



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE LA MADERA

"PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA DE TRES ESPECIES DE ENCINO (*Quercus candicans* Née, *Quercus laurina* Humb. & Bonpl., *Quercus rugosa* Née) DE LA COMUNIDAD INDÍGENA DE NUEVO SAN JUAN PARANGARICUTIRO (CINSJP)."

Tesis

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
Ingeniero en Tecnología de la Madera

PRESENTA:

Luis Enrique Chávez García

DIRECTOR:

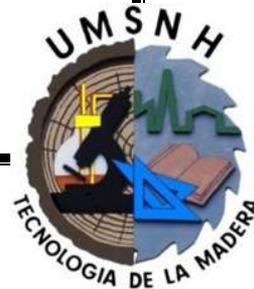
Maestro en Ciencias y Tecnología de la Madera
Marco Antonio Herrera Ferreyra

ASESOR:

Doctor en Ciencias del Desarrollo Regional

Dr. Francisco Javier Castro Sánchez

Morelia, Michoacán, Marzo de 2014.



Dedicatoria

Al ser que me dio la esencia y la dicha de vida, a quien sin pedir nada a cambio me han otorgado su amor, apoyo incondicional, esfuerzo, consejo, sacrificio y dirección.

La amiga y compañera que me ayudo a crecer estando siempre conmigo.

A mi Madre.

María Soledad García Ramírez.

Gracias

Agradecimientos

A Dios:

Por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida. Gracias

A mis hermanos:

Nuestras vidas han tomado rumbos diferentes, pero hemos contado con el apoyo mutuo unos con otros, ya que nuestros lazos de hermandad son siempre y en todos momentos sinceros sin que nada ni nadie infiera en ellos, los quiero mucho hermanos y donde quiera que estén siempre contarán con mi respeto y admiración.

A mis maestros:

A las personas que dedicaron su tiempo, En especial al M.C. Marco Antonio Herrera Fereyra. Los llevaré con cariño en mis recuerdos, por enseñarme las armas para defenderme en el mundo real fundamentado con el conocimiento y resultados de su experiencia propia. Gracias.

Resumen

Los encinos pertenecen a la familia Fagaceae, considerada como uno de los grupos de plantas más importantes del reino vegetal, ya que cuenta con una gran diversidad de géneros, especies y se localizan en todo el mundo principalmente en regiones templadas y subtropicales del hemisferio norte (Lawrence, 1951).

Debido a la diversidad de usos del encino (*Quercus*) en diferentes partes de la República Mexicana: uso medicinal, alimenticio, artesanal, forraje, taninos, colorantes y poseer valor cultural, forman parte de uno de los grupos taxonómicos de plantas con mayor importancia económica en el hemisferio norte (Valencia, 2004). Sin embargo México muestra un desinterés hacia este grupo debido al desconocimiento de sus aspectos biológicos y de su taxonomía complicada, por lo cual su estudio se ha limitado (Zavala, 1995).

A pesar de esta situación, especialistas de diversas partes del mundo han enfocado su atención a la diversidad del género en este país. Sin embargo, los escasos trabajos sobre este género comprenden sólo aspectos básicos sobre propiedades físicas y mecánicas, secado y trabajabilidad; aunado a la gran diversidad de especies existentes en México, se tiene por lo tanto una gran diversidad en comportamiento de la madera de los encinos, dificultando así su comprensión y motivación para promover su uso. Por lo que la presente investigación está dirigida a obtener características físicas y mecánicas de las especies denominadas *Quercus candicans* Neé, *Quercus laurina* Humb & Bonpl., *Quercus rugosa* Neé, extraídas de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro (CINSJP), ubicado en el estado de Michoacán, con el fin de obtener datos relevantes y recientes de estas especies que permitan dirigir a la comunidad a un aprovechamiento adecuado que impacte en beneficio de ésta, ya que Michoacán ocupa el segundo lugar a nivel nacional en producción maderable de encino con 153,036 m³/(VTA), formando parte importante de su economía, y sin embargo lo que se autoriza legalmente para su aprovechamiento, no se ejerce totalmente, en muchos casos está por debajo del 50% del volumen total permitido (Lara, 1995).

Abstract

The oaks belong to the Fagaceae family, considered one of the most important groups of plants in the plant kingdom, as it features a wide variety of genera, species and are found worldwide mainly in temperate and subtropical regions of the Northern Hemisphere (Lawrence, 1951).

Because of the diversity of uses of **oak** (*Quercus*) in different parts of Mexico: medicinal, food, craft use, fodder, tannin, dyes and possess cultural value, are part of one of the taxonomic groups of plants with greater economic importance in the northern hemisphere (Valencia, 2004). However Mexico shows a disinterest in this group due to ignorance of its biological and its complicated taxonomy, so their study was limited (Zavala, 1995).

Despite this, experts from around the world have focused their attention to the diversity of the genre in this country. However, the few studies on this genre include only basic aspects of **physical** and **mechanical properties**, drying and workability; coupled with the great diversity of species in Mexico, there is therefore a great diversity in behavior of wood of oaks, thus hindering their understanding and motivation to promote its use. As this research is aimed at obtaining physical and mechanical characteristics of the species called *Quercus candicans* Neé, *Quercus laurina* Humb & Bonpl., *Quercus rugosa* Neé, drawn from the indigenous community of Nuevo San Juan Parangaricutiro (CINSJP) located in the state of Michoacán, in order to obtain relevant and recent data of these species used to direct the community to impact proper utilization of this benefit, since Michoacán ranks second nationally in production of oak timber with 153.036 m³ / (VTA), forming an important part of its economy, and yet what is legally authorized to use, are not fully exercised, in many cases is below 50% of the total volume allowed (Lara, 1995).

2014

Índice.

Resumen	i
Abstract	ii
Índice	iii
Índice de figuras	iv
Índice de cuadros	vi
Introducción	1
1.- Generalidades de la especie	3
1.1.- Origen y distribución de los encinos.....	3
1.2.- Nombres Vulgares.....	3
1.3.- Situación actual de los encinos.....	4
1.4.- Usos.....	4
1.5.- Trabajabilidad.....	4
1.6.- Durabilidad natural.....	5
1.7.- Descripción de las especies de estudio	5
2.- Antecedentes	9
3.- Objetivos	10
4.- Metodología	11
4.1.- Área de colecta.....	11
4.2.- Preparación y acondicionamiento del material de estudio.....	12
4.3.- Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de encino.....	14
4.4.- Descripción de los ensayos para las propiedades físicas y mecánicas.....	15
5.- Resultados	31
5.1.- Resultados de las propiedades físicas.....	31
5.1.1.- Contenido de Humedad.....	31
5.1.2.- Densidad.....	32
5.1.3.- Contracción.....	34
5.1.4.- Hinchamiento.....	36
5.2.- Resultados de las propiedades mecánicas.....	38
5.2.1.- Compresión perpendicular a la fibra.....	38
5.2.2.- Compresión paralela a la fibra.....	41
5.2.3.- Flexión estática.....	44
5.2.4.- Dureza Janka.....	47
6.- Análisis y discusión de resultados	49
6.1.- Propiedades físicas.....	49
6.2.- Propiedades mecánicas.....	57
7.- Conclusiones y recomendaciones	67
7.1.- De acuerdo a las especies estudiadas.....	67
7.2.- De acuerdo a la investigación.....	68
8.- Bibliografía	70
9.- Anexos	76

Índice de figuras.

Figura 1. Árbol de <i>Quercus candicans</i> Néé.....	5
Figura 2. Corteza de <i>Quercus candicans</i> Néé.....	5
Figura 3. Hojas de <i>Quercus candicans</i> Néé.....	5
Figura 4. Fruto de <i>Quercus candicans</i> Néé.....	5
Figura 5. Mapa de distribución geográfica de <i>Quercus candicans</i> Néé....	5
Figura 6. Árbol de <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl.....	6
Figura 7. Corteza de <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl.....	6
Figura 8. Hoja de <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl.....	6
Figura 9. Fruto de <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl.....	6
Figura 10. Distribución geográfica del <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl...	6
Figura 11. Árbol de <i>Quercus rugosa</i> Néé.....	7
Figura 12. Corteza de <i>Quercus rugosa</i> Néé.....	7
Figura 13. Hoja de <i>Quercus rugosa</i> Néé.....	7
Figura 14. Fruto de <i>Quercus rugosa</i> Néé.....	7
Figura 15. Mapa de Distribución del <i>Quercus rugosa</i> Néé.....	7
Figura 16. Mapa de localización geográfica del sitio de muestreo.....	11
Figura 17. Esquema de requerimientos para estudio tecnológico de la madera de encino.....	12
Figura 18. Estufa convencional de 1 m ³	13
Figura 19. Equipo utilizado para la elaboración de probetas requeridas en los ensayos físicos y mecánicos; a) Aserradero; b) Cepillo; c) Canteador; d) Sierra circular; e) Sierra radial.....	14
Figura 20. Equipo utilizado para contenido de humedad: a) Balanza; b) Estufa de desecación; c) Desecador.....	16
Figura 21. Equipo utilizado para le calculo de densidad; a) Vernier digita; b) Balanza; c) Estufa de desecacion.....	17
Figura 22. Equipo utilizado para determinación de contracción: a) Recipiente con agua destilada; b) Vernier digital; c) Cámara de acondicionamiento; d) Estufa de desecación.....	18
Figura 23. Equipo utilizado para determinación de Hinchamiento: a) Estufa de desecación; b) Cámara de acondicionamiento; c) ; Vernier digital d) Recipiente con agua destilada.....	21
Figura 24. Maquina Universal con capacidad de 10 000 kg.....	24
Figura 25. Probeta y ensayo de compresión perpendicular a la fibra. a) Probetas; b) Accesorio y ensayo.....	25
Figura 26. Probeta y ensayo de compresión paralela a la fibra. a) Probetas; b) Accesorio y ensayo.....	26
Figura 27. Probetas (a) y dispositivo de carga adaptado para las pruebas de flexión estática (b).....	28
Figura 28. Probeta y ensayo de dureza estática. a) Probetas; b) Accesorio y ensayo.....	30
Figura 29.- Contenido de Humedad (W) en (%)......	31
Figura 30.- Densidad (ρ) en (g/cm ³)......	33
Figura 31.- Contracción (β) en (%)......	35
Figura 32.- Hinchamiento (α) en (%)......	37
Figura 33.- Esfuerzo al límite de proporcionalidad (σ_{LP}) en compresión perpendicular a la fibra (cara tangencial).....	39

Figura 34.- Esfuerzo al límite de proporcionalidad (σ_{LP}) en compresión perpendicular a la fibra (cara radial).....	39
Figura 35.- Esfuerzo de ruptura (σ_W) en compresión perpendicular a la fibra (cara tangencial).....	40
Figura 36.- Esfuerzo de ruptura (σ_W) en compresión perpendicular a la fibra (cara radial).....	40
Figura 37.- Esfuerzo de ruptura (σ_W) en compresión Paralela a la fibra.....	42
Figura 38.- Módulo de elasticidad (MOE) en compresión paralela a la fibra.....	42
Figura 39.- Esfuerzo al límite de proporcionalidad (σ_{LP}) en compresión paralela a la fibra.....	43
Figura 40.- Esfuerzo al límite de proporcionalidad (σ_{LP}) en Flexión estática.....	45
Figura 41.- Módulo de elasticidad (MOE) en flexión estática (E_w).....	45
Figura 42.- Esfuerzo de ruptura (MOR) en flexión estática (σ_{bw}).....	46
Figura 43.- Dureza Estática (Janka) en N.....	48

Índice de cuadros.

Cuadro 1.- Resultados de Contenido de Humedad.....	31
Cuadro 2.- Resultados de Densidad.....	32
Cuadro 3.- Resultados de contracción.....	34
Cuadro 4.- Resultados de Hinchamiento.....	36
Cuadro 5.- Resultados de compresión perpendicular a la fibra.....	38
Cuadro 6.- Resultados de compresión paralela a la fibra.....	41
Cuadro 7.- Resultados de flexión estática.....	44
Cuadro 8.- Resultados de dureza estática.....	47
Cuadro 9.- Densidad de la madera <i>Quercus candicans</i> Neé, <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl, <i>Quercus rugosa</i> Néé y su comparación con algunos encinos.....	49
Cuadro 9.- (continuación) Densidad de la madera <i>Quercus candicans</i> Neé, <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl, <i>Quercus rugosa</i> Néé y su comparación con algunos encinos.....	50
Cuadro 9.- (continuación) Densidad de la madera <i>Quercus candicans</i> Neé, <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl, <i>Quercus rugosa</i> Néé y su comparación con algunos encinos.....	51
Cuadro 10.- Contracción de la madera <i>Quercus candicans</i> Néé, <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl, <i>Quercus rugosa</i> Néé y su comparación con algunos encinos.....	52
Cuadro 10.- (continuación) Contracción de la madera <i>Quercus candicans</i> Neé, <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl, <i>Quercus rugosa</i> Néé y su comparación con algunos encinos.....	53
Cuadro 10.- (continuación) Contracción de la madera <i>Quercus candicans</i> Neé, <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl, <i>Quercus rugosa</i> Néé y su comparación con algunos encinos.....	54
Cuadro 10.- (continuación) Contracción de la madera <i>Quercus candicans</i> Neé, <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl, <i>Quercus rugosa</i> Néé y su comparación con algunos encinos.....	55
Cuadro 11.- Hinchamiento de la madera <i>Quercus candicans</i> Neé, <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl, <i>Quercus rugosa</i> Néé y su comparación con algunos encinos.....	56
Cuadro 12.- Compresión perpendicular a la fibra de la madera <i>Quercus candicans</i> Neé, <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl, <i>Quercus rugosa</i> Néé y su comparación con algunos encinos.....	57
Cuadro 12.- (Continuación) Compresión perpendicular a la fibra de la madera <i>Quercus candicans</i> Néé, <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl, <i>Quercus rugosa</i> Néé y su comparación con algunos encinos.....	58
Cuadro 12.- (Continuación) Compresión perpendicular a la fibra de la madera <i>Quercus candicans</i> Néé, <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl, <i>Quercus rugosa</i> Néé y su comparación con algunos encinos.....	59
Cuadro 13.- Compresión paralela a la fibra de la madera <i>Quercus candicans</i> Néé, <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl, <i>Quercus rugosa</i> Néé y su comparación con algunos encinos.....	60
Cuadro 13.- (Continuación) Compresión paralela a la fibra de la madera <i>Quercus candicans</i> Néé, <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl, <i>Quercus rugosa</i> Néé y su comparación con algunos encinos.....	61

Cuadro 13.- (Continuación) Compresión paralela a la fibra de la madera <i>Quercus candicans</i> Née, <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl, <i>Quercus rugosa</i> Née y su comparación con algunos encinos.....	62
Cuadro 14.- Flexión estática de la madera <i>Quercus candicans</i> Née, <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl, <i>Quercus rugosa</i> Née y su comparación con algunos encinos.....	63
Cuadro 14.- (Continuación) Flexión estática de la madera <i>Quercus candicans</i> Née, <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl, <i>Quercus rugosa</i> Née y su comparación con algunos encinos.....	64
Cuadro 15.- Dureza estática de la madera <i>Quercus candicans</i> Née, <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl, <i>Quercus rugosa</i> Née y su comparación con algunos encinos.....	65
Cuadro 15.- (Continuación) Dureza estática de la madera <i>Quercus candicans</i> Née, <i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl, <i>Quercus rugosa</i> Née y su comparación con algunos encinos.....	66

Introducción.

La familia Fagaceae es uno de los grupos de plantas más importantes del reino vegetal; cuenta con 6 géneros y aproximadamente 600 especies que se localizan en todo el mundo principalmente en regiones templadas y subtropicales del hemisferio norte (Lawrence, 1951). México es considerado uno de los países con mayor representación de este taxa, particularmente del género *Quercus* con aproximadamente entre 150 a 200 especies (Rzedowski, 1978). Esto obedece sin duda a la gran diversidad de condiciones físicas tales como topografía, variabilidad del suelo, clima y otros factores que prevalecen en el país. El género *Quercus* es uno de los componentes más difundidos junto con *Pinus*, de la vegetación forestal de las zonas templadas (Bello y Labat, 1987).

Los encinos, son un grupo de plantas que se distribuye ampliamente a lo largo del territorio Mexicano. Representan un conjunto de arbustos y de árboles con gran valor ecológico, económico y cultural, por lo que su adecuado manejo y conservación deberían ser vistos como un propósito fundamental (Arizaga *et al*, 2009).

El encino, es una madera preciosa, presenta problemas de corte e industrialización debido a su dureza y por poseer sílice y sustancias denominadas "taninos", que entre otras propiedades son colorantes. Sin embargo estas sustancias han servido para desarrollar tenerías o industrias del teñido muy importantes (Bárceñas, 1985).

Una clasificación comercial ha dividido a los encinos en blancos y rojos: los primeros se utilizan para fabricar barricas en las que se almacenan y maduran los vinos de mesa; los encinos rojos, se usan principalmente, como madera para aserrío, lo que constituye ya un avance, pues antiguamente solo se le destinaba a leña (Bárceñas, 1985). Otra clasificación general de los *Quercus* en México, desarrolla tres variables de este género: *Quercus* (encinos blancos; también conocidos como *Leucobalanus*), *Lobatae* (encinos rojos o *Erythrobalanus*) y *Protobalanus* (encinos intermedios) (Arizaga, 2009).

La gran importancia que los encinos tienen por su aprovechamiento, desde el punto de vista de su utilización maderable hace que se le considere como especie prioritaria para estudio y adecuada explotación. Económica y socialmente los encinos constituyen uno de los puntos principales de la economía de algunas localidades del estado de Michoacán ya que son fuente de celulosa y papel, artesanías, productos primarios (madera aserrada, chapa, madera para la construcción) y productos no maderables como raíces, frutos y fibras usadas como alimento y medicina; además de su utilidad actual como recursos recreativos y escénicos, los bosques se emplean en la recuperación de suelos erosionados así como en programas de reforestación (Bello y Labat, 1987).

2014

Michoacán ocupa el segundo lugar a nivel nacional en producción maderable de encino con 153,036 m³ VTA recurso que forma parte importante de su economía, sin embargo lo que se autoriza legalmente para su aprovechamiento, no se ejerce totalmente, en muchos casos está por debajo del 50% del volumen (Lara *et al.*, 1995). La gran mayoría de las especies que vegetan en este estado pertenecen a la subdivisión *Leucobalanus* (encino blanco) o al subgénero *Erythrobalanus* (encino rojo) con características anatómicas bien distinguibles, sin embargo muchas especies que tienen amplia distribución geográfica presentan variación entre individuos de la misma especie, dependiendo del lugar donde crecen, que aún no son estudiados (Ramos, 1999).

El aprovechamiento de los encinos ha sido reducido e inadecuado, aunque son sobreexplotados, desperdiciados y hasta erradicados en algunos lugares con fines comerciales o de autoconsumo (Zavala, 1995). Este género posee un extenso valor económico gracias a sus usos actuales y potenciales (Luna *et al.*, 2003). Se han encontrado diversos usos de *Quercus* en diferentes partes de la República Mexicana: uso medicinal, alimenticio, artesanal, forraje, taninos, colorantes y valor cultural. Esto hace a los encinos uno de los grupos taxonómicos de plantas de mayor importancia económica en el hemisferio norte (Valencia, 2004). Las causas del desinterés en México hacia este grupo es el desconocimiento de aspectos biológicos y su taxonomía complicada, por consiguiente su estudio ha sido muy limitado (Zavala, 1995). A pesar de esta situación, a especialistas de todo el mundo le ha llamado la atención la diversidad del género en este país. Sin embargo, los trabajos sobre este género tienen antecedentes remotos y conocimiento de aspectos muy básicos. En la década de los ochenta, el estudio de los encinos del país fue relegado por los investigadores mexicanos. Solo algunos autores nacionales habían dedicado esfuerzos para el conocimiento de este grupo, principalmente en el campo de la taxonomía (Zavala, 1995; Bárcenas, 2011).

1.- Generalidades de las especies en estudio.

1.1.- Origen y distribución de los encinos.

El registro fósil muestra abundancia de *Quercus* desde el cretácico superior (hace 100 millones de años), (Van, 1972), diversificándose grandemente en el oligoceno, el 85% del polen corresponden a ellos. Lo anterior se atribuye a los rápidos cambios de clima del eoceno al oligoceno (Nixon, 1933).

Los encinos están distribuidos ampliamente en las zonas templadas, templado cálidas y montañas tropicales del hemisferio septentrional. Se extienden en América desde el sur de Canadá hasta las montañas de Colombia. En el Viejo Mundo se encuentran en el norte de Europa y África, a través de la región Mediterránea, y en el sur y sureste de Asia, hasta el Archipiélago de la India, Indonesia y Nueva Guinea (Nixon, 1984 y Arizaga *et al.*, 2009).

México es el mayor centro de riqueza y evolución de encinos en el continente Americano con alrededor de 161 especies, 109 de ellas endémicas, es decir el 68% de los encinos del continente Americano sólo se encuentra en México. En contraste, Estado Unidos y Canadá sólo poseen 87 especies, de ellas 52 especies cruzan la frontera encontrándose también en nuestro país (Arizaga *et al.*, 2009).

Los encinos se encuentran en una variedad de climas, además del templado y semihúmedo, en los climas calientes, en los típicamente húmedos e incluso en los áridos, aunque aquí tienen con frecuencia las formas arbustivas (Rzedowski, 1978). Son predominantes en el encinar arbustivo, bosque de encino, encino-pino, y parcialmente en el bosque mesófilo y matorral submontano (Rzedowski, 1978). Localizados y distribuidos ampliamente en los macizos montañosos de México, y cubren, aproximadamente 5.5% de la superficie total del país, hallándose la mayor diversidad de especies en un intervalo altitudinal que varía entre los 1,200 a 2,800 metros sobre el nivel del mar, aunque es posible encontrar especies desde los 200 hasta los 3,500 m de altitud (Flores, 2007).

Los estados con mayor riqueza de encinos son Nuevo León, Veracruz y Oaxaca. Sin embargo, las entidades con mayor información científica sobre este tipo de plantas son Jalisco, Guerrero, México y Michoacán. De manera natural el único estado sin encinos es Quintana Roo (Flores, 2007).

1.2.-Nombres vulgares.

Popularmente en algunas regiones usan el nombre encino para las especies de hojas persistentes, y el nombre roble para las de hojas caducas. Se oyen además, otros nombres como "charrasquillo" aplicado a lo que son arbustos, "encinilla" a las especies enanas; "ahoatl" palabra azteca; "ndeza" en lengua otomí "yaga cino" en lengua zapoteca, etc. Son tan variables los

2014

nombres vulgares según las regiones, que solamente conviene usarlos en casos especiales (Martínez, 1981).

1.3.- Situación actual de los encinos.

En la actualidad, los bosques están sometidos a la presión por la expansión demográfica humana, que frecuentemente causan su conversión o degradación a estados de uso insostenible del suelo. Cuando se pierden los bosques o se les degrada de forma irreparable, se pierde también su función como reguladores ambientales, lo que provoca un aumento de los riesgos de inundaciones y erosión, reduce la fertilidad del suelo y contribuye a la pérdida de plantas y animales (FAO, 2000). Los factores que ocasionan la pérdida de los bosques son los incendios, el cambio de uso del suelo, plagas y tala ilegal. Diversos autores resaltan la importancia de éstos disturbios en la afectación de los bosques templados (Flores, 2007).

1.4.- Usos.

Las flores tienen uso en la medicina popular como antiespasmódico y contra los vértigos y la epilepsia. La bellota es de sabor astringente y desagradable y no son comestibles para el hombre, pero varios animales las comen bien, especialmente los cerdos; sin embargo, el caso del *Quercus Emoryi* de Sonora y Chihuahua la semilla se puede comer cocida o cruda, siendo su sabor amiláceo, dulzón y ligeramente amargo; contiene almidón, grasa, azúcar y sustancias astringentes (Martínez, 1981).

Aunque las características de su madera varían según la especie, en lo general es fuerte y durable, susceptible de hermoso pulimiento (Martínez. M. 1981). En México se ha identificado que la madera de encino blanco es utilizada en tonelería, armazones para construcciones, caja de empaque y embalaje, pilotes para mina, jaulas para transporte de aves, en tanto que los encinos rojos se utilizan en pisos, lambrines, chapa, muebles, mangos para herramienta e implementos agrícolas, utensilios domésticos, hormas para calzado, plataformas para carga y descarga, juguetería, etc. Pero ninguno en forma intensiva (De la Paz, 1978). (Negrete, 1978), citado por Bárcenas, 1985) reporta uso como fibra para la fabricación de papel y de tableros de fibras y aglomerados.

