, 2001). Las características anatómicas, las químicas, las propiedades físicas, las mecánicas, la penetrabilidad, la Trabajabilidad, la capacidad para admitir pintura, el encolado, la reacción con los agentes formadores de pulpa varían en intensidad (Braham y Ramírez, 2001). Sin embargo, es preciso llevar a cabo pruebas adecuadas para saber qué tan resistente es la madera para darle el uso correcto (Honorato y Fuentes, 2001).

En la mayoría de los países desarrollados, es un requisito indispensable clasificar a las maderas de acuerdo a sus propiedades físicas y mecánicas para brindarles una óptima utilización (Robles y Echenique, 1991). En este sentido Sotomayor *et al.*, 2003 calcularon las propiedades mecánicas utilizando la ecuación $R = A \rho^b$, en función de la densidad, obteniendo coeficientes de correlación r entre 0.78 y 0.94, en 20 especies de encinos, 20 de pino y 60 para otras latifoliadas. Por otra parte, el Sector Industrial Forestal Nacional, enfrenta retos cada vez más complicados, donde el tema de la calidad y una demanda creciente son una pieza fundamental para subsistir en la competencia (Nájera, Vargas, Méndez y De Jesús Graciano, 2005).

Así mismo las cotas mecánicas son obtenidas empleando normas de ensayo, las cuales difieren entre países e instituciones. La información no estandarizada aumenta la variabilidad normal del material, y para su correcta interpretación, es preciso un conocimiento especializado (Brown, Panshin y Forsaith, 1952; Kollmann y Côté 1968; Kollmann, Kuenzi and Stamm, 1975; Panshin y de Zeeuw 1964).

Otro aspecto importante es la utilización de la madera como fuente energética, a principios de la era industrial, la fuente de energía para la producción de vapor, fue sin lugar a dudas la madera, la que después de la Segunda Guerra Mundial, fue reemplazada por la hulla y el petróleo (Castillo, 1984). La madera está compuesta fundamentalmente por carbono, oxígeno e hidrógeno, por lo que se considera un material combustible, cuyo poder calorífico superior oscila entre 4.300 y 4.950 kcal/kg, este es más alto en las coníferas (por el elevado porcentaje de resinas que contienen) que, en las latifoliadas (Brown *et al.*, 1952).

Durante mediados del siglo XX (50s y 60s), *Peltogyne mexicana* fue muy utilizada para la construcción de cascos de navíos y construcciones de tipo residencial. El mismo periodo coincidió con el auge de la actividad turística en el puerto de Acapulco, por lo que se presume que muchas de las construcciones de la época emplearon la madera del palo morado para la construcción de vigas, pisos, puertas y mobiliario. Los cambios en uso de suelo y la tala en el estado de Guerrero han restringido el área de distribución y la abundancia de los individuos de esta especie. La distribución actual de la especie pareciera restringirse a los alrededores de Chilpancingo (Paseo de la Vía) y en Acapulco en las áreas de Cumbre de Llano Largo, Las Brisas, Punta Diamante y ciertas zonas en la Bahía de Puerto Márquez, estas últimas zonas con uso residencial poniendo en riesgo su permanencia., por lo que se encuentra en la Norma Oficial Mexicana 059 Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales (NOM 059 SEMARNAT 2010), bajo la categoría de amenazada (Sotuyo, 2014).

Se han realizado estudios de anatomía y de propiedades físicas y mecánicas de las especies de *Peltogyne porphyrocardia*, *P. densiflora*, *P. paniculada*, *P. venosa*, *P. pubescens* (Carothie, 1967; Kribs, 1968; Arroyo, 1971; Longwood, 1971; Haygreen y Bowyer, 1989; Echenique y Robles, 1963; Echenique y Plumparte, 1994; Simpson y TenWolde, 1999). Navarro *et al.*, 2005, hacen una contribución al conocimiento de palo morado (*Peltogyne mexicana* Martínez), una especie amenazada de Guerrero, México,

se reportan las propiedades físicas y mecánicas de esta especie. Por lo que el objetivo de esta investigación es Determinar las propiedades físicas y calcular las propiedades mecánicas a partir de ecuaciones matemáticas, de la madera de *P. mexicana* en dos zonas del estado de Guerrero.

5.4 Materiales y métodos

5.4.1 Descripción de la zona de estudio

La colecta se llevó a cabo en la comunidad del Ocotito ubicado en el municipio de Chilpancingo, a una altura de 750 msnm delimitado por las coordenadas geográficas 17°17'21.4" y 99°34'11.5" de latitud norte y longitud oeste. Los climas existentes son el subhúmedo-semicálido, subhúmedo-cálido y subhúmedo-templado; la temperatura varía de 15°C a 24°C. El temporal aparece normalmente de junio a septiembre con una precipitación media anual de 1,650 milímetros (García y García, 2015). y en la Unidad de Manejo para la Conservación y Manejo de Vida Silvestre (UMA extensiva "Palo morado") ubicada en el Fraccionamiento Las Brisas Acapulco, Guerrero, a una altura de 130 msnm delimitado por las coordenadas geográficas 16°49'13.3" y 099°51'41.9" de latitud norte y longitud oeste, el clima es predominantemente subhúmedo cálido, sin embargo presenta ciertas variaciones: Caliente y húmedo en las partes bajas y templadas en las tierras altas, en esta última la temperatura media anual es de 28°C y la mínima de 22°C la precipitación pluvial varía de 1,500 a 2,000 mm. (García y García, 2015).

En ambos sitios se obtuvieron muestras, en el Ocotito de un árbol destinado a la corta por cuestiones de saneamiento, se obtuvieron dos trozas de 1.30 m., y en la UMA solo se obtuvo una troza; las cuales fueron trasladadas al laboratorio de Plantas piloto de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo en el Estado de México.

5.4.2 Propiedades físicas

De las trozas se obtuvieron rodajas donde se procedió a marcar y cortar las probetas para determinar las propiedades físicas según la metodología utilizada en el Laboratorio de Anatomía y tecnología de la Universidad Autónoma Chapingo.

5.4.2.1 Densidad

Se determinó de acuerdo con la NMX-EE117-1981, en 113 probetas de 2 cm x 2 cm x 2 cm., de duramen (57) y de albura (56). De cada probeta se registró el peso verde (Pv) y volumen verde (Vv) posteriormente, se llevaron a peso constante (estado anhidro) en una estufa a (103 ± 2) °C, se anotó el peso anhidro (Po) y volumen anhidro (Vo) para obtener las densidades, básica (Db) se clasificó según (Vignote y Jiménez, 1996), Verde (Dv), Normal (Dh) y anhidra (D0), con las siguientes fórmulas:

$$Db = Po/Vv$$

$$Dv = Pv/Vv$$

$$Dh = Ph/Vh$$

$$D0 = Po/Vo$$

5.4.2.2 Contenido de humedad

El contenido de humedad de la madera verde (CHV), varía según la especie, albura, duramen, condiciones del sitio, edad y época del año en la que se corta el árbol. El conocimiento del contenido de humedad es de gran importancia ya que el peso puede ser un factor fundamental en el transporte de la madera, y además desempeña un papel determinante en el secado. Se llegan a encontrar especies con contenidos de humedad de 44 a 249% para albura, y de 33 a 98% para duramen (Echenique y Robles, 1993).

Para este ensayo se utilizó el método por pesadas, consiste en cortar una pieza pequeña de la madera de la especie de interés de un espesor no mayor de 25 mm y de preferencia que no sea de los extremos de la misma. La muestra se pesa inmediatamente obteniendo así su peso húmedo (Ph); posteriormente se introduce a una estufa con una temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$, hasta obtener peso constante en dos o tres pesadas consecutivas, con intervalo de 24 horas, el cual registraremos como peso anhidro (Po). En 8 muestras extraídas en campo de dimensiones irregulares se determinó el peso (Pv) y volumen (Vv), después, se llevaron a peso constante (estado anhidro) en una estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ y se obtuvieron el peso (Po) y el volumen (Vo) anhidros para calcular el contenido total de humedad (% CH) según Navarro *et al.*, (2005). con la siguiente fórmula:

$$\% CH = (Pv - Po / Po) \times 100$$

donde:

%H: Contenido de humedad

Pv: Peso verde (g)

Po: Peso anhidro (g)

5.4.2.3 Contracciones

La contracción de la madera, se refiere a los cambios en sus dimensiones y volumen, como resultado de los cambios en el contenido de humedad por abajo del punto de saturación de la fibra. La determinación de esta propiedad se realizó en 75 probetas de albura y 61 de duramen de 5 cm x 2 cm x 2 cm., se obtuvo el peso verde (Pv), el peso al h contenido de humedad (Ph) y peso anhidro(Po), el volumen verde (Vv), volumen al h contenido de humedad (Vh) y volumen anhidro(Vo) (Fuentes, *et al.* 2002). Las contracciones radiales, tangenciales, totales y parciales, se determinaron de acuerdo a la norma mexicana NOM-167-1983, La dimensión mayor es la que se evaluó en dirección radial o tangencial típica, se determinaron aplicando las expresiones:

$$\% \beta_{Rt} \frac{Rv-Ro}{Rv} \times 100 \quad \% \beta_{Tt} \frac{Tv-To}{Tv} \times 100 \quad \% \beta_{Rh} \frac{Rv-Rh}{Rv} \times 100 \quad \% \beta_{Th} \frac{Tv-Th}{Tv} \times 100$$

Donde:

$\% \beta_{Rt}$: Contracción radial total

$\% \beta_{Tt}$: Contracción tangencial total

$\% \beta_{Rh}$: Contracción radia al h% de CH

$\% \beta_{Th}$: Contracción tangencial al h% de CH

Las contracciones volumétricas total y parcial se calcularon con la suma de las contracciones tangenciales y las radiales totales y parciales respectivamente.

