



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
MAESTRÍA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE LA MADERA

**CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS, FÍSICO-MECÁNICAS Y QUÍMICAS
DE *Quercus rugosa* y *Quercus eduardii* DE LA SIERRA LOBOS,
GUANAJUATO.**

TESIS

Que presenta:

EDUARDO DIAZ RIVERA

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE
LA MADERA

Director de tesis:

Doctor en estructura y propiedades de la madera JOSÉ CRUZ DE LEÓN



Morelia, Michoacán Febrero del 2015

	Página
Índice del contenido.....	i
Índice de figuras.....	iii
Índice de cuadros.....	iv
Resumen.....	vi
Abstract.....	vi
Contenido	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1. Distribución de los encinos en México.....	3
2.2. Usos y aprovechamiento de los encinos en México.....	4
2.3 Características físicas y mecánicas de los encinos.....	5
2.4 Características anatómicas de los encinos.....	5
2.5 Características químicas.....	6
2.6 Descripción de las especies.....	6
3. JUSTIFICACIÓN.....	9
4. OBJETIVOS.....	10
4.1. Objetivo general.....	10
4.2. Objetivos particulares.....	10
5. ÁREA DE ESTUDIO.....	11
5.1 Vegetación.....	11
5.2 Clima.....	12
5.3 Suelo.....	12
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
6.1. Habilitación del material.....	13
6.2. Identificación botánica de las especies.....	14
6.3. Características anatómicas.....	14
6.3.1. Descripción macroscópica de la rodaja.....	14
6.3.2. Descripción macroscópica y organoléptica de la madera.....	15
6.3.3. Descripción microscópica.....	15

6.4 Características físicas y mecánicas.....	18
6.4.1. Características físicas.....	18
6.4.2. Características mecánicas.....	20
6.5. Determinaciones químicas.....	22
6.5.1. Determinación de taninos.....	23
6.5.2. Determinación de extracto total.....	24
6.5.3. Taninos condensados.....	24
6.5.4. Taninos hidrolizables.....	25
7. RESULTADOS.....	26
7.1. Descripción anatómica.....	26
7.1.1 Descripción macroscópica de la rodaja.....	26
7.1.2. Descripción macroscópica y organoleptica de la madera.....	28
7.1.3 Descripción microscópica <i>Q. eduardii</i>	30
7.1.4 Descripción microscópica <i>Q. rugosa</i>	34
7.2. Características físicas.....	38
7.2.1 Densidad.....	38
7.2.2 Contracción.....	39
7.2.3 Hinchamiento.....	40
7.3 Características mecánicas.....	42
7.3.1 Compresión paralela.....	42
7.3.2 Dureza.....	44
7.4 Propiedades químicas.....	46
7.4.1 Extracto total.....	46
7.4.2 Taninos condensados.....	46
7.4.3 Taninos.....	47
7.4.4 Taninos hidrolizables.....	48
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
9. CONCLUSIONES.....	59
10. BIBLIOGRAFIA.....	61
11. ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS	Página
Fig.1. . Muestra de herbario <i>Q. rugosa</i>	7
Fig 2. Muestra de herbario <i>Q. eduardii</i>	8
Fig. 3. Localización del área de estudio.....	11
Fig. 4. Cortes de las rodajas.....	13
Fig. 5. Cortes para pruebas físicas y mecánicas.....	14
Fig. 6. Rodajas para descripción macroscópica.....	13
Fig. 7. Tablillas para determinaciones macroscópicas.....	15
Fig. 8. Micrótopo y cortes de las preparaciones fijas.....	16
Fig. 9. Blanqueo y tinción de las preparaciones fijas.....	17
Fig. 10. Material disociado.....	18
Fig. 11. Máquina universal de ensayos.....	21
Fig. 12. Dimensiones de probetas y esquema del ensayo en compresión paralela.....	21
Fig. 13. Dimensiones de probetas y esquema del ensayo de dureza.....	22
Fig. 14. Molino y almacenamiento de las muestras.....	23
Fig. 15. Extracción acuosa y aforación del resultante.....	23
Fig. 16. Evaporación y determinación del extracto total.....	24
Fig. 17. Reacción bajo reflujo y condensado.....	25
Fig. 18. Prueba para taninos hidrolizables.....	25
Fig. 19. Zonas de crecimiento y porosidad <i>Q. eduardii</i>	30
Fig. 20. Elementos de vaso y material disociado 40x <i>Q. eduardii</i>	31
Fig. 21. Radios, corte radial 40x, corte tangencial 4x y tangencial 40x.....	32
Fig. 22. Fibras <i>Q. eduardii</i> material disociado 40x y 4x	32
Fig. 23. Zonas de crecimiento y porosidad <i>Q. rugosa</i>	34
Fig. 24. Elementos de vaso y material disociado 10x y 40x <i>Q. rugosa</i>	35
Fig. 25. Radios, corte tangencial 4x, corte radial 10x y corte tangencial 40x <i>Q. rugosa</i>	36
Fig. 26. Fibras, material disociado 40x y 4x.....	36
Fig. 27. Diferencia de densidad entre las especies.....	39

Fig. 28. Diferencia de contracción volumétrica.....	40
Fig. 29. Diferencia de hinchamiento volumétrico.....	42
Fig. 30. Resistencia a la compresión paralela en kg/cm ²	43
Fig. 31. Dureza en los planos lateral y axial para <i>Q. eduardii</i> y <i>Q. eduardii</i>	45

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Descripción de la rodaja.....	27
Cuadro 2. Tamaño de los elementos anatómicos <i>Q. eduardii</i>	33
Cuadro 3. Tamaño de los elementos anatómicos <i>Q. rugosa</i>	37
Cuadro 4. Densidad de referencia, básica y anhidra para las dos especies.....	38
Cuadro 5. Comparación de medias para densidad básica por medio de la prueba T de student.....	38
Cuadro 6. Porcentaje de contracción radial, tangencial y volumétrica.....	39
Cuadro 7. Comparación de medias para contracción radial por medio de la prueba T de student.....	40
Cuadro 8. Comparación de medias para contracción tangencial por medio de la prueba T de student.....	40
Cuadro 9. Porcentaje de hinchamiento radial, tangencial y volumétrico.....	41
Cuadro 10. Comparación de medias para el hinchamiento radial por medio de la prueba T de student.....	41
Cuadro 11. Comparación de medias para el hinchamiento tangencial por medio de la prueba T de student.....	41
Cuadro 12. Valores promedio de resistencia a la compresión paralela.....	43
Cuadro 13. Comparación de medias para compresión paralela por medio de la prueba T de student.....	43
Cuadro 14. Valores promedio de dureza en los planos lateral y axial para <i>Q. eduardii</i>	44
Cuadro 15. Comparación de medias para dureza de <i>Q. eduardii</i> por medio de la prueba T de student.....	44

Cuadro 16. Valores promedio de dureza en los planos lateral y axial, para <i>Q. rugosa</i>	45
Cuadro 17. Comparación de medias para dureza de <i>Q. rugosa</i> por medio de la prueba T de student.....	45
Cuadro 18. Valores totales de extracto total.....	46
Cuadro 19. Comparación de medias de extracto total por medio de la prueba T de student.....	46
Cuadro 20. Valores totales de taninos condensados.....	47
Cuadro 21. Comparación de medias de taninos condensados por medio de la prueba T de student.....	47
Cuadro 22. Valores de taninos totales.....	47
Cuadro 23. Comparación de medias de taninos totales por medio de la prueba T de student	47
Cuadro 24. Coloraciones para taninos hidrolizables.....	48

RESUMEN

Este trabajo comprende el estudio anatómico, físico-mecánico de la madera y químico de la corteza de dos especies de encino del estado de Guanajuato: *Quercus rugosa* (encino blanco) y *Quercus eduardii* (encino rojo). El estudio anatómico macroscópico se realizó en tablillas de 1x 5 x 10 cm, para el microscópico se hicieron laminillas fijas de cortes y material dissociado. Las propiedades físico-mecánicas comprenden densidad, contracción e hinchamiento, compresión paralela y dureza, para las cuales se elaboraron probetas de diferentes tamaños mediante los criterios de las normas ISO. El análisis químico se realizó en la corteza de ambas especies. Los resultados son una contribución al conocimiento de la madera de las especies de la zona, los cuales se proporcionan por especie en tablas y fotografías. Con base en los resultados se sugieren posibles usos.

Palabras clave: encino, anatomía, propiedades, estudio.

ABSTRACT

This work includes physical-mechanical, anatomical study of wood and bark chemist two species of oak in the state of Guanajuato: *Quercus rugosa* (white oak) and *Quercus eduardii* (red oak). Macroscopic anatomical study was conducted on tablets 1x 5 x 10 cm, fixed for microscopic lamellae cuts and dissociated material is made. The physico-mechanical properties include density, shrinkage and swelling, parallel compression and hardness, for which specimens of different sizes were developed using the criteria of ISO standards. Chemical analysis was performed on the bark of both species. The results are a contribution to the knowledge of wood species in the area, which are provided by species in tables and pictures. Based on the results suggest possible uses.

Keywords: oak, anatomy, properties, study

1. INTRODUCCIÓN

En el estado de Guanajuato se han llevado a cabo una serie de estudios con base al desarrollo florístico de la región, realizados por Vázquez-Silva y col. (2004), Martínez-Cruz y col. (2009), Rzedowski y col. (1996), Palacio-Prieto y col. (2000), Carranza (2005), Aguilera (1991), donde principalmente la información es de tipo fisonómico y de composición de las comunidades vegetales. A pesar de que en el estado de Guanajuato el bosque de encino ocupa un 9.3 % de su territorio con 2835 km² y un 2.9 % de bosque de pino-encino ocupando 882 km² (Palacio- Prieto y col., 2000); con un total de 31 especies ocupando un 1.11 % (Zamudio 2011), son muy pocos los estudios relacionados con su madera.

En el país se considera que existen 161 especies de encinos de acuerdo a Valencia (2004). Los encinos están presentes prácticamente en todo el país, a excepción de los estados de Yucatán y Quintana Roo (Rzedowski, 1978). La mayor parte de los encinos se encuentran en zonas montañosas con clima templado o templado semihúmedo, donde ocurren lluvias en la época cálida del año (Rzedowski, 1978).

Existe un gran interés en torno al género atribuido a su alta diversidad y a su importancia ecológica y económica. Además de su valor por la calidad de su madera, algunos usos que se le da a los encinos como materia prima son en la construcción, elaboración de carbón, mangos de herramientas, confección de artesanías y elaboración de muebles. Los encinos son un recurso importante para las comunidades rurales, sin embargo, la mayoría son poco o mal aprovechados debido a un mal manejo de la materia prima en el aserradero y más al desconocimiento de las características tecnológicas que lleva a tratarlas de la misma manera sin tomar en cuenta las diferencias que existen entre ellas (De la Paz y Aguilar, 1978).

La influencia de las características tecnológicas en el aprovechamiento de la madera de encino en México es variada ya que tres secciones prosperan en el territorio: *Quercus* o encinos blancos, *Lobatae* o encinos rojos y *Protobalanus* o encinos intermedios. Estas propiedades o características recogen información

sobre los comportamientos o aptitudes de la madera relativas a aspectos tecnológicos en sus procesos de transformación. En México el grupo de los encinos rojos es más ampliamente utilizado que el grupo de los blancos a nivel industrial, ya que los encinos rojos son más ampliamente distribuidos, además los encinos blancos presentan características como mayor densidad, mayor dureza, más cristales y tilides de los lúmenes etc.; por lo que son más susceptibles a los cambios dimensionales, lo que hace que presenten problemas de secado y maquinado (De la paz y col., 2000). Dentro de las propiedades se incluyen características como el color, brillo, veteado y textura, que están principalmente ligadas con los rayos poliseriados, distribución de los elementos-vasculares, parénquima leñoso y fibras, que en conjunto influyen dándoles una figura de apariencia muy hermosa y alto valor decorativo (De la Paz, 1985).

El desconocimiento de las propiedades tecnológicas, conlleva a que el aprovechamiento de la madera de encino en México se hace sin separar las especies rojas de las blancas y sin seleccionar especies dentro del mismo grupo (De la Paz y col., 2000), esto ocasiona un gran problema en las técnicas empleadas ya que no se toman en cuenta las características anatómicas y tecnológicas de las especies (De la Paz y Aguilar, 1987).

Por las cuestiones antes mencionadas este trabajo se estudiarán las características anatómicas, físico-mecánicas y químicas, donde el principal objetivo es generar la información básica de la madera de las especies *Quercus rugosa* y *Q. eduardii* para un mejor aprovechamiento, y por medio de estas generar un cambio en su uso, ya que actualmente son utilizadas para generar carbón.

2. ANTECEDENTES.

2.1. Distribución de los encinos en México.

De las 161 especies reconocidas para el territorio mexicano, 81 especies pertenecen a la sección *Quercus*, 76 de la sección *Lobatae* y 4 de la sección *Protobalanus* (Valencia, 2004). Muchas de las especies son endémicas del país y otras pueden llegar a tener una amplia distribución que rebasan las fronteras, tanto al norte como al sur. De acuerdo con Rzedowski (1978) los encinos se distribuyen en su mayoría en las zonas montañosas con clima templado semihúmedo, donde las lluvias ocurren en la época cálida del año.

En trabajos realizados por Zavala-Chávez (1998) sobre la distribución de encinos en México, se determinaron cinco regiones geográficas para el país (Noroeste, Noreste, Occidente, Centro, Sur y Sureste) con base en 112 especies, donde se califica a la región centro con mayor diversidad de especies. La distribución estatal nos muestra que los estados con mayor número de especies, son: Oaxaca, Nuevo León, Jalisco, Chihuahua y Veracruz. Esta distribución puede determinar que en el país se encuentre un alto grado de endemismo, presentándose un total de 109 especies endémicas que equivalen al 67.7 % del Género en México. Altitudinalmente las especies de *Quercus* se desarrollan entre 0 y 3500 msnm, pero son más frecuentes entre 1000 y 3000 msnm. (Valencia 2004). Estos estudios muestran que México es un país con alta riqueza y endemismos, lo cual puede atribuirse a diferentes factores como: la fisiografía, cambios y diversidad climática, así como la disponibilidad de hábitats.

2.2. Usos y aprovechamiento de los encinos en México.

El aprovechamiento de todo recurso natural se traduce en una fuente de mejoramiento económico para un país siempre y cuando sepa utilizarlo, en el caso del recurso maderable puede ser renovado, todo esto teniendo un manejo racional.

En México los encinos son el recurso maderable más abundante, después de los pinos, ya que se encuentra en todo el territorio de clima templado. De la Paz y col. (2000) mencionan que la madera de encino ocupa el segundo lugar de aprovechamiento en el país con una producción de 578,687 m³ por año, los principales estados en aprovechamiento son Michoacán, Durango, Chihuahua, Jalisco, Guanajuato, Hidalgo. Los principales destinos de la madera son celulosa, escuadría, combustible (leña y carbón), postes, pilotes, morillos y chapa, no siendo el mismo aprovechamiento por estado ni el mismo destino de la madera.

De acuerdo a la CONAFOR en su anuario 2012, la producción anual total en volumen es de 572,000 m³. El estado de Guanajuato desarrolla una extracción anual de 26,607.03 m³, donde lamentablemente un total de 19,000 m³ se utiliza en la producción de carbón.

Otra utilidad de los encinos poco valorada es el uso no maderable o no leñoso, esto a pesar de que a lo largo de todo el país muchas comunidades hacen la obtención de diversos materiales medicinales y alimenticios. Los principales usos no maderables que se les da a los encinos son: medicinal, alimenticio, forraje, artesanal, taninos y colorantes, para lo cual se utiliza la corteza, bellotas y las hojas (Luna-José y col. 2003).

2.3 Características físicas y mecánicas de los encinos.

En el proceso de transformación de la madera deben de tomarse en cuenta las características que presentan las especies en sus secciones. En estudios realizados por De la Paz y Davalos-Sotelo (2008) los encinos rojos, de acuerdo a sus cualidades mecánicas de alta resistencia al impacto, se emplean para mangos y cabos de herramientas y por su alta densidad pueden ser utilizadas para usos estructurales, aunque pueden sufrir de altas contracciones que pueden afectar en el proceso de secado. Honorato-Salazar y Fuentes-López (2001) mencionan que los encinos blancos presentan una excepcional resistencia mecánica y alta durabilidad natural, además de una alta dureza y alta resistencia al impacto. Algunos autores sugieren que para determinar las características físicas, se debe tomar la densidad relativa, contracción volumétrica y coeficiente de anisotropía. Para los ensayos mecánicos se deben tomar dureza, flexión y compresión.

2.4 Características anatómicas de los encinos.

En las características anatómicas de una madera se consideran en primera instancia sus características de color, brillo, veteado y textura, que están principalmente ligadas con los rayos poliseriados, además de la distribución de los elementos-vasculares, parénquima leñoso y fibras, que en conjunto influyen, dándoles una figura de apariencia muy hermosa y alto valor decorativo. Dependiendo de la especie, se les puede asignar diferente valor de acuerdo a la presencia de rayos poliseriados e hilo (De la Paz y col., 2000.)

De acuerdo a De la Paz y col. (2005) las especies de la sección *Lobatea* presentan los anillos de crecimiento más anchos que las especies blancas, lo que representa que de acuerdo al tamaño de los anillos de crecimiento se tendrá diferente calidad de las maderas. Bucio-Sánchez (1985) encontró diferencias entre las secciones (encinos rojos y blancos) a nivel anatómico en las dimensiones de los radios multiseriados y que junto con las fibras influyen en las propiedades tecnológicas.

2.5 Características químicas.

Los encinos, no solamente son fuente de madera y productos maderables, sino también de productos químicos que pueden usarse como materia prima para otros procesos y para la obtención de otros productos, como pueden ser la pulpa y papel, los taninos usados en la industria de la curtiduría, adhesivos, aditivos etc. Los porcentajes de celulosa de la madera de encinos mexicanos son de 52.6 % a 59.8 %; de lignina de 22.7 % a 27 %, de hemicelulosas alrededor de 22 %; de cenizas de 0.83 % a 3 %; de pentosatos 18.7 % a 21.1 %; de extractos obtenidos con disolventes orgánicos de 2.7 % a 7.21 %; y de extractos con agua caliente de 7.6 % a 12.2 % (Honorato-Salazar y Hernández 1998; De la Paz, Vélez y Ceja 2006; De la Paz y Dávalos 2008).

El contenido elevado de taninos en los encinos, como género, ha sido apreciado siempre para curtir pieles. Para los encinos mexicanos, el contenido de taninos en la corteza es, en general, mayor (6.5 % a 57%) que en la madera (0.9 % a 33.4 %) (Honorato-Salazar y Hernández, 1998; Herrera-Fernández, 2013, Bautista-Hernández y Honorato-Salazar, 2005).

2.6 Descripción de las especies.

La descripción de las especies se realizó de acuerdo a Martínez (1981).

***Quercus rugosa* Née.**

Nombres comunes: Encino asta; encino blanco; roble; encino quiebra hacha, encino prieto, encino negro.

Sinonimia: *Quercus ariifolia* Trel.; *Quercus bonplandiana* Sweet.; *Quercus conglomerata* Trel.; *Quercus decipiens* Mart. & Gal.; *Quercus diversicolor* Trel.; *Quercus durangensis* Trel.

Sección: *Quercus* (encinos blancos).

Distribución: Abundante en el centro del país, donde forma extensos bosques. Altitud: 1,800 - 2,800 msnm.

Forma. Árbol perennifolio o caducifolio; 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).

Descripción botánica: Árbol grande de ramillas fuertes, de 3 a 4 mm. De diámetro algo acanaladas más o menos tomentosas. Hojas elíptico-obovadas, coriáceas y duras, a veces acucharadas, con la base cardada, crenado aserradas hacia el ápice, de 8 a 10 cm. De largo por 3 a 5 de ancho, brillantes y casi lisas en la cara superior y tomentosas en la inferior, con el tomento de color moreno oscuro; superficie inferior algo granulosa. Fruto anual, generalmente dos o tres en la extremidad de un pedúnculo de 3 a 6 cm. Cúpula hemisférica, de unos 15 mm de diámetro. Bellota ovoide o largamente ovoide, incluida un medio.