1.5.-Trabajabilidad.

El encino es considerado como la madera por excelencia para la fabricación de muebles debido a sus características de trabajabilidad. (Behn, 1974), citado por Bárcenas, 2011) hace una clasificación para las angiospermas utilizadas en la fabricación de muebles en los Estados Unidos. Uno de los puntos a clasificar y el interés de los usuarios por cada una de las maderas analizadas; los encinos rojos del suroeste y del noroeste así como el encino blanco en general tienen calificación de 10 (la máxima). En la misma clasificación alcanzan promedio de 9 en maquinado, 10 en lijado y pulido,

2014

tomando el 10 como lo máximo y comparado con especies como el nogal falso.

Otra de las cualidades distintiva de la madera de encino es su bondad de resultados al someterse a los procesos, manuales o con maquinaria de cepillar, lijar, torneado, moldurar y escoplear. En general, la calidad de las superficies obtenidas va de buena a excelente. Sin embargo, en México se ha considerado difícil comenzar el proceso de aserrado inicial, debido primordialmente a que se usan equipos y métodos propios del aserrío de la madera de pino, cuando se debieran usar sierras con dientes reforzados y con diferente geometría, velocidades de alimentación más bajas y sierras más anchas (Bárcenas, 2011).

Las propiedades de la madera resultan principalmente de su estructura celular (histología); en el caso de los encinos, rojos y blancos, los caracteres que mayor influencia tienen en sus propiedades físicas y mecánicas son la abundancia y dimensiones de sus radios, aunque también son importantes el volumen y dimensiones de las fibras y en menor escala, de los vasos (Bárcenas, 2011).

1.6.- Durabilidad natural.

Las características de durabilidad y resistencia natural a los agentes biodegradadores que presentan los encinos en general están determinadas en gran medida por la presencia abundante o escasa de tílides en los lúmenes de sus vasos. Las tílides son depositaciones de sustancias que vuelven prácticamente impermeable la madera de los encinos no permitiendo que se acumule la suficiente cantidad de agua para, que se puedan desarrollar los hongos de pudrición (Bárcenas, 1985).

Estas depositaciones u oclusiones son mucho más abundantes en el duramen de los encinos blancos que en su albura. En el duramen de los encinos rojos son escasas o ausentes y totalmente ausentes en su albura (Bárcenas, 1985).

Lo anterior explica por qué los encinos blancos son altamente resistentes a la pudrición, pero su misma impermeabilidad dificulta, si no es que hace imposible, que se le pueda tratar, no sucede así con los encinos rojos que al tener los poros o vasos abiertos, presentan muy buena característica de tratabilidad y permeabilidad. La gran cantidad de extractos que contiene el duramen de la madera de los encinos blancos, así como la abundancia de tílides, le confieren una resistencia de alta a muy alta al ataque de los agentes degradadores, sobre todo a los de la pudrición (Bárcenas, 2011).

1.7.- Descripción de las especies de estudio.

A continuación se presenta información respecto a las especies investigadas:

Especie 1: *Quercus candicans* Née.

Nombre Científico: *Quercus candicans* Née; Nombre común: Corturapi, encino aguacatillo, encino de asta, encino bellotero, encino blanco, encino cenizo, encino papatla, encino rosillo, roble y urupcu; Descripción botánica: Árbol de 8 a 25 m de altura y con diámetro del tronco de 20 a 80 cm (Figura 1). Corteza: Café con grietas irregulares (Figura 2). Hoja: Elíptica-lanceolada, elíptica-oblanceolada, obovada u ovada de 9 a 26 cm de largo por 3.5 a 14 cm de ancho; haz verde oscuro liso y lustroso; envés densamente tomentoso de blanco a amarillento (Figura 3). Fruto: Bianual, solitario o en pares; bellota ovoide de 20 a 24 mm de largo por 19 mm de diámetro (Figura 4); **Usos:** Leña, carbón, cercas, cabos, redilas y cajas de empaque. El fruto tostado sirve para preparar una especie de café; Manejo: No hay programas de manejo para su aprovechamiento; Mecanismo de propagación: Por bellotas producidas de junio a agosto; Estado de conservación: Amenazado, con hábitat transformado a huertos de aguacate; Hábitat: Cañadas o terrenos planos, en bosque de pino-encino y bosque mesófilo entre 1,200 a 2,700 msnm y sobre suelos pedregosos; Distribución Geográfica: Desde México hasta Centroamérica; se distribuye en Chihuahua, Chiapas, Colima, Distrito Federal, Durango, Guerrero, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, y Veracruz (Figura 5) (Arizaga et al, 2009).



Figura 1. Árbol de *Quercus candicans* Née.



Figura 2. Corteza de *Quercus candicans* Née.



Figura 3. Hojas de *Quercus candicans* Née.



Figura 4. Fruto de *Quercus candicans* Née.



Figura 5. Mapa de distribución geográfica de *Quercus candicans* Née.

2014

Especie 2 *Quercus laurina* Humb & Bonpl.

Nombre Científico: *Quercus laurina* Humb & Bonpl.; Nombre Común: Encino blanco, encino chilillo, encino colorado, encino laurelillo, encino prieto y encino *urikua* (Arizaga et al, 2009); Descripción botánica: Árbol de 10-25 m, ramillas delgadas (Figura 6), de 2.3 mm, al principio estrellado-tomentosas y después lisas, de color rojo oscuro y negruzco, con lenticelas pequeñas, pálidas. Yemas lisas, ovoides, de unos 3 mm. Amentos masculinos de 5 cm, blanco-tomentoso-lanosos. Amentos femeninos de 5-15 mm, con algunas 3 flores (Bello y Labat, 1987); Corteza: Gris oscura y finamente agrietada (Figura 7). hoja: hojas jóvenes cubiertas por pelos simples, rojizos, con pubescencias, dispuestas y pelos estrellados, hojas maduras coriáceas y rígidas, de verdes a ligeramente cafés (Figura 8); Fruto: bianual, solitario o en pares; bellota ovoide de 15 a 20 mm de largo por 15 a 17 mm de diámetro (figura 9); **Usos:** Leña, carbón, fabricación de cercas, cabos, arados, redilas y vaquetas de tambor **Hábitat:** Barrancas, en bosques de encino, pino-encino, mesófilo de montaña y de coníferas entre 1,500 a 3,200 msnm y sobre suelos arenopedregosos profundos; Distribución Geográfica: Endémica a México; se distribuye en Colima, Distrito Federal, Guerrero, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Tlaxcala y Veracruz (Figura 10) (Arizaga et al, 2009).



Figura 6. Árbol de *Quercus laurina* Humb & Bonpl.



Figura 7. Corteza de *Quercus laurina* Humb & Bonpl.



Figura 8. Hoja de *Quercus laurina* Humb & Bonpl.



Figura 9. Fruto de *Quercus laurina* Humb & Bonpl.

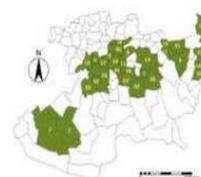


Figura 10. Distribución geográfica del *Quercus laurina* Humb & Bonpl.

2014

Especie 3 *Quercus rugosa* Née.

Nombre Científico: *Quercus rugosa* Née; Nombres comunes: Encino de asta, Encino blanco, Encino cuero, Tulán, Roble, Encino blanco liso, Encino quiebra hacha, Encino roble, Cu-hó, Palo colorado, T-nuyá, Encino avellano, Tocuz, Encino de miel, Encino prieto, Encino negro, Sharari; Descripción botánica: Árbol perennifolio o caducifolio, de 3 a 8 m; 10 a 20 m (hasta 30 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 30 a 50 cm (hasta 1.2 m), Copa amplia y redondeada que proporciona una sombra densa, (Figura 11). El tronco tiene un diámetro de 10 a 80 cm o más; ramillas de 3 a 6 mm de grueso, tomentulosas al principio, después casi glabras color café grisáceo. Corteza: Gris castaño y escamosa (Figura 12). Hoja: Obovada de 4 a 17 cm de largo por 1.8 a 10 cm de ancho; margen con 3 a 17 dientes; haz verde oscuro y lustroso; envés amarillento tomentoso (Figura 13). Fruto: Anual, solitario y en grupos de 2 ó 3; bellota ovoide de 16 a 25 mm de largo por 9 a 14 mm de diámetro (Figura 14); **Usos:** Leña, carbón, fabricación de cabos, pilotes, durmientes. Fruto para preparar café; Mecanismo de propagación: Por bellotas producidas de octubre a enero; Distribución: Está ampliamente distribuido en las regiones montañosas de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Veracruz a Chiapas, pero es particularmente abundante en el centro del país, donde forma extensos bosques (Figura 15); Altitud: (1,100) 1,800 a 2,800 (3.050) m. (Arizaga et al, 2009).



Figura 11. Árbol de *Quercus rugosa* Née.



Figura 12. Corteza de *Quercus rugosa* Née.



Figura 13. Hoja de *Quercus rugosa* Née.



Figura 14. Fruto de *Quercus rugosa* Née.

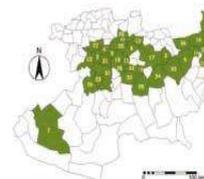


Figura 15. Mapa de Distribución del *Quercus rugosa* Néé.

2.- Antecedentes.

Algunos estudios realizados acerca de las especies a estudiar son:

Huerta (1975), muestra el estudio anatómico sobre algunos encinos, como; *Quercus castanea*, *Q. convallata*, ***Q. rugosa***, *Q. scytophylla*, *Q. crassifolia*, *Q. obtusata* y *Q. sideroxylla*.

De la Paz Pérez y Aguilar (1978), dan a conocer de una manera general las diferencias tanto morfológicas externas como anatómicas de la madera de los encinos de los subgéneros *Leucobalanus* (encinos blancos) y *Erytrobalanus* (encinos rojos).

Herrera (1992) determina algunas de las **características físico-mecánicas** de la madera de ***Quercus laurina* Humb. & Bonpl.**, *Quercus obtusa* Humb. & Bonpl. Y *Quercus scytophylla* liebm. Del Municipio de Morelia, Michoacán.

Dávalos y De la Paz Pérez (1992) realizan estudios comparativos de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de ***Quercus laurina* Humb & Bonpl.**, *Quercus crassifolia* Humb & Bonpl.

Fuentes *et. al.* (1995) determinan las **propiedades físicas y mecánicas** de la madera de *Q. affinis*, *Q. glabrescens*, *Q. crassifolia*, *Q. mexicana* y ***Q. laurina***, del estado de Puebla, concluyendo que las especies estudiadas, resultaron como madera muy pesada, muy contráctil, dura, resistente, rígida y de buena capacidad de amortiguamiento.

De la Paz Pérez y Dávalos (1995), dan a conocer la anatomía comparada de la madera de ***Quercus candicans* Neé.** Y *Quercus crassifolia* Humb & Bonpl., concluyendo que la madera de los encinos es muy versátil, a la que no se le puede tratar en conjunto ya que toman en cuenta la variación de la estructura, la especie y el sitio donde crece.

Bocanegra y Tejeda (1995), realizan descripciones anatómicas de ocho especies (*Quercus glaucoides*, *Q. crassipes*, ***Q. rugosa***, *Q. obtusata*, ***Q. laurina***, *Q. resinosa*, *Q. laeta* y *Q. planipocula*, maderas de encino, así como la elaboración de una clave de identificación de las catorce especies, del Municipio de Morelia.

Quintanar (1996), realiza una revisión y recopilación bibliográfica a nivel nacional, obteniendo datos de 45 especies de encinos (15 blancos y 30 rojos).

3.- Objetivos.

Objetivo General.

Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera de tres especies de encino; *Quercus candicans* Née, *Quercus laurina* Humb & Bonpl., *Quercus rugosa* Née, de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro (CINSJP), para así contribuir al conocimiento científico y tecnológico de estas especies.

Objetivos Específicos.

Determinar las propiedades físicas de la madera de las especies en estudio.

- Densidad verde; Densidad seca; Densidad básica.
- Contracción volumétrica; Contracción radial; Contracción tangencial.
- Hinchamiento volumétrico; Hinchamiento radial; Hinchamiento tangencial.

Determinar las propiedades mecánicas de la madera de las especies en estudio.

- Compresión paralela a la fibra.
- Compresión perpendicular a la fibra.
- Dureza Janka,
- Flexión estática.

De acuerdo con los resultados obtenidos, recomendar los usos más adecuados para la especie.

4.- Metodología.

4.1.- Área de colecta.

El material utilizado procedió de 1 árbol por cada una de las especies a estudiar de *Quercus candicans* Neé, *Quercus laurina* Humb & Bonpl. y *Quercus rugosa* Neé, donadas por la Comunidad Indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro (CINSJP) localizada en el estado de Michoacán (Figura 16), e identificadas botánicamente por el Biól. Miguel Ángel Silva Farías,

La CINSJP se ubica en el municipio de Nuevo Parangaricutiro aproximadamente a 15 kilómetros al oeste de la ciudad de Uruapan, colinda al sur con Parácuaro y Gabriel Zamora; al este con Uruapan; este con Tancítaro y Peribán de Ramos, tiene una superficie total de aproximadamente 18,142 hectáreas de las cuales alrededor de 11,000 son bosques sujetos a manejo forestal. (CINSJP)(Castro, 2012).

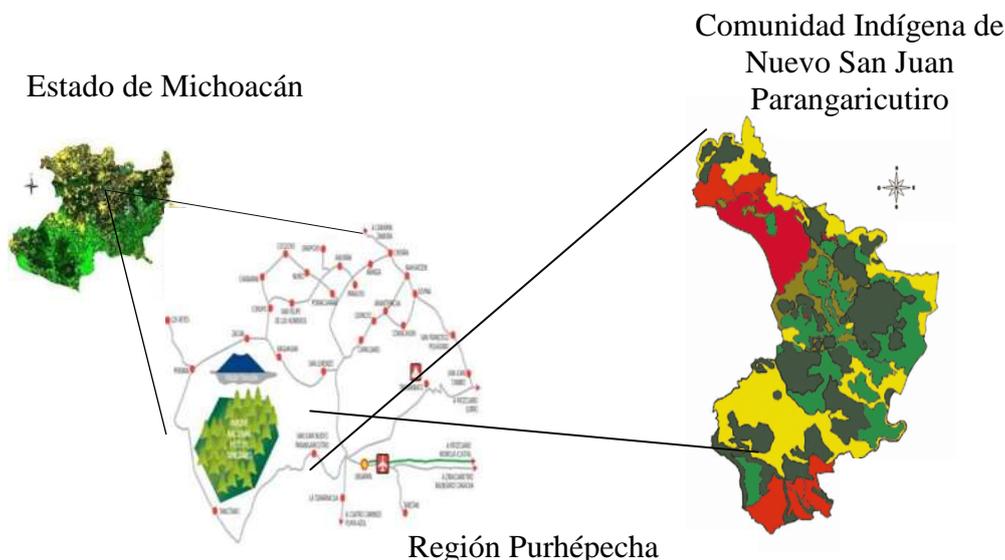


Figura 16. Mapa de localización geográfica del sitio de muestreo.

Los tipos de vegetación que más predominan son: el bosque de pino (*Pinus spp.*) y pino-encino (*Pinus spp.-Quercus spp.*). En las partes altas se encuentran en menor grado, bosques de oyamel (*Abies religiosa*). Las principales especies dominantes del estrato arbóreo son: *Pinos douglasiana*, *P. leiophylla*, *P. michoacana*, *P. montezumae* y *P. pseudostrobus*, ***Quercus candicans***, ***Q. laurina***, *Q. obtusata*, ***Q. rugosa***, *Abies religiosa*, *Alnus arguta*, *Betula sp.* Y *Clethra mexicana*. La explotación forestal en su mayoría se destina al manejo forestal para la obtención de productos maderables, contando con una superficie aprovechable de 10,464 ha, de acuerdo con el ajuste al estudio dasonómico de la Comunidad (Anónimo, 1990). Las especies de mayor importancia comercial son: *Pinus pseudostrobus*, *P. michoacana*, *P. montezumae*, *P. leiophylla*, *P. douglasiana*, ***Quercus candicans***, ***Q. laurina***, ***Q. rugosa***, *Q. obtusata*, *Abies religiosa*, *Alnus arguta*, *Betula sp.* y *Cletra mexicana*. Con una

2014

existencia real total por género: pino= 2, 006, 988 m³ /volumen total por área (VTA); oyamel = 114,444 m³/VTA; encino= 171,405 m³/VTA; otras hojosas= 72,721 m³/VTA (Anónimo, 1990).

Los ensayos físicos y mecánicos se realizaron en los laboratorios de pruebas físicas y mecánicas de la Facultad de Ingeniería y Posgrado de Ingeniería en Tecnología de la Madera de la Universidad Michoacana De San Nicolás De Hidalgo ubicada en la ciudad de Morelia Michoacán

4.2.- Preparación y acondicionamiento del material del material de estudio.

De las especies sujetas a investigación se adquirió un árbol de cada espécimen de encino que vegetan en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro (CINSJP), se obtuvieron las piezas a partir del siguiente esquema.

El corte para el derribo del árbol se realizó a 30 cm de altura iniciando a nivel de suelo. A partir del nivel del fuste se obtuvo una troza de 90 cm de longitud para el estudio anatómico (troza A) el cual no se realizó y el resto se destinó para pruebas físico mecánicas (troza B) como se muestra en la (Figura 17).

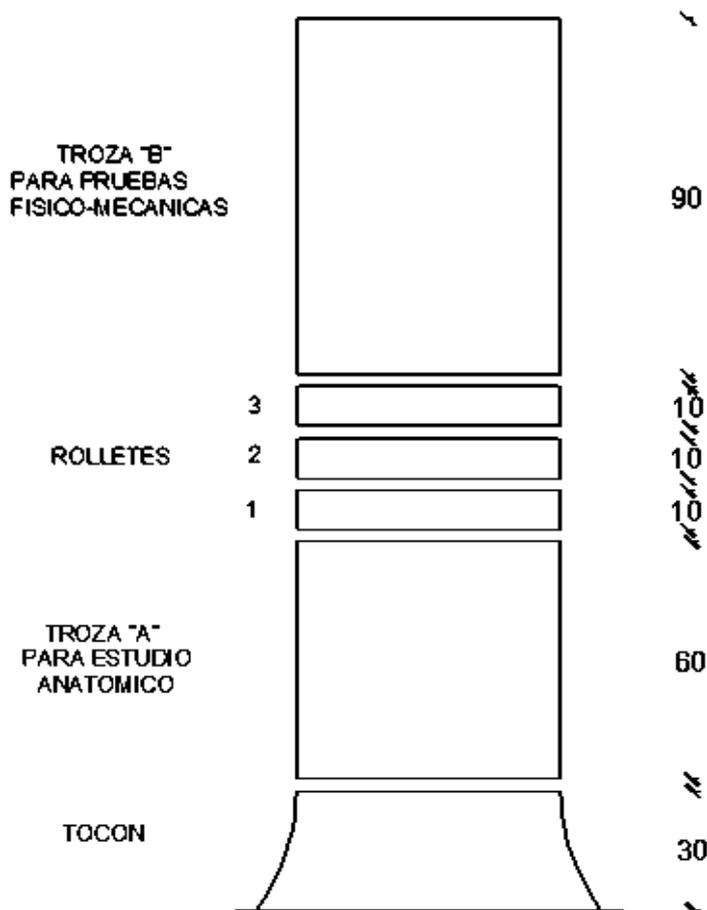


Figura 17. Esquema de requerimientos para estudio tecnológico de la madera de encino.

2014

Además, de cada árbol, se obtuvo una rama que tuviese hojas y, de ser posible (de acuerdo a la época), flores y/o fruto, para integrar la muestra botánica de respaldo.

Acondicionamiento del material

Las trozas se aserraron en la sierra principal del área física del laboratorio de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. La madera aserrada fue identificada, marcada y apilada en el mismo laboratorio para que su contenido de humedad se igualara a las condiciones del medio ambiente. Antes de la conversión en probetas, la madera se acondicionó de acuerdo a la norma ISO 3129 (Métodos de muestreo y requerimientos generales para pruebas físicas y mecánicas) secándola en una estufa convencional con una capacidad de 1 m³ (Figura 18), a una temperatura inferior a 60 °C hasta un contenido de humedad próximo a la del estado de equilibrio, hasta alcanzar un contenido de humedad de 12 % \pm 2 (ANEXO I).



Figura 18. Estufa convencional de 1m³.

2014

4.3.- Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de encino.

La troza "B" se destinó para los ensayos físico-mecánicos. Para la determinación de éstos se utilizaron las especificaciones de la norma ISO (international society organization), la cual se señalara conforme al ensayo respectivo.



Figura 19. Equipo utilizado para la elaboración de probetas requeridas en los ensayos físicos y mecánicos; **a)** Aserradero; **b)** Cepillo; **c)** Canteador; **d)** Sierra circular; **e)** Sierra radial.

4.4.- Descripción de los ensayos para las propiedades físicas y mecánicas

Contenido de humedad.

Este ensayo se llevó a cabo en base a la norma ISO 3130 (Determinación del contenido de humedad para pruebas físicas y mecánicas), especifica el método para la determinación del contenido de humedad, mediante el pesaje, de la pérdida de masa de la probeta en el secado en una estufa de desecación hasta peso constante a una temperatura de 103 ± 2 °C.

Para la preparación de las probetas, se seleccionó madera de duramen libre de defectos, perfectamente orientada, habilitando 25 probetas por cada especie, en forma de prismas rectos con una sección transversal cuadrada de 20 mm de lado y la longitud a lo largo del grano de 25 mm. Se marcaron con una clave para identificar la especie, y se almacenaron en condiciones libres de cambios bruscos de temperatura asegurando que el contenido de humedad se mantuviera dentro de las condiciones requeridas por la norma ISO 3130.

Ensayo.

Se pesó la probeta de cada especie (Figura 20; **a**) con una precisión de 0,5% en el estado absolutamente seco de su masa, posteriormente las probetas, se colocaron en una estufa de desecación (Figura 20; **b**), a temperatura constante de 103 °C \pm 2 °C, realizando pesadas consecutivas en un intervalo de 6 horas entre pesada y pesada hasta peso constante, alcanzando las condiciones requeridas, se enfriaron en un desecador (Figura 20; **c**), pesando con suficiente rapidez para evitar un aumento en el contenido de humedad por más de 0.1%.

La determinación del contenido de humedad se realizó en base a la siguiente fórmula:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} * 100$$

Determinación del contenido de humedad; Dónde:

W: Es el contenido de humedad expresado en porcentaje %.

m_1 : Es la masa de la probeta en gramos antes del secado.

m_2 : Es la masa de la probeta en gramos después del secado.

2014

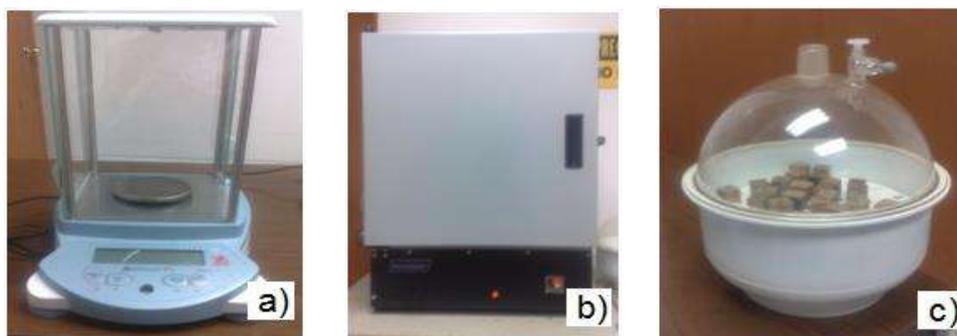


Figura 20. Equipo utilizado para contenido de humedad: **a)**Balanza; **b)**Estufa de desecación; **c)** Desecador.

Densidad.

Este ensayo se llevó a cabo en base a la norma ISO 3131 (Determinación de la densidad para pruebas físicas y mecánicas) ya que especifica el método para determinar la densidad, en condiciones de humedad en el momento de la prueba, el estado anhidro y masa convencional por unidad de volumen o por encima del punto de saturación de las fibras.

Para la preparación de las probetas, se seleccionó madera de duramen libre de defectos, perfectamente orientada habilitando 25 probetas por cada especie, en forma de prismas rectos con una sección transversal cuadrada de 20 mm y una longitud de 25 mm. Se marcaron con una letra para identificar la especie, y se almacenaron en condiciones libres de cambios bruscos de temperatura asegurando que el contenido de humedad se mantuviera dentro de las condiciones requeridas por la norma ISO 3130.