5.4.2.4 Punto de saturación de la fibra (PSF)

El punto de saturación de la fibra representa el máximo de agua higroscópica que puede contener una especie de madera , para calcular el PSF, se utilizaron los valores de densidad básica y contracción volumétrica total determinados previamente y aplicando la expresión señalada por (Tamarit y Fuentes, 2003).

$$PSF = \% \beta_{Vt} / (Db \times 0.9)$$

donde:

$PSF =$ Punto de saturación de la fibra

$\% \beta_{Vt} =$ Contracción volumétrica total

$Db =$ Densidad básica

5.4.2.5 La relación de anisotropía (A)

Es un valor que permite inferir el grado de estabilidad dimensional de la madera, representa la relación entre la magnitud de la contracción tangencial total y la magnitud de la contracción radial total, se calculó con la fórmula: $A = \% \beta Tt / \% \beta Rt$ y se clasificó de acuerdo con (Fuentes, 1998).

donde:

$A =$ relación de anisotropía

$\% \beta Tt =$ Contracción tangencial total

$\% \beta Rt =$ Contracción radial totalopía

5.4.2.6 Coeficiente de contracción volumétrica (Vc)

Es el valor que indica el porcentaje de contracción que experimenta la madera; por cada 1% de humedad que ésta pierde por debajo del punto de saturación de la fibra (Fuentes, 1988), y es determinado mediante la siguiente formula:

$$Vc = \frac{\% \beta Vt}{PSF}$$

Donde:

$Vc =$ coeficiente de contracción volumétrica

$\% \beta Vt =$ contracción volumétrica total

$PSF =$ punto de saturación de la fibra

5.4.2.7 Coeficiente de hinchamiento (v)

Corresponde al hinchamiento que experimenta la madera por cada 1% de contenido de humedad que ésta aumenta, dentro del rango del agua higroscópica, y refleja en parte el grado de estabilidad dimensional que caracteriza a la madera en particular (Fuentes, 1988), se determinó mediante la siguiente formula:

$$V = \frac{\% \alpha V h}{h}$$

Donde:

V = *coeficiente de hinchamiento.*

$\% \alpha V h$ = *hinchamiento volumétrico hasta un h% de contenido de humedad (< PSF).*

H = *%de contenido de humedad al que se determinó el hinchamiento.*

5.4.2.8 Poder calorífico

Se determinó de acuerdo a la metodología del Manual de operación del calorímetro PARR 6200, diseñado para medir de 4000 a 8000 calorías del Laboratorio de Anatomía y Tecnología de la Madera de la División de Ciencias Forestales. El equipo consta de cinco componentes: un recirculador, la impresora, el calorímetro, la cubeta y la bomba de combustión. Se realizaron 10 ensayos de duramen y albura, cada una de las muestras utilizadas, el peso fue de 1g a un contenido de humedad en equilibrio (Figura 9).

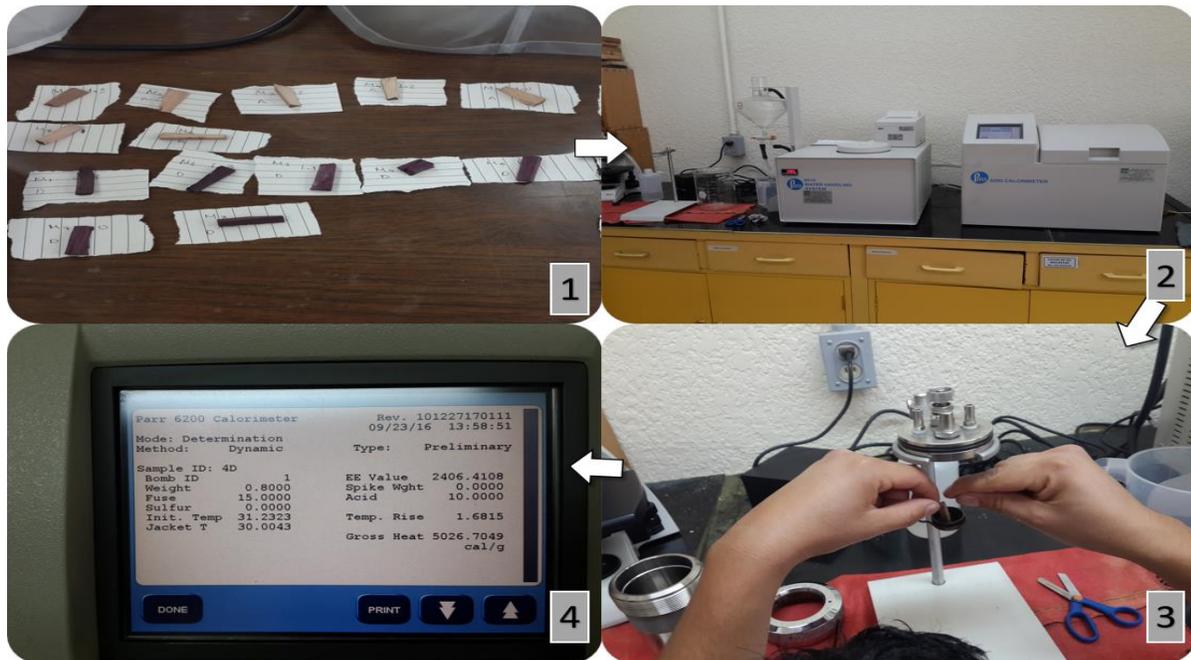


Figura 9. Procedimiento para realizar las pruebas de poder calorífico de *P. mexicana*.

5.4.3 Propiedades mecánicas

La resistencia mecánica de la madera está en relación directa con su densidad básica, a mayor densidad mayor resistencia; esto ha permitido inferir las propiedades mecánicas de la madera con cierta aproximación, utilizando ecuaciones cuya variable es la densidad básica de la madera. Para calcular las propiedades mecánicas se utilizaron ecuaciones previamente reportadas por Sotomayor, *et al.* (2003). Se seleccionó el modelo $R = A \rho^b$, donde: R = Característica Mecánica, ρ = Densidad (gr / cm³) y A, b = Coeficientes Empíricos (Cuadro 5), estos presentan coeficientes de correlación r entre 0.78 y 0.94, lo que permite sugerir su aplicación en el estudio de maderas mexicanas. Los criterios de calificación fueron determinados a partir de cinco intervalos de clase, de distribuciones normales de cada propiedad.

Cuadro 5. Valores de los coeficientes de las ecuaciones para calcular las características mecánicas de maderas mexicanas y su coeficiente de correlación reportados por Sotomayor *et al.*, (2003).

Características	A	ρ (gr / cm ³)	b	r
Flexión Estática				
Módulo de Elasticidad *	191 045	Densidad	1.02	0.86
Resistencia al Límite Elástico	792	Densidad	1.18	0.79
Resistencia a la Ruptura	1507	Densidad	1.27	0.88
Compresión Paralela				
Módulo de Elasticidad *	209 127	Densidad	1.14	0.79
Resistencia al Límite Elástico *	460	Densidad	1.27	0.85
Resistencia a la Ruptura *	696	Densidad	1.36	0.85
Compresión Perpendicular				
Resistencia al Límite Elástico	762	Densidad	1.48	0.87
Cortante Paralela				
Resistencia a la Ruptura	802	Densidad	1.92	0.78
Dureza Janka				
Cara Lateral	1248	Densidad	1.94	0.93
Cara Transversal	1225	Densidad	1.76	0.94

ρ = densidad básica; r= Coeficiente de correlación; A y b= Coeficientes Empíricos

5.5 Resultados y Discusión

5.5.1 Propiedades físicas

5.5.1.1 Densidad de *P. mexicana*

La densidad básica de la madera oscila en el rango de 0.1-1.4 g/cm³. La densidad básica de las coníferas se encuentra en el rango de 0.35 – 0.65 g/cm³, mientras que en latifoliadas se de 0.1 – 1.4 g/cm³. En el Cuadro 6 y 7 se muestran las densidades obtenidas en la presente investigación para ambos sitios; considerando la densidad básica de albura y duramen se clasifican como excesivamente pesadas según Fuentes (1998) ver (Cuadro 6 y 7). Navarro *et al.* (2005) reporta una Db para *P. mexicana* de 0.84 para duramen y 0.71 (g/cm³) para albura clasificándolas como pesada y semipesada respectivamente, resultados similares a los reportados en este estudio. La madera de *Peltogyne* por considerarse una madera dura presenta una alta resistencia mecánica, y por lo tanto puede tener dificultad en la trabajabilidad., pero esto no impide que pueda ser trabajada con herramientas de corte adecuadas. Por otro lado; Keenan y Tejeda (1987) reporta una Db para *Peltogyne prophyrocardia* Griseb. de 0.89 g/cm³, Castellanos *et al.* (2009) reporta para *Peltogyne purpurea* una Db de 0.83 g/cm³, Gérard, Miller, & Terwelle. (1996) reportan una Db para *Peltogyne venosa* (Vahl) Benth. de 0.84 g/cm³. similar a la reportada en el presente trabajo. Braham y Ramírez (2001) reporta para *Peltogyne pubescens* una Db de 0.77 g/cm³ mucho más baja a las reportadas por los autores anteriores y a la reportada en el presente trabajo (Figura 10).

Cuadro 6. Valores de las densidades de albura y duramen de *P. mexicana* en el Ocotito, Gro.

Clasificación	Valor	Densidad (g/cm ³)			
		Básica (Db)	Verde (Dv)	Anhídra (Do)	Normal (Dh)*
	Máxima	0.92	1.32	1.07	1.10
Ocotito	Media	0.82	1.28	0.94	0.99
Albura	Mínima	0.74	1.26	0.86	0.91
	SD	0.03137	0.01234	0.03721	0.03455

Clasificación
 Excesivamente pesada (Vignote y Jiménez, 1996)
 *al 12.97% de CH

	Máxima	0.99	1.36	1.12	1.15
	Media	0.86	1.30	0.95	1.01
Ocotito	Mínima	0.74	1.24	0.83	0.88
Duramen	SD	0.05036	0.01908	0.05881	0.05535

Clasificación
 Excesivamente pesada (Vignote y Jiménez, 1996)
 *al 12.81 % de CH

*contenido de humedad al que se encuentran las muestras

Cuadro 7. Valores de las densidades de albura y duramen de *P. mexicana* en Acapulco, Gro.

Clasificación	Valor	Densidad (g/cm ³)			
		Básica (Db)	Verde (Dv)	Anhídra (Do)	Normal (Dh)*
Acapulco Albura	Máxima	0.56	1.19	0.64	0.82
	Media	0.55	1.19	0.62	0.78
	Mínima	0.54	1.19	0.61	0.71
	SD	0.006	0.001	0.009	0.047
		Clasificación Pesada (Vignote y Jiménez, 1996) *al 12.97% de CH			
Acapulco Duramen	Máxima	0.93	1.23	1.02	1.07
	Media	0.90	1.22	0.99	1.04
	Mínima	0.86	1.20	0.94	1.00
	SD	0.027	0.011	0.032	0.027
		Clasificación Extremadamente pesada (Vignote y Jiménez, 1996) *al 12.81 % de CH			

*contenido de humedad al que se encuentran las muestras

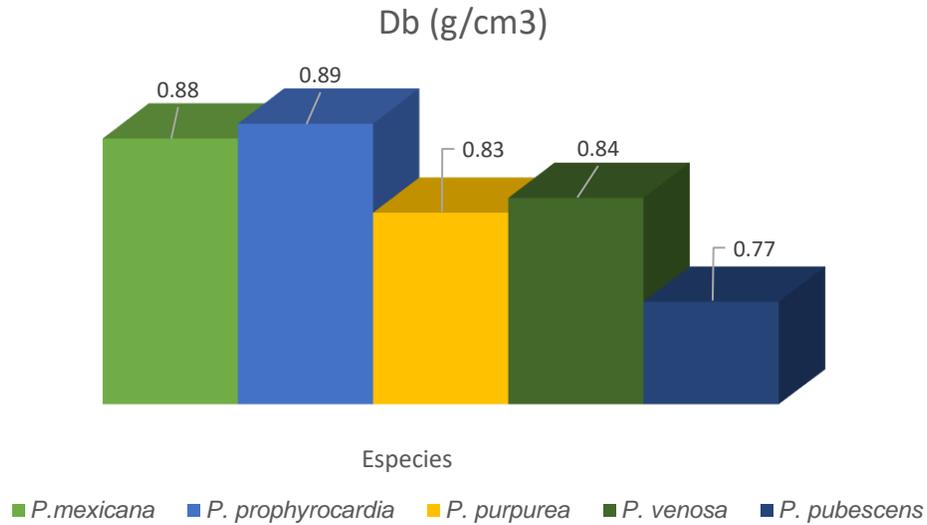


Figura 10. Comparación de las densidades básicas de especies del genero *Peltogyne*.