Figura 1. Muestra de herbario de *Q. rugosa*.

***Quercus eduardii* Trel.**

Nombres comunes: Encino colorado.

Sinonimia: *Q. eduardii* Trel. *cespitifera* Trel.; *Q. nitidissima* Trel.; *Q. oligodonta* Seemen ex Loes.

Distribución estatal en México: Ags., Chih., Dgo., Gto., Hgo., Jal., Mich., Nay., Qro., SLP, Tamps., Ver. Y Zac. Altitud: 1500-2650 msnm.

Sección: Lobatae (encinos rojos).

Descripción botánica: Árbol de 5 a 9 metros de altura, con la corteza rugosa y dura y de color negruzco. Ramillas de 2 mm. De diámetro, algo acanaladas, gris-escamosas al principio, y lisas y rojizas después, tomentosas y con las lentejuelas elípticas. Yemas largamente ovoides, lisas de color moreno, brillante, de 2.5 mm. De largo. Hojas caedizas, oblongo-elípticas, de 3 a 6 cm. De largo por 1.5 a 2.5 de ancho, agudo-mucronadas ligeramente cordadas en la base, enteras o dentadas, con los dientes cortamente aristados. Fruto anual, por pares y casi sésil; cúpula algo turbinada, hasta de 10 mm de diámetro, con las escamas redondeadas, delgadas y apretadas, de color castaño claro y lisas. Bellotas largamente ovoides u oval, de 10 a 12 mm de largo, pálida y levemente sedosa, incluida un medio.



Figura 18. Muestra de herbario de *Q. eduardii*

3. JUSTIFICACIÓN

En el estado de Guanajuato, a pesar de tener en su territorio una gran presencia de encinares, se han realizado pocos estudios que contemplen generar conocimiento acerca de las características anatómicas, físico-mecánicas y químicas de sus maderas. En la actualidad se utiliza el 71.4 % de la madera de encino para la producción de carbón, por lo que a través del conocimiento de las propiedades físico-mecánicas y anatómicas se podrá proponer un uso con mayor valor agregado. Con lo anterior se podrá satisfacer las necesidades de las instituciones, como de las personas que trabajan con la madera de encino.

4. OBJETIVOS.

4.1. Objetivo general.

Determinar las características anatómicas, físico-mecánicas y químicas de *Quercus rugosa* y *Quercus eduardii* del predio San José Buenavista, Guanajuato y proporcionar posibles usos.

4.2. Objetivos particulares.

1. Describir la anatomía macroscópica y microscópica de la madera de *Quercus rugosa* y *Quercus eduardii*.
2. Describir las propiedades físicas (densidad, contenido de humedad, contracción e hinchamiento) de la madera de *Quercus rugosa* y *Quercus eduardii*.
3. Describir las propiedades mecánicas (compresión paralela y dureza) de la madera de *Quercus rugosa* y *Quercus eduardii*.
4. Determinar el porcentaje de taninos en la corteza de *Quercus rugosa* y *Quercus eduardii*.
5. Determinar las estrategias de utilización de acuerdo a cada una de las características anatómicas, físico-mecánicas y químicas de *Quercus rugosa* y *Quercus eduardii*.

5. ÁREA DE ESTUDIO.

En esta investigación se busca estudiar la anatomía, las propiedades físico-mecánicas y químicas de *Q. rugosa* y *Q. eduardii*, especies de encinos del predio “San José Buenavista” perteneciente al bosque de encino. El predio “San José Buenavista” se localiza en el municipio de San Felipe dentro del sistema denominado “Sierra Lobos” el cual se localiza al norte de León, Gto. con una altura promedio de 2,625 m. s. n. m. (figura3) (Castro, 2008).

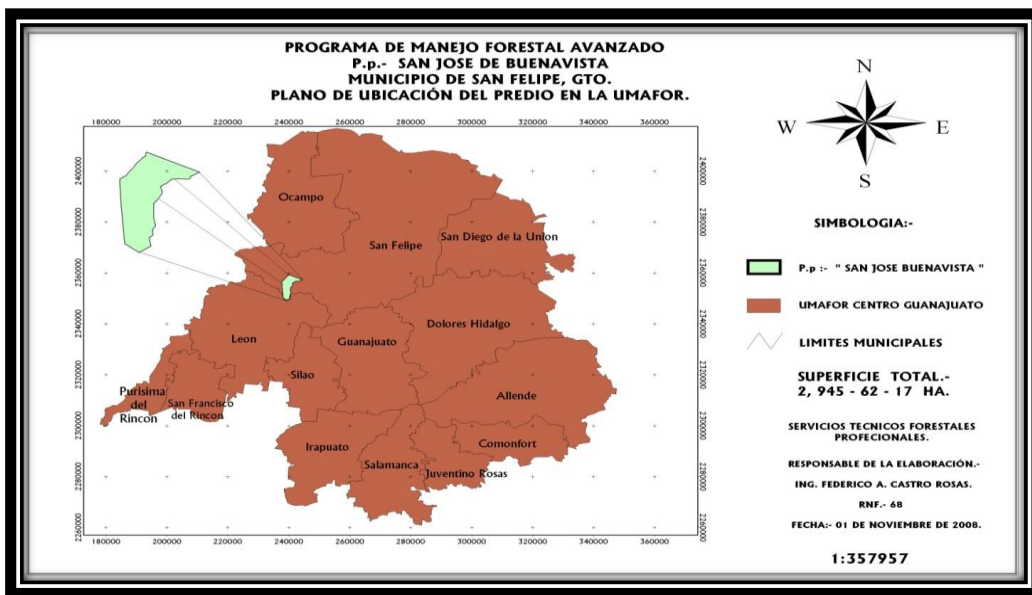


Figura 3. Localización del área de estudio.

5.1 Vegetación.

En el área de San José Buenavista encontramos bosque de encino predominando los géneros y especies *Quercus rugosa* (encino negro), *Quercus eduardii* (encino colorado), *Quercus resinosa* (encino blanco) y *Quercus laurina* (encino laurelillo). Así como algunos individuos de *Buddleia cordata* (tepozán) y de *Arctostaphylos pungens* (pingüica) (Castro, 2008).

5.2. Clima.

El clima del sitio de estudio corresponde al más seco de los templados subhúmedos con lluvias en verano, cociente p/t 43.2 y la temperatura media del mes más caliente entre 6.5 y 22⁰ C. con poca oscilación de las temperaturas medias mensuales, entre 5 y 7⁰ C. siendo el mes más caliente del año, el mes de junio. La clasificación de temperaturas de Köppen (modificada por Enriqueta García) es:- **c (w₁) w y c (w₀) (w) b (i[~]) g**, la cual perteneciendo al tipo de clima templado, sub tipo subhúmedo con lluvias en verano, el más seco de los templados sub-húmedos (Castro, 2008)

5.3 Suelo.

Se encuentran principalmente tres tipos de suelo en San José Buenavista, que son litosol aplico en fase litica, phaeozem molico, planosol molico, (lecho rocoso entre los 10 - 50 cm. de profundidad) con terreno de lomerío a terreno montuoso con pendientes del 8 al 20% (castro, 2008).

6. MATERIALES Y MÉTODOS.

Se realizaron una serie de visitas al predio San José Buenavista Guanajuato, con el fin de elegir las especies con las cuales se trabajaría. Al final se identificaron los árboles para su derribo, los cuales fueron representativos, con un diámetro a la altura del pecho de 30 cm, derribándose un árbol por especie. De los árboles derribados se cortaron tres trozas por árbol, con un largo de 1.20 metros. Las trozas se trasladaron al aserradero de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera para la habilitación del material.

6.1. Habilitación del material.

De cada una de las trozas por especie se cortó una rodaja de 5 cm de espesor, esto para la descripción de la rodaja y pruebas anatómicas (Figura 4).

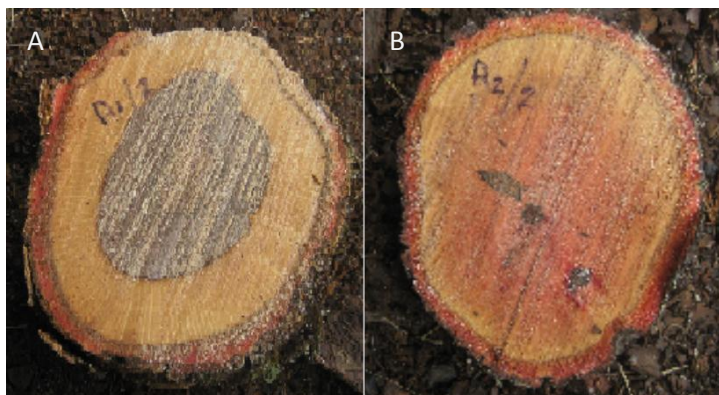


Figura 4. Cortes de las rodajas. A) *Q. rugosa* B) *Q. eduardii*.

De las trozas se obtuvieron tabloncillos radiales y tangenciales de 0.03 (m) x 0.12 (m) x 1.20 (m), los cuales se obtuvieron por medio de la técnica de aserrío en cuartos, esto con el fin de desperdiciar el mínimo de material (Figura 5). El material obtenido se utilizó para la elaboración de probetas para los ensayos físicos y mecánicos.



Figura 5. Cortes para pruebas físicas y mecánicas.

6.2. Identificación botánica de las especies.

Las dos especies con las que se trabajó, fueron identificadas por un experto del Herbario de la Facultad de Biología. Además, se corroboró la identificación por medio de la visita a un experto en el Herbario del Centro de Investigaciones en Ecosistemas UNAM campus Morelia.

6.3. Características Anatómicas.

Una rodaja de cada árbol por especie fue utilizada, de una de las rodajas se determinaron características de las mismas y se seccionaron las muestras. El material fue acondicionado dependiendo de las pruebas a realizar.

6.3.1. Descripción macroscópica de la rodaja.

Una rodaja por especie se utilizó para la descripción de las características macroscópicas, tales como: forma de la rodaja, porcentaje de albura y duramen, porcentaje de corteza interna y corteza externa, excentricidad, zonas de crecimiento y visibilidad de rayos. Se determinaron algunas características organolépticas en la rodaja como el color de albura y duramen (figura 6).

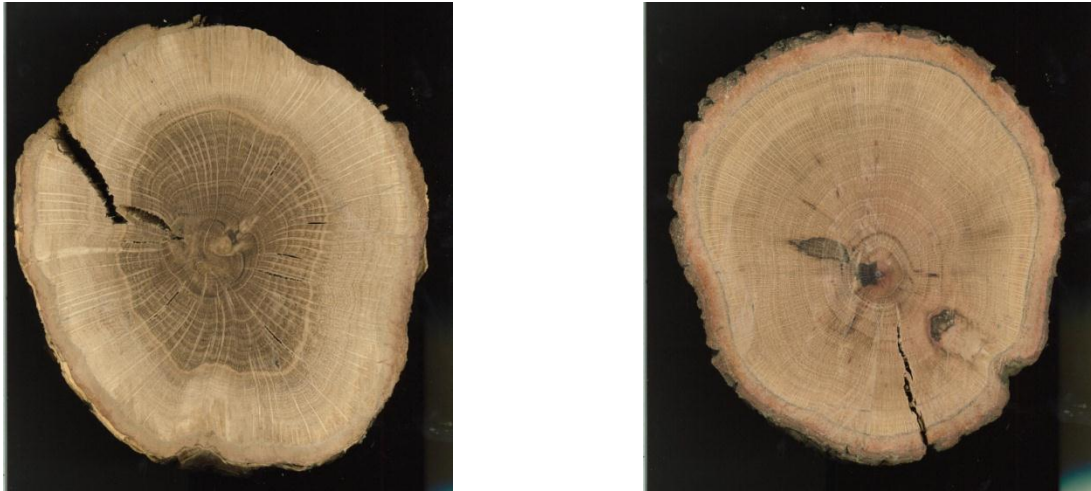


Figura 6. Rodajas para descripción macroscópica.

6.3.2. Descripción macroscópica y organoléptica de la madera.

El material utilizado para las descripciones organolépticas constó de tablillas con medidas de 1 x 5 x 10 cm (Figura 7). Estas tuvieron orientación radial y tangencial respectivamente. Las características de la madera se evaluaron con la ayuda de una lupa de 4x, y estas consistieron en: color, textura, hilo, veteado, diseño, brillo y algunas otras como zonación, porosidad, parénquima y radios, además del olor y el sabor. Las cuales se clasificaron usando las tablas de Tortorelli (1956) y Munsell (1954).



Figura 7. Tablillas para descripción organoléptica.

6.3.3. Descripción microscópica.

La descripción microscópica de *Quercus rugosa* y *Q. eduardii* constó de las siguientes etapas:

A) Obtención de los cubos:

La obtención de cubos fue a partir de la rodaja tomada a una altura de 1.20 m de cada especie. Estos presentaban un tamaño de 2 cm y una orientación en los tres planos de la madera (transversal, radial y longitudinal). Posteriormente se utilizaron para la obtención del material para las preparaciones fijas y material disociado.

B) Obtención de preparaciones fijas y material disociado.

Los cubos obtenidos se sometieron a un proceso de ablandamiento a ebullición continua por un periodo de 120 horas, posteriormente se pasaron a ablandamiento a presión por un periodo de 40 horas (Guridi-Gómez y García, 2000).

Una vez ablandados los cubos se realizaron los diferentes cortes de la madera, utilizando un microtómo de deslizamiento, marca "Leitz". Los cortes se hicieron orientando el cubo de madera de acuerdo a la sección o dirección a la cual se quería obtener los cortes. Las secciones fueron transversales, radiales y tangenciales (Guridi-Gómez y García, 2000) (Figura 8).



Figura 8. Microtómo y cortes de las preparaciones fijas.

Preparaciones fijas.

Una vez obtenidos los cortes, se blanquearon con una solución de hipoclorito de sodio al 20 % durante 7 minutos (Figura 9), se lavaron con agua destilada hasta eliminar por completo los residuos del blanqueador. Se tiñeron con verde iodo por 12 horas para lograr un teñido uniforme, se lavaron con alcohol al 60 % para eliminar el exceso de tinte (Figura 9). Posteriormente se deshidrataron en alcoholes graduales al 70, 80 y 96 %, por un tiempo de una hora. Por último se pusieron en alcohol absoluto por un tiempo de 5 minutos, para posteriormente pasarlo a una solución de xilol para aclararlos y pasar al montaje en portaobjetos; tomando un corte de cada plano (transversal, radial, tangencial) por preparación, para ser fijados con resina sintética permanente (Guridi-Gómez y García, 2000).

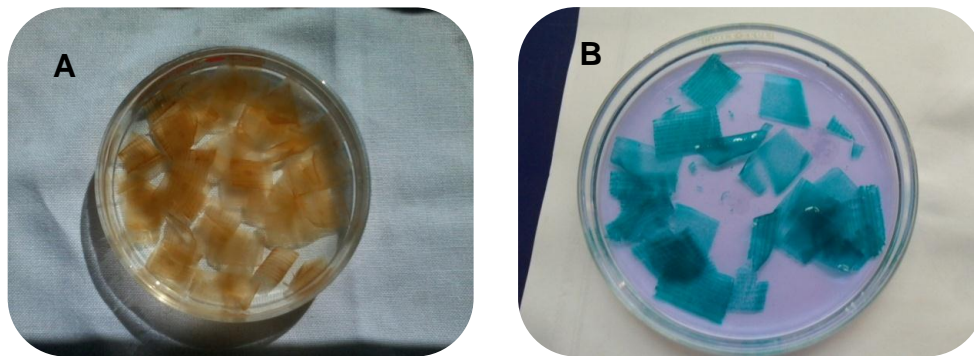


Figura 9. A) Blanqueo y B) Tinción de las preparaciones fijas.

Material disociado.

El material disociado, se obtuvo a partir pequeñas astillas radiales de los cubos ablandados, las cuales se colocaron en tubos de ensaye con un disociador, preparado en partes iguales de ácido nítrico, ácido láctico, ácido acético glacial y glicerina pura. Los tubos se pusieron en baño maría en una ebullición constante, hasta que el material se disoció.

La mezcla se lavó tres veces con agua destilada para eliminar el exceso de sustancias. Las células disociadas se tiñeron con pardo de Bismarck durante 15 minutos, se lavaron nuevamente tres veces con alcohol gradual al 60 %, lo cual se realizó a través de una malla de nailon para evitar que se perdieran los elementos disociados y dejar salir el exceso de colorante. Se colocó el material disociado en una caja de petri con alcohol al 70 %, con un pincel de pelo fino se tomó material

(Figura 10), se colocó en un porta objetos para su deshidratación y se fijó con resina sintética (Guridi-Gómez y García, 2000).

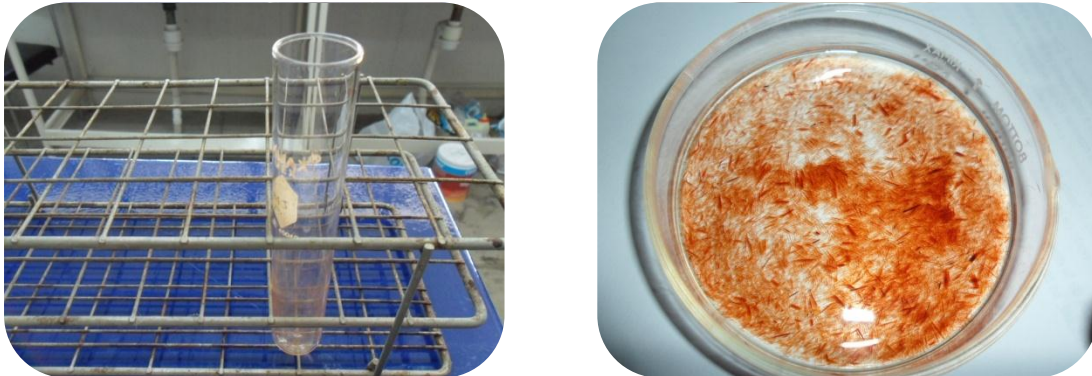


Figura 10. Material disociado

C) Medición de los elementos.

La medición y la descripción se realizaron en las preparaciones permanentes de los cortes y material disociado. Esta descripción se realizó de acuerdo a los estándares de la Asociación Internacional de Anatomistas de Madera, IAWA por sus siglas en inglés.

La medición de los elementos constitutivos se realizó en 100 elementos tomados al azar de cada una de las especies, esto en un microscopio óptico. Los elementos medidos en el material disociado fueron: longitud de elementos de vaso; longitud, diámetro, lumen y paredes de las fibras; longitud de traqueidas vasicentricas; y en los cortes: diámetro tangencial de poros, poros por milímetro cuadrado; altura de los radios, células de alto de radios uniseriados, ancho de radios poliseriados, radios por milímetro lineal. Las mediciones fueron realizadas con los objetivos 4x, 10x y 40x de acuerdo al tamaño de los elementos y las medidas a obtener.

6.4 Características físicas y mecánicas de la madera.

6.4.1. Características físicas de la madera.

Las características físicas determinadas de *Quercus rugosa* y *Q. eduardii* fueron: contenido de humedad, densidad, contracción e hinchamiento.

Contenido de humedad.

Para la determinación del contenido de humedad se obtuvieron muestras de la madera de las dos especies encino, se elaboraron 30 probetas de 20 x 20 x 25 mm, las cuales se pesaron y fueron secadas a 103° durante un periodo de 24 a 32 horas, hasta peso constante y este representa el peso anhidro. De acuerdo a la Norma ISO 3130 se utilizó la siguiente formula.

$$CH = \frac{(m_1 - m_2)}{m_2} \times 100 \quad 1$$

CH= contenido de humedad (%)

m₁= masa inicial de la madera en estado húmedo (gr).

m₂= masa de la madera en estado anhidro (gr).

Densidad.

