


# Caracterización química de cinco especies forestales en el sur de Ecuador.

## Chemical characterization of five tree species from southern Ecuador.

Aguinsaca Fanny<sup>1</sup>  
Rey Yessica<sup>1</sup>  
Jaramillo Allison<sup>1</sup>  
Luzón Carlos<sup>1</sup>  
Jumbo Nohemí<sup>1</sup>  
Fernández Paulina<sup>2</sup>  
González Julia<sup>3</sup>  
Pucha-Cofrep Darwin<sup>1,4</sup> 

<sup>1</sup>Carrera de Ingeniería Forestal de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.  
<sup>2</sup>Carrera de Agronomía de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.  
<sup>3</sup>Laboratorio de Química de la Facultad de Educación el Arte y la Comunicación. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.  
<sup>4</sup>Laboratorio de Dendrocronología de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.  
\*Autor para correspondencia: nohemi.jumbo@unl.edu.ec

RECIBIDO: 30/03/2019

APROBADO: 20/05/2019

### RESUMEN

Las especies forestales representan un recurso biológico de gran importancia para sus habitantes y brindan un sustento económico, social y ambiental; sin embargo, su población decrece drásticamente por un manejo inadecuado. El estudio de caracterización química de la madera nos permite conocer la cantidad de minerales, holocelulosa, extractivos y lignina producidos durante el periodo de vida de cada individuo. Por ello en esta investigación se cuantificó las diferencias químicas entre *Cinchona officinalis* (cascarilla), *Handroanthus chrysanthus* (guayacán), *Cedrela odorata* (cedro), *Ilex guayusa* (guayusa) y *Juglans neotropica* (nogal), provenientes de distintas procedencias del sur de Ecuador. El mayor porcentaje de ceniza tuvo el cedro con 3,25 %, de extractivos la cascarilla con 10,87 %, de lignina el cedro con 16,53 %, y holocelulosa el guayacán con 89,06%. La cantidad de lignina fue el único componente que estuvo en bajas proporciones en todas las especies con relación al rango para latifoliadas que va de 20 a 30 %. Los resultados de esta investigación mostraron una alta variabilidad entre individuos, especies, y sitios, lo cual está relacionado con factores fisiológicos, morfológicos, biogeográficos, y el origen del tejido vegetal para análisis de laboratorio. Por ello es muy necesario y urgente ampliar estudios en este campo para determinar la factibilidad y uso de este recurso forestal.

*Palabras clave:* Extractos, cenizas, holocelulosa, lignina, madera.

## ■ ABSTRACT

Forest species represent a biological resource of great importance to their population and provide economic, social and environmental support; however, their population decreases drastically due to inadequate management. The study of the chemical characterization of wood allows us to know the quantity of minerals, holocellulose, extracts and lignin produced during the life period of each individual tree. For this reason, this research quantified the chemical differences between *Cinchona officinalis*, *Handroanthus chrysanthus*, *Cedrela odorata*, *Ilex guayusa* and *Juglans neotropica* from different origins in southern Ecuador. The highest percentage of ash had cedro with 3.25 %, extractives *Cinchona officinalis* with 10.87%, lignin *Cedrela odorata* with 16,53%, and holocellulose *Handroanthus chrysanthus* with 89.06 %. The amount of lignin was the only component that was in low proportions in all species in relation to the range for hardwoods ranging from 20 to 30 %. The results of this research showed a high variability between individuals, species, and sites, which is related to physiological, morphological, biogeographic, and plant tissue origin for laboratory analysis. It is therefore very necessary and urgent to expand studies in this field to determine the viability and use of this forest resource.

**Keywords:** Extractive, ash, holocellulose, lignin, wood

## ■ INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país de alta vocación forestal y de una enorme riqueza en biodiversidad que se debe conservar, esto gracias a la variedad de ecosistemas que se ubican en diferentes áreas geográficas, estas cualidades singulares que posee, han permitido calificarle como un país diverso del planeta.

Los cambios en la cobertura forestal del Ecuador están afectados por las tasas de deforestación y por el cambio del uso del suelo; por tanto, es preponderante valorar este recurso como alternativas en la industria forestal y restauración ecológica.

