



**UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍA DE LA MADERA**



**“COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS RAMAS DE SEIS ESPECIES DE  
LATIFOLIADAS DE LA COMUNIDAD INDÍGENA DE NUEVO SAN  
JUAN PARANGARICUTIRO, MICHOACÁN”**

**TESIS PROFESIONAL:  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO EN TECNOLOGÍA DE LA MADERA****

**PRESENTA:**

**MIGUEL ÁNGEL CÁRDENAS GUTIÉRREZ**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. EN CIENCIAS FORESTALES  
JOSÉ GUADALUPE RUTIAGA QUIÑONES**

**ASESOR INTERNO: DR. EN CIENCIAS QUÍMICAS  
PABLO LÓPEZ ALBARRÁN (UMSNH)**

**ASESOR EXTERNO: DR. EN CIENCIAS FORESTALES  
ARTEMIO CARRILLO PARRA (UANL)**

**Morelia, Michoacán, México. Octubre de 2014**



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

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



“2014 Año de Octavio Paz”

Of. No. 0860/2014

Morelia, Mich., a 15 de octubre del 2014

**Asunto: Aprobación de Tesis**

**C. MIGUEL ÁNGEL CÁRDENAS GUTIÉRREZ**


PASANTE DE INGENIERO EN TECNOLOGÍA DE LA MADERA  
P R E S E N T E .

En atención a su solicitud de aprobación de tema, me permito comunicarle que ha sido aceptado su Tema de Tesis intitulado: “Composición química de las ramas de seis especies de latifoliadas de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán”, propuesto para presentar Examen Recepcional de Ingeniero en Tecnología de la Madera, que se desarrollará bajo el siguiente **ÍNDICE**:

- 1.- INTRODUCCIÓN
- 2.- ANTECEDENTES
- 3.- GENERALIDADES DE LAS ESPECIES
- 4.- OBJETIVOS
- 5.- METODOLOGÍA
  - 5.1. Colecta y preparación del material de estudio
  - 5.2. Composición química
- 6.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN
  - 6.1 Composición química
- 7.- CONCLUSIONES
- 8.- BIBLIOGRAFÍA

Para tal efecto fungirá como Director de Tesis, el Dr. José Guadalupe Rutiaga Quiñones.

ATENTAMENTE

  
**M.C. ABRIL MUNRO ROJAS**  
Encargada de la Dirección



AMR/aaa

## DEDICATORIA

**A Dios:** gracias Señor por permitirme y darme las fuerzas y el deseo de realizar este trabajo. Lo pongo en tus manos desde este momento para que sea de utilidad y se cumpla cabalmente su propósito.

**A mis hijas:** Michelle y Estrella ustedes son parte fundamental en mi deseo de realizar este trabajo de titulación, cada día que me dirigía al laboratorio a realizar uno de los procesos, ustedes iban dentro de mis pensamientos. Las quiero mucho.

**A mis padres:** como hijo, a cada uno de ustedes sólo les digo una cosa: GRACIAS. Que Dios los bendiga, los quiero mucho también.

**A mis hermanos:** rodeado de 6 hermanos y 2 hermanas me instalo Dios dentro de la familia Cárdenas Gutiérrez, todos distintos unos de otros, pero de cada uno de ustedes he recibido gran ayuda a lo largo de mi vida. Les dedico este trabajo con cariño. Los quiero también.

## AGRADECIMIENTOS

**A la FITECMA:** porque después de una breve pausa, y regresar a ella, pude encontrar un espacio e incorporarme a la realización de este proyecto.

**Al Dr. José Guadalupe Rutiaga Quiñones:** como un privilegio es como describo el haber podido realizar este trabajo bajo su tutoría, mil gracias.

**A la M.C. Fabiola Pedraza Bucio:** gracias primeramente por tu amistad y confianza. Gracias también por tu paciencia y el haberme ido guiando desde el inicio de este trabajo hasta el final.

**A la M.C. Ana Cristina:** también a ti Cristy muchas gracias, pues fuiste parte vital en mi aprendizaje en la realización cada uno de los procesos químicos. Dios te lo recompensará.

**A todo el equipo del laboratorio:** Gracias Nicolás, Ciro, Rocío, Claudia, Diego, Esteban, Sergio, Adalid..... por su apoyo en los momentos en que los necesité

**Al CONACYT,** por haberme otorgado la beca de licenciatura durante el desarrollo de mi tesis.

## ÍNDICE

	Página
1.- Introducción	1
2.- Antecedentes	2
3.- Generalidades de las especies	4
4.- Objetivos	8
4.1. Objetivo general	8
4.2. Objetivo específico	8
5.- Metodología	9
5.1. Colecta y preparación del material de estudio	9
5.2. Composición química	12
5.2.1. pH	12
5.2.2. Cenizas y microanálisis	12
5.2.3. Obtención de extraíbles	13
5.2.4. Solubilidad a la sosa	13
5.2.5. Determinación de la lignina	14
5.2.6. Determinación de holocelulosa	14
5.2.7. Determinación de $\alpha$ -celulosa	14
5.2.8. Taninos	15
6.- Resultados y discusión	17
6.1 Composición química	17
6.1.1. pH	17
6.1.2. Cenizas y microanálisis	18
6.1.3. Obtención de extraíbles	19
6.1.4. Solubilidad a la sosa	21
6.1.5. Determinación de lignina	22
6.1.6. Determinación de holocelulosa	23
6.1.7. Determinación de $\alpha$ -celulosa	24
6.1.8. Taninos	25
6.1.8.1. Extracto total	25
6.1.8.2. Número de Stiasny	25
6.1.8.3. Taninos hidrolizables	27
7.- Conclusiones	28
8.- Bibliografía	29

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
<b>Tabla 1.</b> Descripción general de las especies en estudio	4
<b>Tabla 2.</b> Porcentajes de humedad (%H) promedio para cada una de las ramas de las especies estudiadas	17
<b>Tabla 3.</b> Datos promedio de pH obtenidos para las ramas de las especies estudiadas	18
<b>Tabla 4.</b> Resultados de cenizas en madera y corteza de las diferentes especies (%)	18
<b>Tabla 5.</b> Resultados del microanálisis de las cenizas (%)	19
<b>Tabla 6.</b> Resultados extracciones de madera de las ramas (%)	21
<b>Tabla 7.</b> Resultados extracciones corteza de las ramas (%)	21
<b>Tabla 8.</b> Resultados para madera y corteza de solubilidad a la sosa de las especies estudiadas (%)	22
<b>Tabla 9.</b> Resultados de porcentaje de lignina para madera y corteza de las especies estudiadas (%)	22
<b>Tabla 10.</b> Resultados para madera y corteza de porcentaje de holocelulosa de las especies estudiadas (%)	23
<b>Tabla 11.</b> Contenido de $\alpha$ - celulosa para las especies de estudio (%) Resultados generales promedio para madera de la	24
<b>Tabla 12.</b> composición química básica de las especies estudiadas (%) Resultados generales promedio para corteza de la	24
<b>Tabla 13.</b> composición química básica de las especies estudiadas (%)	25
<b>Tabla 14.</b> Rendimientos en madera y corteza de los extractos etanólicos (%)	26
<b>Tabla 15.</b> Rendimientos en madera y corteza de los extractos acuosos (%)	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Localización de la comunidad de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México	9
<b>Figura 2.</b> Ramas de las especies estudiadas	10
<b>Figura 3.</b> Rodajas de las ramas de las especies	11
<b>Figura 4.</b> Astillado y molido de las ramas	11
<b>Figura 5.</b> Harina de madera y corteza del material de estudio	11
<b>Figura 6.</b> Determinación de porcentaje de humedad	12
<b>Figura 7.</b> Potenciómetro	12
<b>Figura 8.</b> Determinación de sustancias inorgánicas	13
<b>Figura 9.</b> Obtención de extraíbles en equipo Soxhlet	13
<b>Figura 10.</b> Solubilidad a la sosa	14
<b>Figura 11.</b> Determinación del porcentaje de lignina	14
<b>Figura 12.</b> Determinación del porcentaje de holocelulosa	14
<b>Figura 13.</b> Determinación de $\alpha$ - celulosa	15
<b>Figura 14.</b> Determinación de taninos	15
<b>Figura 15.</b> Extracto total (rendimiento de sólidos)	15
<b>Figura 16.</b> Determinación del No. de Stiasny	16
<b>Figura 17.</b> Determinación cualitativa de taninos hidrolizables	16

La presente tesis, “COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS RAMAS DE SEIS ESPECIES DE LATIFOLIADAS DE LA COMUNIDAD INDÍGENA DE NUEVO SAN JUAN PARANGARICUTIRO, MICHOACÁN”, se desarrolló en la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, dentro del proyecto CONACYT (clave: 166444), en colaboración con la Universidad Autónoma de Nuevo León y la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.



## RESUMEN

Los residuos generados por podas y/o aclareos en los aprovechamientos forestales y los residuos generados por el procesamiento primario de la madera actualmente no son utilizados eficazmente por dificultades técnicas y económicas en su extracción, además de la falta de información técnica de estos materiales. Esta biomasa pudiera ser utilizada con fines energéticos, pero es necesario conocer sus propiedades químicas. En el presente trabajo se estudiaron las propiedades químicas de las ramas de seis especies de latifoliadas (*Alnus acuminata*, *A. jorullensis*, *Quercus candicans*, *Q. laurina*, *Q. rugosa* y *Symplocos citrea*), biomasa obtenida del aprovechamiento forestal de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, del Estado de Michoacán. En este estudio se determinó lo siguiente: pH, contenido de cenizas, cantidad de sustancias extraíbles, solubilidad a la sosa, contenido de lignina, holocelulosa y alfa-celulosa, además de la cantidad de taninos. Los resultados obtenidos indican que el pH de las muestras fue ligeramente ácido; la corteza tiene mayor concentración de sustancias minerales que la madera y los elementos químicos de mayor abundancia fueron el potasio y el calcio. La corteza tiene alta solubilidad en sosa y alta solubilidad en solventes orgánicos y alto contenido de lignina en comparación con la madera, mientras que el contenido de polisacáridos fue mayor en madera que en corteza. El rendimiento de taninos fue mayor con la extracción etanólica en comparación con la extracción acuosa y se encontró mayor concentración de taninos en la corteza que en la madera. Por el contenido de taninos, las cortezas de *Quercus candicans* y *Q. laurina* pudieran ser susceptibles de aprovechamiento para la extracción de taninos. La biomasa estudiada presenta un potencial de aprovechamiento como biocombustible.