La determinación de la densidad de las maderas de encino se realizó de acuerdo a la Norma ISO 3131. Para esto se elaboraron 30 probetas de 20 x 20 x 20 mm, en las cuales se determinó la densidad de referencia, densidad básica y densidad anhidra.

Pero para cuestiones del estudio y comparaciones la más importante es la densidad básica. La cual se calcula de la siguiente forma:

$$P = \frac{m}{v} \quad 2$$

P=densidad básica (gr/cm³).

m=masa de la madera anhidra (gr).

v=volumen de la madera saturada (cm³).

Índices de estabilidad dimensional.

Hinchamiento.

Se define como el incremento de las dimensiones radial, tangencial y longitudinal. Para este caso, solo se calculó el hinchamiento radial y tangencial. Se realizaron 30 probetas de 20 x 20 x 30 mm. Los cálculos se realizaron de acuerdo a la Norma ISO 4859, utilizando la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\min}} \times 100 \quad 3$$

α = Hinchamiento (%)

L_{\min} : Dimensiones de las piezas después del secado (mm).

L_{\max} : Dimensiones de las piezas en condiciones de saturación (mm).

Contracción.

La contracción se denomina a la disminución de las dimensiones radial, tangencial y longitudinal. Para este caso, solo se calculó la contracción radial y tangencial. Para tal efecto se realizaron 30 piezas de 20 x 20 x 30 mm. Dichos cálculos se realizaron de acuerdo a la Norma ISO 4469, utilizando la siguiente fórmula:

$$\beta = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max}} \times 100 \quad 4$$

β : Contracción (%)

L_{\max} : Dimensiones de las piezas en condiciones de saturación (mm).

L_{\min} : Dimensiones de las piezas después del secado (mm).

6.4.2. Características mecánicas de la madera.

Los ensayos realizados en la madera de *Q. rugosa* y *Q. eduardii* fueron compresión paralela y dureza, para los cuales se utilizó una máquina universal de ensayos (Figura 11).



Figura 11. Máquina universal de ensayos.

Compresión paralela.

Los ensayos se realizaron de acuerdo a la Norma ISO 3345, se elaboraron 30 probetas orientadas de 20 x 20 x 60 mm, libres de defectos. La ejecución del ensayo se realizó colocando la probeta entre los dos cabezales, para aplicar una fuerza constante a una velocidad de 3 mm/min, hasta la falla de la muestra (Figura 12). La relación entre la carga aplicada y la deformación de la probeta se calculó utilizando la siguiente formula:

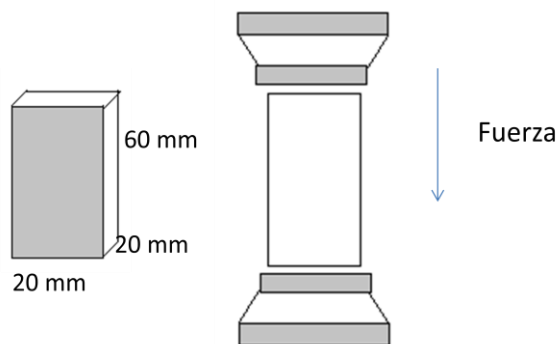
$$\sigma_w = \frac{P_{\max}}{bh} \quad 5$$

σ_w :compresión paralela

P_{\max} : Carga (newtons).

b y h: Dimensiones en sección transversal (mm).

Figura 12. Dimensiones de las probetas y esquema del ensayo.



Dureza.

La determinación de la dureza se realizó empleando la metodología correspondiente al Método Janka (fuentes s/n), el cual se basa en hacer penetrar paulatinamente en la madera una esfera de 1 cm² de área. La velocidad fue de 5 mm/min. Al medir la carga que se requirió, se está midiendo directamente la dureza de la madera en kg/cm².

El material ensayado consistió en 30 probetas de 50 x 50 x 50 mm, para realizar penetraciones en las caras laterales y axiales respectivamente (Figura 13).

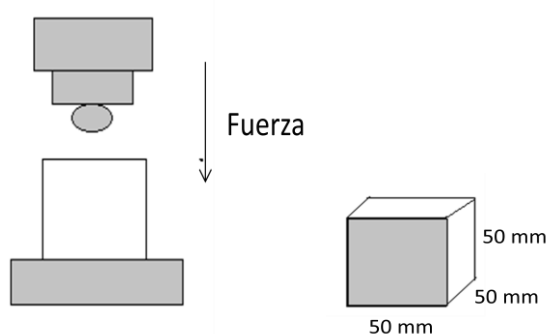


Figura 13. Dimensiones de las probetas y esquema del ensayo.

Los ensayos de contenido de humedad, densidad, contracción e hinchamiento y compresión paralela se realizaron acuerdo a las normas de la Organización internacional para la estandarización, ISO por sus siglas en inglés.

6.5. Determinaciones químicas.

La preparación del material y la realización del análisis químico se realizaron de acuerdo a Pedraza-Bucio (2006).

De las dos especies de *Quercus*, se obtuvieron muestras de la corteza de la primera troza, separándolas por especie. Dos muestras por especie se procesaron en un molino marca MICRON (modelo K20F) (Figura 14), la cual se tamizó, para tener fracciones de malla 6 (3.35 micras). Ambas se dejaron secar al aire libre, para su posterior almacenamiento.



Figura 14. Molino marca MICRON.

6.5.1. Determinación de taninos.

El material que se utilizó para determinar el porcentaje de taninos en la corteza fue de un tamaño de malla 6. La muestra se colocó en un matraz Erlenmeyer sometido a baño maría, a una temperatura constante, durante 120 minutos. En dicha determinación se usó una extracción acuosa con 200 ml de agua destilada, utilizando 20 gr de la muestra seca. Al término del proceso se dejó enfriar y se filtraron sobre papel filtro, aforando el extracto en un matraz de 100 ml (Figura 15).



Figura 15. A) Extracción acuosa y B) Aforación del resultante.

6.5.2. Determinación de extracto total.

50 ml del filtrado del proceso anterior se depositaron en un crisol de porcelana y se sometieron a calentamiento en una estufa de secado a 105 °C hasta sequedad. El residuo que quedó fue el extracto total, el cual se calculó por gravimetría (Figura 16).



Figura 16. A) Evaporación. B) Determinación del extracto total.

6.5.3. Taninos condensados (Número de Stiasny).

Los 50 ml del filtrado restante, se hicieron reaccionar con 10 ml de formaldehído en medio ácido (5 ml de HCL) bajo reflujo en un matraz por 30 minutos, se dejó enfriar y se filtró a vacío. El resultante se sometió a secado a una temperatura de 105 °C en una estufa de secado (Figura 17). El resultado se conoce como número de Stiasny.

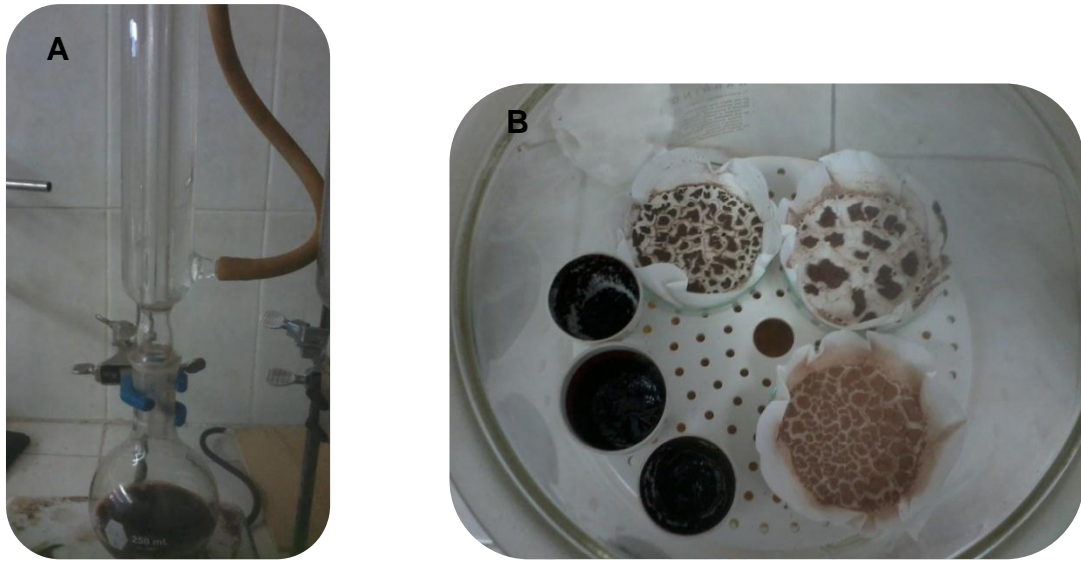


Figura 17. A) Reacción bajo reflujo. B) Condensado.

6.5.4. Taninos hidrolizables.

El filtrado de la prueba de taninos condensados se utilizó para esta prueba. A 10 ml de filtrado se le agregaron 1 ml de solución de sulfato férrico al 1 %, seguido de 0.5 gr de acetato de sodio. La aparición de un color azul violeta fuerte nos indica la presencia de taninos hidrolizables (Figura 18).



Figura 18. Prueba para taninos hidrolizables.

7. RESULTADOS

7.1. DESCRIPCIÓN ANATÓMICA.

La descripción anatómica se presenta de la siguiente forma: en primera instancia la descripción de la rodaja, después la descripción macroscópica de la madera, en la cual se incluyen las descripciones organolépticas y finalmente la descripción microscópica.

7.1.1. Descripción macroscópica de la rodaja.

***Quercus rugosa* Née.**

La rodaja presenta una forma elíptica (figura 4), con un diámetro en su parte más alargada con 35 cm y en la parte más angosta fue de 26 cm de diámetro. Se aprecian zonas de crecimiento las cuales son poco delimitadas, presentan una forma festoneada (ondas). La medula en la rodaja se encuentra ligeramente excéntrica y se aprecia diferencia de color entre la albura y el duramen, siendo el duramen de un color castaño amarillento, con un ancho que va desde los 6 cm a los 8 cm y la albura de un color beige amarillento, con un ancho de 3 cm a 6 cm. La corteza externa se observó fisurada en placas irregulares, con una medida de 4 mm a 1 cm de grosor, esta de un color castaño oscuro y la corteza interna de un color castaño claro, con un grosor de 18 mm a 1.4 cm. Se aprecia una zona de 0.5 a 1 cm de grosor de un color pardo notorio entre albura y duramen. Son muy notorios y abundantes los radios poliseriados, que van desde la medula a la periferia.

***Quercus eduardii* Trel.**

La troza presenta una forma elíptica (figura 4), con un diámetro de 19 cm en promedio. Se aprecian zonas de crecimiento de forma festoneada (ondas). No hay diferencia notoria de color entre albura y duramen y las zonas de crecimiento poco notorias. Arreglo de poros dendrítico. Rayos muy visibles a simple vista se

observan rayos poliseriados y uniseriados. La corteza interna de 1 cm a 1.2 cm, presenta un color amarillo claro y la corteza externa de 1mm hasta 3.5 mm con un color castaño oscuro.

La diferencia de las rodajas se puede observar de mejor forma en el cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de la rodaja.

	<i>Quercus rugosa</i>	<i>Quercus eduardii</i>
Forma	Elíptica	Circular
Diámetro mayor	35 cm	20 cm
Diámetro menor	26 cm	18 cm
Diámetro promedio	30.5	19 cm
Zonas de crecimiento	Se aprecian poco delimitadas en forma de ondas	Se aprecian de forma festeonada (ondas)
Excentricidad	34 %	5.2 %
Diferencia albura duramen	Se aprecia diferencia de color	No hay diferencia de color
Ancho duramen	6-8 cm	
Ancho albura	3-6 cm	
Color duramen	castaño amarillento	Rosa claro
Color albura	Beige amarillento	Rosa claro
Corteza externa	Fisurada en placas irregulares	Poco fisurada
Color	Castaño oscuro	Castaño oscuro
Grosor	4 mm-1 cm	1 mm-3.5 mm
Corteza interna		
Grosor	18 mm-1.4 cm	1 cm-1.2 cm
Color	Castaño claro	Amarillo claro
Radiales	Abundantes y notorios poliseriados	Visibles los poliseriados
Ancho	840 µm	33 µm
Alto	1.5 cm	10mm

7.1.2. Descripción macroscópica y organoléptica de la madera.

Nombre de la especie: *Quercus rugosa* Née.

Color: Albura Hue5y8/3 amarillo pálido.

Duramen Hue5y5/3 castaño olivo

Olor: Tenue y característico

Sabor: Amargo y astringente

Textura: Gruesa debido al tamaño de sus grandes radios

Hilo: De ligero inclinado a irregular por los nudos.

Veteado: Pronunciado a suave.

Diseño: Tangencial rayado y angular.

Radial floreado y en espejuelos.

Brillo: Medio a bajo

Peso y dureza: Dura y pesada.

Zonación: Poco notoria, se aprecia debido a una franja de fibras de pared gruesa.

Porosidad: Se aprecia

Arreglo de poros: Dendrítico

Parénquima leñoso: Apotraqueal difuso en agregados.

Paratraqueal vasicentrico.

Radios: Poliseriados y múltiples agregados (anchos y muy notorios).

Usos:

Observaciones: Madera muy difícil de secar, el material con el que se trabajó sufrió agrietamiento. Se distingue muy fácil albura y duramen por el color.

Nombre de la especie: *Quercus eduardii* Trel.

Color: Albura Hue 2.5y8/2 blanco amarillento (radios castaño claro)

Duramen

Olor: No se aprecia.

Sabor: Astringente dulce

Textura: Ligeramente gruesa

Hilo: Ondulado a irregular

Veteado: Suave a pronunciado

Diseño: Tangencial rayado.

Radial en espejuelos y floreado

Brillo: Medio alto

Peso y dureza: Dura y pesada.

Zonación: No se aprecia.

Porosidad: No se aprecia.

Arreglo de poros: Tendiendo a dendrítico

Parénquima leñoso: Apotraqueal difuso en agregados y en bandas.

Paratraqueal vasicentrico.

Radios: Notorios a muy notorios, poliseriados múltiples agregados.

Usos:

Observaciones: No se aprecia diferencia entre albura y duramen, no sufre de agrietamiento.

7.1.3 Descripción microscópica.

Quercus eduardii Trel.

Zonas de crecimiento: En la especie las zonas de crecimiento se presentan poco notorias y de forma ligeramente ondulada de un ancho variable, desde 0.25 mm hasta 2.5 mm e inclusive existen de 6 mm en la madera juvenil. Dichas zonas se encuentran delimitadas por una a dos hileras de poros de diámetro mayor. Los poros se presentan de forma circular y ovalada; estos son medianos con un diámetro tangencial promedio de 161.7 μm (40 a 191 μm), y moderadamente pocos con un promedio de 9 poros por mm^2 (6 a 15), con un arreglo solitario, flamiforme y escasos múltiples en diagonal de 2 y en múltiple tangencial de 2 y 3 (figura 19).

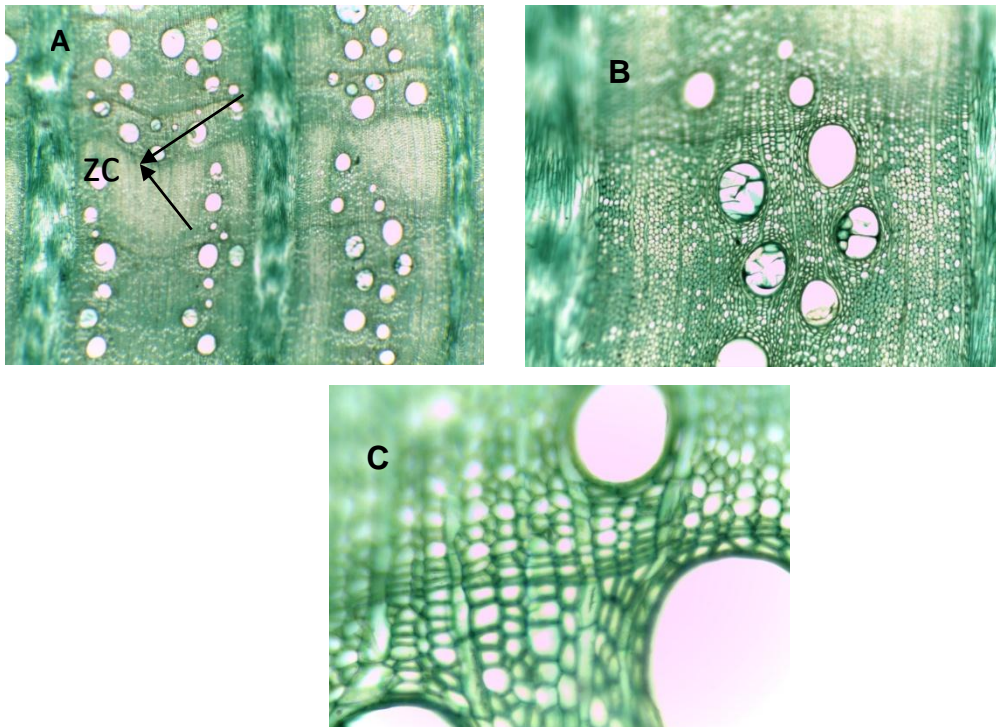


Figura 19. A) ZC: Zonas de crecimiento 4x. B) Poros 10x. C) Corte transversal 40 x.

Elementos de vaso: Los vasos presentan placa perforada inclinada con presencia de lígulas pequeñas, así como perforación simple; las puntuaciones

intervasculares son areoladas alternas y de abertura elíptica. Los elementos presentaron una longitud media con 455 μm (242-707 μm), y contienen tilosis medianamente abundante (figura 20).

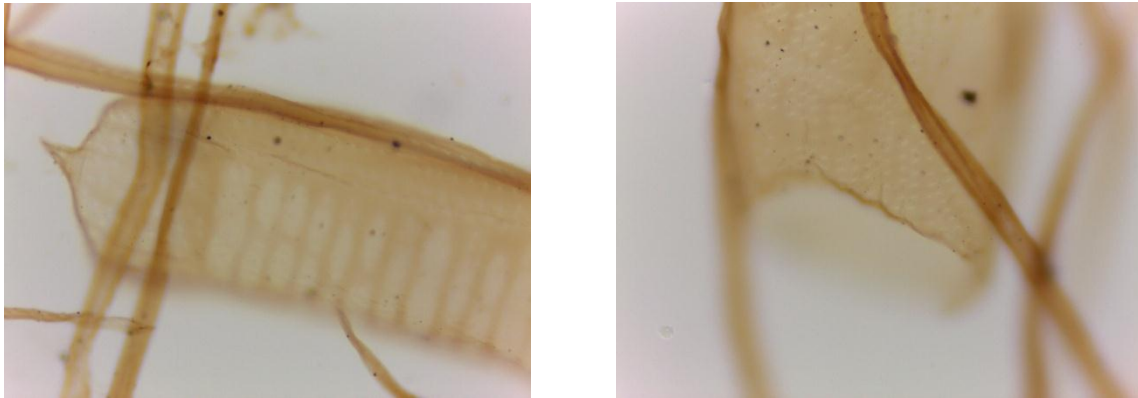


Figura 20. Elementos de vaso. Material disociado 40x.

Parénquima leñoso: Visible solo al microscopio, se encuentra parenquima leñoso apotraqueal difuso agregado y apotraqueal en bandas.

Radios: Los radios fueron poliseriados muy visibles a simple vista, los biseriados y uniseriados solo al microscopio. Los radios uniseriados son de composición homogénea y los escasos biseriados son heterogéneos, los poliseriados y múltiples agregados son de composición homogénea. Se observa la peculiaridad de que algunos radios poliseriados, presentan un acomodo de células como un lunar o remolino visible a simple vista (esta peculiaridad la presentan varios encinos). Los radios uniseriados son muy numerosos con un promedio de 10 a 11 por mm lineal. La combinación de radios uniseriados con poliseriados es de 9 por mm lineal.