Ensayo.

Las probetas de cada especie se midieron (con un vernier digital de precisión 0.01 mm) (Figura 21; **a**)) inicialmente en condición verde (C.H. >30%); posteriormente bajo las mismas condiciones de humedad, se pesaron con una balanza digital de 0.001 g de precisión (Figura 21; **b**)) y se deshidrataron en un horno de desecación (Figura 21; **c**)) hasta peso constante; para nuevamente ser medidas y pesadas.

La determinación de las diferentes densidades se realizó en base a la siguiente fórmula:

$$\rho_w = \frac{m_w}{a_w \times b_w \times l_w} = \frac{m_w}{V_w}$$

Determinación de densidad normal; Dónde:

P_w : Es la masa de las probetas, en gramos, a un contenido de humedad W .

a_w , b_w y l_w : Son las dimensiones de las probetas en metros o centímetros, a un contenido de humedad W .

2014

V_w : Es el volumen de las probetas en metros cúbicos o centímetros cúbicos a un contenido de humedad W .

$$\rho_o = \frac{m_o}{a_o \times b_o \times l_o} = \frac{m_o}{V_o}$$

Determinación de densidad anhidra; Dónde:

m_o : Es la masa de las probetas, en gramos, en condiciones totalmente secas.

a_o , b_o y l_o : Son las dimensiones de las probetas en centímetros, en condiciones totalmente secas.

V_o : Es el volumen de las probetas en cm^3 , en condiciones totalmente secas.

$$\rho_y = \frac{m_o}{a_{max} \times b_{max} \times l_{max}} = \frac{m_o}{V_{max}}$$

Determinación de densidad básica; Dónde:

a_{max} , b_{max} y l_{max} : Son las dimensiones en centímetros de las probetas a un contenido de humedad mayor al punto de saturación de la fibra.

V_{max} : Es el volumen de las probetas en cm^3 , a un contenido de humedad mayor al punto de saturación de la fibra.



Figura 21. Equipo utilizado para la determinación de la densidad; **a)** Vernier digital; **b)** Balanza; **c)** Estufa de desecación.

Contracción.

Para la preparación de probetas para ensayos de contracción radial, tangencial y volumétrica, se seleccionó madera de duramen libre de defectos, perfectamente orientada habilitando 25 probetas por especie, en forma de prismas regulares, con una sección transversal cuadrada 20 mm, y la longitud a lo largo del grano de 25 mm, marcándose con una clave para identificar la especie, y almacenándose en condiciones libres de cambios bruscos de temperatura asegurando que el contenido de humedad se mantuviera dentro de las condiciones requeridas por la norma ISO 3129.

Ensayo.

Sumergiendo las probetas de cada especie, en un recipiente con agua destilada (Figura 22; **a**)), a una temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5$, comprobando los cambios dimensionales, cada 3 días por medio de mediciones sucesivas tomando como base tres probetas por cada especie, en las direcciones correspondientes. La inmersión fue suspendida cuando la diferencia entre dos mediciones sucesivas no excedió de 0.02 cm^3 en contracción volumétrica y 0.02 mm en contracción radial y tangencial. Posteriormente se midieron las dimensiones de las probetas con un vernier digital con una precisión de 0.01 mm (Figura 22; **b**)) de la sección transversal en el centro de la cara radial y tangencial de las piezas (para contracción radial y tangencial) y en el centro de la cara radial, tangencial y longitudinal (para contracción volumétrica).

Las probetas se acondicionaron, a un contenido de humedad en equilibrio con el medio ambiente normal (humedad relativa $65 \pm 5\%$; temperatura de $20 \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$), colocándolas en una cámara de acondicionamiento (Figura 22; **c**)), de modo que no se presentaran cambios en sus dimensiones y forma. Llevando control de los cambios en tres probetas por especie, cada 6 h después de la estabilización del ambiente, deteniendo el proceso cuando la diferencia entre dos mediciones sucesivas no excedió de 0.02 cm^3 en contracción volumétrica y 0.02 mm en contracción radial y tangencial. Una vez obtenidas las condiciones requeridas se midieron con un vernier digital con una precisión de 0.01 mm de la sección transversal en el centro de la cara radial y tangencial de las probetas (para contracción radial y tangencial) y en el centro de la cara radial, tangencial y longitudinal (para contracción volumétrica).

Colocando las probetas de cada especie, en un horno de desecación (Figura 22; **d**)) a una temperatura constante de $103 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, comprobando los cambios de dimensiones y forma ocurridos, con tres probetas de control para cada especie, realizando mediciones repetidas, cada 2 h después de 6 h desde el inicio del secado. Deteniendo el secado cuando la diferencia entre dos mediciones sucesivas no excedió de 0.02 cm^3 en contracción volumétrica y 0.02 mm en contracción radial y tangencial.

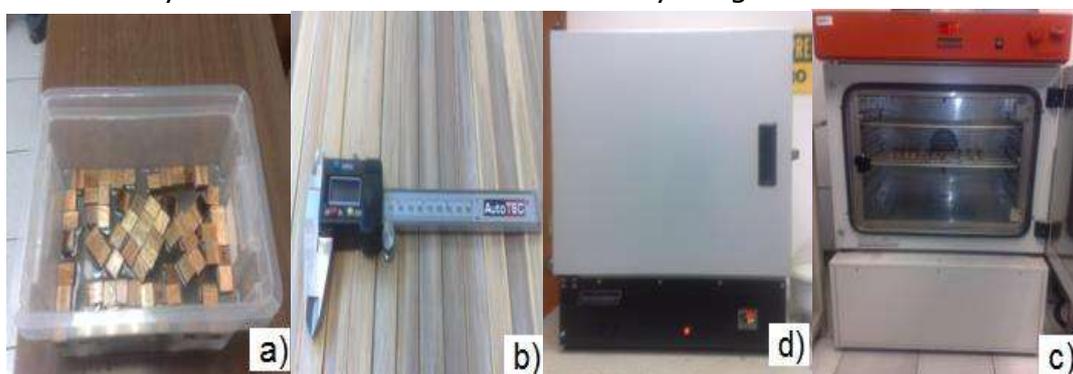


Figura 22. Equipo utilizado para determinación de contracción: **a)** Recipiente con agua destilada; **b)** Vernier digital; **c)** Cámara de acondicionamiento; **d)** Estufa de desecación.

2014

Contracción radial y tangencial.

Este ensayo se llevó a cabo en base a la norma ISO 4469 (Determinación de la contracción radial y tangencial), debido a que especifica el método para determinar la contracción lineal, en las direcciones radial y tangencial de la madera, de las probetas después del secado, con un contenido de humedad en equilibrio con el medio ambiente normal y en el contenido de humedad igual o mayor que el punto de saturación de la fibra.

La determinación de las diferentes contracciones se realizó en base a las siguientes fórmulas:

$$\beta_{rmax} = \frac{l_{rmax} - l_{rmin}}{l_{rmin}} \times 100$$

Determinación de la contracción radial.

$$\beta_{tmax} = \frac{l_{tmax} - l_{tmin}}{l_{tmin}} \times 100$$

Determinación de la contracción tangencial; Dónde:

β_{rmax} y β_{tmax} : Es la contracción radial y tangencial respectivamente expresada en porcentaje %.

l_{rmax} y l_{tmax} : Son las dimensiones de las probetas en milímetros, a un contenido de humedad por encima del punto de saturación de la fibra medida en la dirección radial y tangencial respectivamente.

l_{rmin} y l_{tmin} : Son las dimensiones de las probetas en milímetros, a un contenido de humedad por encima del punto de saturación de la fibra medida en la dirección radial y tangencial respectivamente.

$$\beta_{rn} = \frac{l_{rmax} - l_r}{l_{rmax}} \times 100$$

Determinación de la contracción radial en la cámara de climatización.

$$\beta_{tn} = \frac{l_{tmax} - l_t}{l_{tmax}} \times 100$$

Determinación de la contracción tangencial en la cámara de climatización; Dónde:

β_{rn} y β_{tn} : Es la contracción radial y tangencial respectivamente expresada en porcentaje %.

2014

l_r y l_t : Son las dimensiones de las probetas en milímetros, a un contenido de humedad en equilibrio con el medio ambiente, medido en la dirección radial y tangencial respectivamente.

Contracción volumétrica.

Este ensayo se llevó a cabo en base a la norma ISO 4858 (Determinación de la contracción volumétrica), utilizando para los ensayos el método estereométrico, para probetas realizado de acuerdo con ISO 4469. Determinando el cambio en el volumen de las probetas después del secado, a un contenido de humedad en equilibrio con el ambiente normal, y un contenido de humedad igual o mayor que el punto de saturación de las paredes celulares de la madera.

$$\beta_{V_{max}} = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{min}} \times 100$$

Determinación de la contracción volumétrica; Dónde:

$\beta_{V_{max}}$: Es la contracción volumétrica expresada en porcentaje %.

V_{max} y V_{min} : Son los volúmenes de las probetas en metros cúbicos o centímetros cúbicos a un contenido de humedad mayor al punto de saturación de las fibras y después del secado respectivamente.

$$\beta_{V_n} = \frac{V_{max} - V}{V_{max}} \times 100$$

Determinación de la contracción volumétrica en la cámara de climatización; Dónde:

β_{V_n} : Contracción volumétrica expresada en porcentaje %.

V : Es el volumen de las probetas, en metros cúbicos o centímetros cúbicos, a un contenido de humedad en equilibrio con el medio ambiente.

V_{max} : Es el volumen de las probetas, en metros cúbicos o centímetros cúbicos, a un contenido de humedad mayor que el punto de saturación de las fibras.

Hinchamiento.

Para la preparación de probetas para ensayos de hinchamiento radial, tangencial y volumétrico, se seleccionó madera de duramen libre de defectos perfectamente bien orientada, habilitando 25 probetas por especie, en forma de prismas rectos con una sección transversal cuadrada de 20 mm, y una longitud a lo largo del grano de 25 mm (figura 23), marcándose con una letra para identificar la especie, y se almacenaron en condiciones libres de cambios bruscos de temperatura asegurando que el contenido de humedad se mantuviera dentro de las condiciones requeridas por la norma ISO 3130.

Ensayo.

Las probetas se colocaron en una horno de desecación a una temperatura constante de 103 ± 2 °C (Figura 23; **a**)), comprobando los cambios de dimensiones y forma ocurridos, con tres probetas de control para cada especie realizando mediciones repetidas, cada 2 h después de 6 h desde el inicio del secado. Deteniendo el secado cuando la diferencia entre dos mediciones sucesivas no excedió de 0.02 cm^3 en hinchamiento volumétrico y 0.02 mm en hinchamiento radial y tangencial.

Las probetas se acondicionaron, a un contenido de humedad en equilibrio con el medio ambiente normal (humedad relativa $65 \pm 5\%$; temperatura de 20 ± 3 °C), colocándolas en una cámara de acondicionamiento (Figura 23; **b**)), de modo que no se presentaran cambios en sus dimensiones y forma. Llevando control de los cambios en tres probetas por especie, cada 6 h después de la estabilización del ambiente, deteniendo el proceso cuando la diferencia entre dos medidas sucesivas no excedió de 0.02 cm^3 en el hinchamiento volumétrico y 0.02 mm en hinchamiento radial y tangencial. Ya obtenidas las condiciones apropiadas se midieron las probetas con un vernier digital (Figura 23; **c**) con una precisión de 0.01 mm de la sección transversal en el centro de la cara radial y tangencial de las probetas (para hinchamiento radial y tangencial) y en el centro de la cara radial, tangencial y longitudinal (para hinchamiento volumétrico).

Sumergiendo las probetas de cada especie, en un recipiente con agua destilada (Figura 23; **d**)), a una temperatura de $20 \text{ °C} \pm 5$, comprobando los cambios dimensionales, cada 3 días por medio de mediciones repetidas de tres probetas para cada especie, en las direcciones correspondientes. Deteniendo la inmersión cuando la diferencia entre dos mediciones sucesivas no excedió de 0.02 cm^3 en hinchamiento volumétrico y 0.02 mm en hinchamiento radial y tangencial. Posteriormente se midieron las dimensiones de las probetas con un vernier digital con una precisión de 0.01 mm de la sección transversal en el centro de la cara radial y tangencial de las probetas (para hinchamiento radial y tangencial) y en el centro de la cara radial, tangencial y longitudinal (para hinchamiento volumétrico).



Figura 23. Equipo utilizado para determinación de Hinchamiento: **a**) Estufa de desecación; **b**) Cámara de acondicionamiento; **c**) Vernier digital **d**) Recipiente con agua destilada.

Hinchamiento radial y tangencial.

Este ensayo se llevó a cabo en base a la norma ISO 4859 (Determinación del hinchamiento radial y tangencial), que especifica un método para determinar el hinchamiento lineal, en la dirección radial y tangencial de la madera, de las probetas después de secado a un contenido de humedad en equilibrio con el medio ambiente normal y con un contenido de humedad igual o mayor al punto de saturación de la fibra.

La determinación de los diferentes hinchamientos se realizó en base a las siguientes fórmulas:

$$\alpha_{rmax} = \frac{l_{rmax} - l_{rmin}}{l_{rmin}} \times 100$$

Determinación del hinchamiento radial.

$$\alpha_{tmax} = \frac{l_{tmax} - l_{tmin}}{l_{tmin}} \times 100$$

Determinación del hinchamiento tangencial; Dónde:

α_{rmax} y α_{tmax} : Es el hinchamiento lineal total expresado en porcentaje %.

l_{rmin} y l_{tmin} : Son las dimensiones de las probetas, en milímetros, después del secado, medidas en la dirección radial y tangencial, respectivamente.

l_{rmax} y l_{tmax} : Son las dimensiones de las probetas, en milímetros, a un contenido de humedad mayor al punto de saturación de la fibra, medidas en la dirección radial y tangencial respectivamente.

$$\alpha_{rn} = \frac{l_r - l_{rmin}}{l_{rmin}} \times 100$$

Determinación del hinchamiento radial en la cámara de climatización.

$$\alpha_{tn} = \frac{l_t - l_{tmin}}{l_{tmin}} \times 100$$

Determinación del hinchamiento tangencial en la cámara de climatización; Dónde:

α_{rn} y α_{tn} : Es el hinchamiento lineal, cuando el contenido de humedad cambia a un equilibrio con el ambiente normal (humedad relativa de $65 \pm 5\%$; temperatura 20 ± 2 °C) expresado en porcentaje %.

2014

l_t y l_r : Son las dimensiones de las probetas, en milímetros, a un contenido de humedad en equilibrio con el medio ambiente, medido en la dirección radial y tangencial, respectivamente.

$l_{r\ min}$ y $l_{t\ min}$: Son las dimensiones de las probetas, en milímetros, después del secado, medido en la dirección radial y tangencial, respectivamente.

Hinchamiento volumétrico.

Este ensayo se llevó a cabo en base a la norma ISO 4860 (Determinación del hinchamiento volumétrico), ya que determina el cambio de volumen después del secado con un contenido de humedad en equilibrio con el ambiente normal, y en un contenido de humedad igual o mayor que la saturación de las fibras.

$$\alpha_{Vmax} = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{min}} \times 100$$

Determinación del hinchamiento volumétrico; Dónde:

α_{Vmax} : Es el volumen de hinchamiento expresado en porcentaje %.

V_{max} y V_{min} : Son los volúmenes de las probetas en centímetros cúbicos después del secado y a un contenido de humedad mayor que el punto de saturación de la fibra, respectivamente.

$$\alpha_{Vn} = \frac{V - V_{min}}{V_{min}} \times 100$$

Determinación del hinchamiento volumétrico en la cámara de climatización; Dónde:

α_{Vn} : Es el volumen de hinchamiento cuando los cambios de contenido de humedad con el medio ambiente, expresado en porcentaje.

V: Es el volumen de las probetas en centímetros cúbicos, a un contenido de humedad en equilibrio con el medio ambiente.

V_{min} : Es el volumen de la probeta en centímetros cúbicos después del secado a un contenido de humedad mayor que el punto de saturación de las fibras.

Descripción de los ensayos para las propiedades mecánicas.

Las pruebas mecánicas se realizaron en una Máquina Universal con capacidad de 10 000 kg (Figura 24).



Figura 24. Máquina Universal con capacidad de 10 000 kg.

Compresión perpendicular a la fibra.

Este ensayo se llevó a cabo en base a la norma ISO 3132 (Determinación en compresión perpendicular a la fibra), especificando el ensayo en compresión perpendicular para determinar el límite de proporcionalidad a partir de un diagrama de carga.

Para la obtención de las probetas, se seleccionó madera de duramen libre de defectos perfectamente bien orientada, habilitando 25 probetas de cada especie, en forma de prismas rectos con una sección transversal cuadrada de 20 mm y una longitud de 60 mm a lo largo de la fibra, marcándose con una letra para identificar la especie, almacenándolas en condiciones libres de cambios bruscos de temperatura y asegurando que el contenido de humedad se mantuviera dentro de las condiciones requeridas por la norma ISO 3130.

2014

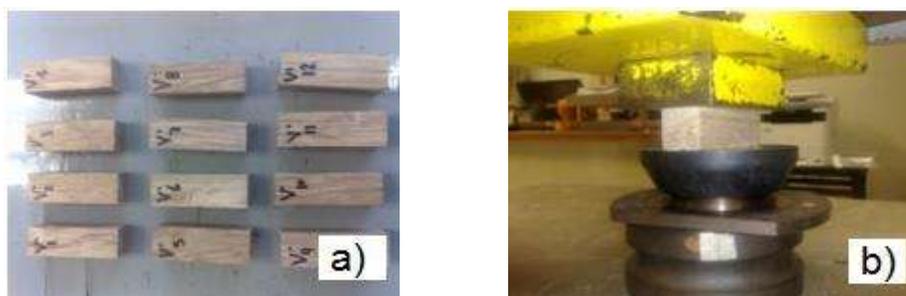


Figura 25. Probeta y ensayo de compresión perpendicular a la fibra. **a)** Probetas; **b)** Accesorio y ensayo.

Ensayo.

Se midió el ancho de las probetas de cada especie, con un vernier digital con una precisión de 0.01 mm, en una dirección tangencial para la compresión radial; y en dirección radial para compresión tangencial y la longitud de las probetas a lo largo de sus ejes de simetría.

Las probetas de cada especie se sometieron a compresión perpendicular a la fibra en una máquina universal (Figura 25; **b)**), aplicando carga uniforme, con una velocidad constante de 6 mm/min del cabezal de carga de la máquina, hasta el fallo de la pieza.

Para cada probeta, se obtuvo una gráfica carga-deformación que se empleó en la determinación del límite de proporcionalidad y las deformaciones involucradas en los diferentes cálculos. La carga máxima se obtuvo directamente de la caratula de la máquina universal.

Después de que el ensayo fue llevado a cabo, se determinó el contenido de humedad conforme a la norma (ISO 3130) en 5 piezas, tomando una parte de ésta de 25 mm de largo, lo más cerca posible a la falla.

La determinación de la compresión perpendicular a la fibra se realizó en base a las siguientes fórmulas:

$$\sigma y W = \frac{P}{al}$$

Determinación de la compresión perpendicular a la fibra; Dónde:

σ y W : Es el esfuerzo al límite proporcional en compresión perpendicular a la fibra expresada en MPa.

P : Es la carga correspondiente al límite proporcional en compresión perpendicular a la fibra.

a y l : Son ancho y longitud de las probetas de ensayo, en milímetros.

Compresión paralela a la fibra.

Es la resistencia que opone una viga a una carga aplicada en el mismo sentido de la dirección de la fibra.

Este ensayo se llevó a cabo en base a la norma ISO 3787 (Determinación del esfuerzo máximo en compresión paralela a la fibra), determinando el esfuerzo máximo de rotura para pequeñas probetas en compresión paralela hasta que se produce un fallo, a una carga creciente de compresión.

Para la obtención de las probetas, se seleccionó madera de duramen libre de defectos perfectamente orientada, habilitando 25 probetas en forma de prismas rectos con una sección transversal cuadrada de 20 mm y una longitud a lo largo de la fibra de 60 mm, marcándose con una letra para identificar la especie, y almacenándose en condiciones libres de cambios bruscos de temperatura y asegurando que el contenido de humedad se mantuviera dentro de las condiciones requeridas por la norma ISO 3130.

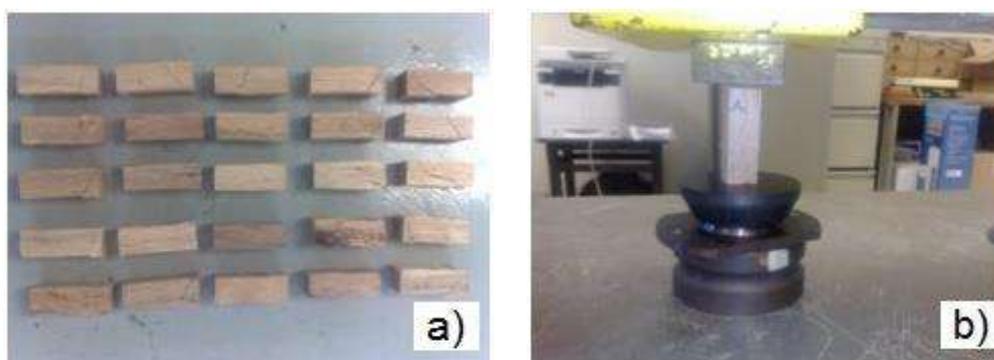


Figura 26. Probeta y ensayo de compresión paralela a la fibra. **a)** Probetas; **b)** Accesorio y ensayo.

Ensayo.

Se midieron las dimensiones de las probetas de cada especie en la sección transversal en el punto medio de la longitud, con un vernier digital con una precisión de 0.1 mm.

Las probetas de cada especie se sometieron a compresión paralela a la fibra en una máquina universal (Figura 26; **b)**), aplicando carga uniforme, a una velocidad constante de 6 mm/min del cabezal de carga de la máquina, hasta el fallo de la pieza.

Para cada probeta, se obtuvo una gráfica carga-deformación que se empleó en la determinación del límite de proporcionalidad y las deformaciones involucradas en los diferentes cálculos. La carga máxima se obtuvo directamente de la caratula de la máquina universal.

Después de que el ensayo fue llevado a cabo, se determinó el contenido de humedad conforme a la norma (ISO 3130) en 5 piezas, tomando una parte de ésta de 25 mm de largo, lo más cerca posible a la falla.

2014

La determinación de la compresión paralela a la fibra se realizó en base a las siguientes fórmulas:

$$\sigma_w = \frac{P_{max}}{a \times b}$$

Determinación del módulo de ruptura en compresión paralela a la fibra (MOR);
Dónde:

σ_w : Es el Esfuerzo de ruptura en compresión paralela a la fibra, en MPa.

P_{max} : Es la carga máxima, en newton.

a y b : Son las dimensiones de la sección transversal de las probetas, en milímetros.

$$E_w = \frac{P_{LP} * L}{A * dLP}$$

Determinación del módulo de elasticidad en compresión paralela a la fibra (MOE);
Dónde:

E_w : Módulo de elasticidad, en GPa.

P_{LP} : Carga al límite proporcional, en newton.

L : Distancia en que se mide la deformación (Longitud de la probeta), en cm.

A : Área de la sección transversal de la probeta, en mm.

dLP : Deformación hasta el límite de proporcionalidad en mm.

Flexión estática.

La determinación del módulo de rotura en flexión estática (**MOR**) y módulo de elasticidad (**MOE**), se llevó a cabo con la misma probeta y por lo tanto el mismo procedimiento.

Se habilitaron 25 probetas de cada especie, utilizando madera de duramen, libres de defectos, perfectamente bien orientada en forma de prismas rectos con una sección transversal cuadrada de 20 mm y la longitud a lo largo de la fibra de 300 mm, marcándose con una letra y almacenándolas en condiciones libres de cambios bruscos de temperatura asegurando que el contenido de humedad se mantuviera dentro de las condiciones requeridas por la norma ISO 3129.

Ensayo.

Para realizar el montaje de este ensayo se modificaron los dispositivos de carga (caballetes superiores) ya que la norma señala que la carga se ejerce en 4 puntos (Figura 27; **b**)).