**Palabras clave:** *Alnus acuminata*, *Alnus jorullensis*, *Quercus* spp, *Symplocos citrea*, análisis químico de ramas.

## ABSTRACT

The residues generated by pruning and/or thinning in forest harvesting and the residues generated by the primary processing of the wood nowadays are not used effectively by technical and economic difficulties in its extraction, in addition to the lack of technical information of these materials. This biomass could be used for energy purposes, but it is necessary to know its chemical properties. In the present work the chemical properties of the branches of six species of hardwoods were studied (*Alnus acuminata*, *A. jorullensis*, *Quercus candicans*, *Q. laurina*, *Q. rugosa* and *Symplocos citrea*), biomass obtained of the forest exploitation of the Indigenous Community of Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. In this study the following was determined: pH, ash content, amount of extractable substances, solubility to the soda, content of lignin, hollocelulose and alpha cellulose, also the amount of tannins. Results indicate that the pH of the samples was slightly acid, bark has higher concentration of minerals than wood, and must abundant chemical elements were potassium and calcium. Bark has high solubility in caustic and high solubility in organic solvents and high lignin content compared with wood, while the content of polysaccharides was higher in wood than in bark. The yield of tannin was higher with the ethanol extract compared with the aqueous extraction and higher concentration of tannins was found in bark than in wood. For the content of tannins, barks of *Quercus candicans* and *Q. laurina* could be susceptible to be used for the extraction of tannins. The studied biomass presents a potential for use as biofuel.

**Keywords:** *Alnus acuminata*, *Alnus jorullensis*, *Quercus* spp, *Symplocos citrea*, chemical analysis of branches.

## 1.- INTRODUCCIÓN

Debido a la demanda mundial creciente de energía y a la disminución de las reservas de combustibles fósiles se ha generado interés por desarrollar fuentes alternas de energía, que ofrezcan beneficios ambientales sustentables (Ghosh y Prelas, 2011). El aprovechamiento de los residuos biológicos de diversas procedencias puede ser una fuente importante de energía (Martínez, 2009). La biomasa, como material de origen biológico, proveniente de los sistemas agrícolas y forestales puede ser utilizada para producir energía. Una parte de esta biomasa es utilizada en procesos industriales, pero otra queda como residuo y no es aprovechada para generar bioenergía (Borja, 2006).

Los residuos generados por podas y/o aclareos en los aprovechamientos forestales y los residuos generados por el procesamiento primario de la madera actualmente no son utilizados eficazmente por dificultades técnicas y económicas en su extracción, además de la falta de información técnica de estos materiales (Marcos y Núñez, 2006). Por ello, la realización del presente trabajo de investigación sobre las propiedades químicas de las ramas de seis especies de latifoliadas (*Alnus acuminata* H.B.K., *A. jorullensis* H.B.K., *Quercus candicans* Née, *Q. laurina* Humb. & Bonpl, *Q. rugosa* Née, y *Symplocos citrea* Lex.), biomasa derivada del aprovechamiento forestal de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro del Estado de Michoacán, por otro lado, esta investigación forma parte de un trabajo integral para generar datos que puedan dar pauta para su aprovechamiento energético, y además esta investigación complementa otros estudios que se han estado realizando en dicha Comunidad Indígena (Correa, 2013; Herrera, 2013; Lima, 2013; Lazcano, 2014; Pintor, 2014).

## 2.- ANTECEDENTES

No se encontró información disponible relacionada a la composición química en madera y corteza de las ramas de las especies a estudiar (*Alnus acuminata* H.B.K., *A. jorullensis* H.B.K., *Quercus candicans* Née, *Q. laurina* Humb. & Bonpl, *Q. rugosa* Née, y *Symplocos citrea* Lex.), sin embargo se encontraron algunos estudios realizados en algunas especies de los mismos géneros, que a continuación se listan.

Sandoval (1979) lleva a cabo un estudio analítico de las sustancias extraíbles de la madera de *Quercus resinosa*, *Q. laurina*, *Q. candicans* y *Q. obtusata*, del estado de Jalisco.

Delgado (1980) determinó el contenido de cenizas, extractos en agua caliente y etanol benceno, además de alfa celulosa y hemicelulosas de la madera de *Quercus laurina* y *Q. candicans* (encinos rojos) y de *Q. resinosa* y *Q. obtusata* (encinos blancos) del estado de Jalisco, estimando el porcentaje de lignina por diferencia.

Fuentes (1980) estudia los carbohidratos de la madera de *Quercus resinosa*, del estado de Jalisco, así como los extractos en etanol benceno y la lignina de la madera del tronco y de las ramas de este encino.

González *et al.* (1988) determinan los constituyentes antifúngicos en nódulos radicales de *Alnus acuminata* H.B.K.

Salama *et al.* (1989) determinaron la composición química y actividad abortiva de las hojas de *Alnus acuminata*.

Honorato y Hernández (1998) reportan la composición química de la madera de cinco especies de encino (*Quercus affinis*, *Q. crassifolia*, *Q. glabrescens*, *Q. mexicana* y *Q. laurina*) del estado de Puebla.

Rutiaga *et al.* (1999) determinan la actividad antifúngica de extractos de albura y duramen de *Quercus laurina* contra hongos xilófagos del estado de Michoacán.

Rutiaga *et al.* (2000) determinan la composición química en duramen de *Quercus candicans* del estado de Michoacán.

Bárcenas (2002) analizó el efecto de la lignina y los extractos removidos con disolventes orgánicos sobre dos propiedades físicas de la madera de varias especies; entre ellas *Quercus laurina*.

Quintanar (2002) realizó una publicación donde recopiló diversos trabajos de 31 especies de encinos rojos y 16 encinos blancos, sobre la distribución, taxonomía, aprovechamiento, usos, características anatómicas, propiedades físico mecánicas, composición química, índices de rendimiento y calidad de fibra para pulpa, además de su durabilidad, aserrío, maquinado de la madera y secado.

Bautista y Honorato (2005) determinan la composición química de la madera de *Quercus coccolobifolia*, *Q. durifolia*, *Q. rugosa* y *Q. oleoides*, del estado de Guanajuato.

Salama y Avendaño (2005) determinan la actividad antiinflamatoria de d-amirona y 4,7-dimetoxiapigenina aislados de *Alnus acuminata*.

Herrera Fernández (2013) recientemente determinó la densidad, poder calorífico y composición química de la madera y corteza del fuste de las seis especies estudiadas en este trabajo.

### 3.- GENERALIDADES DE LAS ESPECIES

En la tabla 1 se muestra la descripción general de las especies estudiadas *Alnus acuminata* H.B.K., *A. jorullensis* H.B.K., *Quercus candicans* Née, *Q. laurina* Humb. & Bonpl, *Q. rugosa* Née y *Symplocos citrea* Lex.

**Tabla 1.** Descripción general de las especies en estudio.

Especie en estudio	Descripción General
<p><i>Alnus acuminata</i> H.B.K. (Aguilar <i>et al.</i>, 2000)</p>	<p><b>Reino:</b> Plantae  <b>División:</b> Magnoliophyta  <b>Clase:</b> Magnoliopsida  <b>Orden:</b> Fagales  <b>Familia:</b> <i>Betulaceae</i>  <b>Género:</b> <i>Alnus</i>  <b>Nombre común:</b> Aile, ilite, aliso, palo de águila.  <b>Área de distribución:</b> Se le encuentra en México en los estados de Sonora, Durango, Sinaloa, Jalisco, Hidalgo, San Luis Potosí, Michoacán, Veracruz, Distrito Federal, Oaxaca, Chiapas. Esta especie también se propaga en el país de Panamá.  <b>Hábitat:</b> Es propia de cañadas y laderas húmedas, aunque también se puede desarrollar en laderas con menor humedad y expuestas a vientos secos, pero entonces con menor crecimiento. En cañadas húmedas pueden formar rodales casi puros, su desarrollo se da formando parte del bosque Mesófilo de montaña.  <b>Árbol:</b> árbol de 10 a 30 m de altura, DAP de 16 a 38 cm, tronco cilíndrico, recto, con copa largamente cónica. Semicaducifolio.  <b>Ramas:</b> Difusas, en disposición horizontal y las inferiores algo arqueadas.  <b>Madera:</b> No presenta olor ni sabor, lustre mediano, textura fina, grano recto, blanda, ligera, con 0.40 de gravedad específica; su duramen y albura son uniformes, de color amarillo rosáceo claro con vetas rosas producido por la madera tardía de los anillos de crecimiento los cuales son conspicuos.  <b>Corteza:</b> externa rugosa formando anillos anchos de color gris verdoso, con lenticelas evidentes alargadas horizontalmente y en la base del tronco puede ser escamosa con placas irregulares de color café rojizo oscuro con áreas grises; la corteza interna se oxida rápidamente adquiriendo un color anaranjado  <b>Adaptación:</b> Crece en suelos profundos bien drenados o medianamente profundos con subsuelo rocoso, aunque puede crecer en suelos pobres que van desde arenosos hasta arcillosos, y se distribuye altitudinalmente desde los 1400 a 3200 msnm.  <b>Usos:</b> leña, carbón, construcciones rurales, muebles, tableros, artesanías, cajas de empaque, se recomienda para fabricar juguetes, tacones para zapatos, marcos para ventanas y pulpa para papel. La corteza rica en taninos se usa para curtir cueros. En la medicina tradicional las hojas frescas maceradas en alcohol sirven para fricciones contra el reumatismo.</p>