Las especies forestales de amplia distribución geográfica han sido estudiadas más detenidamente para optimizar su uso en la fabricación de aglomerados, contrachapado, y como elementos estructurales, sin tomar en cuenta un aspecto muy importante como es la composición química de la madera lo que permite determinar las propiedades físicas y mecánicas de la misma, para algunos procesos industriales, los estudios sobre la química de la madera estos análisis se ven limitados en su realización por la demanda de tiempo, recurso económico y capital humano capacitado para el trabajo en laboratorio.

La composición química de la madera se expresa básicamente en el contenido de extractivos, ceniza, holocelulosa, lignina y micro elementos. Salazar (1998) manifiesta que la composición química de la madera no puede ser definida con precisión para un grupo de especies o cierta especie, dado que ésta varía dependiendo de la parte del árbol, tipo de madera, localización geográfica y condiciones de crecimiento.

La presente investigación tiene como objetivo cuantificar la composición química de la madera; generar información y contribuir al conocimiento de estas especies como guayacán (*Handroanthus chrysanthus*), cedro (*Cedrela odorata*), nogal (*Juglans neotropica*) y ecológico como la cascarilla (*Cinchona officinalis*), y guayusa (*Ilex guayusa*) en ecosistemas forestales del sur de Ecuador.

## MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en los laboratorios de dendrocronología de la madera, y de química de la Universidad Nacional de Loja, para la selección de las plantas se consideró parámetros mínimos como tener un buen estado fitosanitario y fuste recto. Se colectó secciones de ramas o fuste principal de 1 m de longitud y diámetros de 10 a 20 cm dependiendo del individuo en cada especie.

Las muestras de cascarilla (*Cinchona officinalis*), guayacán (*Handroanthus chrisantus*), cedro (*Cedrela odorata*), guayusa (*Ilex guayusa*), Nogal (*Juglans neotropica*), fueron procedentes de diversos lugares: Zamora Huayco, Uritusinga, Zamora Chinchipe, Nangaritzta y de la Reserva Natural el Tundo respectivamente (Figura 1)

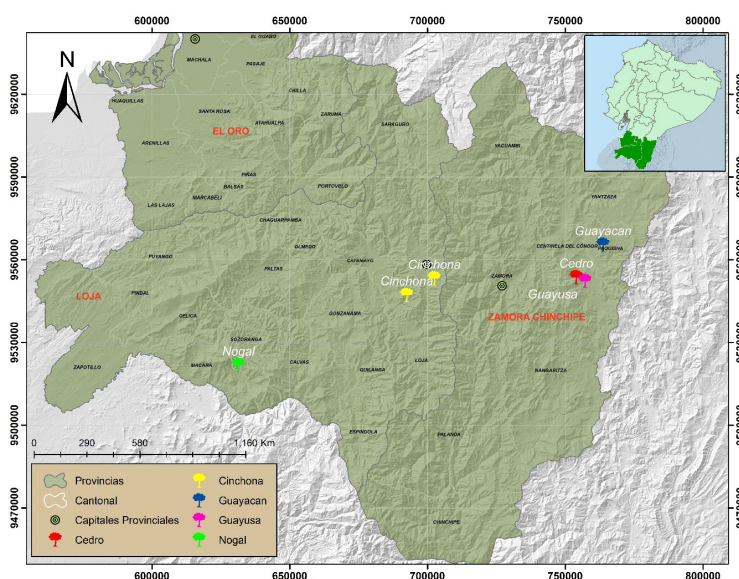


Figura 1. Mapa de ubicación del sitio de colecta de las cinco especies forestales: cascarilla (*Cinchona officinalis*), guayacán (*Handroanthus chrisantus*), cedro (*Cedrela odorata*), guayusa (*Ilex guayusa*), nogal (*Juglans neotropica*).

Para el análisis químico se empleó una parte de la muestra, el resto fue almacenado como material de reserva. La preparación de las muestras y la caracterización química se efectuó siguiendo las normas TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry, 1978), en cada muestra se determinó: el contenido de extractivos, ceniza, holocelulosa y lignina; los análisis se realizaron por triplicado.