Los radios uniseriados tienen un promedio de 15 células de alto, con lo cual se consideran bajos (7 a 30), y muy angostos con 15 μm en promedio. Los poliseriados y múltiples agregados son muy anchos con 325 μm de promedio (200 a 525). Los poliseriados tienen 10 mm en promedio (9 a 11) (figura 21).

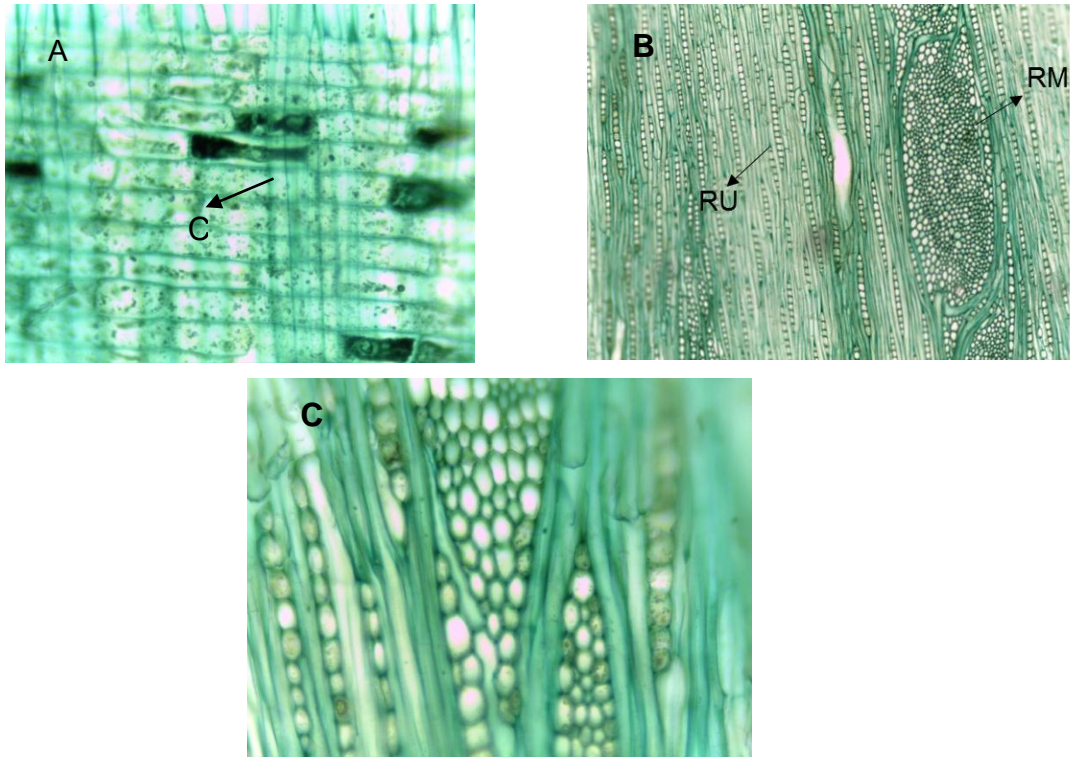


Figura 21. Radios A) C: Campo de cruzamiento 40x. B) RM: radio multiseriado RU. Radio uniseriado 4x. C) células de los radios 40x.

Fibras: el arreglo de las fibras fue irregular, con un contorno irregular a poligonal, presenta fibras libriformes (puntuaciones simples y pequeñas) y traqueidas vasicentricas con abundantes puntuaciones areoladas muy notorias (estas son cortas, anchas y tienen un acomodo inclinado y rodeando los vasos) (Figura 22).

Las fibras libriformes tienen una longitud media de 1,131 μm (858 a 1464 μm), de diámetro fino con un promedio de 19 μm (12 a 25 μm), con paredes gruesas de 12 μm (5 a 17 μm) y amplitud de lumen con 7 μm (12 a 12 μm).



Figura 22. Fibras. P: pared celular y L: lumen.

En el cuadro 2 se puede observar la recopilación del tamaño de los elementos antes mencionados para *Q. eduardii*, además en el anexo 5 se presenta una comparación con diferentes especies.

Cuadro 2. Tamaño de los elementos anatómicos de *Q. eduardii*.

	Promedio	Mínimo	Máximo	Moda	DS
	µm	µm	µm	µm	
Longitud de vaso	455	242	707	454	79
Long de traqueidas	651	363	878	606	120
Fibras					
Longitud	1131	858	1464	1141	121
Diámetro	19	12	25	20	3
Lumen	7	3	12	7	2
Grosor de pared	12	5	17	12	3
	Promedio	Mínimo	Máximo	Moda	DS
Poros					
Diámetro	161 µm	40 µm	191 µm	161 µm	23
Por mm ²	9	6	15	9	2
Radios					
Células de alto (uniseriado)	15	7	30	14	4
Ancho (poliseriado)	33 µm	200 µm	525µm	250 µm	76
Por mm (uniseriado)	10	9	16	11	3
Alto (poliseriados)	10 mm	6mm	15mm		3

DS.: desviación estándar. **µm:** micras.

7.1.4 Descripción microscópica

Quercus rugosa.

Zonas de crecimiento: La zonación fue poco notoria, presentó porosidad difusa heterogénea tendiendo a semicircular. Los poros visibles a simple vista, son grandes con un diámetro tangencial de 207 μm (121 a 252 μm), los poros son moderadamente pocos con un promedio de 6 por mm^2 (3 a 8 mm^2), con un arreglo solitario, escasos en cadena radial de 2 y cadena diagonal de 2 y 3. El contorno de los poros es entre circular a ligeramente ovalado (Figura 23).

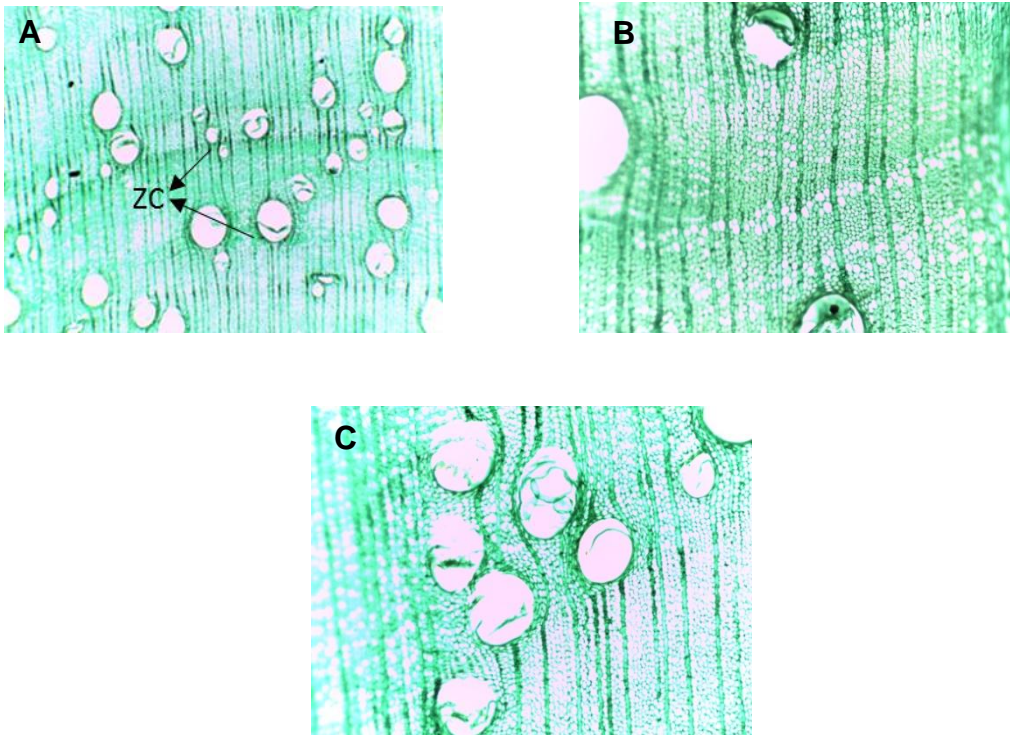


Figura 23. A) ZC: zona de crecimiento 4x. B) Corte transversal 10x.C) poros 40x.

Elementos de vaso: Los elementos de vaso son medianos con una longitud promedio de 417 μm (151 a 565 μm), con escasa tilosis. Estas células presentan placa perforada oblicua y ligeramente horizontal, perforación simple y pequeñas lígulas. Las puntuaciones son areoladas alternas y areoladas opuestas. Las puntuaciones rayo-vaso son simples y de forma oblicua (Figura 24).

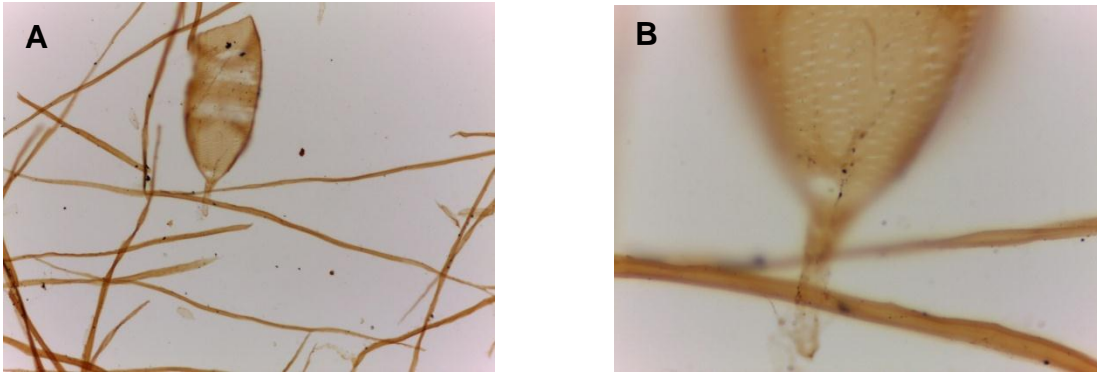
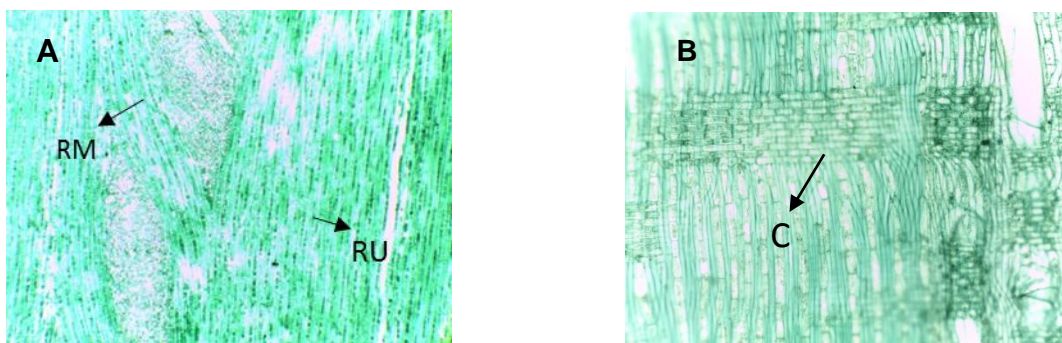


Figura 24. A) Elemento de vaso 10x. B) Material disociado 40x.

Parénquima leñoso: Es visible solo al microscopio. Se observa apotraqueal difuso agregado y difuso en bandas.

Radios: Los radios se presentan múltiples agregados, poliseriados (muy visibles a simple vista por su gran tamaño) y uniseriados (pequeños solo visibles al microscopio). Los uniseriados son pequeños con un promedio de 19 células de alto (12 a 34) y de composición homogénea, son numerosos con 10 radios por mm lineal en promedio (7 a 13) y combinado llegan a ser poco abundantes con 3 radios en promedio (1 a 7); los múltiples agregados son muy altos, y anchos con 840 micras en promedio (616 a 1111 μm) (Figura 25).



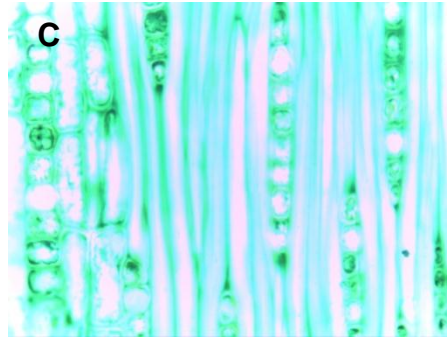


Figura 25. Radios A) RM: radio multiseriado, RU: radio uniseriado 4x. B) C: campo de cruzamiento 10x. C) Células de radio 40x.

Fibras: En su mayoría las fibras son libriformes, pero también se presentan alrededor de los vasos traqueidas vasicentricas. El arreglo de estas células es irregular y predominan las de contorno irregular, aunque se observan algunas con contorno redondeado. Tienen longitud media con $1380\ \mu\text{m}$ (1030 a $1858\ \mu\text{m}$), un diámetro fino de $20\ \mu\text{m}$ (15 a $35\ \mu\text{m}$), de pared gruesa con $13\ \mu\text{m}$ (7 a $20\ \mu\text{m}$) y con una amplitud de lumen de $7\ \mu\text{m}$ (5 a 17). Las traqueidas tienen una longitud de $609\ \mu\text{m}$ (313 a $898\ \mu\text{m}$) (Figura 26).

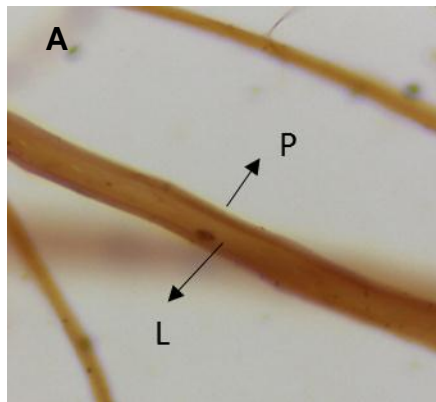


Figura 26. Fibras. A) L: lumen, P: pared 40x.

En el cuadro 3 se puede observar la recopilación del tamaño de los elementos antes mencionados para *Q. rugosa*, además en el anexo 5 se presenta una comparación con diferentes especies.

Cuadro 3. Tamaño de los elementos anatómicos de *Q rugosa*.

	Promedio	Mínimo	Máximo	Moda	DS
	μm	μm	μm	μm	
Longitud de vaso	417	151	565	404	80
Long de traqueidas	609	313	898	555	125
Fibras					
Longitud	1380	1030	1850	1333	169
Diámetro	20	15	35	22	3
Lumen	7	5	17	7	2
Grosor de pared	13	7	20	12	2
	Promedio	Mínimo	Máximo	Moda	DS
Poros					
Diámetro	207 μm	121 μm	252 μm	202 μm	21
Por mm ²	6	3	8	5	1
Radios					
Células de alto (uniseriado)	19	12	34	19	4
Ancho (poliseriados)	840 μm	616 μm	1111 μm	858 μm	99
Por mm (uniseriado)	10	7	13	11	1
Alto (poliseriados)	19 mm	12 mm	27 mm		

DS: desviación estándar. **μm:** micras.

Se presenta en anexo 6 la recopilación de las características organolépticas, así como las características anatómicas macroscópicas y microscópicas que nos facilitan diferenciar las especies.

7.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

7.2.1 Densidad.

Se obtuvieron resultados para tres diferentes densidades, los cuales fueron de referencia (% de H), básica y anhidra (cuadro 4). Para cuestiones del estudio solo se trabajó con la densidad básica.

Los resultados nos muestran una diferencia entre la densidad básica para las dos especies en estudio, que se demuestra claramente por medio de la prueba T de student para comparación de medias, donde se obtiene un valor de P (0.00) < 0.05 por lo que se determina que si existe diferencia significativa entre las dos especies en cuanto a su densidad básica (cuadro 5).

Cuadro 4. Densidad de referencia, básica y anhidra para las dos especies.

	15% de H	Básica	Anhidra
<i>Q. eduardii</i>	0.915 *	0.727 *	0.850 *
<i>Q. rugosa</i>	1.118 *	0.875 *	0.986 *

*gr/cm³

Cuadro 5. Comparación de medias para densidad básica por medio de la prueba T de student.

	Media Grupo 1	Media Grupo 2	Valor-t	df	p
<i>Q.eduardii</i> vs. <i>Q. rugosa</i>	0.727	0.875	-10.4	22	0.00

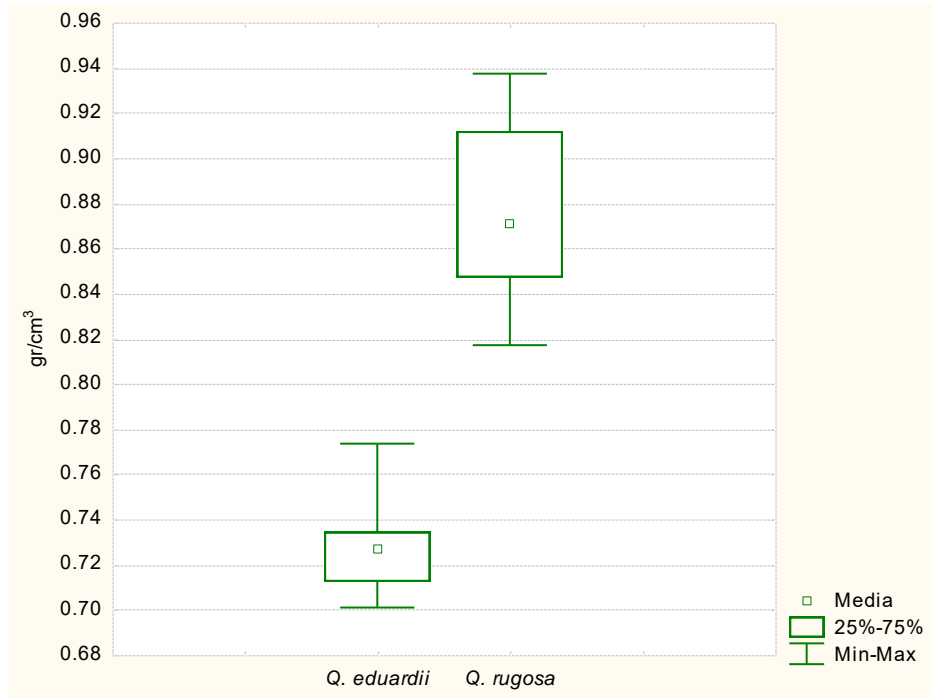


Figura 27. Diferencia de densidad básica entre las especies en estudio.

7.2.2 Contracción.

Los resultados de los cálculos para las contracciones radial, tangencial y volumétrica se muestran en el cuadro 6. Por medio de la prueba T de student se realizó una comparación de medias de las especies tanto para la contracción radial como para la tangencial, obteniendo para la contracción radial un valor de P (0.30) > 0.05 lo que determina que no existe diferencia significativa (cuadro 7). Para la contracción tangencial se obtuvo un valor de P (0.02) < 0.05 lo que determina que si existe diferencia significativa entre las especies para esta prueba (cuadro 8).

Cuadro 6. Porcentaje de contracción radial, tangencial y volumétrica.

<i>Q. eduardii</i>			<i>Q. rugosa</i>		
Radial	Tangencial	Volumétrica	Radial	Tangencial	Volumétrica
2.7 %	5.1%	16.6 %	2.4 %	4.5 %	16.3 %

Cuadro 7. Comparación de medias para contracción radial por medio de la prueba T de student.

	Media Grupo 1	Media Grupo 2	Valor-t	df	P
<i>Q. eduardii</i> vs <i>Q. rugosa</i>	5.17	4.54	2.32	66	0.02

Cuadro 8. Comparación de medias para contracción tangencial por medio de la prueba T de student.