2014

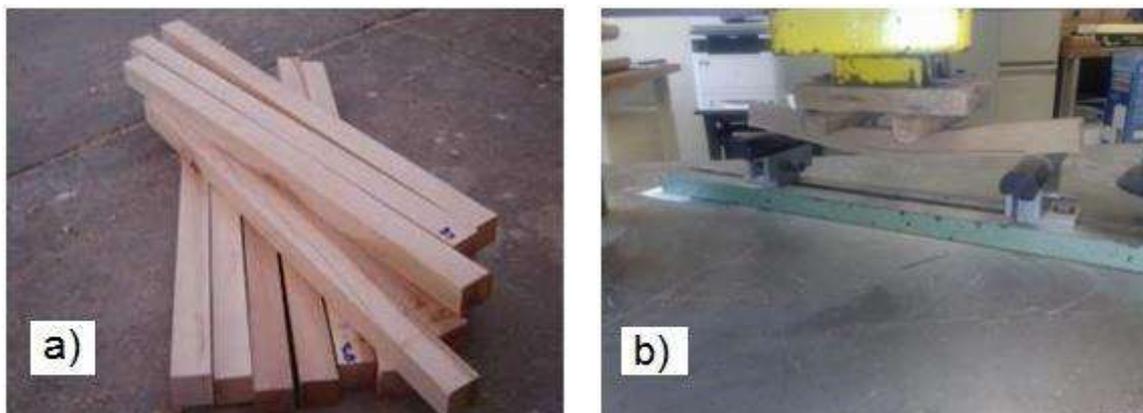


Figura 27. Probetas (a) y dispositivo de carga adaptado para las pruebas de flexión estática (b).

Se midieron las probetas de cada especie, en dirección radial y la longitud a lo largo de la fibra con un vernier digital con una precisión de 0.01 mm.

La prueba se llevó a cabo tomando en cuenta la relación de la distancia entre los centros de los dispositivos de soporte, colocando las probetas perfectamente centradas entre los soportes, aplicado la carga a una velocidad constante de 6 mm/min, hasta el fallo de la probeta

Para cada probeta, se obtuvo una gráfica carga-deformación que se empleó en la determinación del límite de proporcionalidad y las deformaciones involucradas en los diferentes cálculos. La carga máxima se obtuvo directamente de la caratula de la máquina universal.

Después de que el ensayo fue llevado a cabo, se determinó el contenido de humedad conforme a la norma (ISO 3130) en 5 piezas, tomando una parte de cada pieza de 25 mm de largo, lo más cerca posible a la falla.

Determinación del Módulo de ruptura en flexión estática (MOR).

Este ensayo se llevó a cabo en base a la norma ISO 3133 (Determinación del módulo de rotura en flexión estática), determinando la carga máxima requerida para causar la ruptura de la probeta, aplicando una velocidad de carga de 6 mm/min desde el comienzo de la carga, y estimando de la tensión en esta carga.

La determinación de flexión estática se realizó en base a las siguientes fórmulas:

$$\sigma_{bW} = \frac{3P_{max}l}{2bh^2}$$

Determinación del módulo de ruptura en flexión estática (MOR); Dónde:

σ_{bW} : Es el esfuerzo de ruptura en flexión estática, en MPa.

P_{max} : Es la carga de ruptura, en newton.

l : Es la distancia entre el centro de los soportes, en milímetros.

2014

b: Es la ancho de las probetas, en milímetros.

h: Es la altura de las probetas, en milímetros.

Determinación del módulo de elasticidad (MOE).

Este ensayo se llevó a cabo en base a la norma ISO3349 (determinación del módulo de elasticidad en flexión estática), debido a que determina el módulo de elasticidad por medición de la deformación en el área de doblado neta durante la aplicación a una probeta de una carga creciente dentro de la región de proporcionalidad de la carga y la deflexión.

$$E = \frac{Pl^3}{36bh^3f}$$

Determinación del módulo de elasticidad a en flexión estática (MOE); Dónde:

E_w : Es el Módulo de elasticidad en flexión estática, en GPa.

P: es la carga, en newton.

l: es la distancia entre los apoyos en centímetros.

b y *h*: Son las dimensiones de las probetas de la sección transversal en la dirección radial y tangencial respectivamente, en milímetros.

F: Es la desviación en la zona de doblado neta igual a la diferencia entre estas medias aritméticas de los resultados obtenidos en la medición de la curvatura en los límites superior e inferior de carga, en milímetros.

Dureza Estática.

Este ensayo se llevó a cabo en base a la norma ISO 3350 (Determinación de la dureza Estática “dureza Janka”). Determinando la resistencia de una probeta a la penetración de un émbolo (indentaciones) a una profundidad especificada bajo una carga creciente.

Para la obtención de probetas se seleccionó madera de duramen libre de defectos, perfectamente bien orientada, se habilitaron 25 probetas con una sección cuadrada de 50 mm y una longitud a lo largo del grano de 50 mm, marcándose con una letra para identificar la especie, almacenándose en condiciones libres de cambios bruscos de temperatura y asegurando que el contenido de humedad se mantuviera dentro de las condiciones requeridas por la norma ISO 3130.

2014

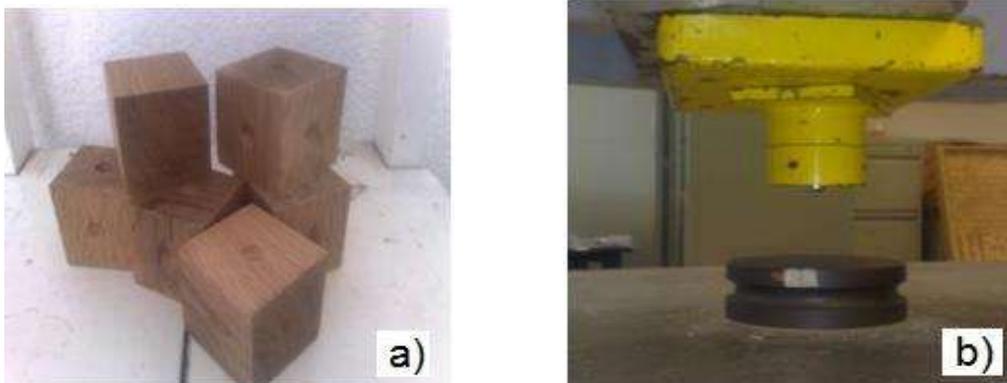


Figura 28. Probeta y ensayo de dureza estática. **a)** Probetas; **b)** Accesorio y ensayo.

Ensayo.

Los ensayos para cada especie, se realizaron en una máquina universal (Figura 28; **b**)), aplicando carga uniforme a una velocidad constante de 6 mm / min, en la línea central de cada cara de la probeta, finalizando el ensayo hasta que la profundidad del embolo fue igual al radio de la punta semiesférica del émbolo.

La carga máxima se obtuvo directamente de la caratula de la máquina universal.

Después de que el ensayo fue llevado a cabo, se determinó el contenido de humedad conforme a la norma ISO 3130, en 5 piezas, tomando una parte de cada pieza de 25 mm de largo, lo más cerca posible a la falla.

La determinación de la dureza estática se realizó en base a la siguiente fórmula:

$$H_{Wc} = KP$$

Determinación de la dureza estática; Dónde:

H_{Wc} : Es la dureza estática, en newton.

P : Es la carga durante la penetración del émbolo en las probetas a la profundidad especificada, en newton.

K : Es el coeficiente igual a 1 y 4/3 en el caso de la penetración del émbolo a la profundidad de 5.64 mm y 2.82 mm, respectivamente.

5.- Resultados.

5.1.- Resultados de las propiedades físicas.

5.1.1.- Contenido de Humedad.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de los ensayos de Contenido de Humedad (W) de cada una de las especies de *Quercus*, presentando también la estadística básica por especie.

Cuadro 1. Resultados de Contenido de Humedad.

ESTADÍSTICA	ESPECIES			No. De probetas por especie.
	<i>Q. Candicans Neé</i>	<i>Q. Laurina Humb & Bonpl</i>	<i>Q. Rugosa Neé</i>	
\bar{X} :	8.33	8.20	8.70	25
S:	1.42	0.69	0.24	
$S_{\bar{x}}$:	0.28	0.14	0.05	
Cv:	17.05	8.47	2.80	
P:	6.82	3.39	1.12	

Dónde: \bar{X} = Media aritmética; S = Desviación estándar. $S_{\bar{x}}$ = Error medio de \bar{X} ; Cv = Coeficiente de variación; P = Porcentaje de precisión.

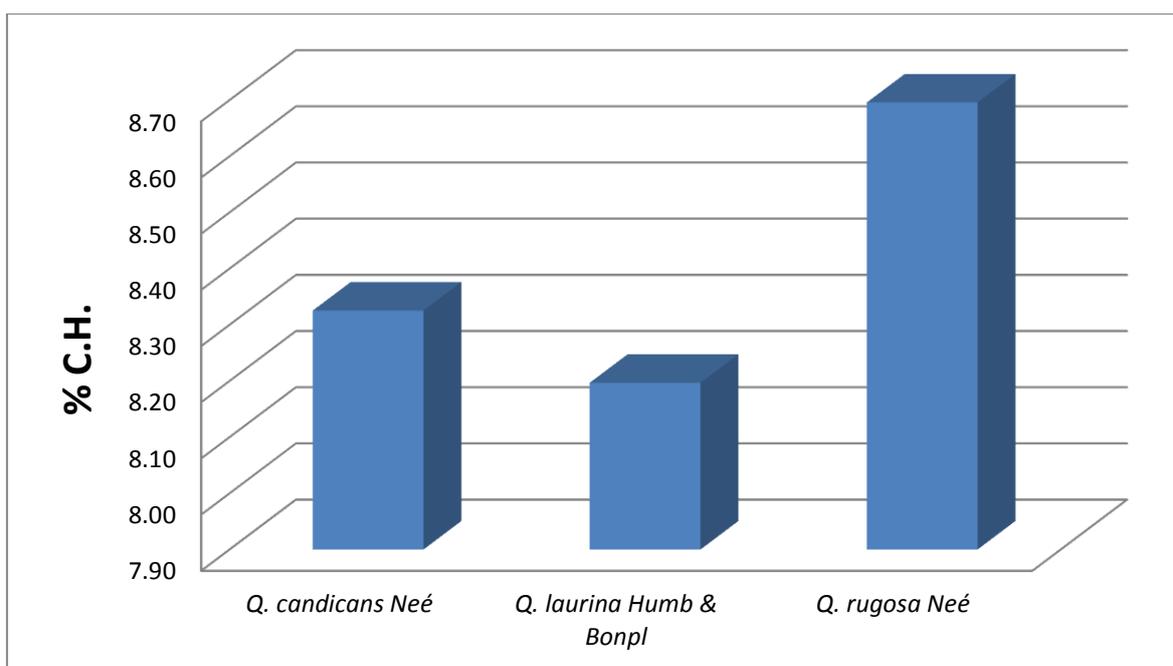


Figura 29.- Contenido de humedad (W) en (%).

2014

5.1.2.- Densidad.

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de los ensayos de Densidad (ρ) de cada una de las especies de *Quercus*, presentando también la estadística básica por especie.

Cuadro2.- Resultados de Densidad.

TIPO DE ENSAYO	ESTADÍSTICA	ESPECIES			No. De probetas por especie.
		<i>Q. Candicans Neé</i>	<i>Q. Laurina Humb & Bonpl</i>	<i>Q. Rugosa Neé</i>	
Densidad nominal (ρ_w) (gr/cm ³).	\bar{X}	0.76	0.83	0.85	25
	S:	0.14	0.20	0.05	
	$S_{\bar{X}}$:	0.03	0.04	0.01	
	Cv:	18.94	24.65	5.97	
	P:	7.58	9.86	2.39	
Densidad anhidra (ρ_0) (gr/cm ³).	\bar{X}	0.86	0.75	0.90	
	S:	0.05	0.05	0.05	
	$S_{\bar{X}}$:	0.01	0.01	0.01	
	Cv:	5.69	6.95	5.45	
	P:	2.27	2.78	2.18	
Densidad básica (P_B) (gr/cm ³).	\bar{X}	0.68	0.58	0.68	
	S:	0.03	0.03	0.02	
	$S_{\bar{X}}$:	0.01	0.01	0.00	
	Cv:	3.72	6.04	3.37	
	P:	1.49	2.41	1.35	

Dónde: \bar{X} =Media aritmética; S =Desviación estándar. $S_{\bar{X}}$ = Error medio de \bar{X} ; Cv =Coeficiente de variación; P = Porcentaje de precisión.

2014

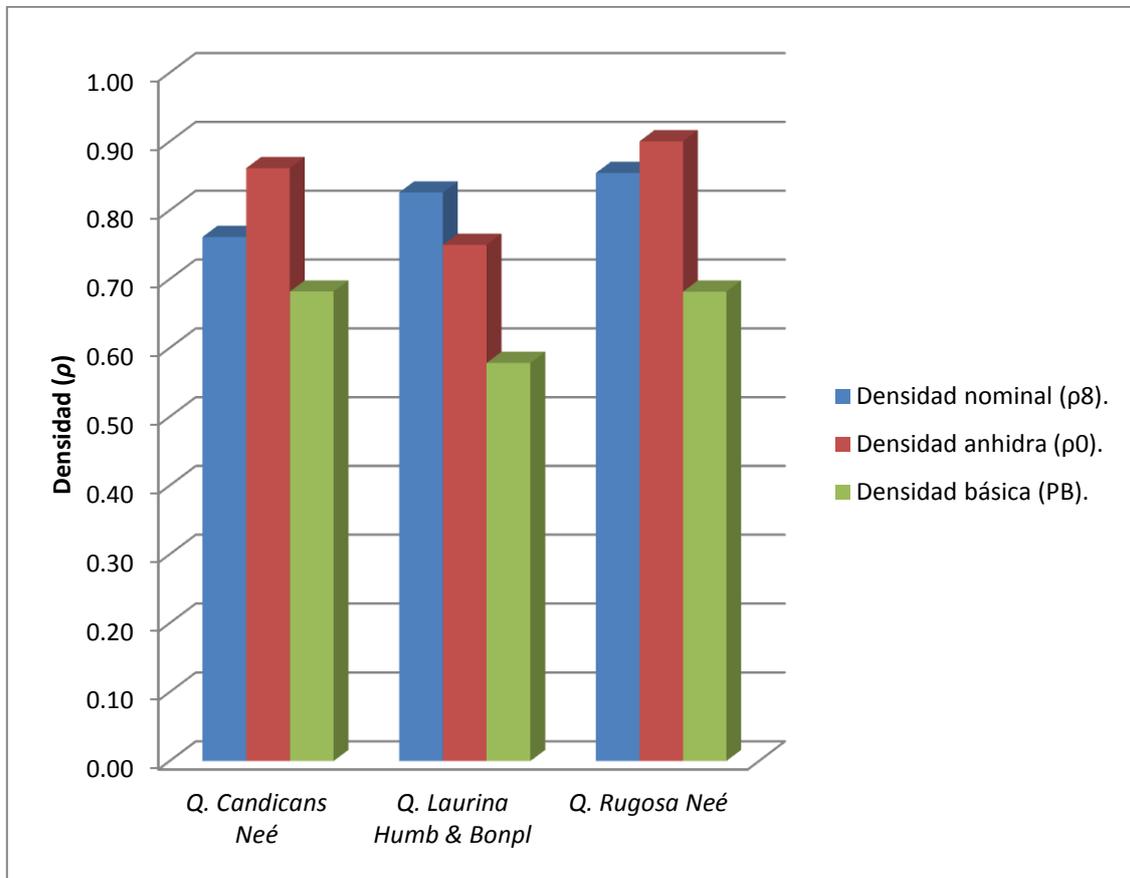


Figura 30.- Densidad (ρ) en (g/cm^3).

2014

5.1.3.- Contracción.

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de los ensayos de Contracción (β) de cada una de las especies de *Quercus*, presentando también la estadística básica por especie.

Cuadro 3.- Resultados de contracción.

TIPO DE ENSAYO	ESTADÍSTICA	ESPECIES			No. De probetas por especie.
		<i>Q. Candicans Neé</i>	<i>Q. Laurina Humb & Bonpl</i>	<i>Q. Rugosa Neé</i>	
Contracción volumétrica. (β_{Vmax})(%).	\bar{X}	14.75	14.57	15.31	25
	S:	1.60	1.12	1.48	
	$S_{\bar{X}}$:	0.32	0.22	0.30	
	Cv:	10.84	7.67	9.70	
	P:	4.34	3.07	3.88	
Contracción radial. (β_{rmax})(%).	\bar{X}	5.29	3.66	4.21	
	S:	1.85	0.90	1.09	
	$S_{\bar{X}}$:	0.37	0.18	0.22	
	Cv:	34.91	24.57	25.88	
	P:	13.96	9.83	10.35	
Contracción tangencial. (β_{tmax})(%).	\bar{X}	9.62	10.97	11.89	
	S:	1.73	0.73	0.83	
	$S_{\bar{X}}$:	0.35	0.15	0.17	
	Cv:	17.94	6.64	6.98	
	P:	7.17	2.66	2.79	

Dónde: \bar{X} =Media aritmética; S =Desviación estándar. $S_{\bar{X}}$ = Error medio de \bar{X} ; Cv =Coeficiente de variación; P = Porcentaje de precisión.

2014

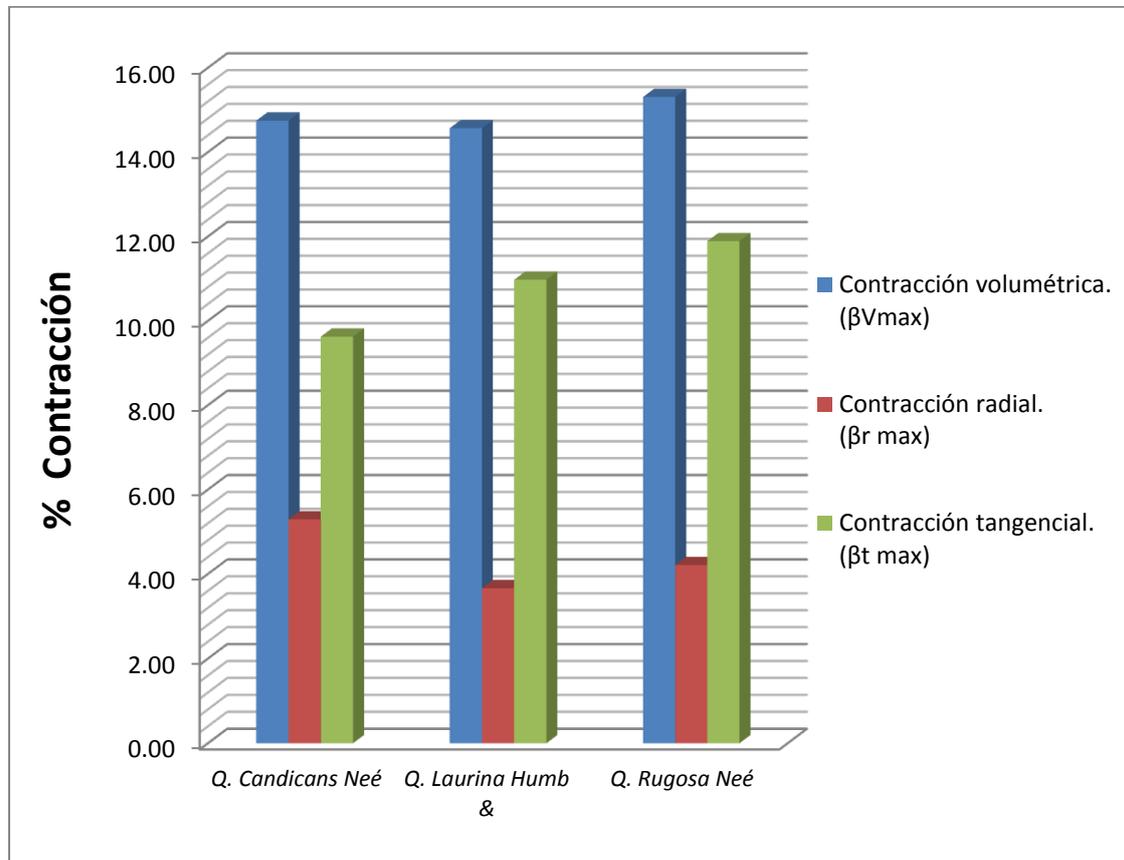


Figura 31.- Contracción (β) en (%).

2014

5.1.4.- Hinchamiento.

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de los ensayos de Hinchamiento (a) de cada una de las especies de *Quercus*, presentando también la estadística básica por especie.

Cuadro 4.- Resultados de Hinchamiento.

TIPO DE ENSAYO	ESTADÍSTICA	ESPECIES			No. De probetas por especie.
		<i>Q. Candicans Neé</i>	<i>Q. Laurina Humb & Bonpl</i>	<i>Q. Rugosa Neé</i>	
Hinchamiento volumétrico. (a_{vmax})(%).	\bar{X}	23.59	29.94	31.44	25
	S:	6.63	4.09	3.79	
	$S_{\bar{X}}$:	1.33	0.82	0.76	
	Cv:	28.09	13.66	12.06	
	P:	11.24	5.46	4.83	
Hinchamiento radial. (a_{rmax})(%).	\bar{X}	7.40	6.02	12.33	
	S:	2.36	2.23	2.11	
	$S_{\bar{X}}$:	0.47	0.45	0.42	
	Cv:	31.90	37.03	17.08	
	P:	12.76	14.81	6.83	
Hinchamiento tangencial. (a_{tmax})(%).	\bar{X}	14.99	21.00	15.21	
	S:	4.82	3.38	2.82	
	$S_{\bar{X}}$:	0.96	0.68	0.56	
	Cv:	32.15	16.08	18.54	
	P:	12.86	6.43	7.42	

Dónde: \bar{X} =Media aritmética; S =Desviación estándar. $S_{\bar{X}}$ = Error medio de \bar{X} ; Cv =Coeficiente de variación; P = Porcentaje de precisión.

2014

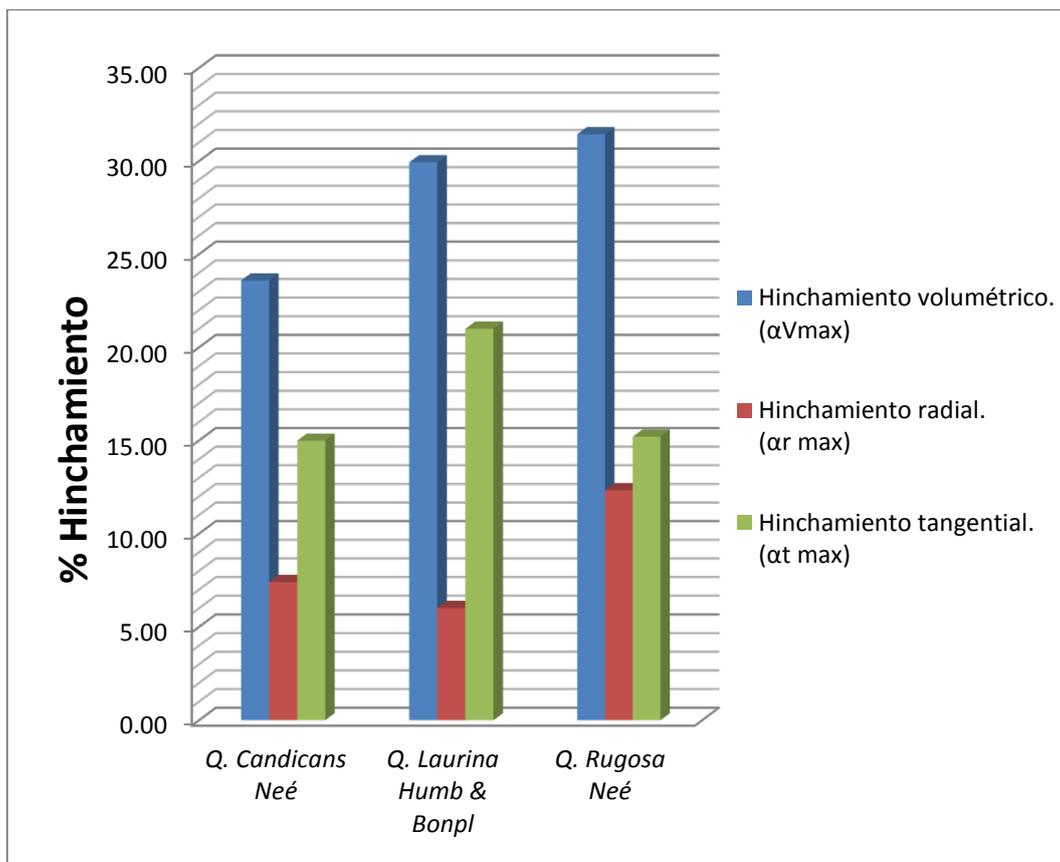


Figura 32.- Hinchamiento (α) en (%).