5.5.1.2 Contenido de humedad

Se obtuvo un promedio en contenido de humedad de 37.05% en la albura y de 66.71% en el duramen según Diaz (1960). Navarro *et al.* (2005), reportan valores similares con los obtenidos en esta investigación.

5.5.1.3 Contracciones

La modificación de las dimensiones de la madera está sujeta al contenido de humedad (Figura 11), por debajo del punto de saturación de la fibra, estos cambios están directamente relacionados con la estructura celular y presentan un comportamiento diferente en cada uno de los ejes estructurales en que se mida.

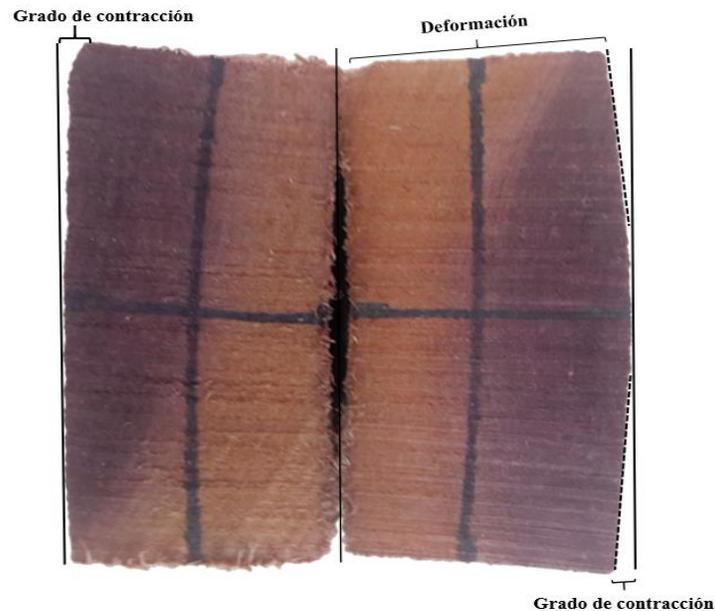


Figura 11. Contracción en el plano tangencial de *P. mexicana*.

En el cuadro 8 se muestran los valores de contracción las contracciones lineales y volumétricas se clasificaron de baja a mediana para el duramen y de mediana a alta para la albura. Keenan y Tejeda (1987) reporta una contracción radial total de 4.3% para *Peltogyne prophyrocardia* Griseb resultado similar al reportado en la presente investigación con un 4.09%, sin embargo, la contracción volumétrica total de 11.3% es mayor a la reportada en la presente investigación (9.77%). Vignote (2014), reporta una contracción volumétrica para *Peltogyne purpurea* de 9.1%, similar a la reportada en el presente trabajo, y valores de contracción radial y tangencial total muy por debajo de los obtenidos en la presente investigación. Braham y Ramírez (2001), reportan una contracción volumétrica para *Peltogyne pubescens* de 13.32%, una contracción tangencial de 7.62% y contracción radial de 5.54%, porcentajes mayores en comparación con las reportadas en el presente trabajo (Cuadro 8).

Cuadro 8. Contracción para la madera de duramen y albura de *P. mexicana* en el Ocotito, Gro.

		Contracción %					
		Radial		Tangencial		Volumétrica	
		Parcial	Total	Parcial	Total	Parcial	Total
Duramen	Máxima	2.55	5.08	3.82	7.62	6.37	12.70
	Media	1.89	4.09	2.47	5.68	4.36	9.77
	Mínima	1.43	3.24	1.39	3.21	2.82	6.45
	D.E	0.29	0.49	0.57	1.01		
	Clasificación	Baja	Mediana	Baja	Mediana	Baja	Baja
	(Fuentes <i>et al.</i> , 2002)						
	C.H.	12.82		13		12.90	
Albura	Máxima	3.06	5.38	5.33	9.69	8.39	15.06
	Media	2.18	4.27	4.12	7.85	6.22	12.11
	Mínima	1.68	3.49	1.81	4.39	3.49	7.89
	D.E	0.36	0.47	0.77	1.21		
	Clasificación	Mediana	Alta	Mediana	Alta	Mediana	Mediana
	(Fuentes <i>et al.</i> , 2002)						
	C.H.	13.08		12.99		13.035	

5.5.1.4 Punto de saturación de la fibra

El punto de saturación de la fibra (PSF) es el máximo contenido de humedad que puede alcanzar la madera en un aire saturado, partiendo desde el estado anhidro. Al aumentar la densidad básica el punto saturación de la fibra tiende a descender. Se considera que los valores del PSF varían del 18 a 36% de contenido de humedad (Tarkow, 1979). En el

presente estudio se encontró que el PSF de la madera de *Peltogyne mexicana* en el duramen fue de 23% y de 27% en la albura clasificados como bajo y normal respectivamente (Fuentes, 1998). Navarro *et al.* (2005), reportan valores bajos para PSF de albura y duramen .

5.5.1.5 La relación de anisotropía (A)

La razón entre la contracción tangencial y radial es denominada anisotropía, generalmente varia de 1.5 a 2.5 tornándose en un índice muy importante porque entre mayor sea esta mayor será la tendencia a la presencia de rajaduras y agrietamiento de la madera en el proceso de secado (Oliveira y Silva, 2003). Los valores de anisotropía en esta investigación fueron de 1.39 para el duramen, de 1.84 en albura clasificándola como muy estable y estable respectivamente, por lo cual, la madera se puede considerar no propensa a deformaciones (Cuadro 9) (Fuentes, 1998).

Cuadro 9. Relación de anisotropía, punto de saturación de la fibra, coeficiente de hinchamiento y coeficiente de contracción volumétrica de *P. mexicana*.

		A	PSF	V	Vc
Duramen	Valor	1.39	23	0.44	0.41
	(Fuentes, 1998)	Baja	Bajo		Medio
Albura	Valor	1.84	27	0.48	0.45
	(Fuentes, 1998)	Alta	Normal		Medio

A=anisotropía, PSF= punto de saturación de la fibra, V=coeficiente de hinchamiento, Vc= coeficiente de contracción volumétrica, CH= contenido de humedad.

5.5.1.6 Poder calorífico

El biocombustible es un material para quemar o para utilizar como fuente térmica de energía. Se puede medir la cantidad de energía térmica almacenada mediante el valor térmico o calorífico. Las muestras estudiadas de El Ocotito mostraron en *Peltogyne*

mexicana un promedio de 4,241 cal/g para albura y 4,652 cal/g para duramen (Figura 12), con valores similares al promedio reportado por Doat (1977), en su estudio con 111 especies de maderas tropicales, en donde encontró un p.c. promedio de 4,770 cal/g, similar al reportado por Brown, Panshin and Forsaith (1952), con un valor promedio de 4,700 cal/g para maderas latifoliadas mexicanas; mientras que Kollman (1959), considera para la madera anhidra y sin cenizas, un p.c. promedio de 4,500 cal/g para madera latifoliadas de climas templados, valor similar al reportado en el presente estudio.

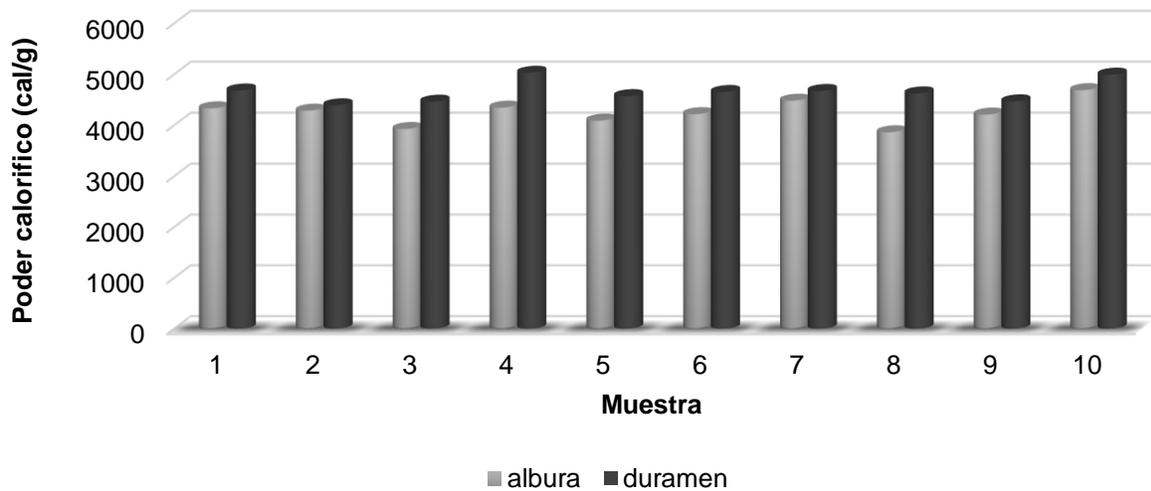


Figura 12. Poder calorífico de la albura y duramen de *P. mexicana* en El Ocotito, Gro.

5.5.2 Propiedades mecánicas

En los cuadros 10 y 11 se presentan los índices de la propiedades mecánicas de la madera de *P. mexicana* de Ocotito y Acapulco respectivamente.

Cuadro 10. Propiedades mecánicas de acuerdo a la densidad de la madera de *P. mexicana* en el Ocotito, Gro.