	Media Grupo 1	Media Grupo 2	Valor-t	df	P
<i>Q. eduardii</i> vs <i>Q. rugosa</i>	2.70	2.44	1.03	66	0.30

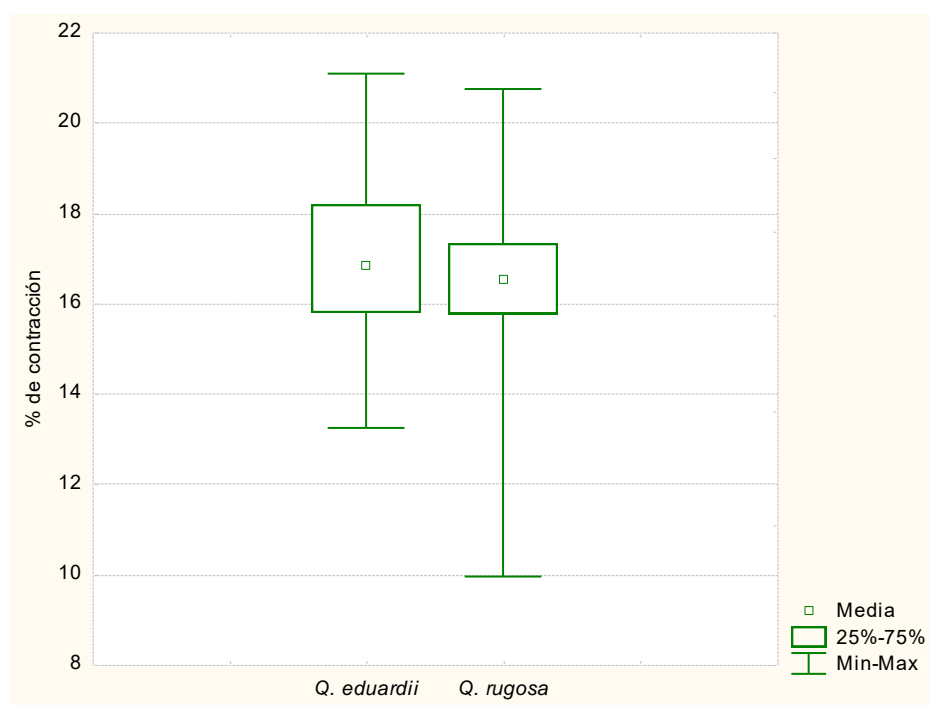


Figura 28. Diferencia de contracción volumétrica.

7.2.3 Hinchamiento.

La humedad que se determinó para el máximo hinchamiento de *Q. eduardii* fue de 37.4%, en comparación con *Q. rugosa* que presentó un 32.6 % de humedad. Los

resultados del hinchamiento radial, tangencial y volumétrico al contenido de humedad antes mencionado se muestran en el cuadro 9. Por medio de la prueba T de student se realizó una comparación de medias de las especies tanto para el hinchamiento radial como para el tangencial, obteniendo para el hinchamiento radial un valor de $P (0.30) > 0.05$ lo que determina que no existe diferencia significativa (cuadro 10). Para el hinchamiento tangencial se obtuvo un valor de $P (0.00) < 0.05$ lo que determina que sí existe diferencia significativa entre las especies para esta prueba (cuadro 11).

Cuadro 9. Porcentaje de hinchamiento radial, tangencial y volumétrico.

<i>Q. eduardii</i>			<i>Q. rugosa</i>		
Radial	tangencial	Volumétrica	Radial	Tangencial	Volumétrica
4.7%	15.0 %	20.8%	5.1%	13.1 %	19.6%

Cuadro 10. Comparación de medias para el hinchamiento radial por medio de la prueba T de student.

	Media Grupo 1	Media Grupo 2	Valor-t	df	P
<i>Q. eduardii vs Q. rugosa</i>	4.73	5.13	-1.02	66	0.30

Cuadro 11. Comparación de medias para el hinchamiento tangencial por medio de la prueba T de student.

	Media Grupo 1	Media Grupo 2	Valor-t	df	P
<i>Q. eduardii vz Q. rugosa</i>	15.09	13.19	4.40	66	0.00

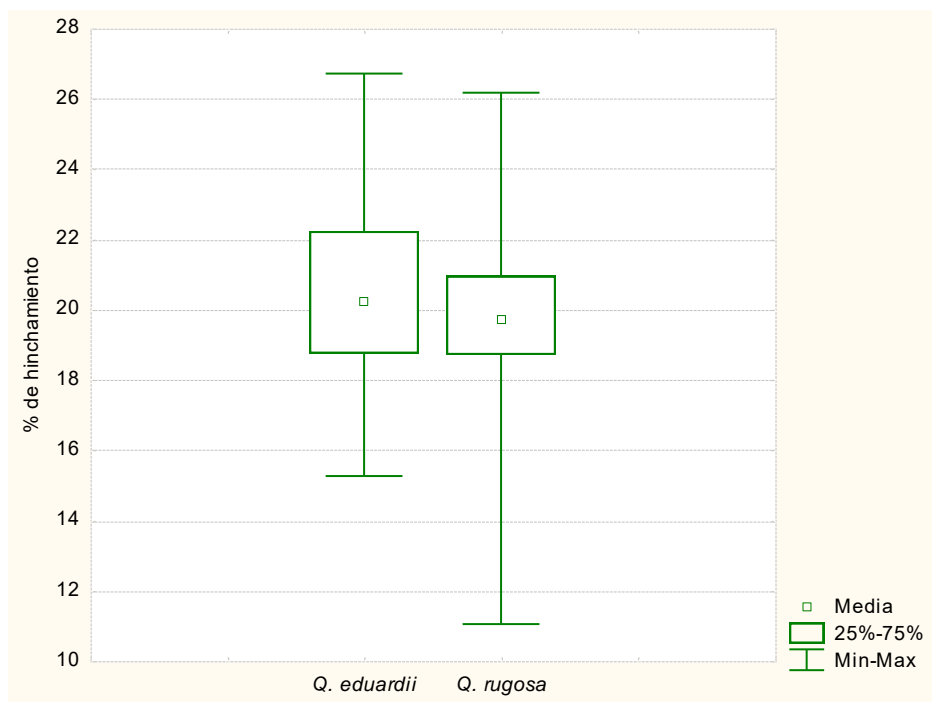


Figura 29. Diferencia de hinchamiento volumétrico.

7.3 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.

La madera con la que se trabajó para las pruebas mecánicas no alcanzó equilibrio del 12 % de humedad debido a que se mantuvieron en condiciones de laboratorio entre 20-22 °C y 60-65 % de humedad.

7.3.1 Compresión paralela.

La resistencia a la compresión paralela de *Q. eduardii* se determinó en un estado de 16 % de contenido de humedad, con un promedio de 471 kg/cm² (cuadro 12). La resistencia a la compresión paralela de *Q. rugosa* se determinó a 21% de contenido de humedad, con un promedio de 406.7 kg/cm² (cuadro 16). Por medio de la prueba T de student se obtiene un valor de P (0.00) < 0.05 por lo cual se determina que si existe diferencia significativa entre las dos especies en cuanto a la carga soportada en compresión paralela (cuadro 13).

Cuadro 12. Valores promedio de la resistencia a la compresión paralela (MOR).

	<i>Q. eduardii</i>		<i>Q. rugosa</i>	
	MPa	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²
Promedio	46.2	471.9	39.8	406.7
Mínimo	41.3	422.2	32.2	329.2
Máximo	49.5	506	44.9	458.7
Desviación estándar	2.0	21	3.5	36.4
Coefficiente de variación	4.4%	4.4%	8.9%	8.9%

Cuadro 13. Comparación de medias para la resistencia en compresión paralela por medio de la prueba T de student.

	Media Grupo 1	Media Grupo 2	Valor-t	df	P
<i>Q. eduardii</i> vs <i>Q. rugosa</i>	471.9	405.8	8.4	56	0.00

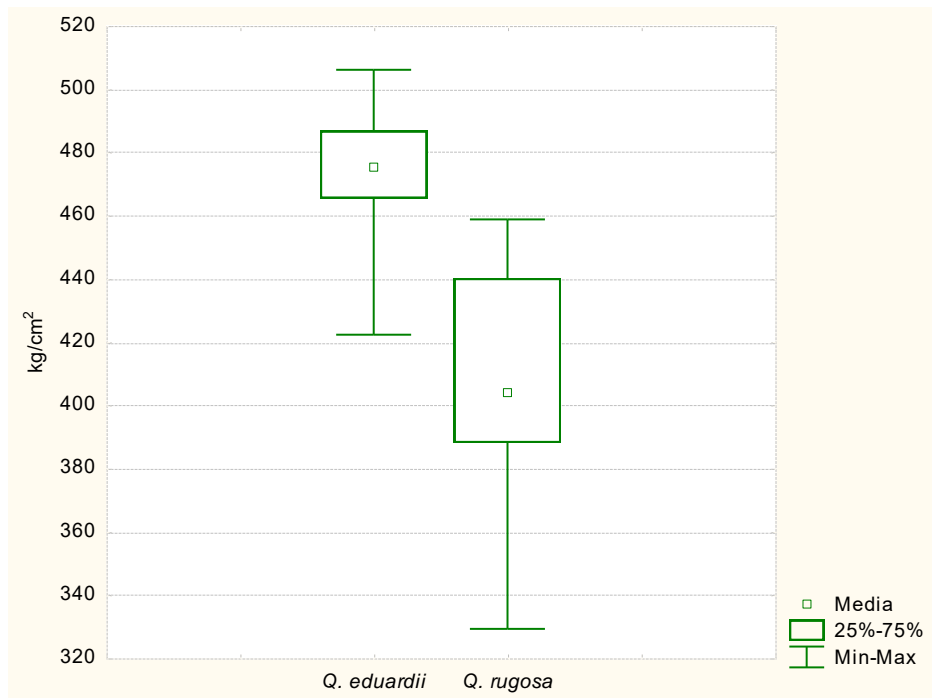


Figura 30. Resistencia a la compresión paralela (MOR) en kg/cm².

7.3.2 DUREZA.

Los resultados para la dureza en los extremos y lateral para *Quercus eduardii* se muestran en el cuadro 14. Los valores que se obtuvieron fueron al 16% de contenido de humedad. Por medio de la prueba T de student para la comparación de medias, se obtiene un valor de $P(0.40) > 0.05$ por lo que se determina que no existe diferencia significativa (cuadro 15).

Cuadro 14. Valores promedio de dureza en los planos lateral y axial, para *Q. eduardii*.

Q. eduardii	Lateral	Extremos
Promedio	895.75 *	883.5 *
Mínimo	700 *	760 *
Máximo	1100 *	1030 *
Desviación estándar	92.3	65.3
Coefficiente de variación	10.3%	7.4%

*kg/cm²

Cuadro 15. Comparación de medias para la dureza de *Q. eduardii* por medio de la prueba T de student.

	Media Grupo 1	Media Grupo 2	Valor-t	df	P
Extremos vs Lateral	883.5	895.7	-0.83	118	0.40

Los resultados para *Q. rugosa* laterales y extremos se muestran en el cuadro 16. Los valores que se obtuvieron fueron al 21% de contenido de humedad. Por medio de la prueba T de student para comparación de medias se obtiene un valor de $P(0.00) < 0.05$, por lo que se determina que sí existe diferencia significativa (cuadro 17).

Cuadro 16. Valores promedio de dureza en los planos lateral y axial, para *Q. rugosa*.

<i>Q. rugosa</i>	Lateral	Extremos
Promedio	881.6 *	820.3 *
Mínimo	625 *	625 *
Máximo	1100 *	1065 *
Desviación estándar	92.9	99.9
Coefficiente de variación	10.5 %	12.1 %

*kg/cm²

Cuadro 17. Comparación de medias para dureza de *Q. rugosa* por medio de la prueba T de student.

	Media Grupo 1	Media grupo 2	Valor-t	P
Extremos vs Lateral	820.3	881.6	-3.479	0.00

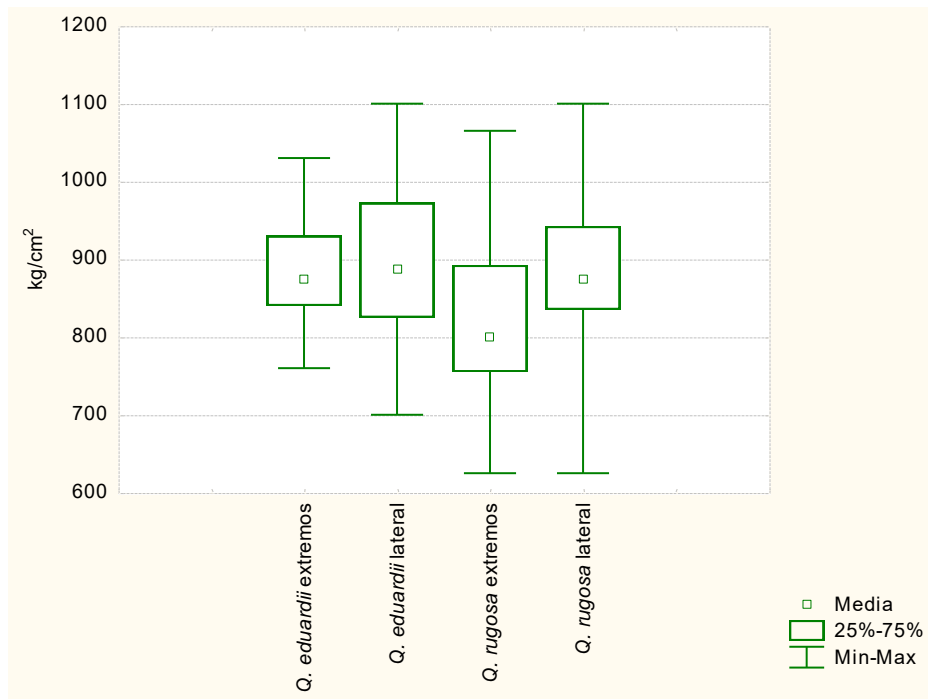


Figura 31. Dureza en los planos lateral y axial para las dos especies.

7.4 PROPIEDADES QUÍMICAS.

Obtención de taninos.

Los resultados de la extracción de taninos de la corteza de las dos especies de *Quercus*, se presenta a continuación:

7.4.1 Extracto total.

Los resultados totales obtenidos se muestran en el cuadro 18, en los cuales *Q. eduardii* presenta un mayor extracto en comparación que *Q. rugosa*. Por medio de la prueba T de student se obtiene un valor de P (0.86) > 0.05 por lo cual se determina que no existe diferencia significativa en los resultados para las dos especies (cuadro 20).

Cuadro 18. Valores totales de extracto total en la corteza.

	<i>Q. rugosa</i>	<i>Q. eduardii</i>
promedio	9.4 %	10 %
DS	3.8	2.3
CV (%)	40.8	23.6

DS: Desviación estándar **CV:** Coeficiente de variación.

Cuadro 19. Comparación de medias de extracto total por medio de la prueba T de Student.

	Media Grupo 1	Media grupo 2	Valor-t	P
<i>Q. rugosa</i> vs <i>Q. eduardii</i>	9.4	10	-0.1854	0.86

7.4.2 Taninos condensados (No de Stiasny).

El cuadro 20 nos muestra los resultados de la extracción de taninos condensados, en el cual *Q. eduardii* presenta mayores resultados en comparación con *Q. rugosa*. Por medio de la prueba T de student se obtiene un valor de P (0.09) > 0.05 por lo que se determina que no existe diferencia significativa para el número de Stiasny (Cuadro 21).

Cuadro 20. Valores totales de taninos condensados.

	<i>Q. rugosa</i>	<i>Q. eduardii</i>
Promedio	36.8 %	84 %
DS	15.8	14.5
C. V. (%)	43	17

DS: Desviación estándar **CV:** Coeficiente de variación.

Cuadro 21. Comparación de medias para taninos condensados por medio de la prueba T de student.

	Media Grupo 1	Media Grupo 2	Valor-t	P
<i>Q. rugosa vs Q. eduardii</i>	36.8	84	-3.09	0.09

7.4.3 Taninos.

El análisis para los taninos totales se muestran en el cuadro 22, observamos un mayor número de estos en *Q. eduardii* en comparación de *Q. rugosa*. Por medio de la prueba t de student se encuentra que $P(0.27) > 0.05$ por lo cual no existe diferencia significativa entre las dos especies como se muestra en cuadro 23.

Cuadro 22. Valores de taninos totales para las dos especies.

	<i>Q. rugosa</i>	<i>Q. eduardii</i>
Promedio	3.8 %	8.6 %
DS	2.9	3.4
C. V. (%)	77	40

DS: desviación estándar **CV:** coeficiente de variación.

Cuadro 23. Comparación de medias de taninos por medio de la prueba T de student.

	Media grupo 1	Media grupo 2	Valor-t	P
<i>Q. rugosa vs Q. eduardii</i>	3.8	8.6	-1.5	0.27

7.4.4 Taninos hidrolizables.

Las pruebas realizadas para las dos especies, nos muestran resultados medios para *Q. rugosa* y sin cambios para *Q. eduardii*. Por lo cual la presencia de taninos hidrolizables es negativa, ya que no se presentó cambio de color azul violeta (cuadro 24).

Cuadro 24. Coloraciones para taninos hidrolizables.

Especie	Color
<i>Q. rugosa</i>	Café oscuro
<i>Q. eduardii</i>	Sin color

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS.

Descripción de la rodaja.

La descripción de la rodaja, nos muestra una expectativa de cómo son las características de los árboles de cada especie, ya como se mencionó se tomó una muestra representativa de los árboles de las especies en la zona. La mejor forma de la rodaja la presenta la especie *Q. eduardii*, esto es una ventaja en el aserrío, ya que se presentan menores cantidad desperdicios y menor pérdida de productividad (Vignote 2006). Otra de las características para un buen producto es la medula no excéntrica (Vignote, 2006), que para nuestro caso la menor excentricidad la presenta *Q. eduardii*.

Descripción macroscópica y organoléptica de la madera.

La diferencia más notoria entre las especies es el color ya que *Q. rugosa* presenta diferencia entre abura y duramen, para *Q. eduardii* predomina un color para su madera, que lo hace más atractivo para la industria de la decoración por sus tonalidades (De la Paz y Dávalos-Sotelo, 2008). Otra diferencia son las zonas de crecimiento ya que son muy notorias en *Q. rugosa* y para *Q. eduardii* estas son poco notorias. Los radios son otra diferencia son muy altos y notorios a simple vista para *Q. rugosa* y delgados y pequeños en *Q. eduardii*. Estas diferencias las identifican dentro de cada una de las secciones a las que pertenecen (De la Paz y Aguilar, 1978).

Características microscópicas.

La literatura menciona que las especies deben de ser separadas en diferentes secciones de acuerdo a sus características anatómicas, en nuestro caso presentamos dos especies pertenecientes a dos secciones. La especie *Q. eduardii* pertenece a la sección *lobatae* (encinos rojos) y *Q. rugosa* a la sección *Quercus* (encinos blancos). Las especies estudiadas presentan diferencias y similitudes marcadas a nivel microscópico que pueden influir en sus características, como son

la forma de los poros ya que para *Q. eduardii* se presenta una porosidad circular y ovada, que repercute en las propiedades estéticas como es el veteado, además ésta puede ser utilizada en la tonelería. *Q. rugosa* presenta porosidad difusa a semicircular, lo que repercute en un mayor peso, esto debido a que la estructura de la madera es continua (De la Paz, 1985). A este respecto Williams (2010) menciona que la densidad disminuye al aumentar el número de poros. En nuestro caso el mayor número de poros se encuentra en la especie *Q. eduardii* con un promedio de 9 poros por mm², en comparación con *Q. rugosa* con 6 poros por mm², esto se refleja en la mayor densidad de *Q. rugosa*.

De la Paz y Dávalos-Sotelo (2008) mencionan que la altura y anchura de los radios multiseriados ejercen un efecto en el veteado, en la textura y en las contracciones. De acuerdo con esto la especie *Q. rugosa* tiene un mayor efecto en las dos primeras características mencionadas, ya que presenta radios multiseriados anchos y muy altos, estos se pueden observar a simple vista. Pero presenta una contracción menor que *Q. eduardii*, por lo cual no coincide con lo reportado por los autores.

Williams (2010) menciona que las características que mayor influencia ejercen sobre el comportamiento de la densidad, son las relacionadas con grosor de pared de las fibras y la proporción que ocupa. Para nuestro estudio las dos especies presentan similitud en un diámetro y paredes que está repercutiendo en una alta densidad de la madera en ambas especies, pero el diámetro es mayor en *Q. rugosa*, por lo cual se coincide con el autor.