2014

5.2.- Resultados de las propiedades mecánicas.

5.2.1.- Compresión perpendicular a la fibra.

En el Cuadro 6 se presentan los resultados de los ensayos de Compresión Perpendicular a la fibra (σ_{yW}) de cada una de las especies de *Quercus*, presentando también la estadística básica por especie.

Cuadro 5.- Resultados de Compresión Perpendicular a la fibra.

TIPO DE ENSAYO	ESTADÍSTICA	ESPECIES			No. De probetas por especie.
		<i>Q. Candicans Neé</i>	<i>Q. Laurina Humb & Bonpl</i>	<i>Q. Rugosa Neé</i>	
Compresión perpendicular a la fibra. Límite de proporcionalidad. (σ_{LP}) en la cara tangencial (MPa).	\bar{X}	305114.81	225576.87	267117.37	12
	S:	75701.88	34315.57	14204.78	
	$S_{\bar{X}}$:	21879.16	9917.80	4105.43	
	Cv:	252.82	155.01	54.19	
	P:	146.14	89.60	31.32	
Compresión perpendicular a la fibra. Límite de proporcionalidad. (σ_{LP}) en la cara radial (MPa).	\bar{X}	240468.99	235720.46	207760.89	
	S:	46043.01	80193.46	40071.00	
	$S_{\bar{X}}$:	13307.23	23177.30	11581.21	
	Cv:	195.11	346.67	196.54	
	P:	112.78	200.39	113.60	
Compresión perpendicular a la fibra. Módulo de ruptura (σ_{yW}) en la cara tangencial (MPa).	\bar{X}	240.90	184.54	213.28	
	S:	62.18	29.35	11.00	
	$S_{\bar{X}}$:	17.97	8.48	3.18	
	Cv:	263.03	162.09	52.57	
	P:	152.04	93.69	30.39	
Compresión perpendicular a la fibra. Módulo de ruptura (σ_{yW}) en la cara radial (MPa).	\bar{X}	190.19	193.95	174.07	
	S:	36.44	66.84	34.89	
	$S_{\bar{X}}$:	10.53	19.32	10.08	
	Cv:	195.22	351.17	204.24	
	P:	112.84	202.99	118.05	

Dónde: \bar{X} =Media aritmética; S =Desviación estándar. $S_{\bar{X}}$ = Error medio de \bar{X} ; Cv =Coeficiente de variación; P = Porcentaje de precisión.

2014

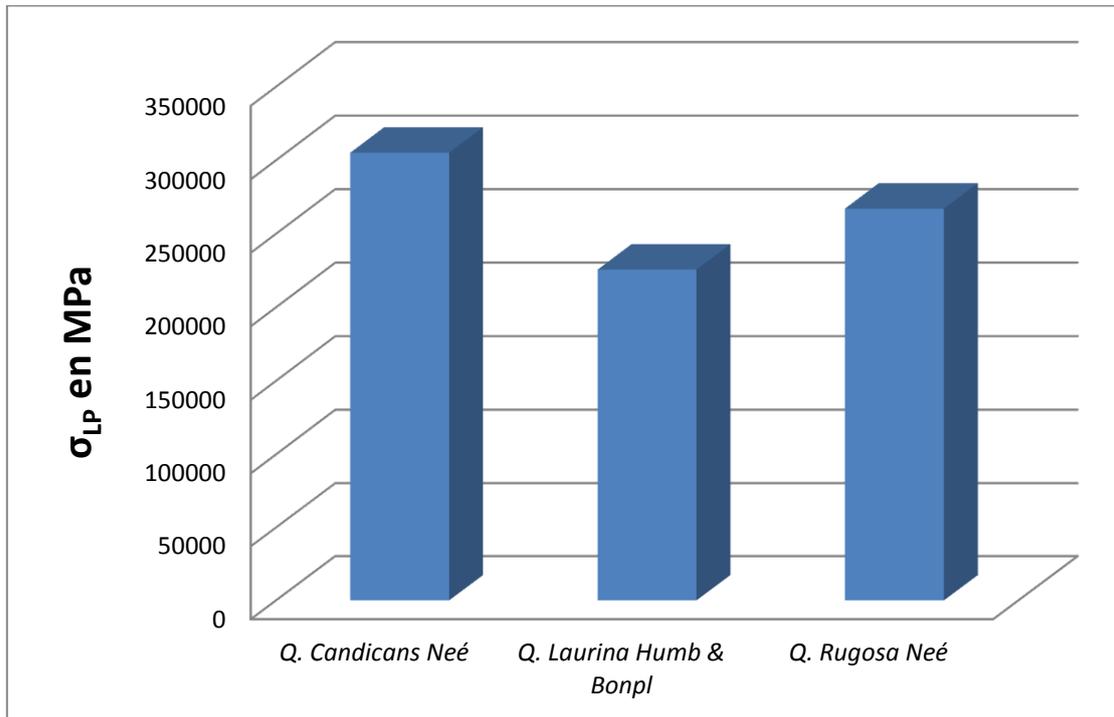


Figura 33.- Esfuerzo al límite de proporcionalidad (σ_{LP}) en compresión perpendicular a la fibra (cara tangencial).

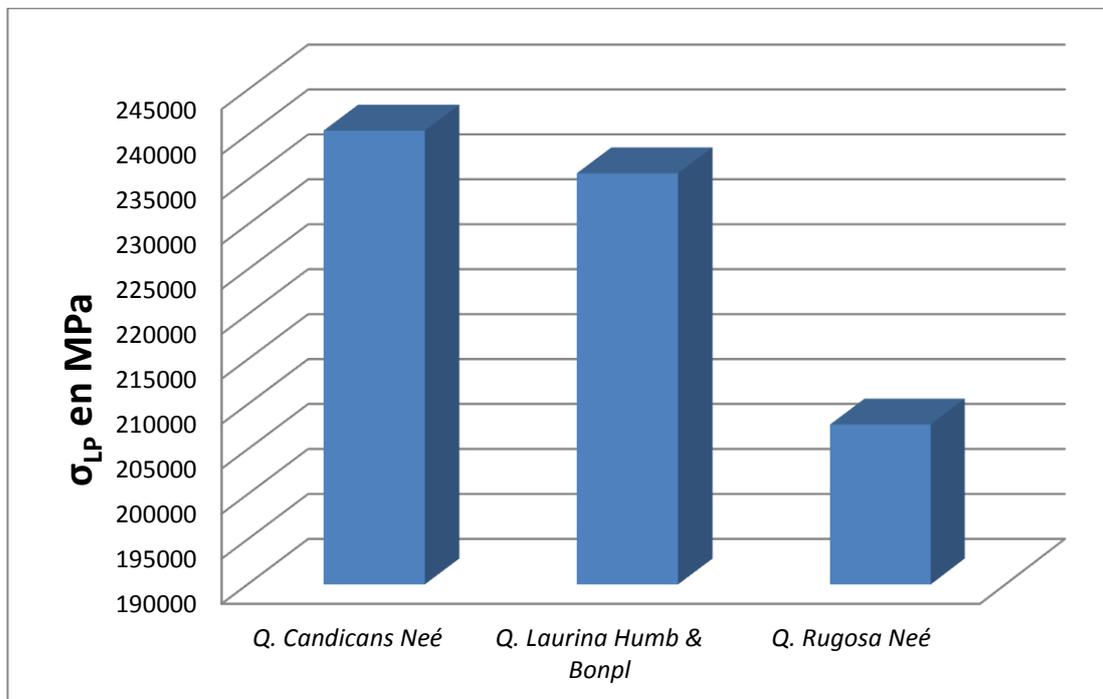


Figura 34.- Esfuerzo al límite de proporcionalidad (σ_{LP}) en compresión perpendicular a la fibra (cara radial).

2014

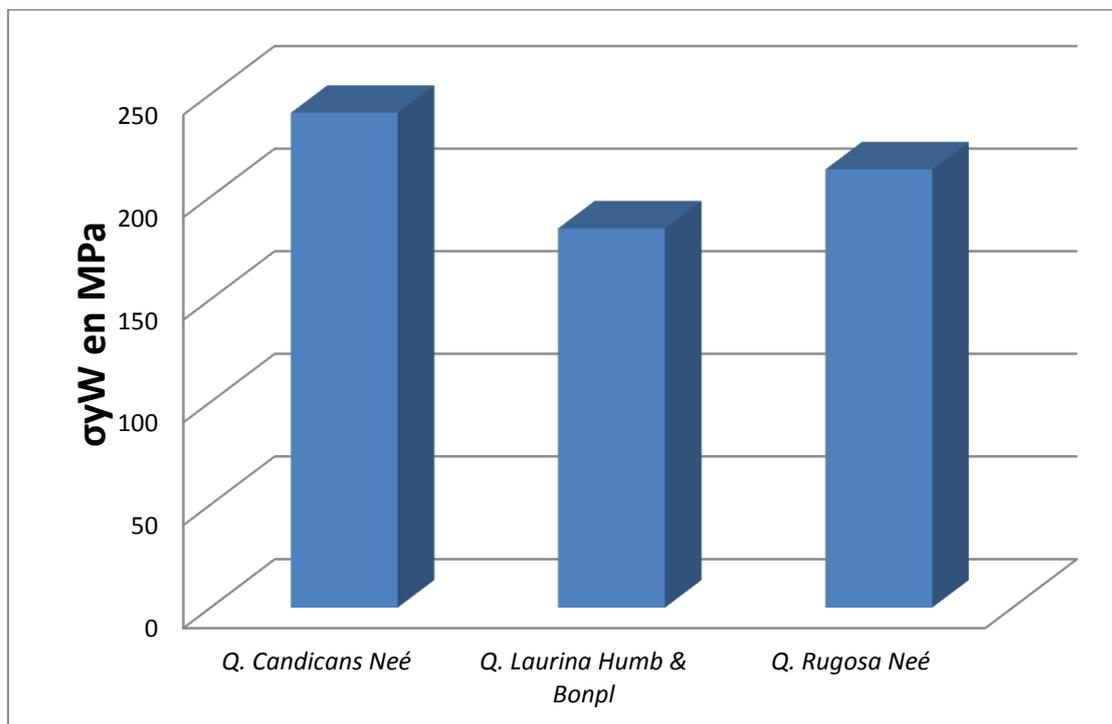


Figura 35.- Esfuerzo de ruptura (σ_{yW}) en compresión perpendicular a la fibra (cara tangencial).

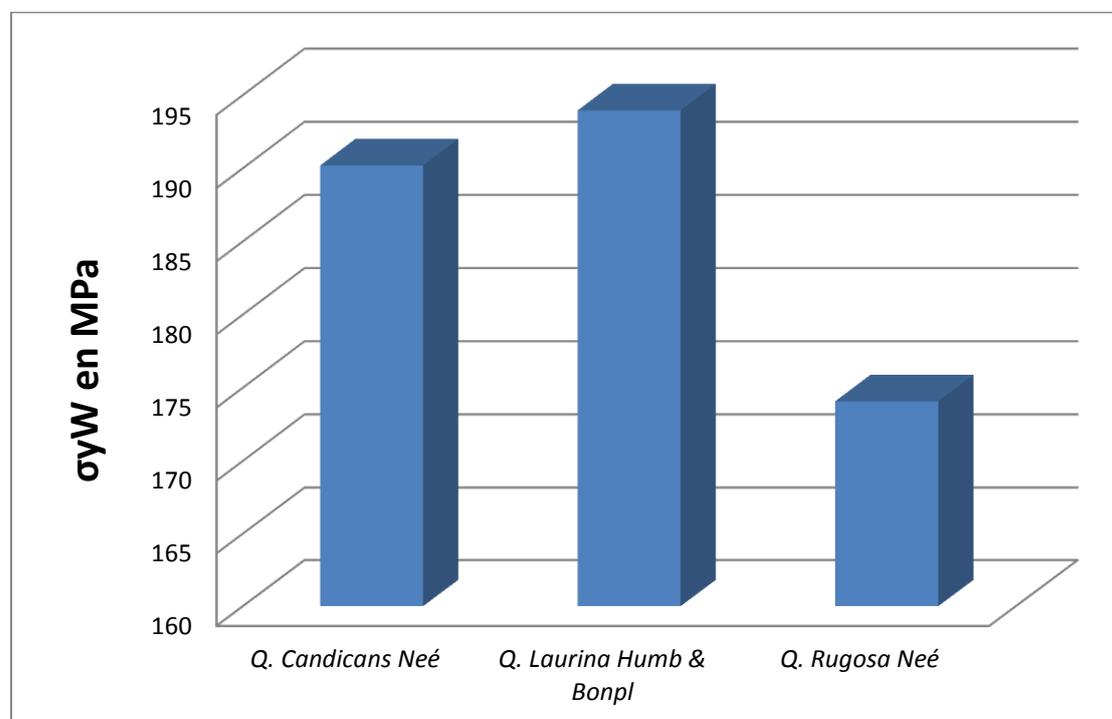


Figura 36.- Esfuerzo de ruptura (σ_{yW}) en compresión perpendicular a la fibra (cara radial).

2014

5.2.2.- Compresión paralela a la fibra.

En el Cuadro 6 se presentan los resultados de los ensayos de Compresión Paralela a la fibra (σ_w) de cada una de las especies de *Quercus*, presentando también la estadística básica por especie.

Cuadro 6.- Resultados de Compresión Paralela a la fibra.

TIPO DE ENSAYO	ESTADÍSTICA	ESPECIES			No. De probetas por especie.
		<i>Q. Candicans Neé</i>	<i>Q. Laurina Humb & Bonpl</i>	<i>Q. Rugosa Neé</i>	
Esfuerzo de ruptura (σ_w) en Compresión paralela a la fibra en (MPa).	\bar{X}	626.85	734.20	588.38	25
	S:	100.50	262.23	52.81	
	$S_{\bar{X}}$:	22.48	58.66	11.81	
	Cv:	163.37	363.95	91.46	
	P:	73.10	162.84	40.92	
Módulo de elasticidad (MOE) en compresión paralela. (E_w) en (MPa).	\bar{X}	123966.44	171416.77	89400.16	
	S:	32768.29	66034.38	26437.73	
	$S_{\bar{X}}$:	7330.71	14772.79	5914.48	
	Cv:	269.35	392.55	301.34	
	P:	120.52	175.64	134.83	
Esfuerzo al límite de proporcionalidad (σ_{LP}) Compresión paralela a la fibra en (MPa).	\bar{X}	270278.18	293995.57	229295.28	
	S:	47380.11	105984.37	21804.47	
	$S_{\bar{X}}$:	10599.58	23710.15	4877.96	
	Cv:	178.63	367.35	96.90	
	P:	79.92	164.36	43.36	

Dónde: \bar{X} =Media aritmética; S =Desviación estándar. $S_{\bar{X}}$ = Error medio de \bar{X} ; Cv =Coeficiente de variación; P = Porcentaje de precisión.

2014

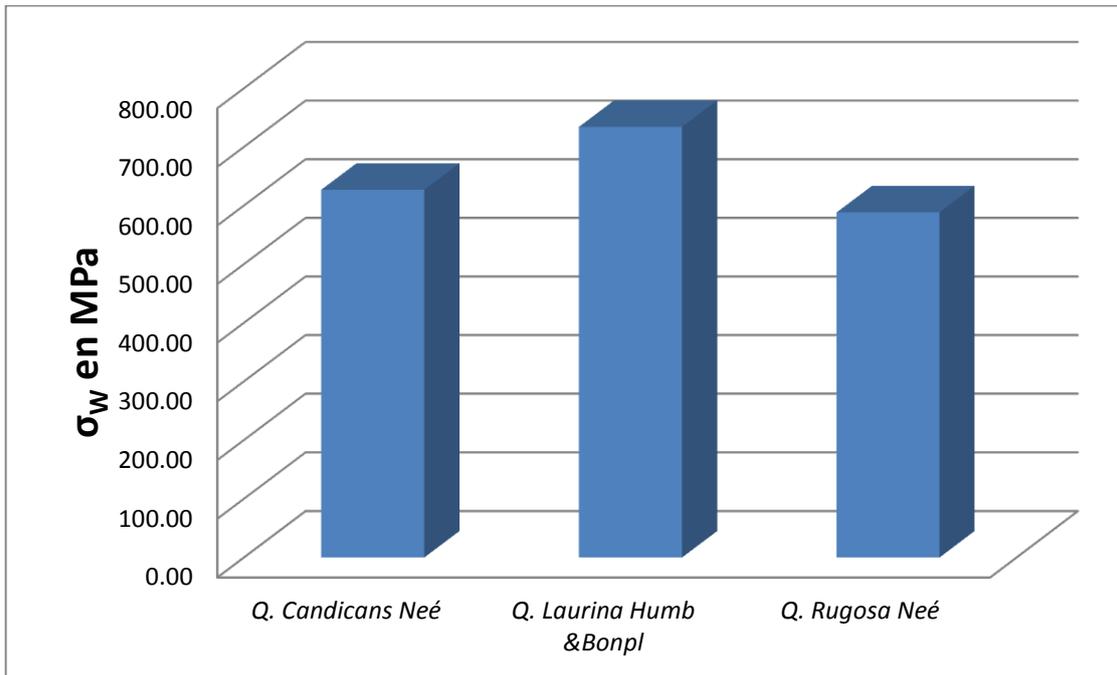


Figura 37.- Esfuerzo de ruptura (σ_w) en compresión Paralela a la fibra.

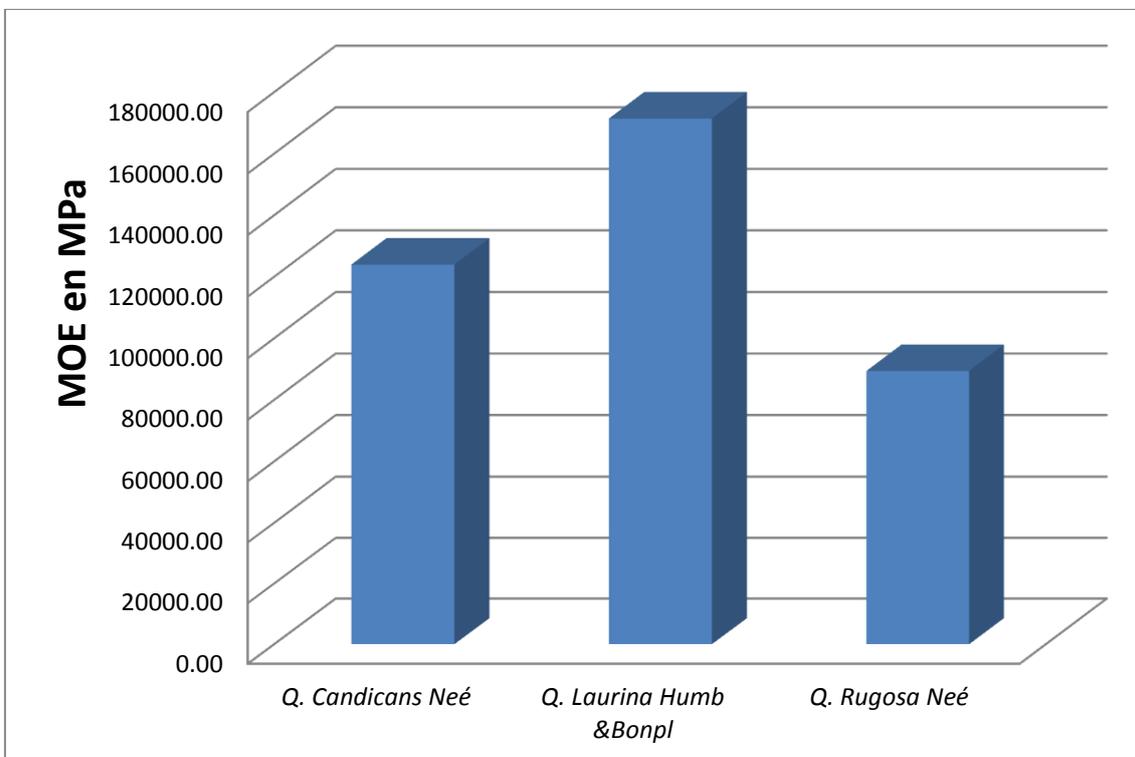


Figura 38.- Módulo de elasticidad (MOE) en compresión paralela a la fibra.

2014

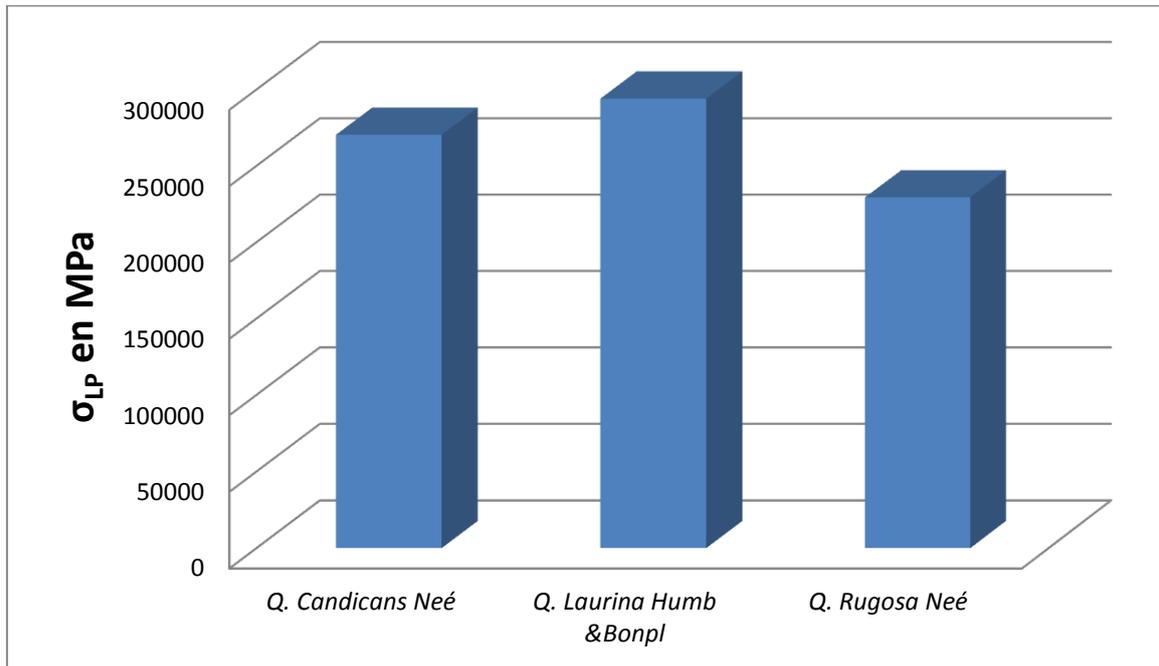


Figura 39.- Esfuerzo al límite de proporcionalidad (σ_{LP}) en compresión paralela a la fibra.

2014

5.2.3.- Flexión estática.

En el Cuadro 7 se presentan los resultados de los ensayos de Flexión Estática de cada una de las especies de *Quercus*, presentando también la estadística básica por especie.

Cuadro 7.- Resultados de flexión estática.

TIPO DE ENSAYO	ESTADÍSTICA	ESPECIES			No. De probetas por especie.
		<i>Q. Candicans Neé</i>	<i>Q. Laurina Humb & Bonpl</i>	<i>Q. Rugosa Neé</i>	
Límite de proporcionalidad (σ_{LP}) en (kg/cm^2)	\bar{X}	4955.59	2731.50	2903.76	25
	S:	632.20	534.51	411.61	
	$S_{\bar{X}}$:	126.44	106.90	82.32	
	Cv:	12.76	19.57	14.18	
	P:	5.10	7.83	5.67	
Módulo a la rotura en flexión estática (MOR (σ_{bw})) en (MPa)	\bar{X}	259.02	176.94	238.48	
	S:	37.02	29.38	37.27	
	$S_{\bar{X}}$:	7.40	5.88	7.45	
	Cv:	14.29	16.61	15.63	
	P:	5.72	6.64	6.25	
Módulo de elasticidad (MOE (Ew)) en (GPa)	\bar{X}	2.08	1.53	1.55	
	S:	0.29	0.26	0.31	
	$S_{\bar{X}}$:	0.06	0.05	0.06	
	Cv:	14.10	16.83	19.91	
	P:	5.64	6.73	7.96	

Dónde: \bar{X} =Media aritmética; S =Desviación estándar. $S_{\bar{X}}$ = Error medio de \bar{X} ; Cv =Coeficiente de variación; P = Porcentaje de precisión.