### Preparación de las muestras para análisis químico

A la muestra de madera se procedió a sacar la corteza la misma que fue desechada, posteriormente se realizó el lijado utilizando lija N°36, obteniendo así una mezcla homogénea de duramen y albura; finalmente se realizó el tamizado a través de una malla N° 40 (0,42mm)

De acuerdo con la norma TAPPI T 12 os-75, la muestra que fue sometida a los análisis químicos estuvo libre de extractivos, para lo cual se realizó el siguiente procedimiento:

**Obtención de extractivos:** Para la obtención de extractivos se usó el equipo de Soxhlet, se analizó cinco especies forestales con tres repeticiones. De la mezcla homogénea de albura-duramen de cada especie se pesó aproximadamente 4 gramos, y se la colocó en un dedal de celulosa el mismo que se lo introdujo en el extractor Soxhlet. Se empleó como solvente orgánico el éter de petróleo y etanol. La extracción se dio por finalizada cuando el solvente presentó un aspecto incoloro, se procedió a colocar los balones en el desecador y finalmente se pesó.

$$\% \text{ Extractivo: } \frac{(\text{masa seca del balón con extracto}) - (\text{masa seca del balón vacío})}{\text{masa seca de la muestra}} * 100$$

**Determinación de cenizas:** Para la determinación de cenizas se empleó la norma TAPPI T 15 os-58, para lo cual se procedió a pesar 5 gramos de la mezcla, se la pone en crisoles que tienen un peso conocido el cual es sometido a altas temperaturas en un plato caliente hasta que se carbonice para finalmente introducir la muestra a la mufla a 575 - 600 °C durante un período de 3 horas; pasado este tiempo se dejó enfriar en el desecador durante 15 minutos, y se procede a pesar para calcular el porcentaje de ceniza.

$$\% \text{ cenizas} = \frac{(\text{masa de sílice obtenidas}) - (\text{masa de crisol vacío})}{\text{masa de muestra seca}} * 100$$

**Determinación de holocelulosa:** Para la determinación de holocelulosa se empleó el método de Jayme – Wise. Para lo cual se tomó muestras libres de extractivos, se colocó cada muestra en un matraz y se añadió 150 ml de solución de clorito de sodio al 1,5 % y 10 gotas de ácido acético concentrado, se llevó a baño maría a 70°C durante 45 minutos agitando constantemente. A esta solución se le agregó 5 gotas de ácido acético concentrado, 1 gramo de clorito de sodio sólido; se procedió a filtrar para finalmente colocarlo en la estufa a 105 °C para su secado y por último pesarlo.

$$\% \text{ Holocelulosa} = \frac{(\text{Masa seca del papel filtro} + \text{residuo}) + (\text{masa papel filtro vacío})}{\text{masa seca de muestra}} * 100$$

**Determinación de lignina:** La determinación de lignina se lo realizó con el método Klason. Se procedió a pesar las muestras libres de extractivos de 0,1 gramos, a estas se les adiciono 1,5 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 72 % dejando reposar por 15 minutos para posteriormente agregar 60 ml de agua destilada y hacer hervir a reflujo durante 30 minutos, se esperó que se enfrié para luego filtrar este residuo se lo colocó en la estufa a 100°C, finalmente pesar.

$$\% \text{ Lignina} = \frac{(\text{Masa del papel filtro} + \text{residuo}) - (\text{masa seda papel filtro vacío})}{\text{masa de muestra seca}} * 100$$

## ■ RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de cinco especies forestales se obtuvo una composición química de la madera con 77 % holocelulosa, 12 % lignina, 9 % extractivos, y 2 % ceniza (Figura 2), lo que determinó que a mayor porcentaje menor fue el coeficiente de variación (Tabla 1). La Figura 3 muestra a mayor detalle la composición química de cada componente y especie forestal, evidenciando de manera gráfica las diferencias entre ellas.

Tabla 1. Caracterización química de cinco especies forestales

Especie – Sitio.	Ceniza %	Extractivos %	Holocelulosa %	Lignina %	Total %
Cinchona – Uritusinga	0,90	10,81	72,12	16,17	100
Cinchona - Zamora Huayco	0,90	10,87	80,50	7,73	100
Guayacán - Santa Cecilia	0,50	2,40	89,00	8,50	100
Cedro - Nangaritza	3,25	9,54	70,67	16,53	100
Guayusa - Nangaritza	2,25	10,37	77,27	10,11	100
Nogal- Reserva Natural el Tundo	1,94	10,43	75,34	12,29	100
Promedio	1,62	9,07	77,48	11,89	
Desviación estándar	1,04	3,30	6,66	3,79	
Coefficiente de variación	0,64	0,36	0,09	0,32	
Máximo	3,25	10,87	89,00	16,53	
Mínimo	0,50	2,40	70,67	7,73	