<p><i>Alnus jorullensis</i> H.B.K. (Aguilar <i>et al.</i>, 2000)</p>	<p><b>Reino:</b> Plantae  <b>División:</b> Magnoliophyta  <b>Clase:</b> Magnoliopsida  <b>Orden:</b> Fagales  <b>Familia:</b> <i>Betulaceae</i>  <b>Género:</b> <i>Alnus</i>  <b>Nombre común:</b> Aile, ilite, aliso, chaquiro, cerezo  <b>Área de distribución:</b> Se le encuentra en México en los estados de Durango, Michoacán, Oaxaca.  <b>Hábitat:</b> Forma parte principalmente de los bosques de coníferas.  <b>Árbol:</b> de tamaño medio de 20 a 25 m de altura, con un DAP de 30 a 70 cm.  <b>Ramas:</b> Siempre rectas, en posición alterna, su ramificación es monopódica.  <b>Madera:</b> La madera presenta color castaño muy pálido entre amarillo y crema, la cloración entre albura y duramen es muy semejante, no presenta olor, ni sabor característico.  <b>Corteza:</b> Su corteza es astringente, lisa o ligeramente rugosa.  <b>Adaptación:</b> Se cultiva como planta de sombra y ornato en calles, parques y jardines por la belleza de su follaje. Tiene la propiedad de mejorar la fertilidad del suelo debido a que sus raíces fijan el nitrógeno atmosférico. Se adapta a climas templados - cálidos  <b>Usos:</b> Su principal producto es la madera, que se utiliza para leña, carbón, pulpa para papel. Se recomienda su uso para mueble, chapa para paneles decorativos, armazones, etc. Su corteza es utilizada como curtiente y colorante.</p>
<p><i>Q. candicans</i> Née (Bello, 1987)</p>	<p><b>Reino:</b> Plantae  <b>División:</b> Magnoliophyta  <b>Clase:</b> Magnoliopsida  <b>Orden:</b> Fagales  <b>Familia:</b> <i>Fagaceae</i>  <b>Género:</b> <i>Quercus</i>  <b>Nombre común:</b> Encina, hoja ancha, encino cenizo roble etc.  <b>Área de distribución:</b> En Michoacán se le encuentra en la parte noroeste y este de la depresión del río Lerma, en la parte central, suroeste y este de la Cordillera Neovolcánica, y parte oeste de la Sierra Madre del Sur.  <b>Hábitat:</b> Laderas de cerros, cañadas húmedas, barrancas, terrenos planos, en ocasiones en transición con el bosque mesófilo de montaña, frecuentemente formando parte del bosque húmedo con <i>Pinus</i> y <i>Abies</i>.  <b>Árbol:</b> Alcanza de 8 a 30 m de alto, con un DAP de hasta 1 m, normalmente de 15 a 80 cm, tronco cilíndrico, copa en forma de domo, ramas en disposición horizontal y difusa.  <b>Ramas:</b> Cuando las ramas son nuevas, tienen un fino vello de color café-amarillento que se extiende hasta la base de la nervadura central de las hojas.  <b>Madera:</b> Madera sin olor, sin sabor, lustre bajo, textura áspera y grano entrecruzado, dura y pesada, gravedad específica 0.82, duramen café grisáceo oscuro, albura blanco amarillento.  <b>Corteza:</b> Corteza externa fisurada a escamosa, color café grisáceo, con placas alargadas irregulares, corteza interna de hasta 12 mm de espesor, textura fibrosa, con sabor ligeramente astringente.  <b>Adaptación:</b> Se le encuentra en suelos profundos, someros y rara vez pedregosos. Se localiza entre alturas de 1500 a 3200 msnm.</p>

	<p><b>Usos:</b> Regionalmente se utiliza en bancos, muebles rústicos, cabos de herramientas, vigas de construcción, postes; otros usos, carbón, <u>papel</u> krafft, fabricación de chapa, parquet, duelas traviesas ferrocarril, durmientes, lambrín puertas, ventanas.</p>
<p><i>Q. laurina</i> Humb.&amp; Bonpl. (Bello, 1987)</p>	<p><b>Reino:</b> Plantae  <b>División:</b> Magnoliophyta  <b>Clase:</b> Magnoliopsida  <b>Orden:</b> Fagales  <b>Familia:</b> <i>Fagaceae</i>  <b>Género:</b> <i>Quercus</i>  <b>Nombre común:</b> Encino laurelillo, encino prieto, tesmolera, huitzalacate  <b>Área de distribución:</b> En Michoacán se le encuentra a lo largo de la Cordillera Neovolcánica, y pequeños manchones en la parte sur de la depresión del río Lerma, así como en la parte central y oeste de la Sierra Madre del Sur.  <b>Hábitat:</b> Laderas de cerros, barrancas, sitios montañosos, en ocasiones forma parte del bosque mesófilo de montaña, usualmente asociado a especies de Encino, Pino y Oyamel.  <b>Árbol:</b> Alcanza de 9 a 40 m de alto, con un DAP de hasta de 15 a 100 cm, tronco cónico circular en corte transversal, copa en forma de casquete esférico, con ramificación monopódica con ramas en disposición semiascendente y difusa.  <b>Ramas:</b> ramillas de 2 a 4 mm de grueso, con tomento amarillo cuando son jóvenes, en la madurez de café oscuro.  <b>Madera:</b> Madera sin olor, sin sabor, lustre bajo, textura áspera y grano ligeramente entrecruzado, dura y pesada, gravedad específica 0.78, duramen café grisáceo con notables figuras jaspeadas debido a sus grandes radios.  <b>Corteza:</b> Corteza externa fisurada, color café negruzco, con placas alargadas de alrededor de 10 cm de largo y 2 de ancho.  <b>Adaptación:</b> Se le encuentra en suelos profundos y en menos proporción en suelos someros y pedregosos. Se localiza entre alturas de 1200 a 2700 msnm.  <b>Usos:</b> Regionalmente para leña, postes para cercas, cabos para herramientas, implementos agrícolas, redilas de camiones, cajas de empaque; entre otros usos, carbón, durmientes, muebles finos, revestimiento y decoración de interiores, embarcaciones, pisos, ventanas, marcos para puertas etc.</p>
<p><i>Q. rugosa</i> Née (Bello, 1987)</p>	<p><b>Reino:</b> Plantae  <b>División:</b> Magnoliophyta  <b>Clase:</b> Magnoliopsida  <b>Orden:</b> Fagales  <b>Familia:</b> <i>Fagaceae</i>  <b>Género:</b> <i>Quercus</i>  <b>Nombre común:</b> Encino avellano, encino de miel, tocuz, encino quiebra hachas, encino quebracho.  <b>Área de distribución:</b> En Michoacán tiene una propagación más o menos continua en la Cordillera Neovolcánica.  <b>Hábitat:</b> Laderas de cerros, barrancas y cañadas húmedas, a veces forma parte del matorral subtropical o del bosque mesófilo de montaña, pero está presente generalmente en bosques de pino encino, encino pino, encino y en el bosque de oyamel.  <b>Árbol:</b> Alcanza de 3 a 25 m de alto, con un DAP de 10 - 80 cm o más, tronco cónico circular en corte transversal, copa en forma de casquete esférico, con ramificación monopódica con ramas en</p>



	<p>disposición semiascendente y difusa.</p> <p><b>Ramas:</b> ramillas de 3 a 6 mm de grueso, tomentulosas al principio, después casi glabras de color café grisáceo; estípulas lineares u oblanceoladas, de 6 a 7 mm de largo, escariosas y pilosas</p> <p><b>Madera:</b> La madera presenta diferencia de color entre la albura y el duramen. La albura presenta un color castaño muy pálido y el duramen es de color castaño amarillento.</p> <p><b>Corteza:</b> Con apariencia escamosa, textura fibrosa, con fisuras profundas, la corteza presenta un color café oscuro y un sabor ligeramente astringente y amargo.</p> <p><b>Adaptación:</b> Requiere de terrenos planos, suelos someros y profundos, en pocas ocasiones rocosos, lugares secos o muy húmedos. Se distribuye entre 1100 a 3050 msnm.</p> <p><b>Usos:</b> Sus usos son de forma regional como leña, carbón, postes para cercas, cabos para herramientas y elaboración de café con la bellota.</p>
<p><i>Symplocos citrea</i> Lex (Aguilar <i>et al.</i>, 2000)</p>	<p><b>Reino:</b> Plantae</p> <p><b>División:</b> Magnoliophyta</p> <p><b>Clase:</b> Magnoliopsida</p> <p><b>Orden:</b> Ebenales</p> <p><b>Familia:</b> <i>Symplocaceae</i></p> <p><b>Género:</b> <i>Symplocos</i></p> <p><b>Nombre común:</b> Jaboncillo blanco, garrapato, palo blanco entre otros.</p> <p><b>Área de distribución:</b> Se le encuentra en los estados de Jalisco y Michoacán, Morelos, Estado de México, Guerrero y Oaxaca.</p> <p><b>Hábitat:</b> Forma parte de los encinares con afinidades mesófilas, al igual que en los bosques de pino-encino.</p> <p><b>Árbol:</b> altura de 4 a 25 m, DAP 20 a 70 cm, tronco circular, presenta copa ovoide</p> <p><b>Ramas:</b> Ramificación simpódica a simpódico-dicotómica, con ramas ligeramente ascendentes y difusas.</p> <p><b>Madera:</b> No presenta olor, ni sabor, sus anillos de crecimiento son inconspicuos, su lustre bajo, textura fina y grano recto, dureza y peso medianos, con 0.50 de gravedad específica. Duramen pequeño de color café rojizo, su albura de color café amarillento.</p> <p><b>Corteza:</b> La externa es fisurada a escamosa e irregular, de color gris blanquecino, con apariencia compacta, sabor ligeramente amargo, es delgada de 4 mm de espesor.</p> <p><b>Adaptación:</b> Crece principalmente en cañadas húmedas a veces ligadas a corrientes de agua en medio del bosque de pino, se distribuye en una altitud de 2100 a 2650 msnm.</p> <p><b>Usos:</b> Su madera se utiliza para la elaboración de muebles, cucharas, guitarras y pequeños artículos domésticos.</p>

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo general

Determinar la composición química de la madera y corteza de las ramas de seis latifoliadas (*Alnus acuminata* H.B.K., *A. jorullensis* H.B.K., *Quercus candicans* Née, *Q. laurina* Humb. & Bonpl, *Q. rugosa* Née, y *Symplocos citrea* Lex.), derivadas del aprovechamiento forestal de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán.

### 4.2 Objetivos específicos

- Determinar el contenido de humedad.
- Determinar el pH de la madera en estado natural.
- Determinar el contenido de cenizas (Sustancias inorgánicas).
- Determinar la cantidad de sustancias extraíbles.
- Determinar el pH después de la extracción.
- Determinar la solubilidad a la sosa.
- Determinar el contenido de lignina.
- Determinar el contenido de holocelulosa.
- Determinar el contenido de alfa-celulosa.
- Determinar el porcentaje de taninos.