2014

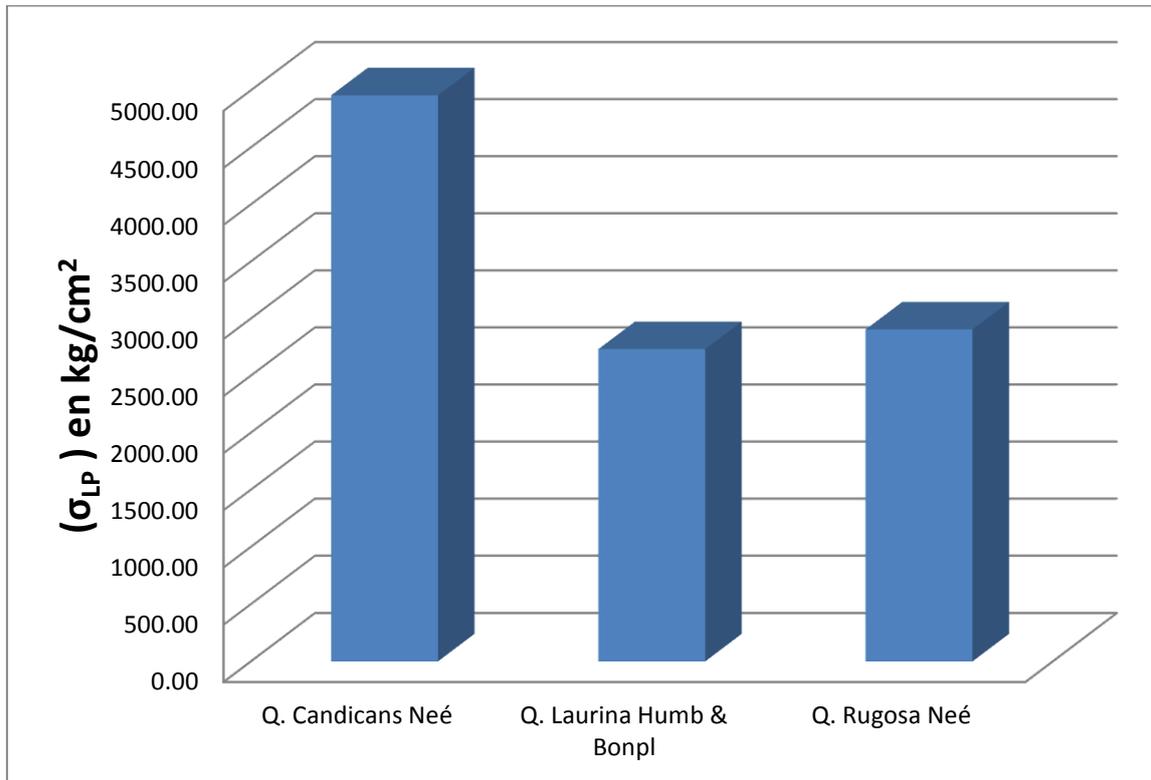


Figura 40.- Esfuerzo al límite de proporcionalidad (σ_{LP}) en Flexión estática.

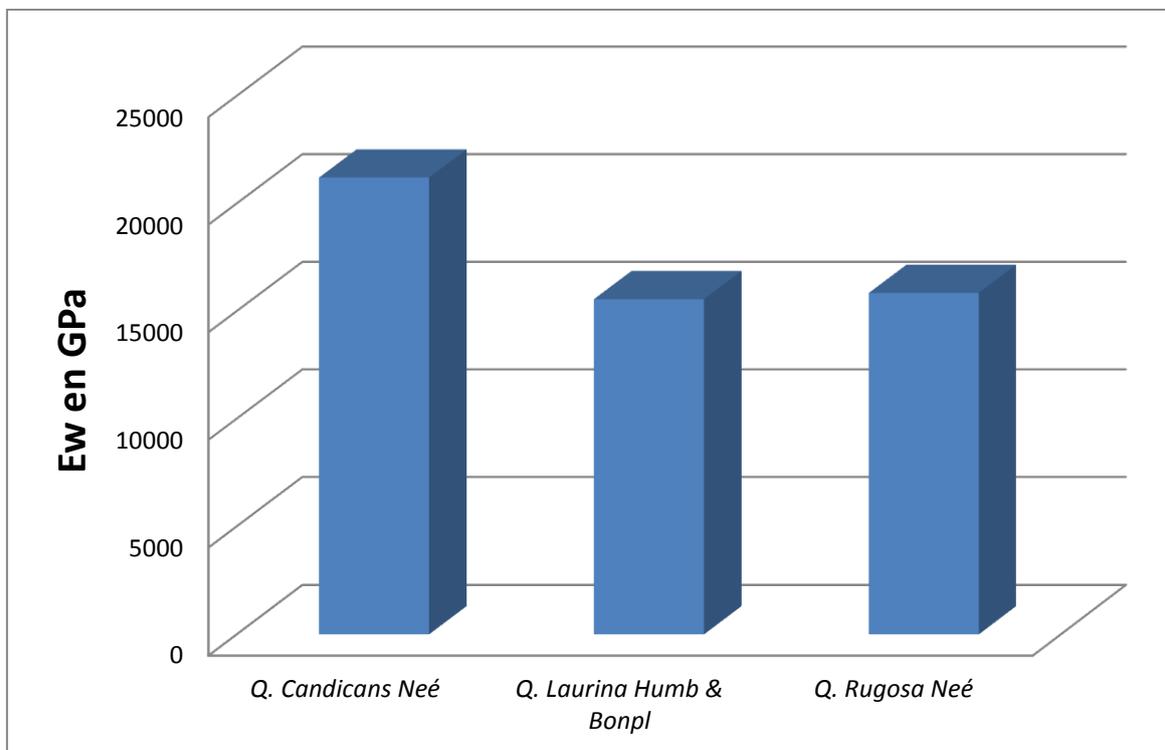


Figura 41.- Módulo de elasticidad (MOE) en flexión estática (E_w).

2014

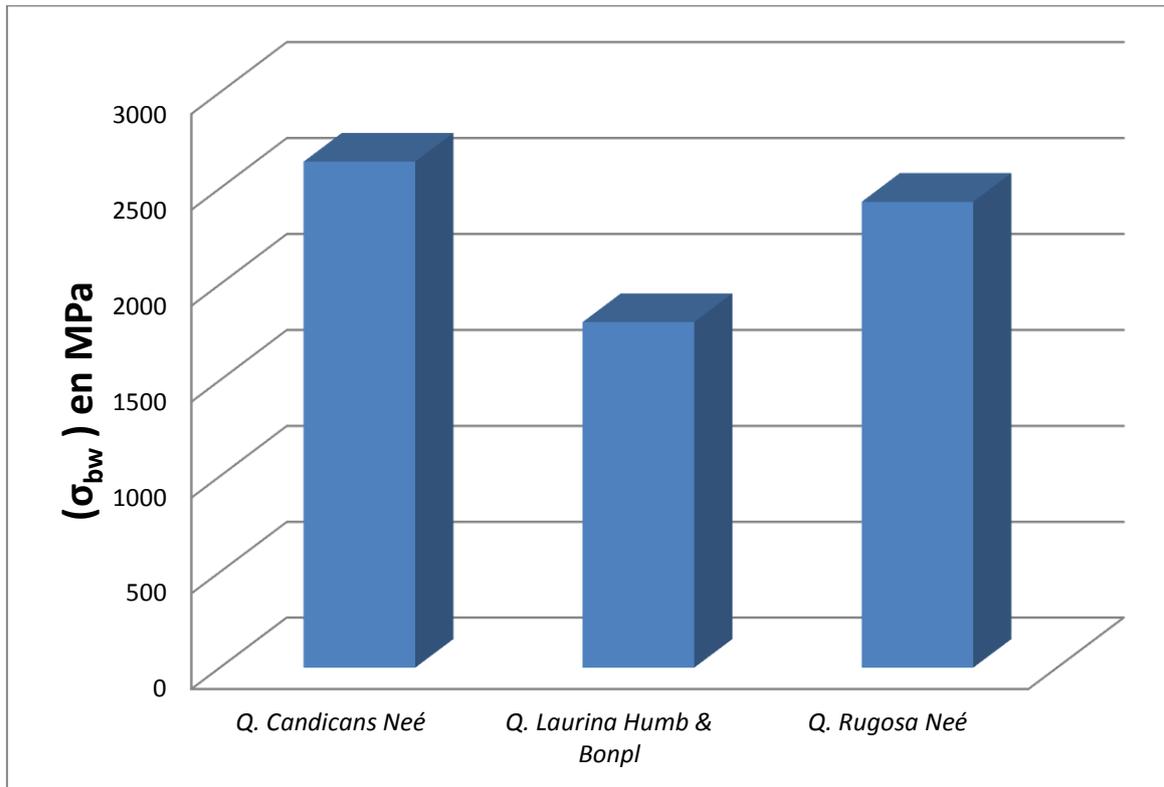


Figura 42.- Esfuerzo de ruptura (MOR) en flexión estática (σ_{bw}).

2014

5.2.4.- Dureza Estática (Janka).

En el Cuadro 8 se presentan los resultados de los ensayos de Dureza Estática (H_{Wc}) de cada una de las especies de *Quercus*, presentando también la estadística básica por especie.

Cuadro 8.- Resultados de dureza estática.

TIPO DE ENSAYO	ESTADÍSTICA	ESPECIE			No. De probetas por especie.
		<i>Q. Candicans Neé</i>	<i>Q. Laurina Humb & Bonpl</i>	<i>Q. Rugosa Neé</i>	
Dureza Janka en las caras radiales (R) (N).	\bar{X} :	11973.11	8311.03	13088.50	20
	S:	777.34	992.90	1603.25	
	$S_{\bar{X}}$:	155.47	198.58	320.65	
	Cv:	6.49	11.95	12.25	
	P:	2.60	4.78	4.90	
Dureza Janka en las caras tangenciales (T) (N).	\bar{X}	12918.79	8540.59	13015.91	
	S:	916.78	1167.68	1311.09	
	$S_{\bar{X}}$:	183.36	233.54	262.22	
	Cv:	7.10	13.67	10.07	
	P:	2.84	5.47	4.03	
Dureza Janka en las caras transversales (X) (N).	\bar{X}	13455.40	9796.27	13309.23	
	S:	808.43	783.61	1049.18	
	$S_{\bar{X}}$:	161.69	156.72	209.84	
	Cv:	6.01	8.00	7.88	
	P:	2.40	3.20	3.15	

Dónde: \bar{X} =Media aritmética; S =Desviación estándar. $S_{\bar{X}}$ = Desviación estándar de la media aritmética; Cv =Coeficiente de variación; P = Porcentaje de precisión.

2014

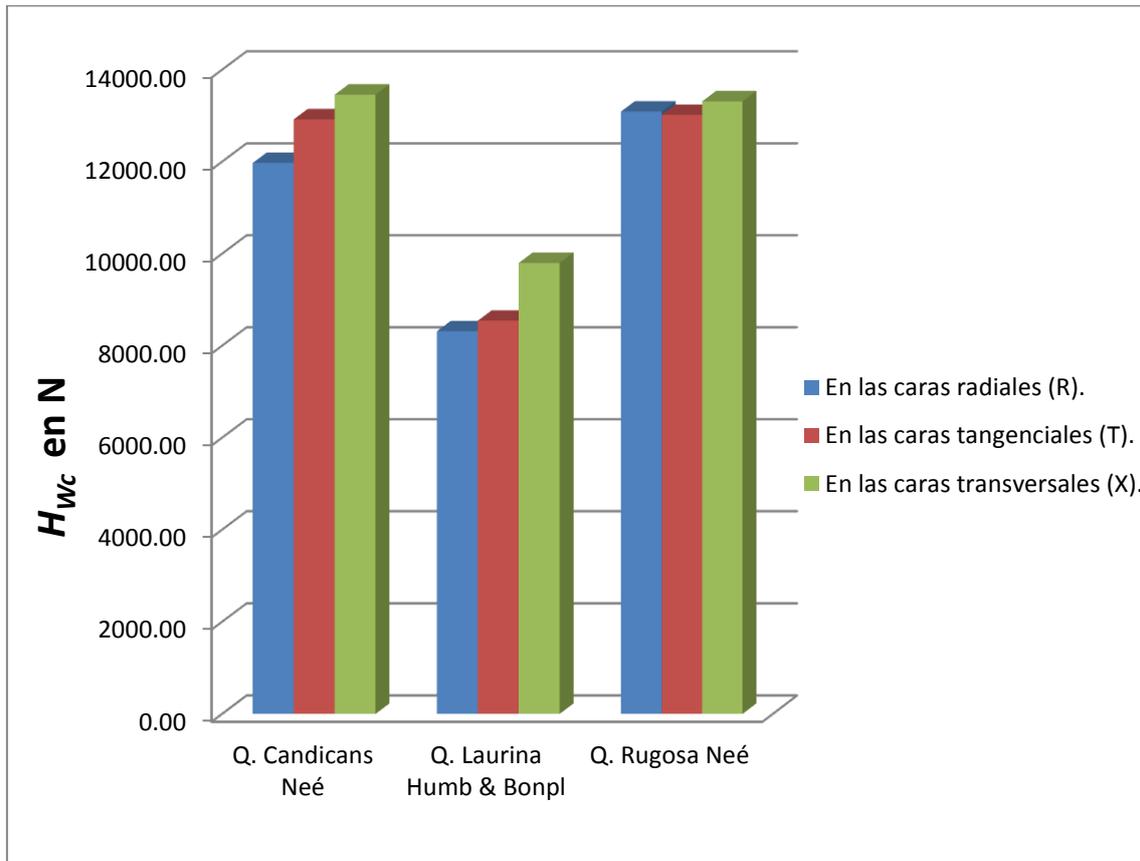


Figura 43.- Dureza Estática (Janka) en N.

6.- Análisis y discusión de resultados.

La realización de los ensayos físicos y mecánicos arrojó lo siguiente.

6.1.- Propiedades físicas.

Contenido de humedad.

El contenido de humedad total promedio de las especies de estudio fue para *Quercus candicans* Née un **8.33 %**, *Quercus laurina* Humb & Bonpl con **8.20 %** y para *Quercus rugosa* Née **8.70 %**, el contenido de humedad no presentó gran variabilidad entre especies ya que se encuentran dentro de un mismo rango.

Densidad.

La densidad básica (ρ_B) promedio de las especies de estudio fue para *Quercus candicans* Née 0.68 gr/cm³, *Quercus laurina* Humb & Bonpl. 0.58 gr/cm³ y para *Quercus rugosa* Née 0.68 gr/cm³ clasificadas como **altas** (ver anexo III), de acuerdo, con los criterios de calificación de Sotomayor (1987) y Echenique y Plumptre (1994) (Anexo IV), encontrándose dentro del rango de las maderas más duras presentes en la tabla FITECMA de Sotomayor (2008).

De acuerdo a las densidades obtenidas, las tres especies tienen comportamiento similar a otras especies que se usan comúnmente por lo que en el (cuadro 9) se realiza la comparación con otros autores.

Cuadro 9.- Densidad de la madera *Quercus candicans* Née, *Quercus laurina* Humb & Bonpl, *Quercus rugosa* Née y su comparación con algunos encinos.

Nombre científico.	Investigador o institución.	Densidad básica (ρ_V). (gr/cm ³)	Densidad anhidra (ρ_O). (gr/cm ³)	Densidad nominal ($\rho_{8\%}$). (gr/cm ³)
<i>Quercus candicans</i> Née	Especie en estudio. (2014)	0.68	0,86	0,76
<i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl	Especie en estudio. (2014)	0.58	0,75	0,83
<i>Quercus rugosa</i> Née	Especie} en estudio. (2014)	0.68	0,90	0,85
<i>Quercus convallata</i>	Fuentes (s/f)	0.71		
<i>Quercus alba</i>	Fuentes (s/f)	0.60		

2014

Cuadro 9.- (continuación) Densidad de la madera *Quercus candicans* Née, *Quercus laurina* Humb & Bonpl, *Quercus rugosa* Née y su comparación con algunos encinos.

<i>Quercus potosina</i>	Fuentes (s/f)	0.74		
<i>Quercus obtusata</i>	Fuentes (s/f)	0.76		
<i>Quercus rugosa</i>	Fuentes (s/f)		0.98	
<i>Quercus skinneri</i>	Sotomayor (1980)	0.82		
<i>Quercus barvinervis</i>	Echenique y Becerra (1969)	0.7		
<i>Quercus laurina</i>	Herrera. (1992)			0.82(h=12)
<i>Quercus obtusata</i>	Herrera. (1992)			0.7(h=12)
<i>Quercus scytophylla</i>	Herrera. (1992)			0.71(h=12)
<i>Quercus rugosa</i>	Herrera. (1992)		0.58	
<i>Quercus funebris.</i>	Bárcenas (1993)	0.48		
<i>Quercus affinis</i>	Cruz (1994)	0.59		
<i>Quercus polymorpha</i>	Cruz (1994)	0.75		
<i>Quercus prinopsis</i>	Cruz (1994)	0.74		
<i>Quercus coccolobifolia</i>	Sotomayor (1987)	0.6		
<i>Quercus martinezzi</i>	Sotomayor (1987)	0.62		
<i>Oak, red black</i>	FPS (2010)	0.56	0.61	
<i>Oak, red cherrybark</i>	FPS (2010)	0.61	0.68	

2014

Cuadro 9.- (continuación) Densidad de la madera *Quercus candicans* Née, *Quercus laurina* Humb & Bonpl, *Quercus rugosa* Née y su comparación con algunos encinos.

<i>Oak, red cherrybark</i>	FPS (2010)	0.61	0.68	
<i>Oak, red Laurel</i>	FPS (2010)	0.56	0.63	
<i>Oak, red northern red</i>	FPS (2010)	0.56	0.63	
<i>Oak, red Pin</i>	FPS (2010)	0.58	0.63	
<i>Oak, red Scarlet</i>	FPS (2010)	0.60	0.67	
<i>Oak, red southern red</i>	FPS (2010)	0.52	0.59	
<i>Oak, red wáter</i>	FPS (2010)	0.56	0.63	
<i>Oak, red willow</i>	FPS (2010)	0.56	0.69	
<i>Oak, White Bur</i>	FPS (2010)	0.58	0.64	
<i>Oak, White Chestnut</i>	FPS (2010)	0.57	0.66	
<i>Oak, White Live</i>	FPS (2010)	0.80	0.88	
<i>Oak, White Overcup</i>	FPS (2010)	0.57	0.63	
<i>Oak, White Post</i>	FPS (2010)	0.60	0.67	
<i>Oak, White swamp chestnut</i>	FPS (2010)	0.60	0.67	
<i>Oak, White swamn white</i>	FPS (2010)	0.64	0.72	
<i>Oak, White White</i>	FPS (2010)	0.60	0.68	

2014

Comparando los valores de densidad básica (ρ_v) de las especies en estudio con el (cuadro 9) podemos decir que están dentro de los rangos de Fuentes (s/f), Sotomayor (1980 y 1987), Cruz (1994) y FPS (2010).

Comparando los valores de densidad anhidra (ρ_o) de las especies en estudio con el cuadro (cuadro 9) podemos decir que están dentro de los rangos de Fuentes (s/f), Herrera (1992) y FPS (2010).

Comparando los valores de densidad nominal ($\rho_{8\%}$) de las especies en estudio con el cuadro (cuadro 9) podemos decir que están dentro de los rangos de Herrera (1992).

Contracción.

La contracción volumétrica (β_{vmax}) promedio de las especies de estudio fue para *Quercus candicans* Née 14.75 % clasificada como **media**, *Quercus laurina* Humb & Bonpl. 14.57 % clasificada como **media** y para *Quercus rugosa* Née 15.31 % clasificada como **alta**, según Sotomayor (1987) (Anexo II).

La contracción radial (β_{rmax}) promedio de las especies de estudio fue para *Quercus candicans* Née 5.29 % clasificada como **media**, *Quercus laurina* Humb & Bonpl. 3.66 % clasificada como **baja** y para *Quercus rugosa* Née 4.21 % clasificada como **media**, según Sotomayor (1987) (Anexo II).

La contracción tangencial (β_{tmax}) promedio de las especies de estudio fue para *Quercus candicans* Née 9.62 % clasificada como **media**, *Quercus laurina* Humb & Bonpl. 10.97 % clasificada como **alta** y para *Quercus rugosa* Née 11.89 % clasificada como **alta**, Según Sotomayor (1987) (Anexo II).

De acuerdo a la contracción, las tres especies tienen comportamiento similar a otras especies que se usan comúnmente por lo que en el (cuadro 10) se realiza la comparación con otros autores.

Cuadro 10. Contracción de la madera *Quercus candicans* Née, *Quercus laurina* Humb & Bonpl, *Quercus rugosa* Née y su comparación con algunos encinos.

Nombre científico	Investigador o institución	Contracción Volumétrica (β_{vmax}) (%)	Contracción radial (β_{rmax}) (%)	Contracción tangencial (β_{tmax}) (%)
<i>Quercus candicans</i> Née	Especie en estudio. (2014)	14.75	5.29	9.62
<i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl	Especie en estudio. (2014)	14.57	3.66	10.97
<i>Quercus rugosa</i> Née	Especie en estudio. (2014)	15.31	4.21	11.89

2014

Cuadro 10.- (continuación) Contracción de la madera *Quercus candicans* Née, *Quercus laurina* Humb & Bonpl, *Quercus rugosa* Née y su comparación con algunos encinos.

Nombre científico	Investigador o institución	Contracción Volumétrica (β_{Vmax}) (%)	Contracción radial (β_{rmax}) (%)	Contracción tangencial (β_{tmax}) (%)
<i>Quercus crasifolia</i>	Ordoñez, et al. (1989)	17.94	5.99	12.4
<i>Quercus acatenanguensis</i>	Ordoñez, et al. (1989)	15.75	7.7	11.8
<i>Quercus rugosa</i>	Ordoñez, et al. (1989)	12.5	5.32	15.64
<i>Quercus candicans</i>	Fuentes (s/f)	10	4	
<i>Quercus crassifolia</i>	Fuentes (s/f)	11.5	4.6	
<i>Quercus convallata</i>	Fuentes (s/f)	10.6	6.6	19.5
<i>Quercus elliptica</i>	Fuentes (s/f)	15	5.6	20.6
<i>Quercus magnifolia</i>	Fuentes (s/f)	6.49		15.38
<i>Quercus ochroestes</i>	Fuentes (s/f)	15	5.6	20.61
<i>Quercus rugosa</i>	Fuentes (s/f)	10	5.3	18.74
<i>Quercus sideroxyla</i>	Fuentes (s/f)	10.8	5.46	18.74
<i>Quercus affinis</i>	Cruz (1995)	12.9	4.62	18.45
<i>Quercus rysophylla</i>	Cruz (1995)	11.5	5.04	17.47
<i>Quercus polimorpha</i>	Cruz (1995)	11.5	5.36	17.9
<i>Quercus glabrescens</i>	Fuentes et al. (1995)	13.3	4.6	17.7
<i>Quercus prinopsis</i>	Cruz (1995)	13.2	6.25	20.85
<i>Quercus affinis</i>	Fuentes et al. (1995)	16.6	5.2	18.1
<i>Quercus crassifolia</i>	Fuentes et al. (1995)	12.6	5.1	19
<i>Quercus mexicana</i>	Fuentes et al. (1995)	14.7	4.3	16.4

2014

Cuadro 10.- (continuación) Contracción de la madera *Quercus candicans* Née, *Quercus laurina* Humb & Bonpl, *Quercus rugosa* Née y su comparación con algunos encinos.