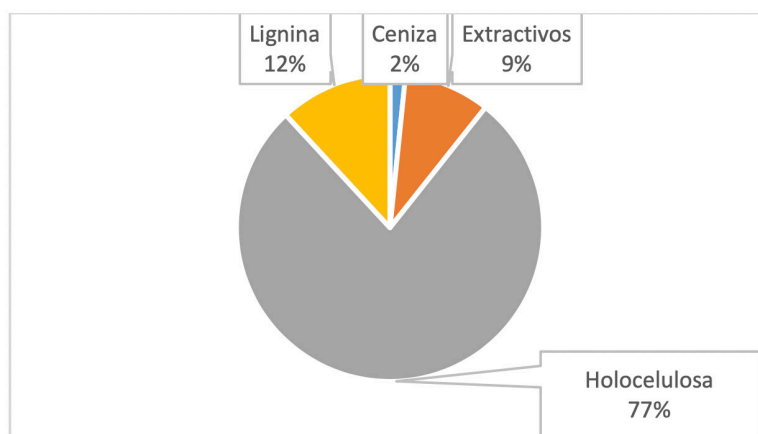


Figura 2. Composición química de la madera en cinco especies forestales

En el componente de holocelulosa guayacán y cinchona de Zamora Huayco resultaron con los valores más altos de 89 % y 80,50 % respectivamente, mientras cedro y nogal con los valores más bajos de 70,67 % y 75,34 %. La lignina fue el segundo componente más abundante en la madera, donde el cedro y cascarilla de Uritusinga mostraron los valores más altos de 16,53 % y 16,17 %, mientras que cascarilla de Zamora Huayco y guayacán mostraron los valores más bajos 7,73 % y 8,50 % respectivamente. En lo referente a extractivos, la cascarilla tanto de Uritusinga y Zamora Huayco presentó los contenidos más altos con valores de 10,87 % y 10,81 %; y guayacán reporto el valor más bajo de 2,48 %. Finalmente, en cuanto al contenido de ceniza, el cedro y la guayusa fueron las especies con los mayores valores de 3,25 % y 2,25 % respectivamente, mientras guayacán y cinchona de ambos sitios presentaron los valores más bajos de ceniza con 0,50 %, 0,90 % y 0,90 % respectivamente.

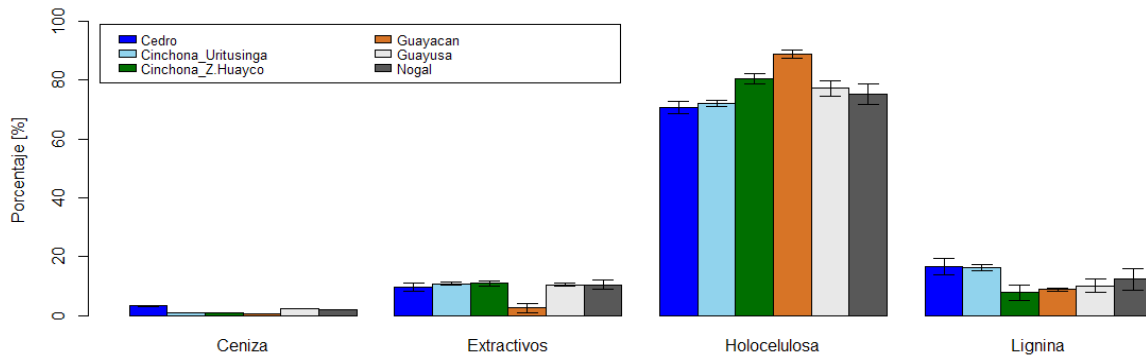


Figura 3. Composición química de la madera como resultado de tres repeticiones en cada especie forestal. Las líneas al centro de cada barra representan el error estándar.

## DISCUSIONES

Los resultados de la caracterización química de la madera generados en este estudio se encuentran dentro de los rangos establecidos para latifoliadas (Tsoumis, 1982) lo que demuestra la calidad de los métodos utilizados en esta investigación.