Comparación con lo descrito por De la Paz y col. (1998) para la madera de *Quercus eduardii* del estado de Veracruz.

El autor menciona que no se encuentra diferencia de color entre la albura y duramen, coincidiendo con la madera estudiada en el presente trabajo, con la diferencia que observamos un color blanco amarillento (Hue2.5 y 8/2), y el autor presenta que el color es rosa (5YR 7/3), la diferencia puede estar en que el autor no menciona si la descripción fue en madera seca o verde. En ambos trabajos se

reporta un brillo mediano, veteado pronunciado, textura gruesa. Estos autores describen un hilo recto y en este estudio encontramos un hilo ondulado a irregular, de igual manera el autor presenta que no aprecia sabor característico y en este estudio percibimos un sabor astringente dulce y no se percibe un olor en la madera.

En ambos estudios se reportan zonas de crecimiento, los autores consideran que la porosidad es anular, en el presente trabajo se describe como circular y ovada. Hay coincidencia en que los poros son solitarios, aunque en el presente trabajo se reportan escasos múltiples en diagonal de 2 y en múltiples tangencial de 2 y 3. Se presenta diferencia entre la abundancia de los poros, en el presente trabajo se reportan 9 poros por mm^2 , y el autor considera 3 por mm^2 . El diámetro tangencial de poros del presente estudio es de $161\ \mu\text{m}$, De la Paz y col. (1998) reportan para madera temprana $200\ \mu\text{m}$ y $80\ \mu\text{m}$ para tardía. En ambos estudios se reportan elementos de vaso con perforaciones simples puntuaciones areoladas alternas, con la diferencia que en nuestro estudio encontramos abertura elíptica y el autor reporta de forma oval. En cuanto a la longitud de los elementos de vasos se coincide en una clasificación mediana, el autor reporta $360\ \mu\text{m}$ y en el presente estudio $455\ \mu\text{m}$. en cuanto al parénquima leñoso se coincide en la presencia de difuso en agregados, aunque en nuestro estudio se reporta también en bandas.

Referente a los radios hay discrepancia ya que De la Paz y col. (1998) considera los uniseriados numerosos con 8 por milímetro y formados por 7 células, en cambio en el presente trabajo se reportan muy numerosos con 11 por milímetro y 15 células. Para los multiseriados se coincide en que son muy anchos, el autor reporta $240\ \mu\text{m}$ y en el presente estudio $325\ \mu\text{m}$.

En cuanto a las fibras en ambos estudios se reportan fibras de tipo libriforme, presentando una longitud media, el autor reporta $1168\ \mu\text{m}$ y para el presente estudio se encuentra $1131\ \mu\text{m}$, un diámetro fino, el autor reporta $6\ \mu\text{m}$ y el estudio $19\ \mu\text{m}$; la diferencia se encuentra en el grosor de las paredes, ya que en el presente trabajo se reportan paredes muy gruesas con $12\ \mu\text{m}$ y el autor reporta paredes gruesas con $4\ \mu\text{m}$.

Comparación con lo descrito por De la Paz y col. (2006) para la madera de *Quercus rugosa* del estado de Oaxaca.

Le madera analizada por los autores presenta diferencia de color entre albura y duramen. La albura de color castaño muy pálido (10YR 8/3) y el duramen castaño amarillento (10YR 5/3), coincide la madera del presenta trabajo en la diferencia ente la albura y el duramen pero difiere en los colores de los mismos, ya que para el presente trabajo encontramos el color de la albura amarillo pálido (Hue5 y 8/3) y duramen castaño olivo (Hue5 y 5/3). Para los dos trabajos se reporta un brillo medio, veteado pronunciado, la textura gruesa. Se presentan diferencias en cuanto a que para el autor no presentan olor ni sabor, y para el presenta trabajo se reporta un olor tenue y característico, sabor amargo y astringente. El hilo lo presenta recto y para el estudio encontramos un hilo inclinado irregular por la presencia de nudos.

Ambos estudios reportan porosidad difusa, en nuestro estudio con una tendencia a semicircular, con poros solitarios con un arreglo en cadenas radiales y diagonales. Los autores reporta poros poco numerosos con 3 por mm^2 , un diámetro tangencial mediano de 150 μm , al igual en el presente estudio los poros son moderadamente pocos con 6 por mm^2 , la diferencia la presenta el diámetro tangencial grande con 207 μm ; los dos estudios se reporta un contorno oval y circular. Para ambos estudios se reportan elementos de vaso con placa perforada simple y puntuaciones areoladas alternas, aunque en el presente estudio se encuentran areoladas opuestas. Los elementos de vaso son medianos, para el autor con 520 μm y para el presente trabajo 417 μm . las puntuaciones vaso-radio para ambas madera son simples. Los autores reportan vasos con gran cantidad de tílides, a diferencia de los descritos en el presente trabajo donde es escasa. El parénquima en ambos trabajo se reporta difuso en agregados, con la diferencia que en este estudio se encontró difuso en bandas.

En cuanto a los radios se coincide en uniseriados y multiseriados de composición homogénea, los uniseriados numerosos con la diferencia que el autor menciona que presentan 12 células de altura, y en el presente trabajo se reportan 19 células

de altura. Para los multiseriados el autor reporta pocos numerosos, altos con 2 cm y muy anchos 597 μm . En el presente estudio se presentan abundantes, muy altos y anchos con 840 μm .

Las fibras en los dos estudios se reportan como libriformes, con una longitud mediana el autor reporta 1470 μm y en el presente trabajo se encontraron de 1380 μm , el diámetro igualmente se considera fino para el autor con 4 μm , para el estudio un diámetro de 20 μm . Las paredes se consideran gruesas en los dos estudios.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS.

Densidad.

El valor de la densidad básica de la madera de *Quercus rugosa* y *Quercus eduardii* se clasifican como densidad muy alta de acuerdo a las tablas de Echenique y Plumptre (1994) y Sotomayor-Castellanos (2005). Aunque *Q. rugosa* presenta mayor densidad con lo cual se corrobora lo reportado por Honorato-Salazar y Fuentes-Salinas (2004) que los encinos blancos presentan una mayor densidad que las especies rojas.

Realizando la comparación con resultados para densidad básica, encontramos que el valor obtenido para la especie *Q. rugosa* está por arriba de lo reportado por De la Paz y Dávalos-Sotelo (2008) con 0.688 g/cm^3 (anexo 2) y por Honorato-Salazar y Fuentes-López (2001) con 0.720 g/cm^3 (anexo 1). El valor obtenido de la especie *Q. eduardii*, está por arriba del rango 0.579-0.687 g/cm^3 reportado para 17 encinos rojos por De la Paz y Dávalos-Sotelo (2008) (anexo 2).

La comparación de medias mostró que existe diferencia significativa ($P < 0.000 < 0.05$) entre la densidad básica de las dos especies estudiadas. La diferencia puede estar dada por la edad de los árboles, además de sus elementos constitutivos, como es la abundancia, diámetro de poro y fibras, como se menciona en el apartado de anatomía. Los radios multiseriados son otro factor que está influyendo en la densidad, que en este caso la especie *Q. rugosa* presenta

radios más grandes y anchos. Pero esto no es clave en la determinación de la homogeneidad o heterogeneidad de los valores de densidad (Williams 2010).

Al presentar las especies una densidad muy alta, esta influirá de forma muy directa en las características físicas y mecánicas, como en el proceso de secado. No es recomendable en envases y embalajes, porque se busca ligereza. Es recomendable para muebles por el aspecto compacto y pesado, así como para la obtención de pasta, ya que se obtienen mayores rendimientos con maderas densas (Vignote, 2006).

Índices de estabilidad dimensional.

Contracción.

Los resultados de las contracciones sufridas por la madera de la especie *Q. eduardii*, se clasifican como baja para el plano radial, mediana para el plano tangencial y alta para la contracción volumétrica, esto de acuerdo a Fuentes (s/n). Para la madera de *Q. rugosa* se presenta una clasificación baja para el plano radial, baja para el plano tangencial y alta para la contracción volumétrica (Fuentes, s/n).

Realizando la comparación con datos reportados por Honorato-Salazar y Fuentes-López (2001) para *Q. rugosa* los cuales son radial 5.2 %, tangencial 13.8 % y volumétrica 17.7 %. Nuestros datos están por la mitad de lo anterior reportado (anexo 1). De igual forma la especie *Q. eduardii* está por debajo de los valores reportados por Honorato-Salazar y Fuentes-López (2001) para especies de encinos rojos con un rango de 4.7-5.5 % de contracción radial, 13.2-16 % de contracción tangencial y volumétrica de 17.4-17.9 % (anexo 1).

De la Paz y col. (2006) menciona que uno de los elementos con más influencia en las contracciones son los radios lo que compete la anchura, altura y numero de series de los radios multiseriados, pero como se mencionó anteriormente no se coincide con el autor, ya que *Q. rugosa* presenta mayor cantidad de radios y una menor contracción.

La madera de ambas especies al presentar contracción volumétrica alta, está destinada a presentar altos cambios en sus dimensiones. Es por ello que no se pueden elaborar productos que requieran precisión con madera verde o altos contenidos de humedad, al producir defectos como son las rajaduras y deformaciones. De acuerdo a Vignote (2006) la madera puede utilizarse en la construcción. Se recomienda y se sugiere someter la madera a un secado artificial, para un mejor uso.

Hinchamiento.

Los resultados del hinchamiento sufrido por la madera de *Quercus eduardii* se clasifican de la siguiente manera de acuerdo a las tablas de Echenique y Plumptre (1994), hinchamiento radial grande, tangencial grande y no se presentan datos de clasificación para volumétrico. Para la especie *Q. rugosa* siguiendo la misma clasificación tanto el hinchamiento radial como el tangencial se considera grande. Cabe mencionar que el hinchamiento es proporcional a la contracción, por lo cual influye de manera directa a la poca estabilidad de la madera.

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.

Compresión paralela.

Los resultados para la resistencia a la compresión paralela de la especie *Q. eduardii*, y de *Q. rugosa* se clasifican como media de acuerdo a las tablas de Echenique y Plumptre (1994) y Dávalos y Bárcenas (1999). De la Paz y col. (2005) reporta que las características anatómicas que más influyen en la compresión paralela son la cantidad de fibras y la altura y anchura de los radios. Con lo cual coincidimos con los autores en lo referente a los radios ya que como se mencionó se clasifica altos y anchos en las dos especies.

Comparando los resultados obtenidos con los reportados para especies rojas por De la Paz y col. (2006), encontramos que estos se encuentran por arriba del rango reportado de 22 a 44 Mpa (anexo 2) y con Honorato-Salazar y Fuentes-López

(2001) para la especie *Q. rugosa*, encontramos que lo obtenido está por debajo, ya que el autor reporta 422 kg/cm^2 para una condición del 12 % de humedad. Pero está por arriba de los 238 kg/cm^2 para condición saturada (anexo 1). De la Paz y col. (2008) reporta en condición saturada 33.5 Mpa, nuestra especie soporta 39.8 Mpa en un estado de 21% de humedad (anexo 2).

Al presentar valores de media resistencia a la compresión en ambas especies y presentar una alta densidad, estas se pueden utilizar como madera de estructura resistente. Vignote (2006) menciona que una buena resistencia a la compresión, es de utilidad en ámbitos como: muebles, la construcción, postes y postes de cortas dimensiones.

Dureza.

Los valores promedio de dureza de la especie *Q. eduardi* para lateral y extremos se clasifican como muy alta de acuerdo a las tablas de calificación de Sotomayor-Castellanos (2002) y Dávalos y Bárcenas (1999). Comparando los resultados con los reportados para especies de encinos rojos, encontramos que nuestros resultados tanto para el plano axial como para el lateral es menor a lo reportado por Honorato-Salazar y Fuentes-López (2001) con un rango de 1109 a 1203 kg para el plano axial y de 898 a 1000 kg para el plano lateral, esto en condiciones de humedad del 12% (anexo 1). Para condiciones saturadas el autor reporta un rango de 678 a 692 kg para el plano axial y 622 a 658 kg en el plano lateral, para el cual nuestros resultados están por encima de estos.

Para la especie *Q. rugosa* la dureza extremos y lateral, se clasifican como de alta dureza de acuerdo a las tablas de clasificación de Dávalos y Bárcenas (1999) y Sotomayor-Castellanos (2002). Comparando los resultados con los valores reportados para la especie con un promedio de 1233 kg para lateral y 1361 extremos, esto en condiciones de un 12% de humedad reportado por Honorato-Salazar y Fuentes-López (2001), nuestros valores están por debajo de los mencionados (anexo 1). Al compararlos los resultados con valores en condición saturada como los que presenta el mismo autor, los cuales son 752 kg lateral y 732 kg extremos, nuestros resultados se encuentran por arriba de los anteriores.

Al presentar valores de dureza de alta a muy alta para ambas especies, esto podría traer problemas en la elaboración tanto por sierras y cuchillas. Por otro lado al tener una alta dureza se pueden utilizar en la carpintería (sobre todo en el parquet y duela) y en el mueble (Vignote, 2006).

La diferencia de los valores mecánicos obtenidos para ambas especies con los reportados por otros autores, se presenta principalmente por el contenido de humedad al cual se realizaron los ensayos, en nuestro caso como se mencionó para *Q. eduardii* presentaba un 16 % de humedad y *Q. rugosa* un 16 % de humedad. Pero estos se encuentran en el rango en condiciones saturadas y al 12% de humedad.

PROPIEDADES QUÍMICAS.

Extracto total.

Se obtuvieron valores altos de extracto para una extracción acuosa, esto se puede corroborar haciendo una comparación con los datos reportados por Herrera-Fernández (2013) donde reporta rendimientos para extracción acuosa de 5 a 6.9 % y 9.6 a 20 % en extracción etanólica, para 3 especies de encino, los datos obtenidos en este trabajo están por arriba que los reportados por el autor para la extracción acuosa, y dentro del rango de la extracción etanólica.

Taninos condensado (No. De Stiasny).

La prueba de taninos condensados presentes en la corteza, resulto satisfactoria para una extracción acuosa, ya que Herrera-Fernández (2013) reporta valores en un rango de 38 a 48 % para una extracción acuosa y 52 a 56 % en una extracción etanólica, para 3 especies de encino, con lo cual se demuestra que los valores aquí reportados para la especie *Q. eduardii* están por arriba con los comparados. Por otra parte Pedraza-Bucio (2011) reporta valores de un 79 % para la madera de palo de Brasil (*Haematoxylon brasiletto*).

Taninos.

Los resultados obtenidos de taninos son bajos para poder determinar un uso comercial ya que Rowe y Conner (1979) citado por Bautista-Hernández y Honorato-Salazar (2005) mencionan que el potencial mínimo comercial es de 8%. Por lo cual se debe realizar un estudio más detallado, así como una extracción etanólica ya que como lo menciona Herrera-Fernández (2013) este puede elevar los valores un 50%. Herrera-Fernández (2013) reporta valores que van en un rango de 2.4 a 2.6 % en extracción acuosa y de 5 a 11 % en extracción etanólica. Los resultados obtenidos en este estudio, están por arriba del rango para la extracción acuosa, y solamente la especie *Q. eduardiii* entra en el rango para la extracción etanólica. Honorato-Salazar y Bautista-Hernández (1998) reporta rendimientos desde 7.4 a 10.4 % para la corteza de algunas especies de encino, a lo que solo el valor para *Q. eduardii* entra dentro del rango para comparación. Bautista-Hernández y Honorato-Salazar (2005) mencionan que los encinos blancos presentan mayor cantidad de taninos, por lo cual no se coincide con el autor ya que la especie *Q. eduardii* (encino rojo) presenta mayor cantidad de taninos.

Taninos hidrolizables.

Las dos especies en estudio, en cuanto a la prueba de taninos hidrolizables resultaron negativas, ya que *Q. rugosa* presentó un color café oscuro, en cuanto a *Q. eduardii* no presentó ningún cambio en su coloración. Ya que la coloración nos determina la cantidad de taninos hidrolizables, podemos decir que la cantidad de estos en la corteza es muy bajo.

9. CONCLUSIONES

Para la descripción anatómica.

- Tomando en cuenta las características organolépticas se considera significativo la diferencia de color entre las especies, así como su veteado y textura, por lo cual es mejor *Q. eduardii* para cuestiones estéticas.
- Las diferencias más notorias y que más influencia tienen sobre la densidad son número y diámetro de poros, fibras y radios multiseriados. Por esta razón tienen buena resistencia, pero son difíciles de aserrar, así como difíciles de secar.
- Una de las ventajas de ambas especies es la poca cantidad de cristales que presentan, lo cual facilita su impregnación.

Para las propiedades físicas.

- La densidad básica de la madera para la especie *Q. eduardii* y *Q. rugosa* se considera muy alta, confirmando lo mencionado en la anatomía como madera dura y pesada, que repercute en su buena resistencia mecánica.
- La madera de ambas especies presenta baja estabilidad dimensional, lo cual corrobora lo mencionado en la anatomía que es una madera difícil de secar. Esto se corrobora con el coeficiente de relación anisotropía tangencial/radial, que resulta muy alto, mayor a 2.30. Por lo cual se tiene que someter la madera a un secado artificial.

Para las propiedades mecánicas.

- Los resultados para la compresión paralela de la especie *Q. eduardii* y *Q. rugosa*, confirman que lo mencionado en las pruebas físicas, que al tener una alta densidad presentan buena resistencia a dicho esfuerzo, por lo cual pueden ser utilizadas en ámbitos donde se requiera.
- Para la dureza se obtuvieron valores altos en los planos lateral y axial, para las dos especies en estudio, por lo cual se afirma lo mencionado en anatomía y las pruebas físicas como una madera dura. La alta dureza

podrá repercutir en la trabajabilidad, pero es adecuada para los campos donde se requiera resistencia al desgaste (duela y parquet).

Para las propiedades químicas.

- Los resultados obtenidos para extracto total, taninos, taninos hidrolizables y taninos condensados de las especies *Q. rugosa* y *Q. eduardii*, mostraron diferencia, lo cual puede atribuirse a la cantidad de corteza interna. Los resultados son buenos ya que se encuentran dentro de los rangos reportados para encinos de México, pero se tiene que realizar un estudio completo, ya que se determina que las especies tienen potencial para el uso de taninos de la corteza.

10. BIBLIOGRAFÍA.

- Aguilera, L. I. 1991. Estudio florístico y sinecológico de la vegetación en el cráter hoyo de Rincón de Parangueo, Valle de Santiago, Guanajuato. Tesis Maestría Colegio de Posgrados, Montecillo, Estado de México, 99p.
- American Society for Testing of Materials. 1993. Standard methods of testing small. Clear specimens of timber. ASTM standard D-143-83. Philadelphia. Pa.
- Bautista-Hernández., R. Y J. A. Honorato-Salazar 2005. Composición química de la madera de cuatro especies del Género *Quercus*. Ciencia Forestal de México 30(98): 25-49.
- Bucio-Sánchez. Y. 1985. Características anatómicas de la madera de cinco encinos del estado de Michoacán. Boletín Técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales núm. 109.
- Castro R., F. A. 2008. Programa de manejo forestal avanzado, San José Buenavista. San Felipe, Gto. 99p.
- Carranza, E. 2005. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Faciculo Completo. XXI. Conocimiento actual de la flora y la diversidad vegetal del estado de Guanajuato, México. Instituto de Ecología, Pátzcuaro Michoacán, 17p.
- Conafor. 2012. Anuario estadístico de la producción forestal. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 223p.
- Dávalos S., R. y G. Bárcenas P. 1999. Clasificación de las propiedades mecánicas de las maderas mexicanas en condición "seca". Madera y Bosques 5(1):61-69.