ENSAYO	DURAMEN			ALBURA		
	madera verde	madera al 12% de CH	clasificación de acuerdo a su (Db)	madera verde	madera al 12% de CH	clasificación de acuerdo a su (Db)
Flexión estática						
Módulo de Elasticidad (kg / cm ²)	248,358.50	164,298.70	Muy alta	244,537.60	156,656.90	Alta
Resistencia al Límite Elástico (kg / cm ²)	1,079.39	662.88	Alta	1,059.82	626.65	Alta
Resistencia a la Ruptura (kg / cm ²)	2,102.91	1,244.30	Alta	2,061.91	1,171.27	Alta
Compresión paralela a la fibra						
Módulo de Elasticidad (kg / cm ²)	271,865.10	179,849.22	Alta	267,682.56	171,484.14	Alta
Resistencia al Límite Elástico (kg / cm ²)	598.00	395.60	Muy alta	588.80	377.20	Muy alta
Resistencia a la Ruptura (kg / cm ²)	904.80	598.56	Alta	890.88	570.72	Alta
Compresión perpendicular a la fibra						
Resistencia al Límite Elástico (kg / cm ²)	1,123.55	609.55	Alta	1,098.06	568.07	Media
Cortante paralelo						
Resistencia a la Ruptura (kg / cm ²)	1,327.23	600.36	Alta	1,288.30	547.89	Alta
Dureza Janka						
Cara Lateral (kg)	2,076.18	931.41	Muy alta	2,014.66	849.21	Muy alta
Cara Transversal (kg)	1,943.91	939.41		1,891.58	863.87	

Las clasificaciones se hicieron de acuerdo con (Sotomayor *et al*, 2003).

Cuadro 11. Propiedades mecánicas de acuerdo a la densidad de la madera de *P. mexicana* en Acapulco, Gro.

ENSAYO	DURAMEN			ALBURA		
	madera verde	madera al 12% de CH	clasificación de acuerdo a su (Db)	madera verde	madera al 12% de CH	clasificación de acuerdo a su (Db)
Flexión estática						
Módulo de Elasticidad (kg / cm ²)	233074.9	171,940.50	Muy alta	227343.55	105074.75	Media
Resistencia al Límite Elástico (kg / cm ²)	1001.45	699.41	Alta	972.46	391.16	Baja
Resistencia a la Ruptura (kg / cm ²)	1939.95	1318.26	Alta	1879.57	705.30	Media
Compresión paralela a la fibra						
Módulo de Elasticidad (kg / cm ²)	255134.94	188214.30	Alta	248861.13	115019.85	Media
Resistencia al Límite Elástico (kg / cm ²)	561.20	414.00	Muy alta	547.40	253.00	Baja
Resistencia a la Ruptura (kg / cm ²)	849.12	626.40	Muy alta	828.24	382.80	Baja
Compresión perpendicular a la fibra						
Resistencia al Límite Elástico (kg / cm ²)	1022.75	651.98	Alta	985.74	314.55	Baja
Cortante paralelo						
Resistencia a la Ruptura (kg / cm ²)	1174.86	655.12	Muy alta	1120.02	254.49	Baja
Dureza Janka						
Cara Lateral (kg)	1835.49	1017.29	Muy alta	1748.94	391.31	Baja
Cara Transversal (kg)	1738.32	1017.66	Muy alta	1663.79	427.73	Media

Las clasificaciones se hicieron de acuerdo con (Sotomayor *et al*, 2003).

5.5.2.1 Flexión estática

La resistencia de la madera a este tipo de esfuerzos es de gran importancia cuando se requiere para usos estructurales, sobre todo si es utilizada como vigas. Los resultados de flexión estática en condición seca (12 % de CH) indican que el MOE se clasifica como muy alta para el ocotito mientras que para Acapulco se clasifica como media el MOR y E_{LP} se clasifican como altos, medio y bajo para el Ocotito y Acapulco, respectivamente, de acuerdo con Sotomayor *et al.* (2003). Keenan y Tejeda (1987), reportan un MOR de 1221 kg/cm² para *Peltogyne prophyrocardia* Griseb, en ensayos con probetas pequeñas este valor es similar al reportado en la presente investigación el cual fue de 1244 kg/cm² para *Peltogyne mexicana*, mientras que Navarro *et al.* (2005), reporta un MOR de 2030.69 kg/cm² para la misma especie valores mayores a los reportados en este trabajo. Gérard, Miller, & Terwelle (1996), reportan para *Peltogyne venosa* (Vahl) Benth. un MOE y MOR muy por debajo a los reportados por los autores anteriormente mencionados.

5.5.2.2 Compresión paralela y perpendicular a la fibra

Este tipo de esfuerzos son importantes en usos estructurales y en otros como los durmientes para las vías de ferrocarril, ya que indican la capacidad de la madera al compactarse por la acción de cargas externas. Para el presente estudio, los datos del E_{LP} de compresión paralela a la fibra clasificando como muy alto y alto para el Ocotito, por otro lado presentaron media y baja para Acapulco, en el duramen a y la albura, respectivamente. y el E_{LP} perpendicular a la fibra se clasificó como medio, según lo estipulado por Sotomayor *et al.* (2003). Navarro *et al.* (2005), reportan para la compresión perpendicular a la fibra de albura valores de 184.06 kg/cm² a un 12% de CH y para el duramen de 338.34 kg/cm², valores menores a los reportados en el presente trabajo.

5.5.2.3 Cortante paralelo

Es la resistencia ofrecida a la acción de una fuerza que tiende a cortar la madera en dos partes cuando la dirección del esfuerzo es perpendicular a la dirección de las fibras. Según las observaciones, la resistencia a la ruptura para el cortante paralelo producirá desgarramiento o hendidura, debido a que la madera de *Peltogyne mexicana* se clasificó como altos en albura y duramen para el Ocotito, mientras que en Acapulco se reporta muy alta para el duramen y baja para albura, esto de acuerdo con Sotomayor *et al.* (2003).

5.5.2.4 Dureza janka.

La dureza de *Peltogyne mexicana* se clasificó como muy alta tanto en la albura como en el duramen para el Ocotito, mientras que para Acapulco se reporta una clasificación de muy alta para duramen y de media a baja para albura, respectivamente; esto quiere decir que la madera de palo morado es muy difícil de trabajar, debido a la fuerza opuesta por la madera a la penetración de un elemento cortante. Sotomayor *et al.* (2003), mencionan que la dureza es mayor en el duramen que en la albura este comportamiento también se presenta en madera adulta y joven respectivamente. Por otro lado, Navarro *et al.* (2005), mencionan que la dureza de la madera de *P. mexicana* reportada en Tierra Colorada es muy alta en albura y duramen, Vignote (2014) reporta que la dureza janka de *Peltogyne purpurea* es muy baja comparada con lo reportado en el presente trabajo.

5.6 Conclusiones

Considerando las características tecnológicas de la madera de *Peltogyne mexicana* esta puede utilizarse en la fabricación de pisos, decks, artesanías, construcción de casas, durmientes, como combustible, etc.

A pesar de una gran cantidad de usos potenciales de esta especie, su aprovechamiento está restringido, hasta lograr estabilizar sus poblaciones e incluso incrementar el área de distribución natural mediante plantaciones y lograr que cambie el estatus de especie amenazada.

5.7 Literatura citada

Arroyo P. J. (1971). Clasificación y esfuerzos de trabajo para maderas venezolanas. Ministerio de Agricultura. Mérida, Venezuela.

Brahan, W. K. & Ramírez, Y. T. (2001). Propuesta metodológica para la identificación de usos potenciales de la madera a partir de parámetros fisiomecánicos cuantitativos. *Colombia Forestal*, 7(14), 7-24.

Brown, H., Panshin, A. & Forsaith, C. (1952). *Textbook of Wood Technology*. . New York, U.S.A.: Mc Grow-Hill Book Company.

Castellanos, J. R. S. & Ojeda, S. B. (2009). Velocidad del ultrasonido en la madera. *Investigación e Ingeniería de la Madera*, 17. Volumen 5, Número 2 Morelia, Michoacán, México.

Carothie, H. (1967). Estructura anatómica de 47 maderas de la Guayana Venezolana y clave para su identificación. Publicación No. 1 de Agricultura y Cria. Universidad de los Andes. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Los Charcos de Merida, Venezuela.

Castillo, M. E. U. (1984). Determinación del poder calorífico de 20 especies forestales de la amazonía peruana. *Revista Forestal del Perú*, 12(1-2), 1-15.

Diario oficial. (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial. Jueves 30 de diciembre de 2010.

Doat, J. (1977). Pouvoir calorifique des bois tropicaux. Bois et forests des Tropiques. Centre Technique Forestier Tropical No. 172. France.

Echenique M. R. & F. Robles F. (1993). Ciencia y tecnología de la madera, vol. I. Textos universitarios. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver., México.

Echenique M. R. & Plumptre. R. A. (1994). Guía para el uso de maderas de México y Belice. Universidad de Guadalajara, consejo Británico, Universidad de Oxford y LACITEMA, A.C. Xalapa, Ver., México.

Fuentes S., M. (1998). Propiedades tecnológicas de las maderas mexicanas, de importancia en la construcción. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 4(1), 221-229.

Fuentes, T. F. J., Silva, G. J. A., Lomelí, R. M. G., Richter, H.G. & Sanjuan, D. R. (2002). Comportamiento higroscópico de la madera de *Persea americana* var. Guatemalensis Mill (Hass). *Revista Chapingo, serie ciencias Forestales y del ambiente*, 8(1), 49-56.

García, F. & García, E. (2015). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal.

Gérard, J., Miller, R. B. & Terwelle, B. J. H. (1996). *Major Timber Trees of Guyana; Timber Characteristics and Utilization*. Wageningen, The Netherlands: Tropenbos Series, Vol. 15. The Tropenbos Foundation.

Haygreen, J. G. & Bowyer, J. L. (1989). *Forest Products and Wood Science, An Introduction* (2nd ed) Iowa, U.S.A.: Iowa State University Press.

Honorato, J. A., & Fuentes, M. E. (2001). Propiedades físico-mecánicas de la madera de cinco especies de encino del estado de Guanajuato. *Revista Ciencia Forestal en México*, 26(90), 5-28.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2014). "Estadísticas a propósito del día internacional de los bosques (21 de marzo)". Consultada en: www.inegi.org.mx

Keenan, F. J., & Tejada, M. (1987). *Maderas tropicales como material de construcción en los países del Grupo Andino de América del Sur*. CIID, Ottawa, ON, CA.

Kollmann, F. F. P. & Côté, W. A. (1968). *Principles of Wood Science and Technology*. Volume I: Solid Wood. Berlin, Germany: Springer-Verlag.

Kollmann, F. F. P., Kuenzi, E. W. & Stamm, A. J. (1975). *Principles of Wood Science and Technology*. Volume II. Wood Based Materials. Springer-Verlag. Berlin, Germany.

Kollman, F. (1959). *Tecnología de la Madera. Madrid*. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera. Volumen I. Madrid.

Kribs, D. A. (1968). *Comercial foreing Woods on the American market*. New York, U. S. A.: Dover Publications.

Longwood, F. R. (1971). *Comercial timbers of the Caribbean*. Agriculture Handbook No. 207. Washington, D.C. U.S.A.