### Holocelulosa

Los valores que se reportan en este estudio de holocelulosa van desde 70,67 % a 89,06 %, lo que concuerda con los rangos encontrados por Mitchell (1948) y Fonseca (2006) del 70 al 90 %, quienes acotan que esta fracción es el total hidrocarbonado (celulosa y hemicelulosa) de la madera libre de extractivos o material extraño y es mucho más elevado en maderas duras que en maderas blandas.

Según los autores mencionados, concuerdan que se debe obtener un porcentaje elevado en cuanto a la determinación de holocelulosa. Sin embargo, (Núñez, 2008) menciona que las determinaciones de holocelulosa dan valores altos porque todavía tienen lignina; o bajos porque han perdido hemicelulosas. Así mismo, los resultados de valores menores pueden deberse a factores climáticos o pérdidas de reactivos, como se da con los porcentajes establecidos por Quinde (2013) que van de un rango del 60 % al 70 %.

### Lignina

El promedio de lignina entre todas las especies forestales analizadas es de 11.89% lo cual está bajo la media de las latifoliadas; para Morales (2006) los bajos contenidos de lignina están relacionado con el tipo de cultivo, sitio, edad tiempos de cosecha que son factores que influyen en el contenido de lignina. Flores (2001) y manifiesta que está marcada diferencia posiblemente esté asociada significativamente a la edad de los árboles, como también puede estar asociado al tipo de suelo; así como también que bajo contenido de lignina favorece la obtención de una buena calidad del papel. Barahona (2005), menciona que la lignina es una macromolécula, con un elevado peso molecular, presente en un 17 a 26 % en la madera de latifoliadas, comparando estos rangos con las especies de cinchona de Uritusinga y cedro reportaron valores de 16,53 % y 16,17 % respectivamente; valores cercanos a los rangos mencionado; ya que esto depende de muchos factores tanto climáticos, edáficos como fisiológicos de la planta.

## Extractivos

Los valores promedios de extractivos mostraron diferencia estadística entre las especies comprendidos entre 2,40% y 10,87%, valores comunes en latifoliadas. Quinde (2013) expresa que los extractivos se mantienen en un rango de entre 2–10 %; en esta investigación las cinco especies forestales reportaron valores que se encuentran en este rango. Fonseca (2006) indica que es importante considerar que la cantidad y composición de extractivos depende de la especie, parte del árbol, época del año, condiciones de crecimiento entre otros factores.

Flores (2001) indica que un alto contenido de extractivos causaría problemas en la deslignificación de la madera afectando significativamente el rendimiento en pulpa. Los extractivos también pueden considerarse un parámetro de calidad de la madera, porque le dan color, olor y resistencia natural a la descomposición (Pereira *et al.*, 2003). Muchas especies de *handroanthus* son conocidas por su alta durabilidad natural (Carvalho, 2003) y los extractivos participan activamente en esta propiedad.

## Ceniza

El mayor contenido de cenizas se presentó en cedro con 3,25 %, el menor en guayacán con 0,50 %; Paz (2008) menciona que el contenido de ceniza en las plantas latifoliadas se encuentra en un rango de 0,1-5,4 %; valores que se encuentran dentro de los rangos reportados en nuestra investigación. Cardoso *et al.*, 2001 indica que el contenido de ceniza puede variar según la especie, la disponibilidad en el suelo, las características individuales y la época del año

Solla (2001) acota que las cenizas de madera presentan contenidos importantes de diferentes nutrientes como K, P, Mg y Ca. El tenor de compuestos químicos en la madera depende de muchos factores tanto climáticos, edáficos como fisiológicos de la planta (Flores 2001);

Las muestras de cinchona – Uritusinga y cinchona – Zamora Huayco presentan homogeneidad en el porcentaje de ceniza con 0,90; explicación dada ya que es la misma especie. Salazar (1998) manifiesta que la composición química de la madera no puede ser definida con precisión para un grupo de especies o cierta especie, y que ésta varía dependiendo de la parte del árbol, tipo de madera, localización geográfica y condiciones de crecimiento. Flores (2001) indica que los componentes minerales (cenizas) a un mayor contenido producen un mayor desgaste en los elementos cortantes de maquinarias, como también presentan inconvenientes en el proceso de recuperación de reactivos

## CONCLUSIONES

Los resultados demostraron variaciones en las concentraciones de los componentes químico de cada especie y entre la misma especie.

La composición química depende de factores fisiológicos, morfológicos, anatómicos, ambientales, edáficos, entre otros que determinan la concentración de los componentes presentes en la madera en mayor o menor porcentaje.