Nombre científico.	Investigador o institución	Contracción Volumétrica (β_{vmax}) (%)	Contracción radial (β_{rmax}) (%)	Contracción tangencial (β_{tmax}) (%)
<i>Quercus laurina</i>	Fuentes y Novelo (1995)	14.8	4.8	18.1
<i>Quercus laurina</i>	Dávalos y De la Paz Pérez (1995)		4.69	
<i>Quercus crassifolia</i>	Fuentes et al. (1995)		6.19	
<i>Oak, red Black</i>	FPS (2010)	15.1	4.4	11.1
<i>Oak, red Laurel</i>	FPS (2010)	19.0	4.0	9.9
<i>Oak, red northern red</i>	FPS (2010)	13.7	4.0	8.6
<i>Oak, red Pin</i>	FPS (2010)	14.5	4.3	9.5
<i>Oak, red scarlet</i>	FPS (2010)	14.7	4.4	10.8
<i>Oak, red southern red</i>	FPS (2010)	16.1	4.7	11.3
<i>Oak, red Wáter</i>	FPS (2010)	16.1	4.4	9.8
<i>Oak, red Willow</i>	FPS (2010)	18.9	5.0	9.6
<i>Oak, White Bur</i>	FPS (2010)	12.7	4.4	8.8
<i>Oak, White chestnut</i>	FPS (2010)	16.4	5.3	10.8
<i>Oak, White Post</i>	FPS (2010)	16.2	5.4	9.8
<i>Oak, White swamp chestnut</i>	FPS (2010)	16.4	5.2	10.8
<i>Oak, White White</i>	FPS (2010)	16.3	5.6	10.5
<i>Oak, White Live</i>	FPS (2010)	14.7	6.6	9.5
<i>Oak, White overcup</i>	FPS (2010)	16.0	5.3	12.7
<i>Oak, White Post</i>	FPS (2010)	16.2	5.4	9.8

2014

Cuadro 10.- (continuación) Contracción de la madera *Quercus candicans* Née, *Quercus laurina* Humb & Bonpl, *Quercus rugosa* Née y su comparación con algunos encinos.

Nombre científico	Investigador o institución	Contracción Volumétrica ($\beta_{V_{max}}$) (%)	Contracción radial ($\beta_{r_{max}}$) (%)	Contracción tangencial ($\beta_{t_{max}}$)(%)
<i>Oak, White swamp chestnut</i>	FPS (2010)	16.4	5.2	10.8
<i>Oak, White White</i>	FPS (2010)	16.3	5.6	10.5

Comparando los valores de contracción volumétrica ($\beta_{V_{max}}$) de las especies en estudio con el (cuadro 10) podemos decir que están dentro de los rangos de Ordoñez, et al. (1989); Fuentes (s/f); Fuentes *et al.* (1995); Fuentes y Novelo (1995); Cruz (1995) y FPS (2010), existiendo una marcada diferencia con Ordoñez, et al. (1989) para *Q. crasifolia*; Fuentes (s/f) para *Q. candicans*, *Q. magnolifolia*, *Q. rugosa*, *Q. affinis* y FPS (2010) para *Oak, red laurel*.

Comparando los valores de contracción radial ($\beta_{r_{max}}$) de las especies en estudio con el (cuadro 10) podemos decir que están dentro de los rangos de Ordoñez, et al. (1989); Fuentes (s/f); Fuentes *et al.* (1995); Fuentes y Novelo (1995); Dávalos y De la Paz Pérez (1995); Cruz (1995) y FPS (2010).

Comparando los valores de contracción tangencial ($\beta_{t_{max}}$) de las especies en estudio con el (cuadro 10) podemos decir que están dentro de los rangos de Ordoñez, et al. (1989); Fuentes (s/f); Fuentes *et al.* (1995); Fuentes y Novelo (1995); Dávalos y De la Paz Pérez (1995); Cruz (1995) y FPS (2010), existiendo una marcada diferencia con Fuentes (s/f) para *Q. elliptica*, *Q. ochroestes* y Cruz (1995) para *Q. prinopsis*.

Hinchamiento.

El hinchamiento volumétrico total ($a_{V_{max}}$) promedio de las especies de estudio fue de 23.59 % para *Quercus candicans* Née, 29.94 % para *Quercus laurina* Humb & Bonpl y 31.44 % para *Quercus rugosa* Née

El hinchamiento radial total ($a_{r_{max}}$) promedio de las especies de estudio fue de 7.40 % *Quercus candicans* Née, de 6.02 % para *Quercus laurina* Humb & Bonpl. y 12.33 % para *Quercus rugosa* Née.

2014

El hinchamiento tangencial ($a_{t \max}$) total promedio de las especies de estudio fue de 14.94 % para *Quercus candicans* Née, 21 % para *Quercus laurina* Humb & Bonpl. y 15.21 % para *Quercus rugosa* Née.

Con los valores anteriormente mencionados podemos decir que las tres especies presentan mayor porcentaje de hinchamiento en el sentido tangencial que en el sentido radial (Kollmann 1959) debido a su composición estructural.

De acuerdo al hinchamiento, las tres especies tienen comportamiento similar a otras especies que se usan comúnmente por lo que en el (cuadro 11) se realiza la comparación con otros autores.

Cuadro 11.- Hinchamiento de la madera *Quercus candicans* Née, *Quercus laurina* Humb & Bonpl, *Quercus rugosa* Née y su comparación con algunos encinos.

Nombre científico.	Investigador o institución.	Hinchamiento (a)		
		Hinchamiento volumétrico. ($a_{V \max}$)	Hinchamiento radial. ($a_{r \max}$)	Hinchamiento tangencial. ($a_{t \max}$)
<i>Quercus candicans</i> Née	Especie en estudio. (2014)	23.59	7.40	14.99
<i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl	Especie en estudio. (2014)	29.94	6.02	21.00
<i>Quercus rugosa</i> Née	Especie en estudio. (2014)	31.44	12.33	15.21
<i>Quercus laurina</i>	Herrera (1992)		3.6	10.5
<i>Quercus obtusata</i>	Herrera (1992)		2.8	5.7
<i>Quercus scytophylla</i>	Herrera (1992)		6.6	7.5
<i>Quercus castanea</i>	Silva et al. (1995)		4.3	14.6

Comparando los valores de hinchamiento (a) de las especies en estudio con el (cuadro 11) podemos decir que no se encuentran dentro del rango de Herrera (1992); Silva et al. (1995) ya que son muy superiores.

6.2.- Propiedades mecánicas.

Compresión perpendicular a la fibra.

En promedio el esfuerzo de ruptura en compresión perpendicular a la fibra (σ_{yw}) en la cara tangencial fue para *Quercus candicans* Néé 240.90 kg/cm², *Quercus laurina* Humb & Bonpl. 184.54 kg/cm² y *Quercus rugosa* Néé 213.28 kg/cm² clasificadas como **muy altas** según Echenique y Plumptre (1994) (Anexo IV).

En promedio el esfuerzo de ruptura en compresión perpendicular a la fibra (σ_{yw}) en la cara radial fue para *Quercus candicans* Néé 190.19 kg/cm², *Quercus laurina* Humb & Bonpl. 193.95 kg/cm² y *Quercus rugosa* Néé 174.07 kg/cm² clasificadas como **muy altas** según Echenique y Plumptre (1994) (Anexo IV).

El promedio del esfuerzo al límite de proporcionalidad (σ_{LP}) en la cara tangencial fue para *Quercus candicans* Néé de 305,114.81 MPa, *Quercus laurina* Humb & Bonpl. de 225,576.87 MPa y *Quercus rugosa* Néé de 267,117.37 MPa.

El promedio del esfuerzo al límite de proporcionalidad (σ_{LP}) en la cara radial fue para *Quercus candicans* Néé de 240,468.99 MPa, *Quercus laurina* Humb & Bonpl 235,720.46 MPa y *Quercus rugosa* Néé 207,760.89 MPa.

De acuerdo a la compresión perpendicular, las tres especies tienen comportamiento similar a otras especies que se usan comúnmente por lo que en el (cuadro 12) se realiza la comparación con otros autores.

Cuadro 12.- Compresión perpendicular a la fibra (σ_{yw}) de la madera *Quercus candicans* Néé, *Quercus laurina* Humb & Bonpl, *Quercus rugosa* Néé y su comparación con algunos encinos.

Nombre científico	Investigador o institución	Esfuerzo al límite elástico (kg/cm ²)
<i>Quercus candicans</i> Néé	Especie en estudio. (2013)	115.54
<i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl	Especie en estudio. (2013)	189.24
<i>Quercus rugosa</i> Néé	Especie en estudio. (2013)	193.68
<i>Quercus affinis</i>	Fuentes et al. (1995)	73

2014

Cuadro 12.- (Continuación) Compresión perpendicular a la fibra de la madera *Quercus candicans* Née, *Quercus laurina* Humb & Bonpl, *Quercus rugosa* Née y su comparación con algunos encinos de México.

Nombre científico	Investigador o institución	Esfuerzo al límite elástico (kg/cm ²)
<i>Quercus glabrescens</i>	Fuentes <i>et al.</i> (1995)	78
<i>Quercus crasifolia</i>	Fuentes <i>et al.</i> (1995)	90
<i>Quercus mexicana</i>	Fuentes <i>et al.</i> (1995)	84
<i>Quercus laurina</i>	Fuentes <i>et al.</i> (1995)	86
<i>Quercus laurina</i>	Dávalos y De la Paz Pérez. (1995)	129
<i>Quercus crasifolia</i>	Dávalos y De la Paz Pérez. (1995)	107
<i>Quercus crasifolia</i>	Dávalos y De la Paz Pérez. (1995)	153
<i>Oak, red black</i>	FPS (2010)	134.60
<i>Oak, red cherrybark</i>	FPS (2010)	140.72
<i>Oak, red laurel</i>	FPS (2010)	125.42
<i>Oak, red northern red</i>	FPS (2010)	125.42
<i>Oak, red Pin</i>	FPS (2010)	145.81
<i>Oak, red scarlet</i>	FPS (2010)	132.56
<i>Oak, red southern red</i>	FPS (2010)	97.89

2014

Cuadro 12.- (Continuación) Compresión perpendicular a la fibra de la madera *Quercus candicans* Née, *Quercus laurina* Humb & Bonpl, *Quercus rugosa* Née y su comparación con algunos encinos de México.

Nombre científico	Investigador o institución	Esfuerzo al límite elástico (kg/cm ²)
<i>Oak, red wáter</i>	FPS (2010)	141.74
<i>Oak, red willow</i>	FPS (2010)	79.53
<i>Oak, White Bur</i>	FPS (2010)	84.63
<i>Oak, White chestnut</i>	FPS (2010)	59.14
<i>Oak, White Live</i>	FPS (2010)	199.86
<i>Oak, White overcup</i>	FPS (2010)	57.10
<i>Oak, White post</i>	FPS (2010)	100.95
<i>Oak, White swamp chestnut</i>	FPS (2010)	78.51
<i>Oak, White swamn white</i>	FPS (2010)	83.61
<i>Oak, White white</i>	FPS (2010)	75.45

Comparando los valores de compresión perpendicular de las especies en estudio con el (cuadro 12) podemos decir que están dentro de los rangos de Fuentes *et al.* (1995); Dávalos y De la Paz Pérez. (1995) y FPS (2010). De acuerdo a los valores obtenidos podemos afirmar que es una madera que podría tener un uso adecuado ya que como se muestra en el cuadro anterior tiene valores similares a algunas otras especies usadas con mayor frecuencia que estas.

Compresión paralela a la fibra (σ_w).

El promedio del esfuerzo de ruptura en compresión paralela a la fibra (σ_w) fue para *Quercus candicans* Née 623.85 kg/cm², *Quercus laurina* Humb & Bonpl. 734 kg/cm² clasificadas como **muy altas**, y *Quercus rugosa* Née 588.38 kg/cm² clasificada como **alta** (Anexo III), con los criterios de calificación de Sotomayor (2008); y según Echenique y Plumptre (1994) *Quercus candicans* Née y *Quercus rugosa* Née como **medio** (Anexo IV), *Quercus laurina* Humb & Bonpl., como **alto**, encontrándose en los rangos de las maderas más duras presentes en la tabla FITECMA de Sotomayor (2008).

El promedio del módulo de elasticidad (MOE) en compresión paralela a la fibra (E_w) fue para *Quercus candicans* Née 123,966.44 kg/cm² clasificada como **media**, *Quercus laurina* Humb & Bonpl 171,416.77 kg/cm² clasificada como **alta** y *Quercus rugosa* Née 89,400.16 kg/cm² clasificada como **baja** (Anexo III), de acuerdo, con Sotomayor (2008), encontrándose dentro del rango de las maderas más duras presentes en la tabla FITECMA de Sotomayor (2008).

El promedio del esfuerzo al límite de proporcionalidad (σ_{LP}) en compresión paralela a la fibra fue para *Quercus candicans* Neé 270,278.18 kg/cm² clasificada como **alta**, *Quercus laurina* Humb & Bonpl 293,995.57 kg/cm² clasificada como **alta** y *Quercus rugosa* Neé 229,295.28 kg/cm² clasificada como **media** (ver anexo III), de acuerdo, con Sotomayor (2008), se encuentran dentro del rango de las maderas más duras presentes en la tabla FITECMA de Sotomayor (2008).

Con los valores obtenidos podemos afirmar que es una madera con buenas cualidades similares a otras especies que se usan con frecuencia, para lo cual se muestra en el (cuadro 13) de comparaciones para tener una idea más precisa.

Cuadro 13.- Compresión paralela a la fibra de la madera *Quercus candicans* Née, *Quercus laurina* Humb & Bonpl, *Quercus rugosa* Née y su comparación con algunos encinos.

Nombre científico	Investigador o institución	Compresión paralela (kg/cm ²)		
		Módulo de elasticidad (MOE)	Resistencia al límite elástico	Resistencia a la rotura (MOR)
<i>Quercus candicans</i> Née	Especie en estudio (2014)	123966.44	270278.18	626.85

2014

Cuadro 13.- (Continuación) Compresión paralela a la fibra de la madera *Quercus candicans* Neé, *Quercus laurina* Humb & Bonpl, *Quercus rugosa* Neé y su comparación con algunos encinos.

Nombre científico	Investigador o institución	Compresión paralela (kg/cm ²)		
		Módulo de elasticidad (MOE)	Resistencia al límite elástico	Resistencia a la rotura (MOR)
<i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl	Especie en estudio (2014)	171416.77	293995.57	734.20
<i>Quercus rugosa</i> Neé	Especie en estudio. (2014)	89400.16	229295.28	588.38
<i>Quercus rugosa.</i>	Sotomayor (2008)	112400.00	205	305
<i>Quercus obtusata</i>	Sotomayor (2008)	152900.00	325	480
<i>Quercus crassifolia</i>	Sotomayor (2008)	134700.00	215	300
<i>Quercus castanea</i>	Sotomayor (2008)	159800.00	340	505
<i>Quercus skinneri</i>	Sotomayor (2008)	166800.00	360	500
<i>Quercus potosina</i>	Sotomayor (2008)	148400.00	315	460
<i>Quercus anglohoondurensis</i>	Sotomayor (2008)	137000.00	285	385
<i>Quercus convallata</i>	Sotomayor (2008)	141500.00	300	430
<i>Oak, red black</i>	FPS (2010)			458.87
<i>Oak, red cherrybark</i>	FPS (2010)			614.88
<i>Oak, red Laurel</i>	FPS (2010)			490.48
<i>Oak, red northern red</i>	FPS (2010)			475.18
<i>Oak, red Pin</i>	FPS (2010)			479.26
<i>Oak, red Scarlet</i>	FPS (2010)			585.31

2014

Cuadro 13.- (Continuación) Compresión paralela a la fibra de la madera *Quercus candicans* Neé, *Quercus laurina* Humb & Bonpl, *Quercus rugosa* Neé y su comparación con algunos encinos.

Nombre científico	Investigador o institución	Compresión paralela (kg/cm ²)		
		Módulo de elasticidad (MOE)	Resistencia al límite elástico	Resistencia a la rotura (MOR)
<i>Oak, red southern red</i>	FPS (2010)			428.28
<i>Oak, red wáter</i>	FPS (2010)			476.20
<i>Oak, red willow</i>	FPS (2010)			494.56
<i>Oak, White Bur</i>	FPS (2010)			426.24
<i>Oak, White Chestnut</i>	FPS (2010)			480.28
<i>Oak, White Live</i>	FPS (2010)			626.10
<i>Oak, White Overcup</i>	FPS (2010)			435.41
<i>Oak, White Post</i>	FPS (2010)			461.93
<i>Oak, White swamp chestnut</i>	FPS (2010)			510.98
<i>Oak, White swamn white</i>	FPS (2010)			604.69
<i>Oak, White White</i>	FPS (2010)			523.11

Comparando los datos obtenidos sobre compresión paralela de las especies en estudio con el (cuadro 13) podemos decir que están dentro de los rangos de Sotomayor (2008) y FPS (2010).

Flexión estática (σ_{bw}); (E_w).

El promedio del módulo de ruptura (MOR) en flexión estática (σ_{bw}) fue para *Quercus candicans* Neé 259.02 MPa, *Quercus laurina* Humb & Bonpl 176.94 MPa y para *Quercus rugosa* Neé 238.48 MPa, clasificadas como **muy altas** (ANEXO VI), de acuerdo, con Sotomayor (2008); según Echenique y Plumptre (1994) *Quercus candicans* Neé, *Quercus laurina* Humb & Bonpl. y *Quercus rugosa* Neé como **muy bajas** (Anexo IV), encenrándose dentro del rango de las maderas más duras presentes tabla (FITECMA) de Sotomayor (2008).

2014

El promedio del módulo de elasticidad (MOE) en flexión estática (E_w) fue para *Quercus candicans* Neé 2.08 GPa, *Quercus laurina* Humb & Bonpl. 1.53 GPa y *Quercus rugosa* Neé 1.55 GPa clasificadas como **muy bajas** (ver anexo VI), de acuerdo con Sotomayor (2008) y Echenique y Plumptre (1994) (Anexo IV), encontrándolas dentro de los rangos de las maderas más duras presentes en la tabla (FITECMA) de Sotomayor (2008).

El promedio del esfuerzo al límite de proporcionalidad en flexión estática (σ_{w}) fue para *Quercus candicans* Neé 4955.59 kg/cm² clasificada como **muy alta**, *Quercus laurina* Humb & Bonpl 2731.50 kg/cm² clasificada como **muy alta** y *Quercus rugosa* Neé 2903.76 kg/cm² clasificada como **muy alta** (ver anexo VI), de acuerdo con Sotomayor (2008), encontrándose en el rango de las maderas más duras presentes en la tabla (FITECMA) de Sotomayor (2008).

De acuerdo a la flexión estática, las tres especies tienen comportamiento desigual a otras especies que se usan comúnmente por lo que en el siguiente (cuadro 14) se realiza la comparación con algunas maderas.

Cuadro 14.- Flexión estática de la madera *Quercus candicans* Neé, *Quercus laurina* Humb & Bonpl, *Quercus rugosa* Neé y su comparación con algunos encinos.

Nombre científico.	Investigador o institución.	Flexión estática (kg/cm ²)		
		Módulo de elasticidad (MOE)	Resistencia al límite elástico.	Resistencia a la rotura (MOR)
<i>Quercus candicans</i> Neé	Especie en estudio. (2013)	21207.90	4955.59	2639.37
<i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl	Especie en estudio. (2013)	15558.40	2731.50	1803,00
<i>Quercus rugosa</i> Neé	Especie en estudio. (2013)	15847.75	2903.76	2430,09
<i>Quercus rugosa.</i>	Sotomayor (2008)	89000.00	360	615
<i>Quercus obtusata</i>	Sotomayor (2008)	144400.00	575	1065
<i>Quercus crassifolia</i>	Sotomayor (2008)	118000.00	425	760
<i>Quercus castanea</i>	Sotomayor (2008)	164400.00	600	1115
<i>Quercus skinneri</i>	Sotomayor (2008)	173400.00	550	1090
<i>Quercus potosina</i>	Sotomayor (2008)	140500.00	555	1030

2014

Cuadro 14.- (Continuación) Flexión estática de la madera *Quercus candicans* Neé, *Quercus laurina* Humb & Bonpl, *Quercus rugosa* Née y su comparación con algunos encinos.

Nombre científico.	Investigador o institución.	Flexión estática (kg/cm ²)		
		Módulo de elasticidad (MOE)	Resistencia al límite elástico.	Resistencia a la rotura (MOR)
<i>Quercus anglohoondurensis</i>	Sotomayor (2008)	156000.00	430	835
<i>Quercus convallata</i>	Sotomayor (2008)	134700.00	530	430
<i>Quercus germana</i>	Sotomayor (2008)	105500.00	220	315
<i>Oak, red black</i>	FPS (2010)	115147.00		978.92
<i>Oak, red cherrybark</i>	FPS (2010)	159983.00		1274.64
<i>Oak, red laurel</i>	FPS (2010)	119223.00		887.15
<i>Oak, red northern red</i>	FPS (2010)	127375.00		1009.52
<i>Oak, red Pin</i>	FPS (2010)	121261.00		989.12
<i>Oak, red scarlet</i>	FPS (2010)	134508.00		1223.66
<i>Oak, red southern red</i>	FPS (2010)	104957.00		764.78
<i>Oak, red wáter</i>	FPS (2010)	141641.00		1080.90
<i>Oak, red willow</i>	FPS (2010)	133498.00		1019.71
<i>Oak, White bur</i>	FPS (2010)	72349.00		724
<i>Oak, White chestnut</i>	FPS (2010)	112090.00		938.13
<i>Oak, White live</i>	FPS (2010)	139603.00		1295.04
<i>Oak, White overcup</i>	FPS (2010)	998620.00		887.15
<i>Oak, White post</i>	FPS (2010)	105976.00		927.94
<i>Oak, White swamp chestnut</i>	FPS (2010)	124318.00		978.92
<i>Oak, White swamn white</i>	FPS (2010)	143679.00		1244.05
<i>Oak, White white</i>	FPS (2010)	125337.00		1070.70

2014

Comparando los datos obtenidos de flexión estática de las especies en estudio con el (cuadro 14), podemos decir que se encuentra alrededor de los rangos de Sotomayor (2008) y FPS (2010), tomando como referencia que este ensayo se realizó a 4 puntos de apoyo, en contraste con las comparaciones que son a 3 puntos.

Dureza estática (Janka).

La dureza en la cara radial de las especies fue para *Quercus candicans* Néé 11973.11 N (1,220 kg) clasificada como **muy alta**, *Quercus laurina* Humb & Bonpl. 8311.03 N (847.2 kg) clasificada como **alta** y *Quercus rugosa* Néé 13088.50 N (1,334.2 kg) clasificada como **muy alta** de acuerdo con (Echenique y Plumptre, 1994) (Anexo IV).

La dureza en la cara tangencial de las especies fue para, *Quercus candicans* Néé 12918.79 N (1,316.9 kg) clasificada como **muy alta**, *Quercus laurina* Humb & Bonpl. 8540.59 N (870.60 kg) clasificada como **alta** y *Quercus rugosa* Néé 13015.91 N (1,326.8) clasificada como **muy alta** de acuerdo con (Echenique y Plumptre, 1994) (Anexo IV).

La dureza en la cara transversal de las especies fue para *Quercus candicans* Néé 13455.40 N (1,371.6 kg) clasificada como **muy alta**, *Quercus laurina* Humb & Bonpl. 9796.27 N (998.6 kg) clasificada como **alta** y *Quercus rugosa* Néé 13309.23 N (1,356.7 kg) clasificada como **muy alta** de acuerdo con (Echenique y Plumptre, 1994) (Anexo IV).

Con los valores mencionados la especie que presentó mayor dureza, es *Quercus rugosa* Néé, seguida de *Quercus candicans* Néé, y *Quercus laurina* Humb & Bonpl, encontrándose dentro de las maderas con mayor dureza según Sotomayor (2008) presentes en la tabla (FITECMA). Así mismo se hace la comparación con algunas otras especies estudiadas por otros autores (cuadro15).

Cuadro 15.- Dureza estática de la madera *Quercus candicans* Néé, *Quercus laurina* Humb & Bonpl, *Quercus rugosa* Néé y su comparación con algunos encinos.

Nombre científico.	Investigador o institución.	Dureza Estática kg.		
		Cara radial (R).	Cara tangencial (T).	Cara transversal (X).
<i>Quercus candicans</i> Néé	Especie en estudio. (2014)	11973.11	12918.79	13455.40
<i>Quercus laurina</i> Humb & Bonpl	Especies en estudio. (2014)	8311.03	8540.59	9796.27

2014

Cuadro 15.- (Continuación) Dureza estática de la madera *Quercus candicans* Née, *Quercus laurina* Humb & Bonpl, *Quercus rugosa* Née y su comparación con algunos encinos.