Nájera, L. J. A., Vargas, Z.A., Méndez, G. J. & de Jesús Graciano, L. J. (2005). Propiedades físicas y mecánicas de la madera en *Quercus laeta* Liemb. de El Salto, Durango. *Ra Ximhai*, 1(3), 559-576.

Navarro, M. J., Borja de la R. A. & Machuca, V. R. (2005). Características tecnológicas de la madera de palo morado (*Peltogyne mexicana* Martínez) de Tierra Colorada, Guerrero, México. *Revista Chapingo Serie ciencias forestales y del ambiente*. 11, 73-82.

Ordóñez C., V. R., Bárcenas P., G. M. & Quiróz A. (1990). Características físico-mecánicas de la madera de diez especies de San Pablo Macuiltianguis, Oax. (Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México) Consultada en:

http://posgrado.chapingo.mx/images/lineamientos%20PDF/ManualDoc_de_Grad.pdf

Panshin, A. J. & de Zeeuw, C. (1964). *Textbook of Wood Technology*. Volume I. McGraw-Hill, Inc. U.S.A.

Robles, F. & Echenique, V. (1991). *Estructuras de madera*. Editorial Limusa, Grupo Noriega editores, México.

Simpson, W. & TenWolde A. (1999). Wood handbook-wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep.. Department of Agriculture, Forest Service. Forest Products Laboratory. Madison, WI, U.S.

Sotomayor, C. J. R., Herrera, F. M. A. & Cruz, De L. J. (2003). Clasificación mecánica de la madera de 100 especies mexicanas. In XII Congreso forestal mundial. Quebec, Canadá. Consultada en: <http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/WFC/XII/1054-B4.HTM>

Sotuyo, S. (2014). El palo morado (*Peltogyne mexicana*), una leguminosa maderable con futuro incierto y parientes lejanos. *Revista Digital Universitaria*, 15(4).

Tamarit, U. J. & Fuentes, S.M. (2003). Parámetros de humedad de 63 maderas Latifoliadas Mexicanas en función de su Densidad Básica. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 9(2),155-164.

Vignote, P. S. (2014). Principales maderas tropicales utilizadas en España: Características, tecnología y aplicaciones.

6. CAPÍTULO . DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES

6.1 Discusiones generales

Las características de *Peltogyne mexicana* son similares con las de otras especies como *Peltogyne prophyrocardia* Griseb *Peltogyne purpurea*, *Peltogyne venosa* (Vahl) Benth. y *Peltogyne pubescens* (Keenan y Tejeda, 1987; Gérard, Miller, & Terwelle, 1996; Braham y Ramírez, 2001; Castellanos *et al.*, 2009). El alto porcentaje de fibras (61-62 %) es acorde con la alta densidad de la madera de esta especie según Navarro *et al.* (2005).

Carlquist (1977), menciona que, en los ecosistemas húmedos, las maderas son mesomórficas y los vasos suelen ser solitarios y rara vez se agrupan mientras que en ambientes secos tienden a agruparse. Lo cual coincide el índice de vulnerabilidad que se determino para cada sitio donde se colecto la madera de *Peltogyne mexicana*.

Valencia y López (1999), así como Bárcenas y Dávalos (2000), enfatizan la importancia del conocimiento de la anatomía y propiedades físicas y mecánicas de la madera de las especies forestales como un factor indispensable si se quiere contar con una base sólida que permita determinar la adecuada utilización de las mismas. La densidad de la madera es una característica que está íntimamente relacionada con las propiedades de resistencia de la madera en la construcción y el rendimiento en la elaboración de pulpa para papel, así como con las unidades caloríficas generadas al utilizar la madera como combustible Kollman (1959).

6.2 Conclusiones generales

Por sus características anatómicas macroscópicas como el color y vetado, es una especie viable para elaboración de Marquetería, ebanistería, decoración, carpinterías interior y exterior, mobiliario, entarimado, cuchillería, escaleras, cubas, ataúdes de lujo.

Las diferencias y semejanzas básicas de las características anatómicas, en el caso de este estudio, reflejan que la madera es un material muy heterogéneo, aunque sea la misma especie no siempre va a presentar iguales características y propiedades, esto se puede dar por diferentes factores como las condiciones edafoclimáticas, edad del árbol, espaciamiento entre árboles, a diferencias genéticas, disponibilidad de nutrientes, entre otras.

El color purpura que presenta la madera del duramen de *P. mexicana* se debe a la gran cantidad de extraíbles que presenta (gomas y aceites).

Acapulco presenta un clima húmedo, por lo tanto, la madera presenta menor proporción de vasos y mayor proporción de parénquima mientras que el Ocotito presenta un clima más cálido, por lo tanto, la proporción de vasos es mayor y la proporción de parénquima menor.

De acuerdo a las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *P. mexicana* se puede atribuir que es una madera muy dura, estable dimensionalmente y con menores defectos de secado, por lo que se recomienda ampliamente para usos estructurales.

A pesar de una gran cantidad de usos que se le puede dar a la madera de ésta especie, su aprovechamiento esta restringido, se debe proponer un buen manejo para incrementar las poblaciones hasta lograr estabilizarlas e incluso incrementar el área de distribución natural mediante plantaciones y reforestaciones, así poder sacar a esta especie del estatus de amenazada.

7. Literatura citada

Bodig, J. & Jayne, B. (1982). *Mechanics of Wood and Wood composites*. New York: van Nostrand Reinhold Company.

Borja De La R., A. & Tamarit U., J. C. (1997). Propiedades tecnológicas de la madera de *Pinus arizonica* Engelm del estado de Durango, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 3(1), 103-108.

Calvillo, C. L., Cevallos, F. S. R., & Rico, A. L. (2010). Miocene Hymenaea flowers preserved in amber from Simojovel de Allende, Chiapas, Mexico. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 160(3), 126-134.

Challenger, A., 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro*. CONABIO, Instituto de Biología-UNAM, agrupación Sierra Madre. México, DF.

Doat, J. (1977). Le pouvoir calorifique des bois tropicaux. *Bois et Forêts des tropiques*, (172), 33-55.

Gutiérrez-Macías, P., Peralta-Cruz, J., Borja-de-la-Rosa, A. & Barragán-Huerta, B. E. (2016). Peltomexicanin, a Peltogynoid Quinone Methide from *Peltogyne Mexicana* Martínez Purple Heartwood. *Molecules*, 21(2), 186.

Kollman, F. (1959). *Tecnología de la Madera y sus aplicaciones*. Madrid. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera Vol. I. Madrid.

Interián., K. V. M; Borja., De la R. M. A, Valdez., H. J. I, García., M. E, Romero., M. A & Vaquera., H. H. (2011). Características anatómicas y propiedades físicas de la madera de *Caesalpinia gaumeri* Greenm en Dzan, Yucatán. *Revista madera y bosques*, 17(1), 23-36.

Carlquist, S. (2001). *Comparative Wood Anatomy. Systematic, Ecological, and Evolutionary Aspects of Dicotyledon Wood* (2nd ed) Berlin, Germany: Springer Series in Wood Science. Springer.

FAO (Food and Agriculture Organization). (2005). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005. Key Messages: Forests and Energy. Consultado en: <http://www.fao.org/international-day-of-forests/key-messages/en>

FAO (Food and Agriculture Organization). (2017). International Day of Forests 2017. Key Messages: Forests and Energy. Consultado en: <http://www.fao.org/international-day-of-forests/key-messages/en>

FAO (Food and Agriculture Organization). (2014). En: El estado de los bosques del mundo. Potenciar los beneficios socioeconómicos de los bosques. 1 ed. Roma, Italia

Gutiérrez-Macías, P., Peralta-Cruz, J., Borja-de-la-Rosa, A., & Barragán-Huerta, B. E. (2016). Peltomexicanin, a Peltogynoid Quinone Methide from *Peltogyne Mexicana* Martínez Purple Heartwood. *Molecules*, 21(2), 186.

Harold, W. y Jr. Hocker. (1984). *Introducción a la biología forestal*. Primera edición en español. México: ACT Editor S.A.

Higuchi, T. (1997). *Biochemistry and Molecular Biology of Wood*. Springer Series in Wood science. New York, U.S.A.: Springer.

Hillis, W.E. (1987). *Heartwood and Tree Exudates*. Springer Series in Wood Science. New York, U.S.A.: Editor: T.E. Timell. Springer-Verlag.

Interián-Ku, V. M., de la Rosa, B., Amparo, M., Valdez-Hernández, J. I., García-Moya, E., Romero-Manzanares, A. & Vaquera-Huerta, H. (2011). Características anatómicas y propiedades físicas de la madera de *Caesalpinia gaumeri* Greenm en Dzan, Yucatán. *Madera y bosques*, 17(1), 23-36.

Juárez-Agis, A., Castro, N. D. H., Martínez, J. L., & Umaña, M. R. (2016). Diversidad y estructura de la selva mediana subperennifolia de Acapulco, Gro., México/Diversity and structure of the semi-evergreen tropical forest of Acapulco, Gro., México. *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 5(10), 50-69.

León, H. W. & Espinoza de Pernía N. (2001). Anatomía de la madera. Universidad de Los Andes, Consejo de Publicaciones y Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico. Mérida, Venezuela.

Lewin, M. & Goldstein, I. S. (1991). Wood Structure and Composition. International Fiber Science and Technology Series. New York, U.S.A.: Marcel Dekker.

Martínez, M. (1960). Una especie de *Peltogyne* en México. *Anales del Instituto de Biología* 31,125–131

Varela, H., y Aguilera, R. (1999). Breve descripción de los recursos forestales de México. Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). Programa nacional de reforestación/FAO MONTES. Consultada en: <http://www.fao.org/docrep/007/ad102s/AD102S16.htm>

Navarro, M. J., Borja de la R. A., y Machuca, V. R. (2005). Características tecnológicas de la madera de palo morado (*Peltogyne mexicana* Martínez) de Tierra Colorada, Guerrero, México. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*. 11, 73-82.

Rzedowski, J. (1978) Vegetación de México. Limusa, México.

Rzedowski, J., 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*, 14, 3-21.

Rzedowski, J. (1994) Vegetación de México. (6ª ed.) Limusa, México.

Rowell, R. M. (1984). The Chemistry of Solid Wood. Advances in Chemistry Series 207. Washington, D.C. U.S.A.: American Chemical Society.

Sotomayor-Castellanos, J. R. (1987). Calidad de la madera para la industria de la construcción. Consideraciones Tecnológicas, Industriales y Comerciales. Cámara Nacional de la Industria de la Construcción. México.

Stamm, A. J. (1964). Wood and Cellulose Science. New York, U.S.A.: The Ronald Press Company.

Toledo, V. (1988). "La diversidad biológica de México". Ciencia y Desarrollo, 14, 17-30.