Los componentes químicos se encuentran en los rangos normales de latifoliadas, excepto el contenido de lignina que presenta valores bajo la media; los mismos que están relacionados con el tipo de cultivo, sitio, edad tiempos de cosecha.

## BIBLIOGRAFIA

- Acosta, I. (2004). Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina Documento de Trabajo. ESFAL/N/14
- Barahona, G. (2005). *Variación de la composición química de la madera*. Obtenido de [Http://Repositorio.Uchile.Cl/Bitstream/Handle/2250/105057/Barahona\\_G.Pdf?Sequence=3](http://Repositorio.Uchile.Cl/Bitstream/Handle/2250/105057/Barahona_G.Pdf?Sequence=3)
- Carvalho, P. (2003). *Espécies arbóreas brasileiras*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. v. 1, 547 p.
- Cardoso, G. (2001). Sampling procedure development for ash content determination using the woods of *Eucalyptus saligna* and *Eucalyptus globulus*. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 34., 2001, Santa Maria. Anais... Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2001. p. 1-7.
- CORPEI. (2007). Planificación estratégica Plantaciones Forestales en el Ecuador.
- Ecuador Forestal*. (2012). Obtenido de <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-6-guayacan/>
- Flores, J. (2001). Evaluación de cuatro especies forestales en rendimiento de celulosa para la fabricación de papel. (Tesis de grado). Universidad de San Martín. Obtenido de file:///C:/Users/DELL/OneDrive/articulos%202019/articulo%20caracterizacion%20quimica%20de%20la%20madera%20nov/tesis%20iQUITOS.pdf
- Fonseca, M. (2006). Determinación de la composición química de la madera de pino candelillo (*Pinus maximinoi* H. E. Moore) procedente de la finca río frío, tactic, alta Verapaz (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- FAO (2012). Programa de evaluación de los recursos forestales. Obtenido de. [www.fao.org/3/a-au190s.pdf](http://www.fao.org/3/a-au190s.pdf)
- Gonzales, H. (2013). *Productos forestales de transformación química*. Lima: Dto. de Industrias Forestales.
- Lima, L. (2013). *Evaluación de la composición química y propiedades físicas de la madera y corteza*. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/3530/1/1080256594.pdf>
- Mendoza, Z. (2015). *Especies forestales más aprovechadas en la región sur del Ecuador*. Loja: ediloja.
- Mitchell, R. Rogers, S. & Ritter, G. (1948). Hemicelluloses from Maple Holocellulose. *Industrial & Engineering Chemistry*, 40(8), 1528-1529.
- Mora, H. (2013). Productos Forestales de Transformación Química. En H. E. Mora, *Productos Forestales de Transformación Química* (págs. 12-24). Lima.
- Núñez, E. (2008). Obtenido de Química de la madera: <http://www.cenunez.com.ar/archivos/69->
- Paz, F. (2008). Determinación de la composición química de la madera obtenida del primer clareo en arboles de melina (*Gmelina arborea* Roxb.), de una plantación proveniente del departamento de Izabal. (Tesis de Grado) Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1090\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1090_Q.pdf)



- Pereira, H. Graça, J. Rodrigues, J (2003). Wood chemistry in relation to quality. In: Barnett, J.R.; Jeronimidis, G. (Ed). Wood quality and its biological basis. Oxford: CRC Press. cap. 3, p. 53-86.
- Quinde, A. (2013). *Fundamentos de química de la madera*. Perú: Universidad Nacional Agraria "La Molina".
- Salazar, A. y Pérez., J. (1998). "Determinación de componentes químicos de la madera de cinco especies de encino del estado de Puebla". *Rev. Madera y Bosque*. 4 (2), 79-93
- Solla, F. Rodríguez, R. Merino A. (2001). Evaluación del aporte de cenizas de madera como fertilizante de un suelo ácido mediante un ensayo de laboratorio. Obtenido de [www.inia.es/GCONTREC/pub/solla\\_1161156613093.pdf](http://www.inia.es/GCONTREC/pub/solla_1161156613093.pdf)
- TAPPI Technical Association of the Pulp and Paper Industry, (1978).
- Tsoumis, George. *Science and Technology of Wood*. Editorial Van Nostrand Reinhold. New York, 1982.