## 5.- METODOLOGÍA

### 5.1. Colecta y preparación del material de estudio.

El material de estudio se colectó en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México (Figura 1), ubicada geográficamente entre los paralelos 19° 21' 00" y 19° 34' 45" N y a 102° 08' 15" y 102° 17' 30" O ([www.comunidadindigena.com.mx](http://www.comunidadindigena.com.mx)), la cual comprende una superficie arbolada comercial de 10,870.621 ha, con existencias maderables comerciales de 257,320.446 m<sup>3</sup> vta., que se encuentran actualmente bajo manejo forestal, con un volumen de corta total de 74,647 m<sup>3</sup> vta (Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, 2009).



**Figura 1.** Localización de la comunidad de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México.

El bosque de esta Comunidad Indígena es clasificado como “bosque de pino-encino” donde existen las siguientes categorías generales de vegetación:

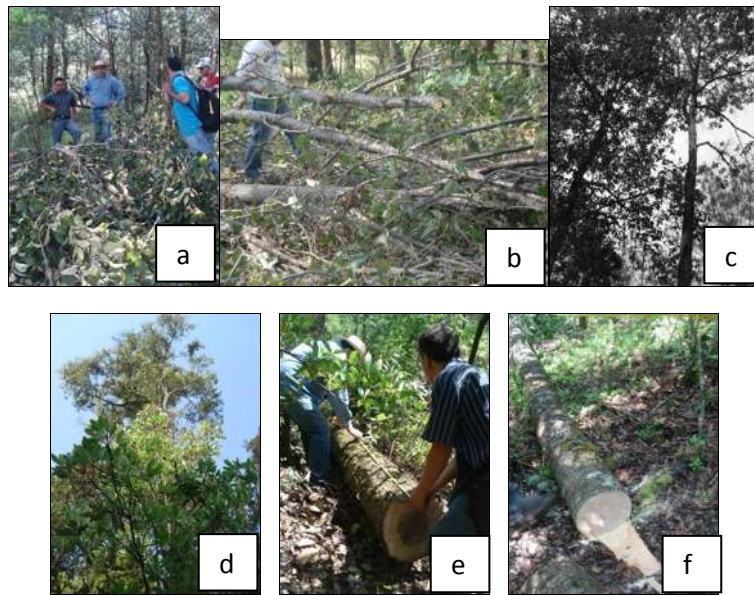
A) Bosque de *Pinus pseudostrobus* y *P. montezumae* con *Abies religiosa*, *Quercus laurina*, *Q. rugosa* y *Alnus spp.* en los sitios de mayor altitud, correspondientes a faldas y cimas de conos cineríticos.

B) Bosque de *Pinus pseudostrobus* con *P. leiophylla*, *Quercus rugosa*, *Q. crassipes* y *Q. laurina* correspondientes a alturas medias y sitios relativamente mas húmedos.

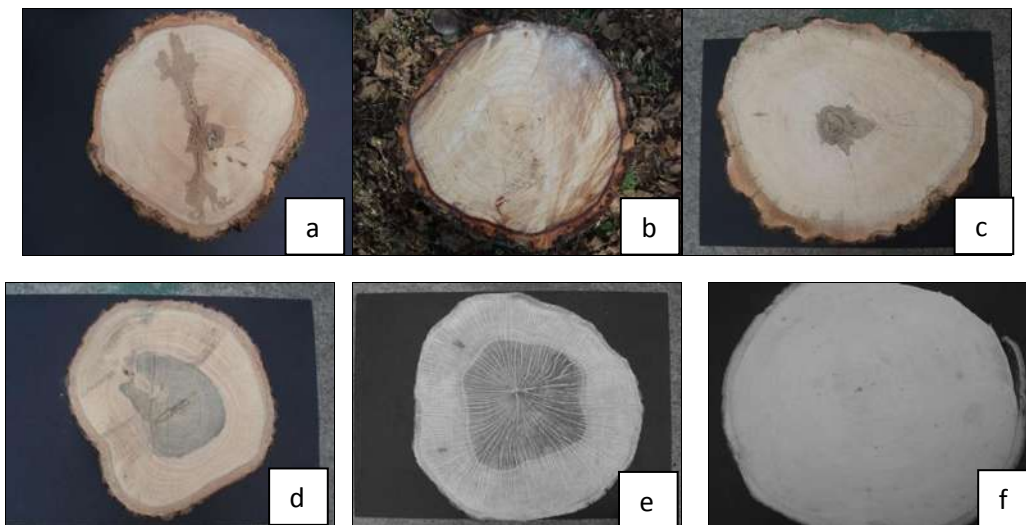
C) Bosque de *Pinus leiophylla* y *P. michoacana* con *Quercus obtusata*, *Q. castanea* y *Q. rugosa*, correspondientes a alturas medias y sitios relativamente mas secos (Resumen Público de Certificación del Manejo Forestal, 2000).

Para el presente estudio se seleccionaron las especies de *Alnus acuminata* H.B.K., *A. jorullensis* H.B.K., *Quercus candicans* Née, *Q. laurina* Humb. & Bonpl,

*Q. rugosa* Née, y *Symplocos citrea* Lex. (Figuras 2 y 3), y complementa otros trabajos realizados con madera y corteza del fuste y de ramas de coníferas de la misma Comunidad Indígena (*Abies religiosa* (Kunth) Cham. et Sch., *Pinus leiophylla* Sch. et Cham, *P. pseudostrobus* (Lindl) y *P. montezumae* Lamb.).



**Figura 2.** Ramas de las especies estudiadas a) *Alnus acuminata* H.B.K., b) *A. jorullensis* H.B.K., c) *Quercus candicans* Née, d) *Q. laurina* Humb. & Bonpl., e) *Q. rugosa* Née y f) *Symplocos citrea* Lex.

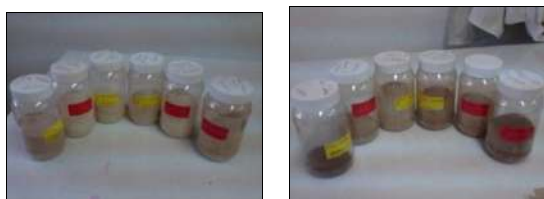


**Figura 3.** Rodajas de las ramas de las especies a) *Alnus acuminata* H.B.K., b) *A. jorullensis* H.B.K., c) *Quercus candicans* Née, d) *Q. laurina* Humb. & Bonpl., e) *Q. rugosa* Née y f) *Symplocos citrea* Lex.

De cada especie se colectaron ramas generadas por el aprovechamiento forestal, de las cuales se separó la madera y la corteza. El material se secó al aire libre durante dos meses, luego fue astillado y posteriormente molido en un molino Wiley (Figura 4) de acuerdo a la norma T 257 cm-85 (TAPPI, 2000), obteniendo así harina de madera (Figura 5) que se tamizó en diferentes mallas (20, 40 y 60) usando para su estudio la harina de malla 40, retenida en la 60.



**Figura 4.** Astillado y molido de las ramas.



**Figura 5.** Harina de madera y corteza del material de estudio.

## 5.2. Composición química

Los análisis químicos para las especies estudiadas se realizaron, tanto a la madera como a la corteza, por duplicado. Las determinaciones de las propiedades químicas se refieren a la base seca, por lo que se determinó el porcentaje de humedad (Figura 6) por el método de deshidratación a  $103^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  según T 264 cm-97 (TAPPI, 2000) en un horno convencional de laboratorio.



**Figura 6.** Determinación de porcentaje de humedad.

### 5.2.1. pH

Se determinó el pH de las harinas de las 6 especies, en harina en forma natural y posteriormente en “harina libre de extractos” de acuerdo al método de Sandermann y Rothkamm (1959), usando para su medición un potenciómetro marca Accumet modelo AB15 (Figura 7).



**Figura 7.** Potenciómetro

### 5.2.2. Cenizas y microanálisis

La determinación del contenido de cenizas (Figura 8) se realizó gravimétricamente, después de calentar y quemar las muestras en placas de calentamiento, luego se introdujeron las muestras en una mufla a  $525^{\circ}\text{C}$  para su calcinación utilizando crisoles de níquel, de acuerdo a la norma T 211 om-93 (TAPPI, 2000).



**Figura 8.** Determinación de sustancias inorgánicas.

El análisis cualitativo de las cenizas se realizó en un espectrómetro de rayos x, acoplado a un microscopio electrónico de barrido marca Joel modelo JSM-6400, bajo las siguientes condiciones de operación: 20 kV y 8.5 segundos (Téllez *et al.*, 2010).

### **5.2.3. Obtención de extraíbles**

Se realizó aplicando una secuencia de extracción con solventes de polaridad creciente: ciclohexano, acetona, metanol y agua caliente a reflujo; durante un periodo de 6 horas (Figura 9). Los solventes se recuperaron en rotavapor marca Hiedolph aplicando vacío, para así obtener el extracto de cada secuencia.



**Figura 9.** Obtención de extraíbles en equipo Soxhlet.

### **5.2.4. Solubilidad a la sosa**

La determinación de la solubilidad a la sosa (Figura 10) se realizó de acuerdo a la norma T 212 om-98 (TAPPI, 2000).



**Figura 10.** Solubilidad a la sosa.

### 5.2.5. Determinación de lignina

La cantidad de la lignina en las muestras de estudio (Figura 11) se determinó mediante la técnica de Runkel y Wilke (1955) en la harina “libre de extraíbles”.



**Figura 11.** Determinación del porcentaje de lignina.

### 5.2.6. Determinación de holocelulosa

Se determinó en harina libre de extraíbles mediante el método Wise *et al.* (1946) (Figura 12).



**Figura 12.** Determinación del porcentaje de holocelulosa.

### 5.2.7. Determinación de $\alpha$ - celulosa

El porcentaje de  $\alpha$ - celulosa se determinó en la holocelulosa siguiendo la metodología de la Norma D 1103-60 (ASTM, 1981) (Figura 13).





**Figura 13.** Determinación de  $\alpha$ - celulosa.

### **5.2.8. Taninos**

Para este análisis se utilizó harina de madera y corteza malla 40 y se determinó el extracto total, número de Stiasny y taninos (Yasaky y Hillis, 1977; Waterman y Mole, 1994), para lo cual se obtuvieron extractos en etanol acuoso al 50% y en agua caliente (Figura 14).



**Figura 14.** Determinación de taninos

#### **5.2.8.1. Extracto total**

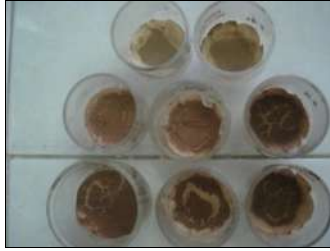
Se calculó el extracto total (rendimiento de sólidos), estimado como el peso total de los sólidos que se extrajeron entre la cantidad de muestra seca usada en cada extracción (Figura 15).