Tsoumis, G. (1991). Science and Technology of Wood. Structure, properties, utilization. New York, U.S.A.: Editorial Van Nostrand Reinhold.

Torres, R. J. M. (2004). Estudio de Tendencias y Perspectivas del Sector Forestal en América Latina Documento de Trabajo: Informe Nacional México. secretaría de medio ambiente y recursos naturales de México (SEMARNAT) organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO).

Silva, M. D. (1976). Revisão taxonômica do gênero *Peltogyne Vogel* (Leguminosae–Caesalpinioidea). *Acta amazonica*, 6(1).

Contreras, B., Koleff, P., Urquiza-Haas, T. (2012). Prioridades de conservación de los bosques tropicales en México: reflexiones sobre su estado de conservación y manejo. *Ecosistemas*. 21, 1-2.

Landon, J.R. (1986). Booker tropical soil manual. BAIL. London.

Gee, G.W. & Bauder, J. W. (1986). Particle size density. In: Klute, A. *Methods of soil analysis. Physical and mineralogical methods*. Wisc., USA.: SSSA.

8. Apéndice

Cuadro 1. PROGRAMA EN SAS y salida del análisis de correlación considerando seis variables

Análisis de correlación (Longitud total de la fibra, Diámetro total de la fibra, Diámetro del lumen, Grosor de la pared, Longitud del vaso y Diámetro del vaso).

Sistema SAS 13:40 Saturday, June 19, 2017 1

Obs	L	D	DL	GP	VL	VD
1	1109	19.08	5.68	13.40	223.07	183.88
2	1338	27.26	6.74	20.52	223.39	163.15
3	1275	14.41	4.10	10.31	183.38	180.10
4	1152	19.97	6.84	13.13	228.11	181.84
5	1315	14.68	4.01	10.67	215.14	151.88
6	1265	17.62	3.58	14.04	212.88	185.12
7	838	14.98	4.93	10.05	220.84	181.75
8	1217	25.09	8.00	17.09	213.92	147.81
9	1093	16.44	6.12	10.32	180.93	182.26
10	1032	12.11	4.19	7.92	230.56	174.94
11	1159	13.05	4.77	8.28	215.87	210.94
12	1237	11.00	3.68	7.32	211.60	155.93
13	1356	17.32	5.82	11.50	287.59	67.87
14	1000	23.57	5.44	18.13	269.91	152.66
15	1304	21.09	6.09	15.00	223.24	132.34
16	1172	13.49	4.46	9.03	219.10	170.68
17	1193	16.54	5.98	10.56	222.14	94.40
18	1239	12.53	4.80	7.73	224.81	211.24
19	1272	16.11	3.24	12.87	247.81	152.06
20	1408	17.49	6.35	11.14	199.94	189.44
21	1184	8.70	2.76	5.94	202.71	188.23
22	1201	14.37	4.88	9.49	261.40	186.95
23	1331	15.17	5.68	9.49	226.58	142.59
24	1165	11.66	4.61	7.05	174.16	219.95
25	1161	11.57	3.71	7.86	223.93	163.70
26	1130	12.65	3.68	8.97	217.96	169.82
27	1243	15.15	4.35	10.80	224.71	178.86
28	1169	14.23	5.32	8.91	211.32	191.82
29	1122	13.62	3.30	10.32	200.80	196.46
30	1237	9.75	4.23	5.52	213.13	187.54
31	1325	14.03	3.16	10.87	232.75	95.47
32	1092	16.49	3.58	12.91	191.35	158.73
33	1100	13.16	5.06	8.10	244.44	134.71
34	963	16.35	3.97	12.38	238.47	73.77
35	1261	17.16	5.52	11.64	212.58	108.18
36	887	13.02	4.20	8.82	235.35	123.24
37	1096	11.59	3.30	8.29	237.34	93.51
38	941	12.62	4.65	7.97	220.76	133.57
39	1000	12.11	4.68	7.43	259.07	117.62
40	1347	13.31	4.01	9.30	269.45	200.62
41	1268	13.31	3.71	9.60	201.93	205.67
42	1015	16.77	6.17	10.60	229.80	117.42
43	1309	13.12	4.21	8.91	192.38	171.08
44	957	18.79	5.20	13.59	258.57	154.25
45	1090	13.87	5.84	8.03	191.65	176.17
46	1021	16.16	4.66	11.50	182.15	182.85
47	1225	11.94	3.19	8.75	227.43	163.69

48	1410	18.14	5.15	12.99	206.68	136.86
49	1166	10.46	3.68	6.78	203.39	195.10
50	1168	13.63	4.46	9.17	202.39	181.08
51	1012	13.68	3.68	10.00	218.70	140.36

Obs	L	D	DL	GP	VL	VD
52	1074	12.27	4.48	7.79	207.98	157.12
53	1188	15.28	5.87	9.41	272.18	157.90
54	912	14.31	4.46	9.85	279.77	196.66
55	940	13.01	5.14	7.87	205.73	181.00
56	1149	12.13	3.97	8.16	221.28	147.38
57	1275	13.82	5.06	8.76	204.28	130.33
58	1288	15.27	4.88	10.39	234.70	144.41
59	1169	13.02	5.25	7.77	198.38	182.13
60	1037	18.30	6.31	11.99	225.71	161.83
61	928	11.80	4.23	7.57	280.75	170.79
62	1060	9.60	5.15	4.45	235.47	175.39
63	1035	16.12	5.53	10.59	205.16	117.18
64	980	12.13	4.09	8.04	210.57	165.14
65	1027	13.42	5.64	7.78	212.40	156.24
66	1102	10.68	4.46	6.22	193.52	176.70
67	1250	12.70	4.23	8.47	204.18	153.96
68	1275	11.89	3.62	8.27	223.51	134.15
69	1052	9.98	2.56	7.42	225.69	173.07
70	1127	12.53	3.71	8.82	220.55	134.81
71	1236	13.16	5.84	7.32	243.39	143.00
72	1030	17.89	5.88	12.01	239.85	123.36
73	1047	13.53	6.12	7.41	270.87	72.96
74	1007	10.88	5.30	5.58	210.49	158.35
75	1222	15.20	4.88	10.32	214.71	154.62
76	1180	16.12	5.25	10.87	191.99	180.11
77	1456	15.28	3.82	11.46	248.53	174.01
78	1209	22.85	8.67	14.18	197.09	205.73
79	1239	14.57	6.26	8.31	223.71	180.10
80	1039	15.40	5.08	10.32	213.73	150.76
81	1110	12.38	3.82	8.56	193.34	113.79
82	1030	14.59	4.79	9.80	215.95	195.80
83	1411	19.12	5.92	13.20	220.52	159.80
84	899	13.75	5.64	8.11	242.38	136.13
85	1198	13.93	4.58	9.35	225.31	196.56
86	1198	17.89	5.37	12.52	220.53	171.47
87	1202	15.76	5.78	9.98	255.01	115.20
88	1084	13.27	5.15	8.12	252.44	113.68
89	1055	13.76	5.67	8.09	212.99	177.29
90	1283	10.80	3.40	7.40	188.79	154.05
91	1060	13.82	5.44	8.38	200.57	208.85
92	1085	13.62	5.92	7.70	184.62	141.59
93	1009	10.41	4.16	6.25	196.66	93.43
94	1127	18.72	7.78	10.94	207.75	114.97
95	1209	18.50	6.72	11.78	180.61	82.18
96	1170	15.67	3.58	12.09	199.79	220.76
97	1042	14.72	5.64	9.08	205.55	162.58
98	1289	16.83	6.17	10.66	194.96	88.57
99	1296	13.54	5.55	7.99	199.58	101.47
100	1226	17.00	5.06	11.94	221.30	157.18
101	1211	12.53	4.31	8.22	223.51	155.77
102	1274	13.47	3.68	9.79	181.15	175.63

Obs	L	D	DL	GP	VL	VD
103	888	9.50	2.62	6.88	185.84	159.27
104	1279	15.80	5.88	9.92	217.31	149.21
105	1123	15.28	4.65	10.63	172.03	128.39
106	1321	11.24	3.82	7.42	231.72	110.95
107	1170	13.93	3.19	10.74	203.82	145.25
108	1299	13.75	5.55	8.20	219.57	164.49
109	985	13.28	5.15	8.13	273.97	205.82
110	1062	10.79	5.15	5.64	238.30	185.63
111	1119	15.67	7.52	8.15	206.05	212.75
112	1283	14.96	6.72	8.24	215.41	210.98
113	1204	13.93	3.30	10.63	202.76	112.82
114	1113	12.09	4.23	7.86	186.34	122.04
115	1164	12.30	3.95	8.35	206.52	166.97
116	831	13.14	3.42	9.72	227.20	196.16
117	1292	12.50	4.82	7.68	147.98	83.65
118	1398	14.83	5.25	9.58	220.97	173.92
119	1163	13.15	4.16	8.99	238.95	94.64
120	1270	20.46	5.47	14.99	158.40	122.53
121	1058	13.54	4.77	8.77	257.61	154.35
122	1181	14.37	4.48	9.89	200.08	161.47
123	1156	13.62	5.68	7.94	198.82	142.32
124	1275	13.15	4.10	9.05	205.99	129.10
125	1177	13.71	5.64	8.07	235.10	165.11
126	1095	12.21	3.02	9.19	198.66	198.45
127	987	13.31	3.68	9.63	198.36	198.36
128	1194	16.82	5.45	11.37	125.09	125.09
129	1176	18.18	3.30	14.88	170.79	170.79
130	1359	12.64	3.74	8.90	171.54	171.54
131	1102	13.81	5.99	7.82	139.73	116.25
132	1018	13.33	3.87	9.46	221.13	159.91
133	1100	16.57	5.40	11.17	234.97	80.63
134	1051	13.67	4.30	9.37	191.89	157.83
135	1041	12.42	3.06	9.36	219.49	138.15
136	1257	25.59	8.16	17.43	199.88	110.61
137	1048	16.66	6.86	9.80	184.00	116.14
138	1053	19.69	6.11	13.58	213.54	143.50
139	1129	14.03	4.18	9.85	180.48	166.66
140	1005	14.98	4.18	10.80	166.54	49.08
141	976	16.61	6.91	9.70	182.23	135.07
142	965	14.64	4.72	9.92	184.96	139.30
143	1105	15.88	5.47	10.41	174.61	150.19
144	1115	15.74	6.67	9.07	245.51	134.43
145	1081	17.74	3.77	13.97	206.98	161.64
146	1111	18.62	7.60	11.02	243.60	143.60
147	1061	15.67	5.16	10.51	222.68	87.94
148	858	18.85	4.88	13.97	159.82	142.56
149	1107	14.50	4.45	10.05	237.04	127.00
150	1198	13.16	5.26	7.90	183.19	63.68
151	1045	12.74	4.93	7.81	202.22	170.60
152	965	9.05	3.77	5.28	194.74	152.01
153	1180	11.27	5.88	5.39	138.72	170.96