- De la Paz Pérez O., C.; A. Campos, A. Quintanar, R. Dávalos. 1998. Estudio anatómico de la madera de 5 especies del Género *Quercus* (Fagaceae) del estado de Veracruz. *Madera y Bosques* 4(2): 45-65.
- De la Paz Pérez O., C. 1985. Características anatómicas de siete especies del Género *Quercus*. *Bol. Téc. Inst. Nac. Invest. For. Num. 123*. México D.F. 70 p.
- De la paz Pérez O., C. y L. Aguilar. 1978. Diferencias morfológicas externas y anatómicas de la madera de encinos blancos y Rojos. *Boletín Técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales* núm. 59. 19p.
- De la Paz Pérez O., C., R. Dávalos-Sotelo. 2008. Algunas características anatómicas y tecnológicas de la madera de 24 especies de *Quercus* (encinos) de México. *Madera y Bosques* 14 (13): 43-80.
- De la Paz Pérez O., C., R. Dávalos-Sotelo, E. Guerrero. 2000. Aprovechamiento de la madera de encino en México. *Madera y Bosques*, 6 (001). Xalapa México.
- De la Paz Pérez O., R. Dávalos-Sotelo, A. Quintanar. 2005. Influencia de los radios en algunas propiedades físicas y mecánicas de la madera de ocho encinos (*Quercus*) de Durango, México. *Madera y Bosques* 11(2): 49-68pp.
- De la Paz Pérez O., C., S. Veles, J. Ceja Romero. 2006. Anatomía de la madera de ocho especies de *Quercus* (Fagaceae) de Oaxaca México. *Madera y Bosques* 12(001): 63-94.
- Echenique M., R. y R. A. Plumtre. 1994. Guía para el uso de maderas de Belice y México. Edición en español.

- Fuentes-Salinas., M. sin año. Apunte para el curso de tecnología de la madera. Subdirección de extensión y servicio.
- Guridi-Gómez, L. I. y García M. T. 2000. Estudio anatómico de la madera de aguacate criollo (*Persea americana* Mill) Ciencia y Tecnología de la Madera. Época 2 (5):3-20p.
- García Enriqueta. 1990. Climas de México. Atlas Nacional de México VOL. 11. Instituto de Geografía. UNAM. MEXICO.
- Govaerts F. y Frodin D. G. 1998. World checklist and Bibliography of fagales (Betulaceae, Corylceae, Fagaceae and Tycodendaceae). Royal Botanic Gardens, Kew.
- Herrera-Fernández A. C. 2013. Determinación de la densidad en Madera, poder calorífico y composición química en corteza y madera de seis especies de latifoliadas. Tesis de maestría, Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. P 147.
- Hernández B., R y Honorato-Salazar, J. A. 2005. Composición química d la madera de cuatro especies del genero *Quercus*. Ciencia Forestal de México 30 (98). 25-49pp.
- Honorato-Salazar., J. A. 1997. Propiedades Físicas y Mecánicas de los encinos Mexicanos. INIFAP.
- Honorato-Salazar, J. A. y Fuentes-López M. 2001. Propiedades Físico-Mecánicas de la madera de cinco especies de encino del estado de Guanajuato. Ciencia Forestal de México 26 (90).

- Honorato-Salazar., J. A. y Hernández J. 1998. Determinación de componentes químicos de la Madera de cinco especies de encino del estado de Puebla. *Madera y Bosques* 4(2): 79-93.
- IAWA COMMITTEE (E. A. Wheeler, P. Baas & P. Gasson, eds), 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. Repr. *IAWA Bulletin*.
- ISO (International Organization for Standardization). 1975. Determination of moisture content for physical and mechanical tests. ISO 3130. 1a Ed.
- ISO (International Organization for Standardization). 1975. Determination of density for physical and mechanical test. ISO 3131. 1a Ed.
- ISO (International Organization for Standardization). 1975. Determination of radial and tangential shrinkage. ISO 4469. 1a Ed.
- ISO (International Organization for Standardization). 1975. Determination of radial and tangential swelling. ISO 4859. 1a Ed.
- ISO (International Organization for Standardization). 1975. Determination of ultimate tensile stress parallel to grain. ISO 3345. 1a Ed.
- Luna-José, A., L. Montalvo, B. Redondo-Aguilar. 2003. Los usos no leñosos de los encinos en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* (72): 107-117. Distrito federal, México.
- Martínez-Cruz, J. Téllez- Valdés, O. Ibarra-Manríquez, G. 2009. Estructura de los encinares de la sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80 (1):145-156.

Martínez, M. 1981. Los encinos de México. Anales del Instituto de Biología, México. 2ª edición. 358 p.

Munsell color. Munsell soil color charts Baltimore, Maryland 17p.

Nájera-Luna, J. A., Z. Vargas-Antonio, J. Méndez-González, J. Graciano-Luna. 2005. Propiedades físicas y mecánicas de la madera en *Quercus laeta* Liemb. del Salto, Durango. Ra Ximhai 1(003). 559-576pp.

Palacio-Prieto, J. L., G. Bocco, A. Velásquez, J. F. Mass, F. Takaki-Takaki, A. Victoria, L. Luna- González, G. Gómez-Rodríguez, J. López-García, M. Palma, I. Trejo-Vázquez, A. Peralta, J. Prado-Molina, A. Rodríguez-Aguilar, R. Mayorga-Saucedo y F. González-Medrano. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del inventario forestal nacional 2000. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía Universidad Nacional Autónoma de México 43: 183-203.

Pedraza-Bucio, F. E. y J. C. Rutiaga-Quiñones. 2011. Extracto Tánico de la Madera de palo de Brasil. Conciencia Tecnológica 42: 36-41.

Pedraza-Bucio, F. E., 2006. Composición química de la corteza de 4 especies de eucalipto y evaluación de las propiedades de sus extractos tánicos. Tesis de maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 136 p.

Rzedowki, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, D.F. 482p.

Rzedowski, J., G. Calderón de Rzedowski y R. Galván 1996. Flora del Bajío y de regiones Adyacentes. Fascículo complementario XIV. Nota sobre la vegetación y la flora del noreste del estado de Guanajuato. Instituto de Ecología, Pátzcuro, Michoacán. 22 p.

- Sotomayor-Castellanos, J. R. 2002. TABLA FITECMA de clasificación de características mecánicas de maderas mexicanas. FITECMA. UMSNH. Formato: 60 x 90 cm. 1 p. México.
- Sotomayor-Castellanos, J. R. 2005. Características mecánicas y clasificación de la madera de 156 especies mexicanas. FITECMA. UNMSH. 24P
- Tortorelli, L. A. 1959. Madera y Bosques Argentinos. Acme. S.A.C.I. Buenos Aires. 910pp.
- Valencia, S. 2004. Diversidad del Género *Quercus* (Fagaceae) en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 75: 33-55.
- Vázquez-Silva, L., J. C. Tamarit, J. Quintanar, V. Lucia. 2004. Caracterización de la declinación de bosques de encinos en "sierra de lobos" Guanajuato, México. Polibotanica (17): 1-14. México distrito federal.
- Vignote, S., Martínez, I. 2006. Tecnología de la madera. Ed. Mundi-Prensa, Barcelona. 678p.
- Williams, J. 2010. Anatomía y densidad o peso específico de la madera. Revista Forestal Venezolana 54(1): 67-76.
- Zavala-Chávez, F. 1998. Observaciones sobre la distribución de encinos en México. Polibotanica (8): 47-64.
- Zavala-Chávez, F. 1995. Encinos y robles. Notas fitogeográficas. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. 44p.

Zamudio, S., R. Galvan. 2011. La diversidad vegetal del estado de Guanajuato, México. Flora del bajío y regiones adyacentes. Fascículo complementario XXVII. 103 p.

11. ANEXOS

Anexo 1. Recopilación de datos de diferentes especies de las pruebas físicas y mecánicas.

ESPECIE		<i>Q. eduardii</i>	<i>Q. rugosa</i>	<i>Q. obtusata</i> Honorato s. 2001	<i>Q. rugosa</i> Honorato s. 2001	<i>Q. laurina</i> Honorato S. 2001	<i>Q. durifolia</i> Honorato S. 2001	<i>Q. castanea</i> Honorato S 2001	<i>Q. laeta</i> Najera-luna 2005	<i>Q. affinis</i> Cruz de León 1994
DENSIDAD	Referencia	0.915 g/cm ³	1.118 g/cm ³							0.67 gr/cm ³
	Básica	0.727 g/cm ³	0.875 g/cm ³	0.72 g/cm ³	0.72 g/cm ³	0.60 g/cm ³	0.62 g/cm ³	0.62 g/cm ³	0.68 gr/cm ³	0.59 gr/cm ³
	Anhidra	0.850 g/cm ³	0.986 g/cm ³	0.87 g/cm ³	0.88 g/cm ³	0.73 g/cm ³	0.76 g/cm ³	0.76 g/cm ³		0.71 gr/cm ³
CONTRACCI	Radial	2.7 %	2.4 %	5.3 %	5.12 %	5.21 %	4.7 %	5.52 %	6.4 %	4.62 %
	Tangencial	5.1 %	4.5 %	14.1%	13.8 %	13.28 %	14.42 %	16.14 %	10.7 %	12.9 %
	Volumétrica	16.6 %	16.3 %	16.21	17.2 %	17.46 %	19.89 %	17.94 %	18.2 %	18.5 %
HINCHAMIE	Radial	4.7 %	5.1 %							
	Tangencial	15 %	13.1 %							
	Volumétrico	20.8 %	19.6 %							
COMPRESIÓN PARALELA		471.9 kg/cm ²	406.7 kg/cm ²	499.3 kg/cm ²	422.6 kg/cm ²	526.1 kg/cm ²	438.5 kg/cm ²	539.3 kg/cm ²	455.6 kg/cm ²	
DUREZA	Axial	883.5 kg/cm ²	820.3 kg/cm ²	1443 kg/cm ²	1361 kg/cm ²	1109 kg/cm ²	1099kg/cm ²	1203 kg/cm ²	1048 kg/cm ²	
	Lateral	895 kg/cm ²	881.6 kg/cm ²	1319 kg/cm ²	1233 kg/cm ²	898 kg/cm ²	904 kg/cm ²	1001 kg/cm ²	730 kg/cm ²	

Anexo 2. Pruebas físicas y mecánicas (continuación).

ESPECIE		<i>Q. rysophila</i> Cruz de León 1994	<i>Q. polymorpha</i> Cruz de León 1994	<i>Q. prinopsis</i> Cruz de León 1994	<i>Q. acutifolia</i> De la Paz P. 2008	<i>Q. affinis</i> De la Paz P. 2008	<i>Q. candicans</i> De la Paz P. 2008	<i>Q. castanea</i> De la Paz P. 2008	<i>Q. coccolobifolia</i> De la Paz P. 2008
DENSIDAD	Referencia	0.67 gr/cm ³	0.84 gr/cm ³	0.87 gr/cm ³					
	Básica	0.73 gr/cm ³	0.75 gr/cm ³	0.74 gr/cm ³	0.66 gr/cm ³	0.57 gr/cm ³	0.63 gr/cm ³	0.68 gr/cm ³	0.60 gr/cm ³
	Anhidra	0.87 gr/cm ³	0.90 gr/cm ³	0.92 gr/cm ³					
CONTRACCIÓN	Radial	5.04 %	5.36 %	6.25 %					
	Tangencial	11.53 %	11.45 %	13.23 %					
	Volumétrica	17.4 %	17.90 %	20.82 %	20.01 %	15.34 %	17.39 %	17.60 %	20.09 %
HINCHAMIENTO	Radial								
	Tangencial								
	Volumétrico								
COMPRESIÓN PARALELA					33.3 MPa	22 MPa	29 MPa	34.8 MPa	28.3 MPa
DUREZA	Axial				6220 N	4740 N	5830 N	7380 N	5620 N
	Lateral				7230 N	4570 N	5740 N	7040 N	5150 N

Anexo 3. Pruebas físicas y mecánicas (continuación).

ESPECIE		<i>Q. conspersa</i> De la Paz P. 2008	<i>Q. crassifolia</i> De la Paz P. 2008	<i>Q. crispipilis</i> De la Paz P. 2008	<i>Q. durifolia</i> De la Paz P. 2008	<i>Q. eugeniaefolia</i> De la Paz P. 2008	<i>Q. laurina</i> De la Paz P. 2008	<i>Q. mexicana</i> De la Paz P. 2008	<i>Q. scytophila</i> De la Paz P. 2008
DENSIDAD	Referencia								
	Básica	0.68 gr/cm³	0.66 gr/cm³	0.66 gr/cm³	0.67 gr/cm³	0.59 gr/cm³	0.65 gr/cm³	0.61 gr/cm³	0.63 gr/cm³
	Anhidra								
CONTRACCIÓN	Radial								
	Tangencial								
	Volumétrica	18.24 %	18.20 %	22.42 %	19.23 %	15.21 %	18.48 %	18.16 %	19.71 %
HINCHAMIENTO	Radial								
	Tangencial								
	Volumétrico								
COMPRESIÓN PARALELA		44 MPa	34.7 MPa	33.1 MPa	35.6 MPa	24.7 MPa	37.9 MPa	22.4 MPa	36.9 MPa
DUREZA	Axial	7010 N	6190 N	5090 N	9420 N	5160 N	6620 N	6030 N	7100 N
	Lateral	7880 N	7080 N	6310 N	8620 N	4570 N	6740 N	6070 N	7160 N

Anexo 4. Pruebas físicas y mecánicas (continuación).

ESPECIE		<i>Q. sideroxyla</i> De la paz P. 2008	<i>Q. skinneri</i> De la Paz P. 2008	<i>Q. uxoris</i> De la Paz P. 2008	<i>Q. convallata</i> De la Paz P. 2008	<i>Q. excelsa</i> De la Paz P. 2008	<i>Q. glabrescens</i> De la Paz P. 2008	<i>Q. laeta</i> De la Paz P. 2008	<i>Q. obtusata</i> De la Paz P. 2008
DENSIDAD	Referencia								
	Básica	0.61 gr/cm³	0.66 gr/cm³	0.61 gr/cm³	0.71 gr/cm³	0.71 gr/cm³	0.64 gr/cm³	0.74 gr/cm³	0.75 gr/cm³
	Anhidra								
CONTRACCIÓN	Radial								
	Tangencial								
	Volumétrica	16.66 %	16.37 %	18.37 %	19.51 %	119.26 %	20.13 %	21.44 %	20.13 %
HINCHAMIENTO	Radial								
	Tangencial								
	Volumétrico								
COMPRESIÓN PARALELA		28.8 MPa	34.8 MPa	30.6 MPa	31.2 MPa	38.6 MPa	34.6 MPa	34.7 MPa	40.9 MPa
DUREZA	Axial	5660 N	6860 N	6030 N	8010 N	7450 N	5810 N	8880 N	8960 N
	Lateral	5270 N	6290 N	6290 N	7330 N	7520 N	5820 N	8130 N	8910 N

Anexo 5. Recopilación de medidas anatómicas microscópicas de diferentes especies.

	Vasos	Fibras				Poros		Radios uniseriados		Radios multiseriados	
	Longitud µm	Longitud µm	Diámetro µm	Grosor de pared	Lumen µm	Diámetro µm	Por mm ²	Células de alto	Por mm	Altura cm	Ancho µm
<i>Q. eduardii</i>	455	1131	19	12	7	161	9	15	10	0.10	33
<i>Q. rugosa</i>	417	1380	20	13	7	207	6	19	10	10	840
<i>Q. acutifolia</i> De la Paz P. 2008	400-591	2092	10	9						1.3-2.5	208-385
<i>Q. affinis</i> De la Paz P. 2008	456-625	1146-1364	10	9						0.9-1.5	250-300
<i>Q. candicans</i> De la Paz P. 2008	400-585	1536-1773	6-8	9						0.8-3	351-482
<i>Q. coccolobifolia</i> De la Paz P. 2008	390	1111	7	7						1.8	470
<i>Q. conspersa</i> De la Paz P. 2008	455	1256	8	7						1.3	312
<i>Q. crassifolia</i> De la Paz P. 2008	423-580	1066-1689	5-8	5-8						0.7-1.5	242-479
<i>Q. crispipilis</i> De la Paz P. 2008	615	1632	10	7						2	242
<i>Q. durifolia</i> De la Paz P. 2008	520	1538	7	6						2.5	362
<i>Q. eugeniaefolia</i> De la Paz P. 2008	432	1140	6	10						2.3	192
<i>Q. laurina</i> De la paz P. 2008	442-632	1186-1548	8	5-8						1.5-2	280-457

	Vasos	Fibras				Poros		Radios uniseriados		Radios multiseriados	
	Longitud μm	Longitud μm	Diámetro μm	Grosor de pared	Lumen μm	Diámetro μm	Por mm^2	Células de alto	Por mm	Altura cm	Ancho μm
<i>Q. mexicana</i> De la Paz P. 2008	360	1168	6	4						2	240
<i>Q. scytophylla</i> Dela Paz P.2008	500	1740	5	9						1.5	341
<i>Q. sideroxyla</i> . De la Paz P. 2008	455-565	1392-1462	9	7						2-2.5	386-485
<i>Q. skinneri</i> De la Paz P. 2008	500	1603	5	9						1.7	300
<i>Q. uxoris</i> . De la Paz P. 2008	455	1165-1530	9-12	7						1.5	220-468
<i>Q. convallata</i> De la Paz P. 2008	518	1575	5	7						2	952
<i>Q. excelsa</i> De la Paz P. 2008	465	1675	6	8						1.5	400
<i>Q. glabrescens</i> De la Paz P. 2008	488-520	1081-1312	5-10	7-10						1.8-2	234-553
<i>Q. laeta</i> De la paz P.. 2008	585	1692	7	8						2.5	600
<i>Q. obtusata</i> De la Paz P. 2008	400-562	1479-1536	4-5	8-9						3	846-971
<i>Q. affinis valencia</i> A. 1995	510	1184	6	7		188	5		10	0.14	
<i>Q. laurina valencia</i> A. 1995	552	940	6	11		215	5		12	0.15	

	Vasos	Fibras				Poros		Radios uniseriados		Radios multiseriados	
	Longitud μm	Longitud μm	Diámetro μm	Grosor de pared	Lumen μm	Diámetro μm	Por mm^2	Células de alto	Por mm	Altura cm	Ancho μm
<i>Q. potosina</i> De la Paz P. 2008	405	1227	5	6						5	793
<i>Q. resinosa</i> De la Paz P. 2008	480	1623	7	9						1.5	522
<i>Q. rugosa</i> De la Paz P. 2008	522	1707	5	9						3	522
<i>Q. coccolobifolia</i> De la paz P. 1985		1111	21	7		163		11	9		649
<i>Q. crassifolia</i> De la Paz P.1985		1689	21	8		200		11	9		515
<i>Q. durifolia</i> De la Paz P. 1985		1538	19	6		170		12	10		362
<i>Q. laurina</i> De la Paz P. 1985		571	25	9		223		12	8		457
<i>Q. glabrescens</i> De la Paz P.1985		1273	17	5		198		13	10		543
<i>Q. martinezii</i> De la paz P. 1985	635	1631	22	9		188	4	13	10		259
<i>Q. obtusata</i> De la Paz P. 1985	562	1479	22	9		235	4	16	10		971
<i>Q. castanea</i> Bucio Sánchez 1985	542	1819	13	5		196	7	13	5	0.2-5.5	328
<i>Q. crassipes</i> Bucio sanchez 1985	566	1588	13	5		182	6	9	5	0.2-3.2	455
<i>Q. resinosa</i> bucio sanchez 1985	463	1501	12	6		193	8	9	7	0.3-6.5	792