**Figura 15.** Extracto total (rendimiento de sólidos)

### 5.2.8.2. Numero de Stiasny

Para la cuantificación de los taninos, se utilizó el No. de Stiasny (Figura 16).



**Figura 16.** Determinación del No. de Stiasny.

### 5.2.8.3. Taninos hidrolizables

El filtrado de la prueba de Stiasny se utilizó para la determinación de taninos hidrolizables, que es una determinación cualitativa de coloración (Figura 17).



**Figura 17.** Determinación cualitativa de taninos hidrolizables.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Composición química

El porcentaje de humedad promedio al aire libre que presentaron las ramas de las especies en estudio, tanto para madera como corteza, se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Porcentajes de humedad (%H) promedio para cada una de las ramas de las especies estudiadas tanto en madera como en la corteza.

Especie	% H en madera	% H en corteza
<i>Alnus acuminata</i>	6.19	9.89
<i>A. jorullensis</i>	5.13	10.88
<i>Quercus laurina</i>	15.9	7.75
<i>Q. candicans</i>	5.83	8.29
<i>Q. rugosa</i>	5.24	8.47
<i>Symplocos citrea</i>	5.88	7.79

#### 6.1.1. pH

Los resultados de la medición del pH se muestran en la Figura 18 y Tabla 3, donde se observan los valores obtenidos varían de 4.25 para corteza de *Quercus candicans* a 5.19 para corteza de *Q. rugosa*. En general se observa que el pH de las cortezas es ligeramente más ácido que en las maderas. Como es conocido, el valor de pH puede variar debido al tipo y cantidad de sustancias accesorias presentes en la madera y/o corteza, específicamente a los grupos ácidos o ácidos libres presentes (Fengel y Wegener, 1989). Los valores encontrados en el presente estudio se encuentran dentro del rango reportado por Kollmann (1936) y se clasifican como “ligeramente ácidos”.

En la misma Tabla 3 se han incluido datos del pH que fueron obtenidos en madera y corteza de las mismas especies, pero las muestras se tomaron del fuste (Herrera, 2013) y se observa que los valores de pH son mayores en las muestras obtenidas del fuste, es decir, el pH en madera y corteza es más ácido en las ramas, para las mismas especies forestales.

**Tabla 3.** Datos promedio de pH obtenidos para las ramas de las especies estudiadas.

Especie	pH en ramas		pH en fuste*	
	Madera	Corteza	Madera	Corteza
<i>Alnus acuminata</i>	4.46 ± 0.04	4.29 ± 0.02	6.57	5.82
<i>A. jorullensis</i>	4.47 ± 0.02	4.58 ± 0.09	5.76	5.44
<i>Quercus laurina</i>	4.50 ± 0.04	4.45 ± 0.02	5.10	4.92
<i>Q. candicans</i>	4.36 ± 0.02	4.25 ± 0.03	5.06	5.42
<i>Q. rugosa</i>	4.49 ± 0.02	5.19 ± 0.00	4.74	4.90
<i>Symplocos citrea</i>	4.50 ± 0.04	4.43 ± 0.00	4.82	5.14

\*(Herrera, 2013)

### 6.1.2. Cenizas y microanálisis

El porcentaje de cenizas se presenta en la Tabla 4, observándose que el valor inferior es para madera de *Symplocos citrea* (0.74%), el valor máximo es para *Q. candicans* (1.13%), por otro lado para la corteza el valor menor es para *Q. laurina* (4.57%), y el mayor con 10.23% para *Q. rugosa*. Se aprecia claramente que la corteza es más rica en sustancias inorgánicas que la madera, lo que coincide con la literatura (Fengel y Wegener, 1989; Herrera, 2013).

Al comparar los datos obtenidos para las mismas especies, pero en muestras tomadas del fuste (Tabla 4) se observa que las ramas, tanto en madera como en corteza, existe mayor concentración de sustancias minerales.

**Tabla 4.** Resultados de cenizas en madera y corteza de las diferentes especies (%).

Especie	Cenizas en ramas		Cenizas en fuste*	
	madera	corteza	madera	corteza
<i>Alnus acuminata</i>	0.92 ± 0.01	4.96 ± 0.01	0.67	5.91
<i>A. jorullensis</i>	0.96 ± 0.01	6.68 ± 0.04	0.53	3.34
<i>Quercus laurina</i>	0.78 ± 0.01	4.57 ± 0.02	0.62	3.25
<i>Q. candicans</i>	1.13 ± 0.00	5.55 ± 0.01	0.74	2.35
<i>Q. rugosa</i>	1.08 ± 0.00	10.23 ± 0.00	0.70	9.26
<i>Symplocos citrea</i>	0.74 ± 0.01	6.26 ± 0.00	0.82	4.15

\*(Herrera, 2013)

Los resultados del microanálisis de las cenizas aparecen en la Tabla 5. Se observa variación en el número de elementos químicos detectados en las muestras analizadas: en la madera de *Alnus acuminata* se detectaron 6 elementos

y en la corteza de *Quercus candicans* y en la madera se *Symplocos citrea* se detectaron 9 elementos químicos. En todas las muestras, los elementos químicos presentes en mayor concentración fueron potasio y calcio. Es importante destacar que no se detectaron metales pesados. La mayoría de los elementos químicos aquí encontrados han sido reportados en madera y corteza de estas mismas especies de árboles (Herrera, 2013) y también otras maderas y cortezas (Cutter *et al.*, 1980; Fengel y Wegener, 1989; Martínez *et al.*, 2012; Bernabé *et al.*, 2013; Correa *et al.*, 2013; Correa *et al.*, 2014).

**Tabla 5.** Resultados del microanálisis de las cenizas (%)

		Elementos químicos										
		F	Na	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Mn	Fe
Aa	M	ND	ND	6.18 ±0.69	ND	0.21 ±0.11	4.57 ±0.88	1.16 ±1.10	48.69 ±3.18	39.23 ±3.40	ND	ND
	C	ND	ND	4.75 ±0.62	0.40 ±0.20	1.11 ±0.42	2.02 ±0.40	0.78 ±0.26	17.38 ±2.15	73.08 ±4.11	ND	0.30 ±0.06
Aj	M	ND	ND	6.05 ±1.21	6.89 ±2.53	0.35 ±0.36	6.63 ±1.90	0.95 ±0.27	45.99 ±8.81	31.26 ±14.4 0	1.87 ±1.07	ND
	C	7.49 ±1.75	ND	13.72 ±1.99	0.19 ±0.06	0.64 ±0.30	2.77 ±0.48	1.53 ±0.54	13.07 ±2.26	60.44 ±12.2 4	ND	ND
Qc	M	7.94 ±1.74	ND	18.91 ±3.49	0.10 ±0.02	0.34 ±0.12	8.27 ±1.72	1.28 ±0.29	38.33 ±7.51	24.83 ±5.04	ND	ND
	C	ND	0.21 ±0.06	9.75 ±1.29	0.13 ±0.04	0.53 ±0.12	1.63 ±0.32	0.59 ±0.11	14.12 ±1.02	72.76 ±2.76	ND	0.29 ±0.06
Ql	M	6.77 ±1.14	ND	5.41 ±1.06	0.06 ±0.04	0.27 ±0.06	1.22 ±0.26	0.22 ±0.08	8.93 ±1.44	77.11 ±12.7 1	ND	ND
	C	7.10 ±1.88	ND	13.62 ±2.21	0.07 ±0.04	0.41 ±0.13	12.85 ±2.32	1.03 ±0.27	38.09 ±6.41	26.83 ±4.85	ND	ND
Qr	M	ND	0.33 ±0.04	27.71 ±0.52	ND	0.28 ±0.19	10.34 ±0.53	0.97 ±0.09	27.07 ±0.69	33.28 ±0.83	ND	ND
	C	ND	0.09 ±0.02	7.18 ±0.78	ND	0.19 ±0.09	1.31 ±0.16	0.23 ±0.05	9.26 ±0.69	81.74 ±1.40	ND	ND
Sc	M	ND	0.01 ±0.03	7.50 ±0.66	2.47 ±0.50	0.76 ±0.16	2.29 ±0.39	1.14 ±0.24	30.10 ±0.89	54.39 ±3.06	ND	0.65 ±0.05
	C	ND	0.64 ±0.01	16.81 ±1.32	0.11 ±0.01	0.34 ±0.15	5.95 ±0.66	2.66 ±0.57	31.41 ±2.18	42.10 ±3.43	ND	ND

Aa = *Alnus acuminata*, Aj = *A. jorullensis*, Qc = *Quercus candicans*, Ql = *Q. laurina*, Qr = *Q. rugosa*, Sc = *Symplocos citrea*, M = madera, C = corteza, ND = no detectado

### 6.1.3. Obtención de extraíbles

En la Tabla 6 y Tabla 7, se presentan los resultados promedio de la extracción sucesiva con los diferentes solventes de polaridad ascendente, así como la suma total de sus extractos, para madera y corteza, respectivamente. Se observa que

en madera el rendimiento de la extracción con acetona fue mayor, seguido de la extracción en agua caliente a reflujo para todas las especies. En lo que a corteza se refiere, el porcentaje de extractos fue mayor en agua caliente a reflujo, seguida por la extracción con acetona. El promedio total mayor de extraíbles en la madera es para *Q. laurina* (15.3%) y el más bajo para *Q. candicans* (6.9%), para la corteza el promedio más alto de extraíbles es para *S. citrea* (49.5%) y el más bajo *A. jorullensis* (18.4%). Como se puede apreciar los valores obtenidos en las cortezas son muy superiores que los de la madera lo que está en concordancia con la literatura (Fengel y Wegener, 1989).

Honorato y Hernández (1999) reportan contenidos de extraíbles para el género *Quercus* de 2.79% a 7.21% con solventes orgánicos, observándose que los valores obtenidos en el presente trabajo son mayores, lo que pudiera explicarse por factores ambientales y genéticos, la edad del árbol, el clima, la cantidad de agua suministrada, nutrientes disponibles, así como la época de corta, entre otros (Hillis, 1971).