Nombre científico.	Investigador o institución.	Dureza Estática kg.		
		Cara radial (R).	Cara tangencial (T).	Cara transversal (X).
<i>Quercus rugosa</i> Née	Especie en estudio. (2014)	13088.50	13015.91	13309.23
<i>Quercus laurina</i>	Herrera (1992)	947	1001.2	11342
<i>Quercus obtusata</i>	Herrera (1992)	731.5	887	1120
<i>Quercus crasifolia</i>	Fuentes et al. (1995)		612	665
<i>Quercus scytophylla</i>	Herrera (1992)	811.7	975.5	1015.7
<i>Quercus skinneri</i>	Sotomayor (1980)	936.5	984.1	803.5
<i>Quercus crassifolia</i>	Ordoñez, et al. (1989)		980	1143
<i>Quercus acatenanguensis</i>	Ordoñez, et al. (1989)		562	587
<i>Quercus rugosa</i>	Ordoñez, et al. (1989)		875	935
<i>Quercus affinis</i>	Fuentes et al. (1995)		727	817
<i>Quercus glabrescens</i>	Fuentes et al. (1995)		730	696
<i>Quercus crasifolia</i>	Fuentes et al. (1995)		612	665
<i>Quercus mexicana</i>	Fuentes et al. (1995)		510	523
<i>Quercus laurina</i>	Dávalos y De la Paz Pérez. (1995)	578	614	602

Comparando los datos obtenidos de dureza estática de las especies en estudio con el (cuadro 15) podemos decir que están dentro de los rangos de Sotomayor (2008) y FPS (2010).

7.- Conclusiones y recomendaciones.

7.1.- De acuerdo a las especies en estudio.

En relación a los resultados obtenidos se presenta para *Quercus candicans* Neé un Contenido de humedad de 8.33 %; Densidad (ρ) básica alta; Contracción (β) volumétrica, radial y tangencial media; Esfuerzo de ruptura en compresión perpendicular a la fibra (σ_{yW}) en la cara radial y tangencial muy alto; Esfuerzo de ruptura en compresión paralela a la fibra (σ_W) de alto a muy alto; Módulo de elasticidad (MOE) en compresión paralela a la fibra medio; Esfuerzo al límite de proporcionalidad (σ_{LP}) en compresión paralela a la fibra alto; Módulo de ruptura (MOR) en flexión estática (σ_{bW}) muy alto según Sotomayor (2008) y muy bajo según Echenique y Plumptre (1994); Módulo de elasticidad (MOE) en flexión estática (E_W) muy bajo; Esfuerzo al límite de proporcionalidad en flexión estática (σ_{LP}) muy alto; Dureza en la cara radial, tangencial y transversal muy alta.

En relación a los resultados obtenidos se presenta para *Quercus laurina* Humb & Bonpl un contenido de humedad de 8.20 %; Densidad (ρ) básica alta; Contracción (β) volumétrica media, radial baja y tangencial alta; Esfuerzo de ruptura en compresión perpendicular a la fibra (σ_{yW}) en la cara radial y tangencial muy alto; Esfuerzo de ruptura en compresión paralela a la fibra (σ_W) de alto a muy alto; Módulo de elasticidad (MOE) en compresión paralela a la fibra (E_W) alto; esfuerzo al límite de proporcionalidad (σ_{LP}) en compresión paralela a la fibra alto; Módulo de ruptura (MOR) en flexión estática (σ_{bW}) muy alto para Sotomayor (2008) y muy bajo para Echenique y Plumptre (1994); Módulo de elasticidad (MOE) en flexión estática (E_W) muy bajo; Esfuerzo al límite de proporcionalidad en flexión estática (σ_{LP}) muy alto; Dureza en la cara radial, tangencial y transversal alta.

En relación a los resultados obtenidos se presenta para *Quercus rugosa* Neé un Contenido de humedad de 8.70 %; Densidad (ρ) básica alta; Contracción (β) volumétrica y tangencial alta, radial media; Esfuerzo de ruptura en compresión perpendicular a la fibra (σ_{yW}) en la cara tangencial y radial muy alto; Esfuerzo de ruptura en compresión paralela a la fibra (σ_W) de medio a alto; Módulo de elasticidad (MOE) en compresión paralela a la fibra (E_W) bajo; Esfuerzo al límite de proporcionalidad (σ_{LP}) en compresión paralela a la fibra medio; Módulo de ruptura (MOR) en flexión estática (σ_{bW}) muy alto para Sotomayor (2008) y muy bajo para Echenique y Plumptre (1994); Módulo de elasticidad (MOE) en flexión estática (E_W) muy bajo; Esfuerzo al límite de proporcionalidad en flexión estática (σ_{LP}) muy alto; Dureza en la cara radial, tangencial y transversal muy alta.

En base a los datos obtenidos en este estudio podemos decir que los encinos *Quercus candicans* Neé, *Quercus laurina* Humb & Bonpl., *Quercus rugosa* Neé, tiene posibles usos como: Elementos estructurales para techos, muros, pisos, viguetas, correas, postes, pies derechos, cornisas y tablones; Elementos no estructurales para exteriores: marcos, dinteles, vireteaguas, para puertas, contraventanas y bastidor para ventanas; elementos no estructurales para exteriores de edificios: entablados y finos; Elementos no

2014

estructurales para interiores de edificios: marcos, barandales, vieteaguas para puertas y paneles, faldones y peldaños de escuelas; Elementos no estructurales para interiores de edificios: pisos de tráfico de peatones de mediano y pesado y más de 50 personas por día; Elementos no estructurales para interiores de edificios: pisos con tráfico ligero de peatones incluyendo el uso residencial, menos de 50 personas por día, peldaños de escaleras y pasamanos; Uso no estructural para interiores de Edificios: lambrines (paneles); Muebles de alta calidad y partes visibles de muebles trazados de alta; Muebles económicos y partes visibles de muebles tapizados; Muebles de alta calidad y económicos: bastidores tapizados; Cajas de empaque, embalajes y tarimas; Transporte: durmientes de ferrocarril; Mangos de herramientas resistentes al impacto: martillo, pala, hacha etcétera según Echenique y Plumptre (1994).

7.2.- De acuerdo a la investigación.

La determinación de las propiedades físicas y mecánicas de 3 árboles de *Quercus candicans* Neé, *Quercus laurina* Humb & Bonpl., *Quercus rugosa* Neé pertenecientes a la Comunidad Indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, con el fin de aportar en el conocimiento de las especies, sus cualidades y comportamientos para proyectar usos y aplicaciones óptimas para un aprovechamiento adecuado y tecnológico.

Las características físicas y mecánicas fueron determinadas en base a madera previamente secada a un contenido de humedad de 8 % en probetas perfectamente orientadas, estos parámetros deben ser considerados para valores comparativos de otros investigadores y en su aprovechamiento, al ser valores de material no preservado bajo procesos químicos, los cuales se considera observando otras cualidades y valores.

Este género de investigaciones para especies de encinos debe ser lo más práctico y eficiente posible, por lo que es necesario resolver situaciones en el suministro del material, traslado, almacenaje, extracción de muestras, instrumentar cada ensayo en requisitos de Norma, el construir aditamentos necesarios y el contar con un equipo de respaldo con criterio amplio en el trascurso de la investigación, para ir resolviendo situaciones problemáticas sin descuidar la eficacia en la búsqueda de resultados. Para lo cual se recomienda.

- a. Profundizar en estudios de caracterización para las mismas especies sometidas a procesos de preservación para valorar su comportamiento en ensayos físicos y mecánicos, además de la realización de otros estudios de secado, maquinado, adhesivos, recubrimientos y uniones.

2014

- b. Ampliar el panorama reciente en nuestro país respecto a los encinos y a su aprovechamiento, pero logrará mejorarse mediante la investigación, promoción y sostenibilidad de este género ya que en nuestro país el cambio de uso inadecuado se da en un gran porcentaje.
- c. Participar en un cambio de percepción respecto a las especies de encinos como un recurso natural renovable y abundante de nuestro país.
- d. Colaborar con investigaciones, acerca del uso, maquinaria, secado, aserrado y tratamientos adecuados para maderas de encino.
- e. Realizar investigaciones de la clasificación de los usos de acuerdo a las especies de encinos, clasificados en grupos afines.
- f. Realizar descripciones botánicas, anatómicas y químicas recientes que describan e identifiquen a los encinos rojos y blancos.
- g. Actualizar la información de los encinos en nuestro país.

2014

8.- Bibliografía.

(FPS) Forest Products Society 2010. Wood Handbook. 2ª Edition. Madison, Wisconsin. USA.

(Anónimo, 1990)

Arizaga, S; Martínez C, J; Salcedo C, M; Bello G, M A. 2009. Manual de la biodiversidad de encinos en Michoacán. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).

Arroyo, P. J. 2003. Propiedades físicas y mecánicas de la madera. Segunda Edición. Facultad de ciencias forestales y ambientales (ULA). Venezuela.

Bárceñas (1993)

Bárceñas, P. G. 1985. Estado actual del conocimiento de la madera de encino. **In:** II Seminario Nacional sobre utilización de Encinos (publicación especial No. 49). Secretaria de agricultura y Recursos Hidráulicos. Guadalajara, Jal., México. pp. 238-277.

Bárceñas, P. G.M. 2011. Evaluación tecnológica de la madera de los encinos de la Sierra de Álvarez. Tesis doctoral. Universidad Autónoma De San Luis Potosí. Facultad De Ciencias Químicas, Ingeniería Y Medicina. San Luis Potosí (SLP).

Behn, 1974

Bello, y Labat. 1987. Cuadernos de estudios michoacanos I. los encinos (*Quercus*) del estado de Michoacán, México. 11-9. Primera Edición. Centre d'Études Mexicaines et Centraméricaines y Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México.

Bocanegra O., S; Tejeda V., F. 1995. Estructura e identificación de la madera de los encinos (*Quercus*) de Morelia, Michoacan. III Seminario sobre utilización de encinos. Memorias. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Tomo II. Linares, N.L., México.

Castro S, F. J. 2012. "La innovación productiva forestal y el desarrollo local a partir de la gobernanza de los bienes comunes en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, periodo 1980-2008". Tesis Doctoral. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. Morelia Michoacán.

Crawley M. J. 1985. Reduction of oak fecundity by low-density herbivore populations. Nature 314:163-164.

Cruz (1994)

2014

Cruz, de L. J. 1995. Características anatómicas de cuatro especies de encinos del sur de Nuevo León. III seminario sobre utilización de encinos. Memorias. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Tomo II. Linares, NL., México.

Dávalos y De la Paz Pérez (1992

Dávalos S., R; De la Paz P O., C. 1995. Estudio comparativo de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Quercus crassifolia* Humb. & Bonpl. III Seminario sobre utilización de encinos. Memorias. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Tomo II. Linares, NL., México.

De la Paz P O., C; Aguilar E., M L. 1978. Diferencias morfológicas externas y anatómicas de la madera de los encinos blancos y rojos. Boletín Técnico No. 59. SARH, INIF. México, D.F.

De la Paz, 1978

De la Paz Pérez O., C. & L. Aguilar E. 1978.
Diferencias morfológicas externas y
anatómicas de la madera de los encinos
blancos y rojos. Bol. Téc. Inst. Nac.
Invest. For. No. 59. 19p.

Echenique y Becerra, 1969. Algunas características físico - mecánicas de tres especies de la Cordillera Neo - Volcánica. Nota Técnica No. 6. INIF. México, D. F.

Echenique, M. R; Plumptre, R.A. 1994. Guía para el uso de maderas de Belice y México. Universidad de Guadalajara. México.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), 2000. Bibliografía comentada: Cambios en la cobertura forestal, México. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Departamento de Montes. Programas de Evaluación de los Recursos Forestales. Documento de trabajo 35. Roma.

Flores C., J. A. 2007. Análisis de gradiente y dinámica sucesional de bosque de encino (*Quercus*) en la sierra madre oriental y occidental de México. Tesis doctoral. Universidad autónoma de san Luis Potosí. Facultades de Ciencias Químicas, Ingeniería y Medicina. San Luis Potosí.

Fox J.F. 1982. Adaptation of grey squirrel behavior to autumn germination of white oak acorns. *Evolution* 36: 800-809.
FPS(2010)

Fuentes L., M. E; Novelo G; De Jesus G. 1995 Propiedades físico mecánicas de cinco especies de encino (*Quercus*) del estado de Puebla. III seminario sobre utilización de encinos. Memorias. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Tomo II. Linares, NL., México.

Herrera, F., M. A. 1992. Características físico-mecánicas de la madera de 15 especies del Municipio de Morelia. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. México.

Huerta C., J. 1975. International Organization for Standardization ISO, Instituto Nacional de Investigaciones. First edition.

ISO (International Organization for Standardization). 1975. Wood-Determination of content for physical and mechanical test. ISO 3130. UDC 674.03:543.812. Switzerland.

ISO (International Organization for Standardization). 1975. Wood-Sampling methods and general requirements for physical and mechanical tests. ISO 3129. UDC 674.03.001.4. Suisse.

ISO (International Organization for Standardization). 1975. Wood-determination of density for physical and mechanical tests. ISO 3131. UDC 674.03: 531.754. Switzerland.

ISO (International Organization for Standardization). 1975. Wood-Determination of ultimate strength in static bending. ISO 3133. UDC 674.03: 539.384. Switzerland.

ISO (International Organization for Standardization). 1975. Wood-Determination of modulus of elasticity in static bending. ISO 3349. UDC 674.03: 539.32: 531.224. Switzerland.

ISO (International Organization for Standardization). 1975. Wood-Determination of static hardness. ISO 3350. UDC 674.03: 539.533. Switzerland.

ISO (International Organization for Standardization). 1976. Wood-Test methods-Determination of ultimate stress in compression parallel to grain. ISO 3787. UDC 674.03: 620.172.242. Switzerland.

ISO (International Organization for Standardization). 1981. Wood-Determination of radial and tangential shrinkage. ISO 4469. UDC 674.03: 620.193.23: 539.388.8. Switzerland.

ISO (International Organization for Standardization). 1982. Wood-Determination of volumetric shrinkage. ISO 4858. UDC 674.03: 620.193.23 539.388.8. Switzerland.

2014

ISO (International Organization for Standardization). 1982. Wood-Determination of radial and tangential swelling. ISO 4859. UDC 674.03: 193.23: 539. 388.8. Switzerland.

ISO (International Organization for Standardization). 1982. Wood-Determination of volumetric swelling. ISO 4860. UDC 674.03 : 620.193.23 539.388.8.Switzerland.

ISO (International Organization for Standardization).1975. Wood-Testing in compression perpendicular to grain. ISO 3132. UDC 674.03: 539.41. Switzerland.

Lara R., M. E. 1995. "Uso actual y potencial de encino en el área del campo experimental forestal y agropecuario de Uruapan". Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Tomo II. Linares, N. L. México. 755-767 p.

Lawrence G. H. 1951. Taxonomy of vascular plants. The McMillan Company, New York.

Luna, A., Montalvo, L., & Rendón, B. (2003). Los Usos no Leñosos de los Encinos en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* (72), 107-117.

Martínez, M. 1981. Los encinos de México. Segunda edición. Comisión Forestal. Michoacán México.

Negrete, 1978

Nixon K. C. 1933. Infrageneric classification of *Quercus* (*fagaceae*) and typification of sectional names. *Ann.Sci.For.* 50(1):25-34.

Nixon K. C. 1984. A biosystematic study of *Quercus* series *Virentes* (the live oaks) with phylogenetic analices of *Fagales*. *Fagaceae* and *Quercus*. PhD Disertation. University of Texas at Austin.

Ordoñez, et al. (1989)

Pulido .F.J 1999. Herbivorismo y regeneración de la encina (*Quercus ilex* L.) en bosques y dehesas. Tesis doctoral. Universidad de Extremadura. Cáceres. España.

Pulido . F. J 2002. Biología reproductiva y conservación: el caso de la germinación de bosques templados y sub tropicales de robles (*Quercus spp.*). *Revista Chilena de Historia Natural* 75(1).

2014

Quintanar O., J. 1996. Los encinos de México: Características tecnológicas. I Congreso mexicano de tecnología de productos forestales. Xalapa, Veracruz. México.

Ramos P., D 1999. Características y propiedades de la Madera de *Quercus Elliptica* Née. (Encino) del Municipio de Morelia, Michoacán, México. Tesis profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacán De San Nicolás De Hidalgo. Morelia, Mich., México.

Rzedowski J. 1978. La vegetación de México. Ed. Limusa, México, D.F.

Silva G., J. A; Fuentes T., F. J; Montes R., E. 1995. Propiedades físicas-mecánicas de la madera de encino (*Quercus castanea*). III seminario sobre utilización de encinos. Memorias. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Tomo II. Linares, NL., México.

Sotomayor C., J. R. 1980. Ocho características tecnológicas de la madera de diez especies tropicales de la Selva Lacandona. Tesis de licenciatura. EITECMA. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. México.

Sotomayor C., J. R. 1987. Calidad de la madera para la industria de la construcción. Consideraciones tecnológicas industriales y comerciales. CNIC, Instituto Regional de Investigaciones de la Construcción del Estado de Michoacán. A. C. Morelia, Michoacán. México.

Sotomayor C., J. R. 2008. Tabla FITECMA de clasificación de características mecánicas de maderas mexicanas. Universidad Michoacana De San Nicolás De Hidalgo. Facultad De Ingeniería En Tecnología De La Madera. 2ª edición. Morelia Michoacán.

Torelli V. 1982. Estudio proporcional de 43 especies forestales mexicanas. Proyecto de Cooperación Científica y Tecnológica México-Yugoslavia. INIF. SFF/SARH.

USDA, 1976. Wood Handbook. Wood as engineering materials. Agricultura handbook. FPL. EUA.

Valencia A. S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 33-54.

Van Steenis c.g.1972.. *Nothofagus*. Key genus to plant geography. In: Valentine D.H (Ed). Taxonomy fitogeography and evolution. Academic Press Inc. London.

Vázquez F.M. 1998. Semillas de *Quercus*: biología, ecología y manejo. Consejería de Agricultura y Comercio. Badajoz. España.

2014

Wolgast L.J. y B.B. Stout. 1997.. The effects of relative humidity at the time of flowering of fruit set in bear oak (*Quercus ilicifolia*). American journal of Botany 64:159-160.

Zavala Ch., F 1995. Encinos hidalguenses. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Zavala Ch., F 1995. Encinos y robles, notas fitogeográficas. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México.

2014

ANEXOS

2014

ANEXO I. SECUELA DE SECADO DE ENCINO

Nombre Científico: Quercus spp. Nombre Común: Encino Programa: T3-C1
 Espesor 1 1/4", 2 1/4" Humedad Inicial: 45-50 Humedad Final: 10%
 Observaciones: Quercus rugosa, Q. candicans y Q. laurina, piezas de diferentes anchos y espesores, algunas con corteza.

Etapa de Secado	Etapa de Temperatura Número	Etapa de Depresión Número	Clase de: Contenido de Humedad		Programa de Temperatura Bulbo seco		Programa de Depresión		Bulbo Húmedo		Humedad Relativa %	Contenido de Humedad en Equilibrio %	Declive de Secado
			De:	A:	°F	°C	°F	°C	°F	°C			
1	1	1	>	40	110	43,33	3	1,66	107	41,67	90	19	2,1
2	1	2	40	35	110	43,33	4	2,22	106	41,11	87	17,5	2
3	1	3	35	30	110	43,33	6	3,33	104	40	80	15,1	2
4	2	4	30	25	120	48,89	10	5,56	110	43,33	72	12,1	2
5	3	5	25	20	130	54,44	25	13,88	105	40,56	43	6,8	2,3
6	4	6	20	15	140	60	45	25	95	35	19	3,4	4,4
7	5	7	15	S=8	160	71,11	45	25	115	46,11	25	3,7	4,3

IGUALAMIENTO	s=8	m=10	160	71,11	29	16,11	131	55	44	6	1,66
ACONDICIONAMIENTO	m=10	x=10	160	71,11	8	4,44	152	66,67	81	12,7	0,78

s = Contenido de humedad de la muestra mas seca
 m = Contenido de humedad de la muestra mas húmeda
 x = Contenido de humedad de la media

ANEXO II. CLASIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS MENCIONADAS EN EL TEXTO SEGÚN SOTOMAYOR (1987).

CLASIFICACIÓN PARA DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³).

Densidad (gr/cm ³)	Calificación
Excepcionalmente baja	Menos de 0.25
Baja	0.26 - 0.39
Media	0.40 - 0.55
Alto	0.56 - 0.70
Muy alto	0.71 - 0.85
Excepcionalmente alto	Mayor de 0.85

CLASIFICACIÓN PARA CONTRACCIONES VOLUMÉTRICA (%).

Calificación	Contracción volumétrica
Baja	5.0 - 10.0
Media	10.1 - 15.0
Alto	15.1 - 20.0

2014

CLASIFICACIÓN PARA CONTRACCIONES RADIAL (%).

Calificación	Contracción
Baja	Menos de 4.0
Media	4.1 – 6.0
Alto	Más de 6.0

CLASIFICACIÓN PARA CONTRACCIONES TANGENCIAL (%).

Calificación	Contracción tangencial
Baja	Menos de 6.0
Media	6.1 – 10.0
Alto	Más de 10.0

ANEXO III. CLASIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS MENCIONADAS EN EL TEXTO SEGÚN LOS CRITERIOS DE SOTOMAYOR (2008).

COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA EN LA RESISTENCIA A LA ROTURA (MOR).

CALIFICACIÓN	COMPRESIÓN PARALELA (Kg/cm ²)
Muy baja	Menor de 150.000
Baja	151.00 – 300.00
Media	301.000 – 450.00
Alta	451.00 – 600.00
Muy alta	Mayor de 600.00

COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA EN EL MODULO DE ELASTICIDAD (MOE).

CALIFICACIÓN	COMPRESIÓN PARALELA. (Kg/cm ²)
Muy baja	Menor de 50,000.00
Baja	50,001.00 - 100,000.00
Media	100,000.00 - 150,000.00
Alta	150 001.00 - 200,000.00
Muy alta	Mayor d 200,000

2014

COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA EN EL LÍMITE DE PROPORCIONALIDAD (P_{LP}).

CALIFICACIÓN	COMPRESIÓN PARALELA. (Kg/cm ²)
Muy baja	Menor de 100.00
Baja	101.00 – 180.00
Media	181.00 – 260.00
Alta	261.00 – 340.00
Muy alta	Mayor de 340.00

FLEXIÓN ESTÁTICA EN LA RESISTENCIA A LA RUPTURA (MOR).

CALIFICACIÓN	FLEXIÓN ESTÁTICA EN EL MODULO DE ELASTICIDAD (MOE). (Kg/cm ²)
Muy baja	Menor de 350.00
Baja	351.00 – 700.00
Media	701.00 – 1050.00
Alta	1,051.00 – 1400.00
Muy alta	Mayor de 1400.00

FLEXIÓN ESTÁTICA EN EL MODULO DE ELASTICIDAD (MOE).

CALIFICACIÓN	FLEXIÓN ESTÁTICA EN EL MODULO DE ELASTICIDAD (MOE). (Kg/cm ²)
Muy baja	Menor de 40,000.00
Baja	40,001.00 - 80,000.00
Media	80,001.00 - 120,000.00
Alta	120,001.00 - 160,000.00
Muy alta	Mayor de 160,000.00

2014

FLEXIÓN ESTÁTICA EN EL LÍMITE ELÁSTICO PROPORCIONAL (P_{LP}).

CALIFICACIÓN	FLEXIÓN ESTÁTICA EN EL MODULO DE ELASTICIDAD (MOE). (Kg/cm ²)
Muy baja	Menor de 200.00
Baja	201.00 – 400.00
Media	401.00 – 600.00
Alta	601.00 – 800.00
Muy alta	Mayor de 800.00

ANEXO IV. ESPECIFICACIONES DE LA CLASIFICACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS MENCIONADAS EN EL TEXTO SEGÚN LOS CRITERIOS DE ECHENIQUE Y PLUMPTRE (1994).

CLASIFICACIÓN PARA DENSIDAD BÁSICA (gr/cm³)

CALIFICACIÓN	DENSIDAD BASICA (gr/cm ³)
Muy bajo	< de 0.26
Bajo	0.27– 0.38
Mediano	0.39 – 0.56
Alto	0.57 – 0.70
Muy alto	0.71 – 0.89
Extremadamente alto	>0.90

FLEXIÓN ESTÁTICA EN (kg/cm²).

Propiedad	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
MOR	<400	401 - 900	901 - 1350	1351 - 1800	>1800
MOE x 10 ³	<70	71 - 100	101 - 150	151 - 200	>200

COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA EN (kg/cm²).

Propiedad	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
MCS	<300	301 - 450	451 - 700	701 - 950	>950

MCS: Máxima resistencia a la compresión.

2014

COMPRESIÓN PERPENDICULAR A LA FIBRA EN (kg/cm²).

Propiedad	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
SPL	<35	35 - 75	76 - 120	121 - 175	>175

SPL: Resistencia perpendicular.

DUREZA JANKA EN (kg)

Propiedad	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Lateral	<200	201 - 400	401 - 800	801 - 1200	>175
Transversal	<250	251 - 500	501 - 1000	1001 - 1500	>1500