Obs	L	D	DL	GP	VL	VD
154	1093	14.17	4.54	9.63	203.91	169.89
155	1068	14.92	5.86	9.06	222.48	194.87
156	836	12.18	3.77	8.41	186.09	146.97
157	1079	16.79	5.26	11.53	195.37	102.75
158	1005	16.53	4.32	12.21	156.79	175.75
159	908	13.33	5.28	8.05	180.94	161.49
160	1234	16.70	6.50	10.20	192.38	195.40
161	1003	16.21	5.07	11.14	189.39	127.62
162	1194	17.30	6.55	10.75	194.34	155.21
163	886	11.45	3.77	7.68	200.41	169.73
164	888	14.44	5.40	9.04	203.00	137.83
165	1037	15.83	6.05	9.78	229.03	148.42
166	1059	11.19	4.12	7.07	225.05	51.75
167	1105	14.26	5.33	8.93	249.47	158.10
168	1093	15.28	6.82	8.46	181.80	203.08
169	1120	14.68	5.69	8.99	247.96	58.36
170	906	15.87	3.48	12.39	198.48	184.68
171	1155	12.42	4.75	7.67	209.73	195.65
172	1010	11.32	3.48	7.84	164.13	127.22
173	986	13.83	4.45	9.38	205.35	89.09
174	1052	15.21	6.91	8.30	221.95	119.61
175	1195	16.08	6.11	9.97	203.80	214.36
176	1992	15.67	8.47	7.20	241.17	173.89
177	1779	18.01	8.23	9.78	199.35	86.16
178	1807	12.64	5.15	7.49	239.29	68.89
179	1570	14.08	7.19	6.89	195.20	168.46
180	1556	12.01	5.28	6.73	207.80	180.66
181	1858	14.30	7.35	6.95	195.68	219.18
182	1963	17.16	6.30	10.86	231.51	150.43
183	1438	10.92	4.88	6.04	196.45	113.36
184	1896	17.66	4.53	13.13	212.57	84.49
185	1746	11.91	5.67	6.24	204.96	164.47
186	1639	15.96	7.63	8.33	188.17	127.66
187	1623	14.23	5.16	9.07	174.72	132.64
188	1482	12.15	5.25	6.90	201.18	147.30
189	1155	14.55	5.52	9.03	226.58	159.32
190	1134	16.74	5.52	11.22	231.11	150.54
191	1300	13.26	5.55	7.71	284.06	138.97
192	1323	18.50	8.82	9.68	214.50	169.08
193	1124	10.89	5.87	5.02	248.17	142.86
194	1165	16.12	7.59	8.53	179.00	170.05
195	1109	10.64	4.64	6.00	229.21	171.00
196	1166	13.67	5.20	8.47	209.41	94.97
197	1269	18.97	9.20	9.77	227.17	181.67
198	1325	15.05	5.09	9.96	273.34	165.33
199	1027	12.11	5.87	6.24	194.48	171.51
200	995	15.33	6.84	8.49	262.98	182.53
201	1022	17.99	7.03	10.96	232.11	105.47
202	1127	13.99	6.44	7.55	205.68	119.19
203	1148	13.50	5.94	7.56	195.13	133.43
204	1017	14.08	5.64	8.44	225.11	140.01

Obs	L	D	DL	GP	VL	VD
205	1150	12.27	5.40	6.87	205.27	117.71
206	1271	14.27	5.36	8.91	132.59	165.17
207	1271	12.74	4.46	8.28	164.14	169.21
208	1216	12.23	4.68	7.55	223.02	88.28
209	1237	16.70	6.35	10.35	194.50	189.77
210	1120	12.88	5.98	6.90	220.64	58.83
211	1308	13.02	5.88	7.14	200.73	154.07
212	1249	15.43	7.65	7.78	166.28	156.83
213	1059	13.58	4.88	8.70	211.39	89.43
214	1112	16.66	5.44	11.22	181.53	110.59
215	1282	14.59	5.67	8.92	183.47	91.26
216	1338	20.51	8.26	12.25	202.00	71.28
217	1099	18.82	6.16	12.66	193.59	103.77
218	1014	7.81	2.94	4.87	198.17	73.48
219	1339	21.51	5.92	15.59	209.96	141.57
220	1034	16.69	8.09	8.60	212.16	105.67
221	1136	11.20	4.97	6.23	181.56	169.51
222	1217	17.78	6.56	11.22	164.82	129.04
223	1118	15.96	6.68	9.28	155.93	100.90
224	1303	16.07	7.78	8.29	172.14	142.30
225	1126	10.20	4.23	5.97	218.07	146.79
226	964	12.18	2.94	9.24	153.53	149.79
227	1327	14.25	7.16	7.09	201.04	64.24
228	1280	22.39	5.92	16.47	233.33	161.49
229	1280	10.71	3.71	7.00	179.08	164.75
230	1368	15.94	7.01	8.93	185.33	138.88
231	1179	15.54	3.42	12.12	187.71	167.23
232	985	13.21	4.31	8.90	224.22	68.59
233	1088	19.32	4.09	15.23	207.44	161.77
234	1419	13.32	4.35	8.97	190.20	122.50
235	1285	18.19	7.02	11.17	183.78	124.10
236	1196	12.55	5.08	7.47	178.17	87.30
237	1277	8.30	2.88	5.42	182.24	180.04
238	1321	11.79	6.46	5.33	215.35	101.57
239	1533	12.91	6.72	6.19	186.68	88.60
240	1218	12.87	6.72	6.15	189.78	145.48
241	982	11.47	2.94	8.53	216.58	146.75
242	1005	11.37	5.92	5.45	210.48	154.48
243	1015	14.14	5.67	8.47	193.83	145.60
244	1299	16.82	7.44	9.38	204.52	143.72
245	1146	19.11	4.65	14.46	215.08	107.06
246	1122	14.88	4.31	10.57	170.37	130.80
247	1345	12.31	4.65	7.66	193.08	108.58
248	963	12.38	4.23	8.15	219.52	152.68
249	1158	12.27	6.72	5.55	180.89	124.39
250	1153	16.65	7.90	8.75	207.31	81.76
251	911	13.06	3.52	9.54	175.42	81.46
252	1082	16.81	8.45	8.36	228.94	97.49
253	1234	12.24	7.44	4.80	239.23	182.64
254	815	13.31	4.01	9.30	150.27	120.71
255	1093	14.08	5.87	8.21	159.58	161.41

Obs	L	D	DL	GP	VL	VD
256	953	18.20	4.65	13.55	188.85	120.81
257	1140	12.22	5.55	6.67	180.80	170.37
258	1159	10.61	6.12	4.49	249.14	161.93
259	1153	11.00	5.21	5.79	200.05	157.83
260	1061	15.40	6.68	8.72	145.94	204.45
261	969	20.11	5.23	14.88	209.78	82.85
262	1084	13.05	5.87	7.18	204.73	68.90
263	1078	10.92	3.82	7.10	245.97	149.18
264	1173	15.78	6.05	9.73	241.25	187.43
265	1006	12.27	4.41	7.86	212.95	81.77
266	980	8.88	4.01	4.87	261.54	151.29
267	875	13.31	4.19	9.12	212.88	184.62
268	1046	16.84	6.24	10.60	241.90	201.81
269	962	9.51	2.29	7.22	284.86	152.74
270	1004	12.64	4.84	7.80	246.58	184.81
271	1080	13.61	4.19	9.42	268.51	153.13
272	981	9.54	3.44	6.10	207.49	164.30
273	949	13.75	4.01	9.74	246.59	182.65
274	820	13.18	5.32	7.86	229.11	86.28
275	1104	20.64	5.12	15.52	175.55	122.74
276	1192	21.83	7.50	14.33	217.95	149.93
277	1273	22.08	9.17	12.91	177.32	128.41
278	986	11.32	3.30	8.02	212.83	170.60
279	970	20.27	7.50	12.77	185.21	220.93
280	1292	15.61	5.92	9.69	215.30	78.54
281	862	10.82	2.94	7.88	198.01	129.03
282	929	12.42	3.95	8.47	222.63	139.02
283	990	12.88	5.55	7.33	240.30	143.86
284	1075	11.10	3.71	7.39	209.15	124.42
285	1054	12.55	6.27	6.28	222.55	154.06
286	1182	13.63	4.93	8.70	219.94	133.78
287	1008	13.00	4.01	8.99	218.84	130.75
288	1217	13.53	3.74	9.79	228.40	157.08
289	1135	11.49	3.68	7.81	254.77	159.58
290	1078	14.05	5.64	8.41	222.80	104.23
291	1095	17.16	5.40	11.76	252.81	81.54
292	982	14.08	2.94	11.14	195.67	110.51
293	1202	17.88	4.16	13.72	232.94	175.82
294	974	11.33	3.91	7.42	256.24	157.12
295	1173	10.92	3.44	7.48	188.22	158.30
296	918	15.05	4.80	10.25	204.75	133.61
297	1135	14.49	4.58	9.91	260.18	86.48
298	1092	13.63	3.52	10.11	245.35	137.13
299	982	12.27	3.68	8.59	214.44	150.74
300	1145	14.84	4.53	10.31	228.03	172.88
301	906	11.62	4.01	7.61	257.73	147.98
302	983	12.23	4.30	7.93	254.27	148.02
303	1222	15.86	5.60	10.26	221.77	126.52
304	1081	15.29	4.45	10.84	229.00	97.79
305	1022	16.92	7.73	9.19	225.86	94.42
306	1260	18.42	8.75	9.67	240.24	143.11