Herrera (2013) reporta para estas especies valores en promedio total de extractos en la madera del tronco de 9.84% en *Q. candicans*, 9.50% en *Q. laurina* y de 14.88% para *Q. rugosa*, mientras que para la corteza 11.96% en *Q. candicans*, 13.05% en *Q. laurina*, 17.44% en *Q. rugosa*, en *A. acuminata* 5.92% para madera y de 19.03% para corteza, por otro lado para la especie de *A. jorullensis* presenta un 6.58% en madera y 20.64% en corteza, para *S. citrea* tiene un valor de 8.45% para madera y 31.76% en corteza (Tabla 6 y Tabla 7). Como se aprecia los valores de la solubilidad total en las ramas de las especies, son en general mayores que la solubilidad obtenida en muestras tomadas del tronco, lo que coincide con Sandoval (1979) quien encontró que el contenido de extraíbles son superiores en la corteza que en la madera y algunas veces ligeramente mayores en las ramas que en la madera, en muestras tomadas del fuste a 1.30 m.

**Tabla 6.** Resultados extracciones de madera de las ramas (%).

Especie	Ciclohexano	Acetona	Metanol	Agua caliente a reflujo	Total de extraíbles	Total de extraíbles (fuste)*
<i>A. acuminata</i>	0.69 ± 0.00	3.43 ± 0.06	1.03 ± 0.04	3.8 ± 0.23	8.9 ± 0.3	5.9
<i>A. jorullensis</i>	0.36 ± 0.02	1.70 ± 0.05	1.15 ± 0.03	3.81 ± 0.20	7.0 ± 0.6	6.6
<i>Q. candicans</i>	0.24 ± 0.03	2.68 ± 0.00	1.8 ± 0.04	2.19 ± 0.02	6.9 ± 0.2	9.8
<i>Q. laurina</i>	0.49 ± 0.02	9.33 ± 0.12	3.05 ± 0.09	2.46 ± 0.03	15.3 ± 0.5	9.5
<i>Q. rugosa</i>	0.026 ± 0.02	4.89 ± 0.09	2.55 ± 0.09	4.1 ± 0.17	11.8 ± 0.3	14.9
<i>S. citrea</i>	0.61 ± 0.04	6.43 ± 0.10	3.65 ± 0.23	2.46 ± 0.29	13.1 ± 0.5	8.5

\*(Herrera 2013)

**Tabla 7.** Resultados extracciones corteza de las ramas (%).

Especie	Ciclohexano	Acetona	Metanol	Agua caliente a reflujo	Total de extraíbles	Total de extraíbles (fuste)*
<i>A. acuminata</i>	2.10 ± 0.02	10.18 ± 0.19	5.16 ± 0.00	11.52 ± 0.02	28.9 ± 0.4	19.0
<i>A. jorullensis</i>	5.77 ± 0.11	3.84 ± 0.22	2.43 ± 0.00	6.42 ± 0.01	18.4 ± 0.2	20.6
<i>Q. candicans</i>	0.87 ± 0.04	10.11 ± 0.25	3.61 ± 0.02	8.6 ± 0.18	23.2 ± 0.3	11.9
<i>Q. laurina</i>	2.36 ± 0.05	13.05 ± 0.37	6.16 ± 0.13	14.23 ± 0.27	35.8 ± 1.2	13.1
<i>Q. rugosa</i>	1.18 ± 0.03	11.95 ± 0.11	6.71 ± 0.16	24.25 ± 0.09	44.1 ± 0.2	17.6
<i>S. citrea</i>	2.06 ± 0.05	18.47 ± 0.14	15.65 ± 0.31	13.28 ± 0.45	49.5 ± 1.2	31.7

\*(Herrera 2013)

#### 6.1.4. Solubilidad a la sosa

Los resultados obtenidos para este análisis se reportan en la Tabla 8. Como se puede ver, para el caso de madera, *Q. laurina* presenta una mayor solubilidad a la sosa con 33.48%, siendo el menor *Q. rugosa* con 25.36%; para la corteza, *A. acuminata* presentó mayor solubilidad (70.9%) y *A. jorullensis* la solubilidad más baja (46.49%). Claramente se aprecia que la corteza de las especies estudiadas tiene mayor solubilidad a la sosa que la madera. Altos valores de solubilidad a la sosa están relacionados a la susceptibilidad de la madera a pudrición por hongos, así como al deterioro por la acción del calor, luz u oxidación (TAPPI, 2000), por lo que se esperaría que los materiales con altos valores de solubilidad no sean resistentes al biodeterioro.

Igualmente, como en el caso de la solubilidad con disolventes orgánicos y agua, se observa que la solubilidad a la sosa es mayor en madera y corteza de ramas que en madera y corteza de muestras tomadas del fuste (Tabla 8), de las mismas especies de árboles (Herrera, 2013).

**Tabla 8.** Resultados para madera y corteza de solubilidad a la sosa de las especies estudiadas (%).

Especie	Solubilidad a la sosa de ramas		Solubilidad a la sosa del fuste*	
	Madera	Corteza	Madera	Corteza
<i>Alnus acuminata</i>	30.38 ± 0.26	70.9 ± 0.43	21.15	35.58
<i>A. jorullensis</i>	26.31 ± 0.27	46.49 ± 0.19	21.74	37.48
<i>Quercus candicans</i>	26.55 ± 0.23	47.98 ± 0.31	21.30	26.02
<i>Q. laurina</i>	33.48 ± 0.01	47.06 ± 0.32	21.01	22.42
<i>Q. rugosa</i>	25.36 ± 0.25	51.12 ± 0.07	23.67	27.77
<i>Symplocos citrea</i>	29.46 ± 0.27	66.12 ± 0.10	23.05	51.08

\*(Herrera, 2013)

### 6.1.5. Determinación de lignina

Los valores promedios para lignina Runkel en la madera y corteza, se presentan en la Tabla 98, donde el valor más alto en madera es para *Q. candicans* (28.87%), mientras que el más bajo para *Q. rugosa* (17.64%). Para el caso de la corteza, el valor máximo es de *A. jorullensis* (47.33%), el más bajo fue para *Q. rugosa* (17.69%). Puede observarse mayor concentración de lignina en la corteza en comparación con la madera de las ramas.

Al comparar el contenido de lignina de la madera de las ramas con la cantidad encontrada en madera tomada del fuste (Tabla 9), se observa que en general hay mayor concentración de lignina en las ramas, mientras que en el caso de la corteza, no es clara la tendencia de que exista mayor cantidad de lignina en las ramas (Herrera, 2013).

**Tabla 9.** Resultados de porcentaje de lignina para madera y corteza de las especies estudiadas (%).

Especie	Lignina en ramas		Lignina en fuste*	
	Madera	Corteza	Madera	Corteza
<i>Alnus acuminata</i>	25.95 ± 0.15	46.05 ± 0.02	25.66	56.51
<i>A. jorullensis</i>	23.40 ± 0.06	47.33 ± 0.07	21.43	50.63
<i>Quercus candicans</i>	28.87 ± 0.02	34.23 ± 0.02	17.68	29.00
<i>Q. laurina</i>	20.99 ± 0.14	32.20 ± 0.12	17.01	34.68
<i>Q. rugosa</i>	17.64 ± 0.12	17.69 ± 0.12	17.50	22.83
<i>Symplocos citrea</i>	20.5 ± 0.25	26.29 ± 0.19	19.88	23.46

\*(Herrera, 2013)



### 6.1.6. Determinación de holocelulosa

La cantidad de holocelulosa presente en las muestras de madera y como se puede apreciar en la Tabla 10, el valor promedio mayor fue de *Q. rugosa* con 86.51%, siendo el más bajo para la madera de *A. acuminata* con un promedio de 74.99%, de los valores obtenidos para la corteza el valor mayor lo presentó *Q. rugosa* (69.47%) y el menor *A. jorullensis* (32.74%). En estos resultados se observa mayor concentración de polisacáridos en la madera en comparación con la corteza, lo que concuerda con la literatura (Fengel y Wegener, 1989), y además coincide con los estudios realizados por Herrera (2013) quien también encontró mayor porcentaje de holocelulosa en madera que en corteza del fuste de estas mismas especies.

Al comparar estos resultados de la proporción de polisacáridos en la madera de las ramas con la cantidad reportada para madera obtenida del fuste de estas mismas especies de árboles (Herrera, 2013) se observa similitud en los valores encontrados, mientras que para el caso de la corteza se aprecian cantidades mayores en las muestras obtenidas del fuste (Tabla 10). Por otra parte, Honorato (2002) reporta valores de holocelulosa que van de 60% a 82% para algunos encinos mexicanos, quedando los valores aquí obtenidos para este tipo de maderas dentro de dicho rango.

**Tabla 10.** Resultados para madera y corteza de porcentaje de holocelulosa de las especies estudiadas (%).

Especie	Holocelulosa en ramas		Holocelulosa en fuste*	
	Madera	Corteza	Madera	Corteza
<i>Alnus acuminata</i>	74.99 ± 0.06	46.63 ± 0.48	78.14	56.34
<i>A. jorullensis</i>	75.32 ± 0.42	32.74 ± 0.21	76.91	56.74
<i>Quercus candicans</i>	86.20 ± 0.04	68.06 ± 0.18	85.34	83.91
<i>Q. laurina</i>	78.51 ± 0.15	51.49 ± 0.14	86.87	81.92
<i>Q. rugosa</i>	86.51 ± 0.15	69.47 ± 0.04	86.17	83.97
<i>Symplocos citrea</i>	79.05 ± 0.3	63.86 ± 0.27	82.00	74.04

\*(Herrera, 2013)

### 6.1.7. Determinación de $\alpha$ -celulosa

De acuerdo a la Tabla 11, el contenido de alfa-celulosa en la madera de las especies estudiadas es mayor en *Q. laurina* (56.56%), siendo el valor más bajo para *A. acuminata* (51.85%), seguido muy cercanamente por *Q. candicans* con un promedio de 51.99%. Para la corteza los valores encontrados van de 30.58% en *A. jorullensis* a 61.20% en *S. citrea*. En los resultados obtenidos se observa mayor cantidad de alfa-celulosa en las maderas en comparación con la corteza. Por otra parte, de acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 11, los valores de alfa-celulosa en madera son semejantes a los reportados para madera obtenida del fuste de las mismas especies de árboles y en general se puede apreciar mayor cantidad de alfa-celulosa en las muestras de corteza obtenidas del fuste en comparación con los valores obtenidos para la corteza de las ramas (Herrera, 2013). Para el caso de los encinos, los resultados aquí obtenidos se encuentran dentro del rango (37% a 56%) reportado para algunos encinos mexicanos (Honorato, 2002).