	Vasos	Fibras				Poros		Radios uniseriados		Radios multiseriados	
	Longitud μm	Longitud μm	Diámetro μm	Grosor de pared μm	Lumen μm	Diámetro μm	Por mm^2	Células de alto	Por mm	Altura cm	Ancho μm
<i>Q. deserticola</i> Bucio Sanchez 1985	569	1712	14	6		215	7	9	6	0.4-6	472
<i>Q. martinezii</i> Bucio Sanchez 1985	621	1519	10	5		219	6	10	7	0.3-6	603
<i>Q. resinosa</i> De la Paz P.1982	479	1628	20	9		226	5		10	0.4-5	522
<i>Q. castanes</i> De la paz P. 1982		1535	21	9		174			9	0.4-4.3	407
<i>Q. conspersa</i> De la Paz P. 1982		1256	22	7		220			10	0.4-2.5	312
<i>Q. crassipes</i> De la Paz P. 1982		1154	18	9		174			7	0.3-2	345
<i>Q. skinnerii</i> De la Paz P. 1982		1603	19	9		234			10	0.4-2	382
<i>Q. candicans</i> De la paz P.1994	440	1300	12	17		140	5	8	7	0.3-3	700
<i>Q. castanea</i> De la Paz P.1994	500	1215	13	18		200	4	12	10	0.2-4	575
<i>Q. glabrescens</i> De la paz P.1998	520	1160	10	8		180	3	12	9	3	320
<i>Q. potosina</i> De la Paz P.1998	392	980	12	4		257	8	8	8	3.7	880
<i>Q. eduardii</i> De la Paz P. 1998	360	1168	6	4		140	3	7	8	2	240
<i>Q. ghiesbregthii</i> De la Paz P.1998	432	1140	10	6		154	3	9	8	2.3	192

	Vasos	Fibras				Poros		Radios uniseriados		Radios multiseriados	
	Longitud μm	Longitud μm	Diámetro μm	Grosor de pared μm	Lumen μm	Diámetro μm	Por mm^2	Células de alto	Por mm	Altura cm	Ancho μm
<i>Q. xalapensis</i> De la paz P. 1998	560	1165	12	6		154	2	10	8	1.5	220
<i>Q. affinis</i> De la paz P. 2006	434	1337	6	7		141	4	13	12	0.9	320
<i>Q. conzatti</i> De la paz P. 2006	438	1226	5	6		122	4	13	9	0.7	402
<i>Q. laurina</i> De la Paz P. 2006	475	1337	8	9		160	5	11	9	1	390
<i>Q. scytophylla</i> De la paz P. 2006	542	1342	5	7		141	4	12	9	1	417
<i>Q. glabrescens</i> De la Paz P. 2006	507	1390	7	8		170	3	11	9	1.5	530
<i>Q. obtusata</i> De la Paz P. 2006	494	1515	4	8		153	4	11	12	3	840
<i>Q. peduncularis</i> De la Paz P. 2006	448	1455	6	8		150	3	8	9	2.5	540
<i>Q. rugosa</i> De la Paz P. 2006	520	1470	4	8		150	3	12	10	2	597

De la paz y col. (2006) Encinos de Oaxaca; **De la paz y col. (1998)** Encinos de Veracruz; **De la paz (1994)** Encinos de Jalisco; **De la paz (1982)** *Q. resinosa*, Michoacán; *Q. castanea*, Michoacán; *Q. conspersa*, Guerrero; *Q. crassipes*, Puebla; *Q. skinnerii*, Chiapas; **Bucio-Sánchez (1985)** Encinos de Michoacán; **De la Paz (1985)** *Q. coccolobifolia*, Durango, *Q. crassifolia*, michoacan; *Q. durifolia*, Durango; *Q. laurina*, Michoacán; *Q. glabrescens*, Oaxaca; *Q. martinezii*, guerrero; *Q. obtusata*, Michoacán; **De la paz y Dávalos-Sotelo (2008)** *Q. acutifolia*, Jalisco; *Q. affinis*, Puebla; *Q. candicans*, Durango; *Q. castanea* Jalisco; *Q. conspersa*, guerrero; *Q. crassifolia*, Jalisco; *Q. crissipilis*, Chiapas; *Q. eugeniaefolia*, Veracruz; *Q. laurina*, Michoacán; *Q. mexicana*, Veracruz; *Q. sideroxyla*, Durango; *Q. skinneri* Chiapas; *Q. uxoris*, Veracruz; *Q. convallata*, Durango; *Q. glabrescens*, Puebla; *Q. laeta*, Durango; *Q. obtusata*, Michoacán; *Q. reesinosa*, Michoacán; *Q. excelsa*, Jalisco; *Q. potosina*, Durango; *Q. rugosa*, Chiapas; **Cruz de León J. 1994.** Encinos de Nuevo León; **Nájera Luna J. 2005.** Encino de Durango; **Honorato Salazar. 2001.** Encinos de Guanajuato.

Anexo 6. Recopilación de propiedades químicas de diferentes especies.

	Madera o corteza		Taninos	Taninos condensados	Taninos hidrolizables
<i>Q. eduardii</i>	Corteza		8.6%	84%	No presente
<i>Q. rugosa</i>	Corteza		3.8 %	36.8 %	Café oscuro
<i>Q. candicans</i> Herrera F.2013	Madera	Albura	0.46%	13 %	Café claro
		Duramen	0.71%	25 %	Café-verdoso
	Corteza		2.6 %	43.2%	Azul-negrusco
<i>Q. laurina</i> Herrera F. 2013	Madera	Albura	0.4%	16.8%	Amarillo-verdoso
		Duramen	0.6%	16.8%	Café-amarilloso
	Corteza		2.6%	38.7%	Morado-negrusco
<i>Q. rugosa</i> Herrera F. 2013	Madera	Albura	0.3%	8.5%	Café-amarilloso
		Duramen	0.8%	10.5%	Azul-violáceo
	Corteza		2.4%	48.3%	Azul-negrusco
<i>Q. affinis</i> Honorato S. 1998	Corteza		10.4%		
	Mezcla		3.4%		
<i>Q. crassifolia</i> Honorato S. 1998	Corteza		7.4%		
	Mezcla		1.5%		
<i>Q. glabrescens</i> Honorato S. 1998	Corteza		9.4%		
	Mezcla		2.6%		
<i>Q. mexicana</i> Honorato S.1998	Corteza		7.9 %		
	Mezcla		2.1%		
<i>Q. lauria</i> Honorato S. 1998	Corteza		8.6%		
	Mezcla		1.1%		
<i>Q. rugosa</i> Bautista E. 2005	Madera	Albura	0.62%		
		Duramen	1.46%		
		Mezcla	1.10%		
	Corteza		6.5%		
<i>Q. coccolobifolia</i> Bautista E. 2005	Madera	Albura	0.67%		
		Duramen	1.73%		
		Mezcla	1.27%		
	Corteza		5.4%		
<i>Q. oleiodes</i> Bautista E. 2005	Madera	Albura	1.05%		
		Duramen	2.16%		
		Mezcla	0.94%		
	Corteza		6.21%		
<i>Q. durifolia</i> Bautista E. 2005	Madera	Albura	0.29%		
		Duramen	0.78%		
		Mezcla	0.70%		
	Corteza		7.18%		

Anexo 7. Comparación de las propiedades físicas y mecánicas de *Q. rugosa* y *Q. eduardii*.

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE <i>Q. eduardii</i> y <i>Q. rugosa</i>				
ESPECIE		<i>Q. eduardii</i>	<i>Q. rugosa</i>	Diferencia significativa
DENSIDAD	Referencia	0.915 g/cm ³	1.118 g/cm ³	0.000
	Básica	0.727 g/cm ³	0.875 g/cm ³	0.000
	Anhidra	0.850 g/cm ³	0.986 g/cm ³	0.000
CONTRACCIÓN	Radial	2.7 %	2.4 %	0.304
	Tangencial	5.1 %	4.5 %	0.023
	Volumétrica	7.9 %	7.2 %	
HINCHAMIENTO	Radial	4.7 %	5.1 %	0.309
	Tangencial	15 %	13.1 %	0.000
	Volumétrico	20.8 %	19.6 %	
COMPRESIÓN PARALELA		471.9 kg/cm ²	406.7 kg/cm ²	0.000
DUREZA	Axial	883.5 kg/cm ²	820.3 kg/cm ²	0.000
	Lateral	895 kg/cm ²	881.6 kg/cm ²	0.406

Anexo 8. Comparación entre las especies *Q. rugosa* y *Q. eduardii* para las características organolépticas

Nombre científico		<i>Quercus rugosa</i>	<i>Quercus eduardii</i>
Características organolépticas			
Color	Albura	Amarillo pálido	Blanco amarillento
	Duramen	Castaño olivo	Blanco amarillento
Olor		Tenue y característico	No se percibe
Sabor		Amargo y astringente	Astringente dulce
Veteado		Pronunciado a suave	Suave a pronunciado
Textura		Gruesa debido al tamaño de sus grandes radios	Ligeramente gruesa
Hilo		Ligero inclinado a irregular por los nudos	Ondulado a irregular
Brillo		Medio a bajo	Medio a alto
Diseño	tangencial	Rayado a irregular	rayado
	Radial	Floreado y en espejuelos	Floreado y en espejuelos

Anexo 9. Comparación de entre las especies *Q. rugosa* y *Q. eduardii* para las características anatómicas macroscópicas y microscopias.

CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS MACROSCÓPICAS Y MICROSCÓPICAS			
Nombre científico		<i>Quercus rugosa</i>	<i>Quercus eduardii</i>
Zona de crecimiento		Poco delimitadas, festionado. Notorias debido a una delgada capa de fibra de pared gruesa.	Medianamente notorias y de forma ligeramente ondulada. Delimitada por porosidad circular.
Porosidad		Difusa heterogénea tendiendo semicircular.	Circular
Poros	Visibilidad	Visibles a simple vista	Visibles con lupa
	Forma	semicircular	Circular y ovalada

	Poros/mm2	6 poros/mm2 (3 a 8) moderadamente pocos	9 poros /mm2 (6 a 15) moderadamente pocos
	Diámetro en μm	207 μm (121 a 252) grandes	161 μm (40 a 191) medianos
	Arreglo de poros	Solitarios y escasos en cadena radial de 2 y cadena diagonal de 2 y 3.	Solitarios, flamiforme y escasos múltiples en diagonal de 2, y múltiple tangencial de y 3.

Anexo 10. Comparación de entre las especies *Q. rugosa* y *Q. eduardii* para las características anatómicas microscópicas (continuación).

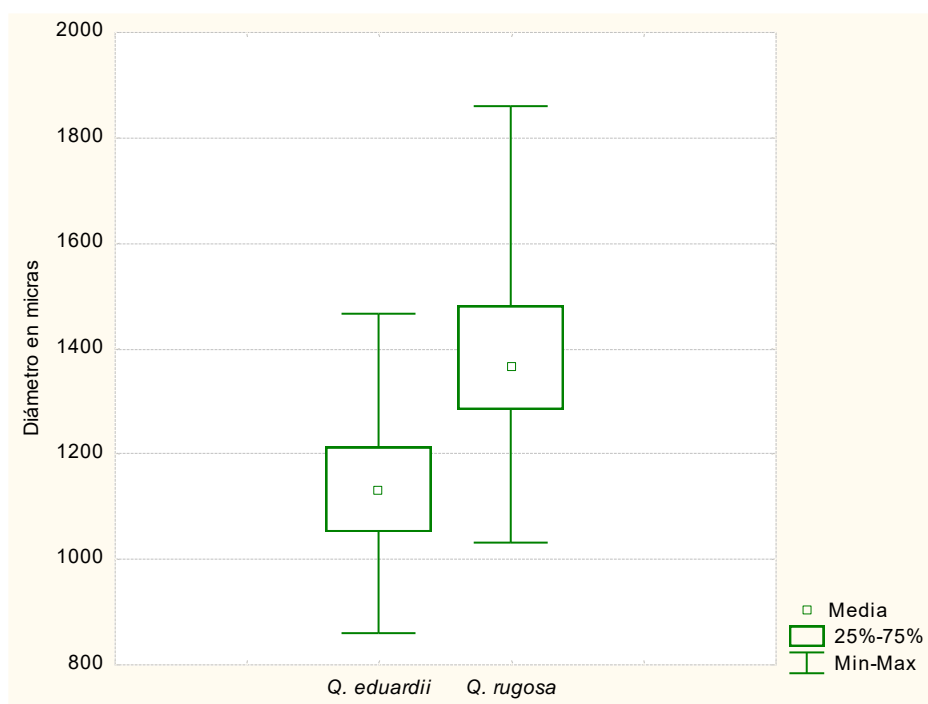
CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS MICROSCÓPICAS				
Nombre científico		<i>Quercus rugosa</i>	<i>Quercus eduardii</i>	
Elemento de vaso	Placa perforada	Oblicua con perforación simple y pequeñísimas lígulas	Inclinada con perforación simple y lígulas pequeñas.	
	Puntuaciones	Intervascuales	Aeroladas alternas y aeroladas opuestas	Aeroladas alternas y abertura elíptica.
		Rayo-vaso	Simples y de forma oblicua	
	longitud	417 μm (151 a 566) medianos	455 (22 a 707) medianos	
	Contenido	Escasa tilosis	Tilosis medianamente	
Fibras	Arreglo	Irregular, contorno irregular y algunas redondeado.	Irregular, contorno irregular a poligonal	
	Tipo	Libriformes, aunque se presentan vasicentricas alrededor de vasos.	Libriformes y vasicentricas	
	Longitud	1380 μm (1030 a 1850) medianas	1131 (858 a 1464) medianas	
	Diámetro en μm	20 μm (15 a 35) fino	19 μm (12 a 25) fino	
	Grosor de pared	13 μm (7 a 20) gruesas	12 μm (5 a 17) gruesas	
	Amplitud de lumen	7 μm (5 a 17)	7 μm (3 a 12)	

Anexo 11. Comparación de entre las especies *Q. rugosa* y *Q. eduardii* para las características anatómicas microscópicas (continuación).

CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS MICROSCÓPICAS			
Nombre científico		<i>Quercus rugosa</i>	<i>Quercus eduardii</i>
Parénquima leñoso	Visibilidad		Solo al microscopio
	Tipo	Apotraqueal difuso agregado y difuso en bandas	Apotraqueal difuso agregado y en bandas.
Rayos	Visibilidad	Visibles a simple vista	
	Clase	Homogéneos y heterogéneos	Homogéneos y heterogéneos
	No. de series	Múltiple agregado, poliseriados y uniseriados	Biseriados, poliseriados y uniseriados.
	Rayos/mm (uniseriados)	10 rayos/mm (7 a 13) numerosos	10 rayos/mm (9 a 16) numerosos
	Células de alto (uniseriados)	19 (12 a 34) pequeños	15 (7 a 30) pequeños
	Alto de rayo (poliseriado)		10 mm (6 a 15 mm) muy altos
	Anchura de rayo (poliseriado)	840 μ m (116 a 1111)muy anchos	333 μ m (200 a 525) muy anchos

Anexo 12. Análisis estadístico para diámetro de fibras de *Q. rugosa* y *Q. eduardii*.

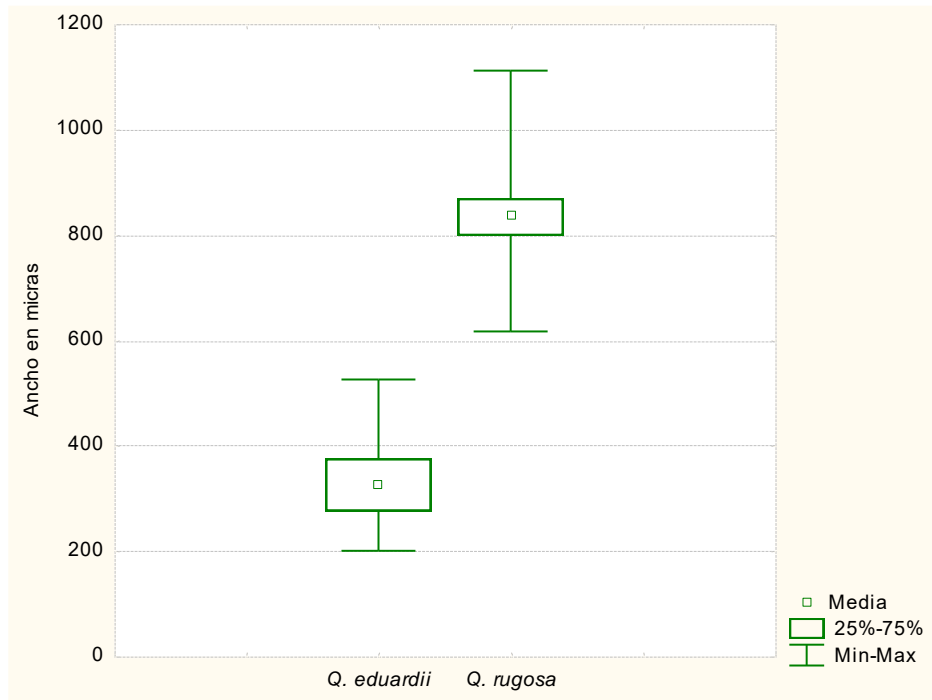
T de student para el diámetro de fibras					
	Media grupo 1	Media grupo 2	Valor-t	df	p
<i>Q. eduardii</i> vs. <i>Q. rugosa</i>	1131.006	1387.437	-12.4490	202	0.000000



Grafica de caja de diferencia de diámetro de fibras.

Anexo 13. Análisis estadístico para ancho de radios multiseriados de *Q. rugosa* y *Q. eduardii*.

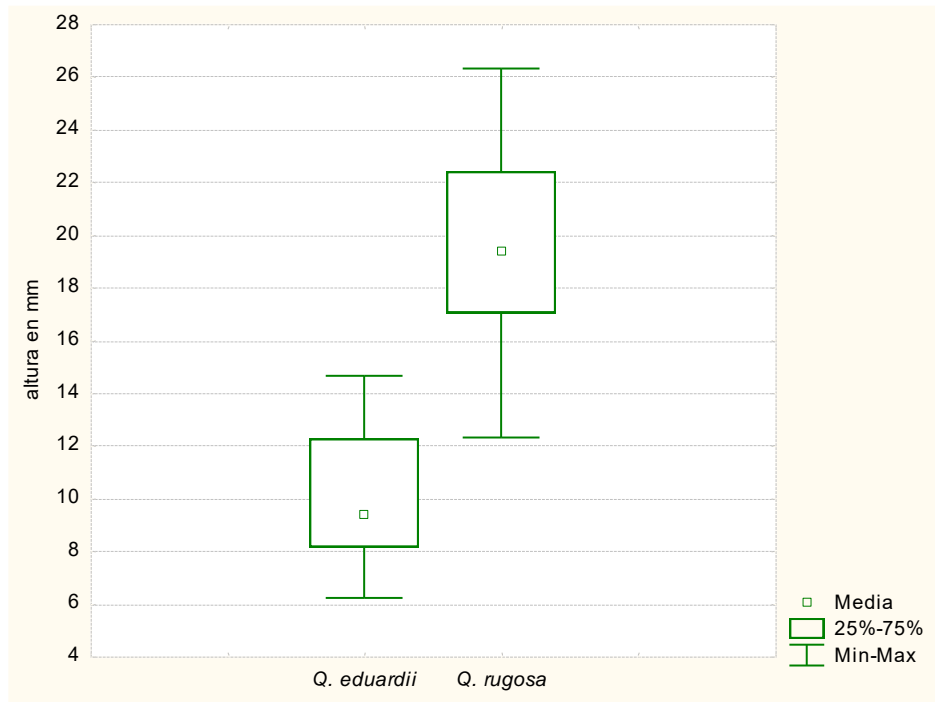
T de student para el ancho de radios multiseriados					
	Media grupo 1	Media grupo 2	Valor-t	df	p
<i>Q. eduardii</i> vs. <i>Q. rugosa</i>	333.6957	480.2029	-33.5413	136	0.00



Grafica de caja para diferencia de ancho de radios multiseriados

Anexo 14. Análisis estadístico para altura de radios multiseriados de *Q. rugosa* y *Q. eduardii*.

T de student para el alto de radios multiseriados					
	Media grupo 1	Media grupo 2	Valor-t	df	p
<i>Q. eduardii</i> vs. <i>Q. rugosa</i>	10.00368	19.59048	-11.7936	57	0.000000



Grafica de caja para diferencia de altura de radios multiseriados.