Obs	L	D	DL	GP	VL	VD
307	1020	18.10	6.11	11.99	263.75	111.91
308	1173	18.10	5.43	12.67	240.96	90.91
309	997	15.06	4.63	10.43	241.05	183.38
310	951	15.27	3.23	12.04	237.43	98.04
311	920	16.89	3.87	13.02	219.99	99.91
312	993	17.95	4.72	13.23	227.49	146.82
313	958	13.93	4.14	9.79	181.62	115.19
314	1099	13.21	5.80	7.41	245.95	82.80
315	980	15.25	6.50	8.75	261.26	137.66
316	1095	19.39	7.93	11.46	235.92	87.94
317	836	18.80	4.10	14.70	223.72	70.24
318	912	13.06	5.26	7.80	230.67	131.84
319	1101	18.78	4.88	13.90	248.27	54.47
320	1195	19.52	6.29	13.23	244.34	36.10
321	1139	15.02	6.06	8.96	192.26	107.14
322	1009	13.97	4.12	9.85	218.77	73.66
323	1014	15.08	4.10	10.98	208.31	124.91
324	970	12.88	4.45	8.43	237.49	138.73
325	1010	10.92	4.97	5.95	224.82	85.86
326	1001	15.02	4.88	10.14	225.84	104.67
327	1136	21.56	8.48	13.08	210.46	131.55
328	1209	17.23	5.66	11.57	193.05	127.12
329	1124	17.70	6.10	11.60	252.95	61.59
330	1053	11.56	3.59	7.97	201.69	144.78
331	1064	21.29	7.25	14.04	194.36	126.76
332	1081	12.57	5.45	7.12	230.61	140.87
333	1261	14.44	5.74	8.70	217.61	159.61
334	1098	13.84	4.88	8.96	232.55	99.58
335	943	16.14	5.85	10.29	223.87	103.71
336	924	15.88	5.08	10.80	224.77	130.32
337	918	16.33	6.56	9.77	195.61	96.62
338	1167	20.54	7.21	13.33	232.27	122.53
339	1105	12.37	4.83	7.54	222.22	132.44
340	1003	15.81	5.43	10.38	229.07	112.39
341	1021	14.13	5.64	8.49	265.56	89.88
342	900	16.14	5.08	11.06	261.48	51.96
343	925	16.08	4.63	11.45	247.47	136.06
344	823	14.66	5.33	9.33	237.35	106.08
345	1071	14.29	4.56	9.73	219.80	80.61
346	917	14.41	5.33	9.08	277.75	81.54
347	892	12.27	5.08	7.19	224.60	120.23
348	1059	13.57	4.37	9.20	231.85	126.05
349	1246	16.31	5.43	10.88	252.41	127.99
350	977	15.08	6.23	8.85	244.34	146.75
351	1110	17.34	6.73	10.61	276.85	136.22
352	935	15.78	6.08	9.70	188.97	91.42
353	894	12.50	4.82	7.68	187.71	83.40
354	1038	13.69	6.11	7.58	246.86	108.08
355	984	13.16	4.82	8.34	229.55	118.24
356	890	15.58	5.94	9.64	188.06	135.17
357	1166	17.20	5.33	11.87	232.13	99.84

Obs	L	D	DL	GP	VL	VD
358	966	14.13	5.86	8.27	212.35	67.82
359	1091	14.78	4.75	10.03	193.29	68.21
360	930	13.98	4.54	9.44	216.74	120.81
361	998	14.70	3.85	10.85	246.75	161.85
362	935	15.13	4.88	10.25	213.85	117.52
363	1146	15.82	4.93	10.89	231.36	123.30
364	1090	13.98	7.06	6.92	203.05	110.99
365	1072	15.38	4.70	10.68	229.44	104.00
366	916	12.37	5.08	7.29	259.96	159.96
367	952	11.01	4.54	6.47	249.82	141.75
368	910	12.78	5.74	7.04	226.79	63.00
369	984	14.13	5.26	8.87	220.36	67.99
370	1035	14.36	3.87	10.49	226.52	143.96
371	930	13.88	5.13	8.75	249.03	113.89
372	1090	15.73	4.56	11.17	232.38	165.62
373	936	15.16	6.19	8.97	205.24	146.82
374	1108	19.16	6.92	12.24	235.97	100.43
375	806	10.59	4.88	5.71	256.03	130.82
376	1090	15.63	4.70	10.93	224.29	180.67
377	1122	6.13	5.27	0.86	223.77	172.25
378	1171	15.78	7.18	8.60	257.26	105.37
379	1077	12.79	6.23	6.56	267.13	145.17
380	1150	19.34	5.43	13.91	237.38	143.90
381	1240	18.17	5.62	12.55	243.69	68.45
382	1004	18.60	6.08	12.52	247.45	74.55
383	1026	16.98	4.37	12.61	203.56	107.83
384	1197	15.12	6.63	8.49	229.80	131.86
385	987	13.84	5.81	8.03	237.62	111.33
386	1080	15.91	4.66	11.25	254.97	128.92
387	1206	16.02	5.26	10.76	196.58	121.51
388	933	14.55	5.43	9.12	249.26	91.36
389	920	16.30	6.36	9.94	258.65	147.57
390	1215	16.33	5.40	10.93	230.61	100.89
391	843	13.29	4.72	8.57	237.36	144.84
392	1344	14.07	3.06	11.01	247.93	147.19
393	1092	14.82	5.64	9.18	276.27	153.63
394	1139	17.46	7.06	10.40	230.32	122.15
395	1071	16.66	6.10	10.56	248.43	157.66
396	966	15.88	5.74	10.14	222.82	145.97
397	1153	12.22	3.32	8.90	234.60	140.29
398	1011	12.26	4.14	8.12	238.32	122.58
399	1164	12.99	3.91	9.08	246.58	144.73
400	1051	17.64	4.46	13.18	237.54	132.62
401	1044	16.13	5.27	10.86	208.65	161.29
402	896	11.65	5.45	6.20	212.75	165.84
403	1229	13.81	5.08	8.73	198.29	117.83
404	1257	16.74	6.23	10.51	205.92	141.71
405	1132	14.09	5.13	8.96	231.61	105.63
406	1175	14.08	7.42	6.66	262.20	149.60
407	1183	14.33	4.69	9.64	244.03	132.78
408	929	11.01	3.37	7.64	215.62	61.80

Obs	L	D	DL	GP	VL	VD
409	1001	13.44	5.28	8.16	167.44	101.58
410	1044	13.54	5.08	8.46	221.93	101.25
411	1027	17.84	5.59	12.25	219.25	82.38
412	947	17.33	6.23	11.10	245.15	72.85
413	957	15.01	5.28	9.73	157.63	83.69
414	834	12.93	6.18	6.75	245.57	49.90
415	1131	14.25	4.54	9.71	225.08	141.56
416	1090	14.26	6.68	7.58	237.41	107.93
417	1029	18.78	7.42	11.36	237.01	152.93
418	1122	14.46	4.10	10.36	251.93	100.35
419	1121	15.16	5.62	9.54	246.58	115.33
420	969	16.48	4.18	12.30	213.88	81.24
421	1085	15.59	4.10	11.49	224.79	157.70
422	857	15.73	4.75	10.98	228.56	87.52
423	1076	11.84	5.13	6.71	218.56	88.96
424	846	10.08	3.85	6.23	221.44	102.57
425	936	15.36	6.03	9.33	196.96	119.70
426	1089	16.60	5.28	11.32	221.21	110.51
427	1137	13.55	5.13	8.42	213.61	177.61
428	1146	18.80	6.40	12.40	195.50	67.25
429	995	12.07	6.10	5.97	213.74	172.25
430	1004	15.38	4.54	10.84	259.08	95.49
431	1015	17.60	4.90	12.70	219.19	128.27
432	896	13.36	4.46	8.90	216.95	143.59
433	937	18.55	3.32	15.23	212.78	165.24
434	1191	15.28	4.37	10.91	258.46	128.28
435	1084	12.78	3.59	9.19	251.97	131.64
436	1141	18.64	9.81	8.83	225.56	147.19
437	1166	17.89	7.46	10.43	203.83	143.24
438	835	11.75	4.77	6.98	212.24	145.54
439	926	18.52	6.40	12.12	175.28	144.71
440	997	18.28	6.10	12.18	254.92	192.78
441	1187	19.34	6.21	13.13	232.16	142.63
442	1031	15.21	3.59	11.62	243.23	131.83
443	936	17.26	4.46	12.80	202.74	153.52
444	1174	18.52	4.70	13.82	236.25	164.83
445	1034	15.85	7.42	8.43	216.47	166.61
446	1200	16.74	5.13	11.61	248.42	202.33
447	972	16.66	4.83	11.83	213.09	92.71
448	992	16.19	5.28	10.91	217.73	135.86
449	961	14.34	5.66	8.68	199.04	77.53
450	905	14.90	6.05	8.85	245.68	108.75
451	993	14.61	5.28	9.33	208.29	146.99
452	1096	18.43	7.18	11.25	259.25	116.02
453	1107	15.17	6.68	8.49	244.09	112.05
454	914	15.45	5.86	9.59	259.26	178.92
455	958	13.76	5.74	8.02	246.89	168.05
456	966	15.51	5.74	9.77	217.18	115.76
457	874	17.84	7.21	10.63	212.09	161.29
458	1025	16.72	5.47	11.25	214.96	154.78
459	945	14.85	5.62	9.23	226.98	195.29

Obs	L	D	DL	GP	VL	VD
460	843	14.55	4.30	10.25	246.88	98.30
461	852	14.44	5.08	9.36	184.57	99.86
462	865	12.78	4.54	8.24	215.78	142.63
463	1148	17.59	6.73	10.86	232.63	169.18
464	966	18.52	7.06	11.46	220.90	86.35
465	1147	13.24	5.13	8.11	197.40	143.34
466	1030	18.52	6.63	11.89	206.69	179.30
467	1009	14.58	5.94	8.64	197.07	159.78
468	874	14.90	5.45	9.45	221.62	138.74
469	1053	17.57	6.21	11.36	260.06	134.11
470	1085	13.98	7.42	6.56	207.53	91.50
471	1050	14.67	5.89	8.78	223.46	117.19
472	1053	16.12	6.92	9.20	241.90	181.65
473	1184	15.82	5.33	10.49	250.68	119.80
474	891	17.91	6.63	11.28	218.39	182.82
475	1101	18.40	5.66	12.74	246.99	172.90

Procedimiento CORR

6 Variables: L D DL GP VL VD

Estadísticos simples

Variable	N	Media	Desviación típica	Suma	Mínimo	Máximo
L	475	1109	168.63675	526816	806.00000	1992
D	475	14.80802	2.79078	7034	6.13000	27.26000
DL	475	5.26187	1.27339	2499	2.29000	9.81000
GP	475	9.54615	2.35797	4534	0.86000	20.52000
VL	475	217.39956	27.47493	103265	125.09000	287.59000
VD	475	137.42937	37.35154	65279	36.10000	220.93000

Coefficientes de correlación Pearson, N = 475
 Prob > |r| suponiendo H0: Rho=0

	L	D	DL	GP	VL	VD
L	1.00000	0.12065 0.0085	0.21796 <.0001	0.02509 0.5855	-0.11811 0.0100	0.10802 0.0185
D	0.12065 0.0085	1.00000	0.54167 <.0001	0.89103 <.0001	0.02068 0.6531	-0.09535 0.0378
DL	0.21796 <.0001	0.54167 <.0001	1.00000	0.10106 0.0276	-0.00237 0.9588	-0.07509 0.1021
GP	0.02509 0.5855	0.89103 <.0001	0.10106 0.0276	1.00000	0.02576 0.5755	-0.07230 0.1156
VL	-0.11811 0.0100	0.02068 0.6531	-0.00237 0.9588	0.02576 0.5755	1.00000	-0.06486 0.1581
VD	0.10802 0.0185	-0.09535 0.0378	-0.07509 0.1021	-0.07230 0.1156	-0.06486 0.1581	1.00000