**Tabla 11.** Contenido de  $\alpha$ -celulosa para las especies de estudio (%).

Especie	$\alpha$ -celulosa en ramas		$\alpha$ -celulosa en fuste*	
	Madera	Corteza	Madera	Corteza
<i>Alnus acuminata</i>	51.85 $\pm$ 0.10	40.47 $\pm$ 0.29	54.86	52.99
<i>A. jorullensis</i>	52.95 $\pm$ 0.27	30.58 $\pm$ 0.32	53.79	53.65
<i>Quercus candicans</i>	51.99 $\pm$ 0.2	46.06 $\pm$ 0.18	60.44	62.14
<i>Q. laurina</i>	56.56 $\pm$ 0.00	48.49 $\pm$ 0.14	58.48	59.21
<i>Q. rugosa</i>	55.6 $\pm$ 0.28	57.4 $\pm$ 0.33	64.34	42.32
<i>Symplocos citrea</i>	55.19 $\pm$ 0.05	61.20 $\pm$ 0.13	53.47	67.07

\*(Herrera, 2013)

Los resultados obtenidos en este estudio sobre la composición química de la madera y corteza se resumen en las Tablas 12 y 13, respectivamente.

**Tabla 12.** Resultados generales promedio para madera de la composición química básica de las especies estudiadas (%).

Especie	Cenizas	Extractos Totales	Solubilidad a la sosa	Lignina	Holocelulosa	$\alpha$ -celulosa
<i>A. acuminata</i>	0.92 $\pm$ 0.01	8.9 $\pm$ 0.3	30.38 $\pm$ 0.26	25.95 $\pm$ 0.15	74.99 $\pm$ 0.06	51.85 $\pm$ 0.10
<i>A. jorullensis</i>	0.96 $\pm$ 0.01	7.0 $\pm$ 0.6	26.31 $\pm$ 0.27	23.40 $\pm$ 0.06	75.32 $\pm$ 0.42	52.95 $\pm$ 0.27
<i>Q. candicans</i>	0.078 $\pm$ 0.01	6.9 $\pm$ 0.2	26.55 $\pm$ 0.23	28.87 $\pm$ 0.02	86.20 $\pm$ 0.04	51.99 $\pm$ 0.2
<i>Q. laurina</i>	1.13 $\pm$ 0.00	15.3 $\pm$ 0.5	33.48 $\pm$ 0.01	20.99 $\pm$ 0.14	78.51 $\pm$ 0.15	56.56 $\pm$ 0.00
<i>Q. rugosa</i>	0.08 $\pm$ 0.00	11.8 $\pm$ 0.3	25.36 $\pm$ 0.25	17.64 $\pm$ 0.12	86.51 $\pm$ 0.15	55.6 $\pm$ 0.28
<i>S. citrea</i>	0.74 $\pm$ 0.01	13.1 $\pm$ 0.5	29.46 $\pm$ 0.27	20.5 $\pm$ 0.25	79.05 $\pm$ 0.3	55.19 $\pm$ 0.05

**Tabla 13.** Resultados generales promedio para corteza de la composición química básica de las especies estudiadas (%).

Especie	Cenizas	Extractos Totales	Solubilidad a la sosa	Lignina	Holocelulosa	$\alpha$ - celulosa
<i>A. acuminata</i>	4.96 $\pm$ 0.01	28.9 $\pm$ 0.4	70.9 $\pm$ 0.43	46.05 $\pm$ 0.02	46.63 $\pm$ 0.48	40.47 $\pm$ 0.29
<i>A. jorullensis</i>	6.68 $\pm$ 0.04	18.4 $\pm$ 0.2	46.49 $\pm$ 0.19	47.33 $\pm$ 0.07	32.74 $\pm$ 0.21	30.58 $\pm$ 0.32
<i>Q. candicans</i>	4.57 $\pm$ 0.02	23.2 $\pm$ 0.3	47.98 $\pm$ 0.31	34.23 $\pm$ 0.02	68.06 $\pm$ 0.18	46.06 $\pm$ 0.18
<i>Q. laurina</i>	5.55 $\pm$ 0.01	35.8 $\pm$ 1.2	47.06 $\pm$ 0.32	32.20 $\pm$ 0.12	51.49 $\pm$ 0.14	48.49 $\pm$ 0.14
<i>Q. rugosa</i>	10.23 $\pm$ 0.00	44.1 $\pm$ 0.2	51.12 $\pm$ 0.07	17.69 $\pm$ 0.12	69.47 $\pm$ 0.04	57.4 $\pm$ 0.33
<i>S. citrea</i>	6.26 $\pm$ 0.00	49.5 $\pm$ 1.2	66.12 $\pm$ 0.10	26.29 $\pm$ 0.19	63.86 $\pm$ 0.27	61.20 $\pm$ 0.13

### 6.1.8. Taninos

Los porcentajes promedio para los rendimientos del extracto total, del Número de Stiasny y de taninos, en los extractos etanólicos y acuosos se muestran en las Tablas 14 y 15 para madera y corteza, respectivamente.

#### 6.1.8.1. Extracto total

Los porcentajes promedio en extracto total (sólidos totales extraídos) en madera, como se aprecia en las Tablas 14 y 15, variaron con respecto al solvente utilizado en la extracción, como en la especie tratada. Los rendimientos más bajos fueron los extractos acuosos, obteniendo valores de 1.56% (*A. jorullensis*) a 6.65% (*Q. rugosa*), mientras que en extracto etanólico los rendimientos alcanzados fueron de 3.15% (*Q. rugosa*) a 8.12% (*Q. laurina*); en todas las especies estudiadas el porcentaje de extracto con etanol fue mayor al obtenido con agua. Por otro lado, en la corteza el valor menor fue de 4.4% para *A. jorullensis*, y el mayor de 23.18% para *Q. rugosa* en extracción etanólica, mientras que en la extracción acuosa el porcentaje menor fue de 3.45% para *A. jorullensis* y el mayor de 21.28% para *S. citrea*.

#### 6.1.8.2. Número de Stiasny

Los resultados promedio para Número de Stiasny en los extractos etanólicos fue mayor al de los acuosos, en algunas especies, el valor menor fue de 10.45% para *Q. candicans* en extracto acuoso y el mayor de 48.2% en *A. acuminata*, por otro lado en las extracciones etanólicas el valor menor lo obtuvo *Q. rugosa* con 12.04%, y el mayor *Q. candicans* con 43.2%. Para Corteza en extracción

etanólica, el valor menor con un rendimiento de 21.14% lo presentó *Q. rugosa* y el mayor 85.50% *Q. candicans*: mientras que en el extracto acuoso *Q. rugosa* fue el valor menor con 17.09% y el mayor *Q. candicans* con 80.44%.

Los rendimientos más bajos de taninos en extracción etanólica, fueron en *Q. rugosa* (0.23%) y el mayor lo presentó *Q. laurina* (3.14%) en madera, en corteza el rendimiento menor fue de 2.47% en *A. jorullensis* y el mayor de 12.21% para *Q. candicans*. El rendimiento menor de taninos en las extracciones acuosas para madera fue en *A. jorullensis* (0.26%) y el más alto *S. citrea* (2.39%); en lo que se refiere a corteza el valor más bajo fue para *A. jorullensis* (1.65%) y el más alto para *Q. laurina* (10.67%).

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa mayor concentración de taninos en las muestras de las cortezas de los árboles estudiados, y las especies de *Quercus candicans* y *Q. laurina* tienen los valores los más altos (9.45 a 12.21%) (Tablas 13 y 14). Honorato y Hernández (1999), mencionan que las cortezas con al menos un 8% de taninos pueden ser consideradas con potencial comercial, de esta manera *Q. candicans* y *Q. laurina*, pudieran utilizarse como fuentes alternativas de taninos. Sin embargo, la utilización de la corteza requiere primero pruebas entre las que está la pureza de los taninos y la estabilidad de la solución.

**Tabla 14.** Rendimientos en madera y corteza de los extractos etanólicos (%)

Especie	Madera			Corteza		
	ET	NS	T	ET	NS	T
<i>A. acuminata</i>	3.88 ± 0.8	34.2 ± 0.7	1.23 ± 0.09	15.5 ± 0.3	34.83 ± 0.18	5.29 ± 0.27
<i>A. jorullensis</i>	3.25 ± 0.15	30.15 ± 0.15	1.04 ± 0.04	4.4 ± 0.2	55.55 ± 0.43	2.47 ± 0.12
<i>Q. candicans</i>	4.65 ± 0.18	43.2 ± 0.2	1.94 ± 0.01	14.97 ± 0.33	85.50 ± 0.30	12.21 ± 0.35
<i>Q. laurina</i>	8.12 ± 0.02	40.73 ± 0.57	3.14 ± 0.12	18.39 ± 0.39	61.2 ± 0.3	11.36 ± 0.13
<i>Q. rugosa</i>	3.15 ± 0.15	12.04 ± 0.27	0.23 ± 0.1	23.18 ± 0.38	21.14 ± 0.14	5.00 ± 0.01
<i>S. citrea</i>	7.45 ± 0.25	23.05 ± 0.35	1.65 ± 0.10	21.55 ± 0.45	26.27 ± 0.16	5.63 ± 0.19

**Tabla 15.** Rendimientos en madera y corteza de los extractos acuosos (%).

Especie	Madera			Corteza		
	ET	NS	T	ET	NS	T
<i>A. acuminata</i>	2.90 ± 0.08	48.2 ± 0.2	1.14 ± 0.12	5.36 ± 0.07	73.34 ± 0.37	5.38 ± 0.21
<i>A. jorullensis</i>	1.56 ± 0.22	16.45 ± 0.25	0.26 ± 0.04	3.45 ± 0.25	38.49 ± 0.37	1.65 ± 0.22
<i>Q. candicans</i>	3.57 ± 0.37	10.45 ± 0.35	0.41 ± 0.02	11.70 ± 0.30	80.44 ± 0.46	9.45 ± 0.25
<i>Q. laurina</i>	6.43 ± 0.33	17.50 ± 0.20	1.15 ± 0.04	16.61 ± 0.29	63.16 ± 0.06	10.67 ± 0.36
<i>Q. rugosa</i>	6.65 ± 0.34	15.15 ± 0.15	0.912 ± 0.06	18.35 ± 0.14	17.09 ± 0.04	3.09 ± 0.06
<i>S. citrea</i>	6.36 ± 0.16	33.25 ± 0.25	2.39 ± 0.21	21.28 ± 0.33	27.19 ± 0.23	5.54 ± 0.2

### 6.1.8.3. Taninos hidrolizables.

El análisis cualitativo de los taninos hidrolizables nos indica, que las ramas de todas las especies que se estudiaron contienen taninos hidrolizables con coloraciones que van de café rojizas para la madera y negruzcas para las cortezas de las ramas.

## 7. CONCLUSIONES

- El pH de la madera varió de 4.36 (*Quercus candicans*) a 4.50 (*Symplocos citrea* y *Quercus laurina*). El pH de la corteza varió de 4.25 (*Quercus candicans*) a 5.19 (*Q. rugosa*).
- Se encontró mayor concentración de sustancias minerales en la corteza (4.57 a 10.23%) que en madera (0.08 a 1.13%).
- El número de elementos químicos detectados en las muestras varió de 6 a 9 y los elementos con mayor concentración fueron potasio y calcio.
- De acuerdo a la secuencia de extracción aplicada, se encontró mayor solubilidad total en las muestras de corteza (18.4 a 49.5%) que en madera (6.9 a 15.3%).
- Se encontró mayor solubilidad en las muestras de corteza (46.49 a 70.9%) que en madera (25.36 a 33.48%).
- La mayor concentración de lignina fue en las muestras de corteza (17.69 a 47.33%) en comparación con madera (17.64 a 28.87%).
- En relación a la holocelulosa se encontró mayor porcentaje en las muestras de madera (74.99 a 86.51%) que en corteza (32.74 a 69.47%).
- El contenido de alfa-celulosa en la madera en general es mayor (51.85 a 56.56%) que en corteza (30.58 a 61.20%).
- El rendimiento de taninos fue mayor mediante extracción etanólica que por extracción acuosa, tanto en madera como en corteza.
- Mediante la extracción etanólica, la cantidad de taninos fue mayor en corteza (2.47 a 12.21%) que en madera (0.23 a 3.14).
- Mediante la extracción acuosa, la cantidad de taninos fue mayor en corteza (1.65 a 10.67%) que en madera (0.26 a 2.39).
- Por el contenido de taninos, las cortezas de *Quercus candicans* y *Q. laurina* pudieran ser susceptibles de aprovechamiento para la extracción de taninos.
- Se encontraron taninos hidrolizables en las muestras de madera y corteza.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar RS, Barajas MJ, Tejero DJD (2000) Anatomía de Maderas de México: Especies de un Bosque Mesófilo de Montaña. Instituto de Biología, UNAM. México, D.F. 12-40 pp.

American Society for Testing and Materials (ASTM) (1981) Annual Book of ASTM Standards Part 22: Wood, adhesives. Philadelphia. 1192p.

Bárceñas Pazos GM (2002) Efecto del contenido de lignin, extractives, radios y densidad relativa en las contracciones de cinco especies de madera. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montesillos, Edo. De México. 65p.

Bautista Hernández R, Honorato Salazar JA (2005) Composición química de la madera de cuatro especies del genero *Quercus*. Ciencia Forestal. 30 (98): 25-49.

Bello GMA (1987) Los encinos (*Quercus*) del Estado de Michoacán, México. Collection Etudes Mesoamericanas Serie II-9. 9-97 pp.

Bernabé-Santiago R, Ávila-Calderón LEA, Rutiaga-Quiñones JG (2013) Componentes químicos de la madera de cinco especies de pino del municipio de Morelia, Michoacán. Madera y Bosques 19(2): 21-35.

Borja VM (2006) Aprovechamiento de los recursos forestales para uso energético. Universidad Politécnica de Valencia. España.

Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro (2009) Programa de manejo forestal sustentable para el aprovechamiento de los recursos forestales maderables con carácter persistente en los bosques de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich. 26p.

Correa Méndez F (2013) Contenido de humedad, ceniza, inorgánicos y granulometría en subproductos de seis especies maderables para bioenergía. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

Correa-Méndez F, Carrillo-Parra A, Rutiaga-Quiñones JG, González-Rodríguez H, Jurado-Ybarra E, Garza-Ocañas F (2013) Humedad, ceniza e inorgánicos en corteza industrial de tres pinos para bioenergía. *Revista Forestal Baracoa* 32(2): 77-83.

Correa-Méndez F, Carrillo-Parra A, Rutiaga-Quiñones JG, Márquez-Montesino F, González-Rodríguez H, Jurado-Ybarra E, Garza-Ocañas F (2014) Contenido de humedad y sustancias inorgánicas en subproductos maderables de pino para su uso en pélets y briquetas. Moisture and inorganic substance content in pine timber products for use in pellets and briquettes. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* Vol. XX(1): 77-88.

Cutter BE, McGuinness EA, McKown DH (1980) Inorganic concentrations in selected woods and charcoals measured using NAA. *Wood and Fiber* 12: 72-79.

Delgado Fornué E (1980) Estudio analítico de los carbohidratos de cuatro especies de encino, tesis profesional. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. 104p.

Fengel D, Wegener G (1989) *Wood: Chemistry, ultrastructure, reactions*. Walter de Gruyter. Berlín.

Fuentes Martínez JG (1980) Estudio analítico de los carbohidratos de la madera de *Quercus resinosa*. Tesis profesional, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México. 109p.



Ghosh TK, Prelas MA (2011) Energy resources and systems: Volume 2, Renewable resources. Springer. Dordrecht, Heidelberg, London, New York.

González J, Suarez M, Garcés de Granada E, Orozco de Amezcua M (1988) Constituyentes anti fúngicos en nódulos radicales de *Alnus Acuminata* H.B.K Agronomía Colombiana. Vol. V: 83-85.

Herrera Fernández AC (2013) Determinación de la densidad en madera, poder calorífico y composición química en corteza y madera de seis especies de Latifoliadas. Tesis Maestría. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. México.

Hillis WE (1971) Distribution Properties and Formation of Some Wood Stability Wood Sc. Technol. 5: 272-289.

Honorato Salazar JA (2002) La composición química de la madera de encino. En: Quintanar OJ (Ed.) Características, propiedades y procesos de transformación de la madera de encinos de México. Libro Técnico No. 2. INIFAP-CIRCE.C.E. San Martínito. Tlahualpan, Puebla. México. Pp 86-106 pp.

Honorato Salazar JA, Hernández Pérez J (1998) Determinación de componentes químicos de la madera de cinco especies de encinos de Puebla. Madera y Bosques 4(2): 79-93.

Kollmann F (1936) Technologie des Holzes. Springer. Berlin.

Lazcano Cortes J (2014) Análisis de propiedades químicas de madera y corteza de residuos forestales de cuatro especies de coníferas para la producción de bioenergía. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

Lima Rojas L (2013) Evaluación de la composición química y propiedades físicas de madera y corteza de cuatro coníferas para la producción de bioenergía. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

Marcos F, Núñez M (2006) Biomasa forestal: fuente energética. *Energética XXI IV* (52): 80-85.

Martínez LS (2009) Evaluación de la biomasa como recurso energético renovable en Cataluña. Tesis doctoral. Universidad de Girona. 234p.

Martínez-Pérez, R, Pedraza-Bucio, FE, Apolinar-Cortes J, López-Miranda J, Rutiaga-Quiñones JG (2012) Poder calorífico y sustancias inorgánicas de la corteza de seis árboles frutales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente XVIII* (3) (agosto-diciembre): 375-384.

Pintor Ibarra Luis Fernando (2014) Determinación de las propiedades físicas y químicas de los residuos maderables de tres especies de coníferas (*Pinus leiophylla*, *P. montezumae* y *P. pseudostrobus*) del complejo industrial de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.

Quintanar OJ. (2002) Características, propiedades y procesos de transformación de la madera de los encinos de México. Libro Técnico No. 2. INIFAP-CIRCE. San Martinito, Tlahuapan, Puebla, México. 194p.

Resumen Público de la Certificación de Manejo Forestal de Comunidad Indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro Michoacán, MEXICO. (2000) Certificado # SW-FM/COC-101. Fecha de Certificación: Febrero 2000. Tipo de Bosque: Bosque Secundario. Coníferas.

Runkel ROH, Wilke KD (1955) Zur Kenntnis des thermoplastischen Verhaltens von Holz. Holz Roh Werkstoff. 9:260-270.

Rutiaga-Quiñones JG, Windeisen E, Strobel C (2000) Composición química del duramen de la Madera de *Quercus candicans* Neé. Madera y Bosques 6(2):73-80. ISSN: 1405-0471.

Rutiaga-Quiñones JG, Windeisen E, Schumacher P, Wegener G (1999) Antifungal effect of extracts from *Quercus laurina* Humb. Et Bonpl. Currents Topics in Phytochemistry (2): 191-194.

Salama AM, Avendaño IY (2005) Actividad antiinflamatoria de d-amirona y 4,7-dimetoxiapigenina aislados de *Alnus acuminata*. Rev. Col. Cienc. Quím. Farm. 34(2): 117-121.

Salama AM, Gallego MI, Barrera C, Espinal B E (1989) Composición química y actividad abortiva de las hojas de *Alnus acuminata*. Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas 17: 51-55.

Sanderman W. Rothkamm M (1959) Über die Bedeutung der pH-Werte von Handelshölzern und deren Bedeutung für die Praxis. Holz Roh Werkstoff. 17:433-440.

Sandoval Olmos A (1979) Estudio analítico de sustancias extraíbles de cuatro especies del genero *Quercus*. Tesis profesional. Fac. de Química, Univ. de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco. México. 77p.

TAPPI (2000) Test methods. TAPPI Press. Atlanta. (T 211om-93, T 212 om-98, T 257, T 264 om-97).

Téllez-Sánchez C, Ochoa-Ruiz HG, Sanjuan-Dueñas R, Rutiaga-Quiñones JG (2010) Chemical components of heartwood in *Andira inermis* (W. Wright) DC.

(*Leguminosae*). Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 16(1): 87-93.

Waterman PG, Mole S (1994) Blackwell Scientific Publications, pp 85-96.

[www.comunidadindigena.com.mx](http://www.comunidadindigena.com.mx). Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro [Consultado: Dic. 2013].

Yazaki Y, Hillis WE (1977) Polyphenolic extractives of *Pinus radiata* bark. *Holzforschung* 31:20-25.