

# COMPOSICIÓN QUÍMICA DE CUATRO EUCALIPTOS, DE UNA PLANTACIÓN EXPERIMENTAL EN MORELIA, MÉXICO

Nallely Sariana Martínez-Ríos<sup>1</sup>, Fabiola Eugenia Pedraza-Bucio<sup>2</sup>, Pablo López-Albarrán<sup>3</sup>, Jorge Luiz Colodette<sup>4</sup>, José Guadalupe Rutiaga-Quiñones\*<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tesista de Licenciatura, <sup>2</sup>Tesista de Maestría. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Morelia, México.

<sup>4</sup>Laboratório de Celulose e Papel. Universidade Federal de Viçosa, MG. Brasil.

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Apartado Postal 580. C.P. 58000 Morelia, Michoacán, México.

[rutiaga@zeus.umich.mx](mailto:rutiaga@zeus.umich.mx)

## INTRODUCCIÓN

La industria mexicana de la celulosa se ha enfocado a utilizar principalmente especies maderables tradicionales del género *Pinus* y del género *Quercus*, que son de lento crecimiento, esto, ha provocado problemas de abastecimiento de materia prima, y así ha tomado importancia la necesidad de las plantaciones de especies maderables de rápido crecimiento para este fin, como el eucalipto. El género *Eucalyptus* se encuentra distribuido en gran parte del mundo, presuntamente introducido en México a fines del siglo antepasado encontrándose 75 especies en el territorio nacional [1]. Debido a este grado de expansión geográfica que ha alcanzado es de esperar importantes variaciones en su composición química [2]. Para este trabajo se eligieron cuatro especies de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. robusta* y *E. saligna*), procedentes de la plantación experimental de la industria local de celulosa Crisoba Industrial, S. A. de C. V., para determinar su composición química básica y en base a este alcance, sugerir la mejor alternativa para promover plantaciones comerciales en la región.

## METODOLOGÍA

Se derribó un ejemplar de cada especie, con edad aproximada de siete años, de la plantación experimental de Crisoba Industrial, planta Morelia, en el Estado de Michoacán, México. El estudio para la composición química se realizó a dos alturas del fuste comercial (siendo la primer troza de 1.3 m a partir del tocón; y la segunda troza de 1.3 m tomada a 3.9 m del tocón). El material, seco al aire libre, se trituró, molió y tamizó, para obtener la fracción de malla 40, empleada para los análisis. Para conocer las propiedades químicas de las cortezas se determinó el pH [3], contenido de sustancias inorgánicas [4], de sustancias extraíbles, de

lignina [5] y de holocelulosa [6]. Para determinar la cantidad de extraíbles, se aplicó una secuencia de extracción con solventes de polaridad creciente: ciclohexano, acetona, metanol y agua. A fin de determinar diferencias estadísticas en las propiedades químicas de la corteza, en la misma especie y entre las especies, se aplicó un diseño experimental factorial 4x2, con n = a una réplica [7], donde los factores y niveles fueron: A = especie (cuatro especies de eucalipto), B = zona (abajo, arriba). Los resultados se analizaron a 95% de confianza estadística, mediante el programa Statgraphics Plus versión 4.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Valor de pH

El análisis de varianza para pH antes de la extracción con solventes, indica que tanto el factor especie como el factor zona tienen influencia estadística. De esta forma, el pH más ácido correspondió a la madera tomada de la parte baja del fuste (Fig. 1), lo que puede explicarse por la mayor cantidad de sustancias extraíbles, como lo muestran los resultados de la cantidad total de extraíbles (Fig. 3). Esto concuerda con la literatura [8], pues es conocido que el pH está influenciado por las sustancias extraíbles y que dichas sustancias se concentran por lo general cerca del tocón, además, se ha reportado también pH más ácido en muestras de albura y de duramen, tomadas cerca del fuste en comparación con las muestras tomadas al final del fuste comercial en tres especies de eucalipto [9].

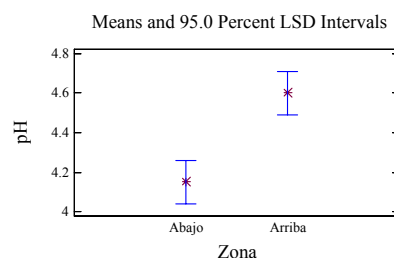
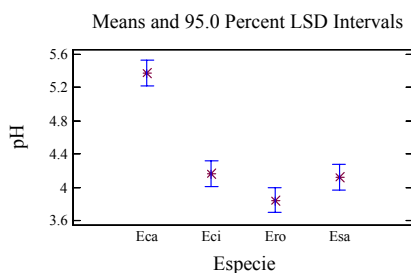


Figura 1. Efecto de la zona sobre pH

Para el mismo caso del pH, el análisis de varianza indica que existen diferencias estadísticas por la especie. Como se aprecia en la figura 2, la madera menos ácida fue *E. camaldulensis*, con un valor de 5.37, siendo diferente estadísticamente en comparación con las otras tres especies, pero entre ellas no se encontró diferencia estadística en esta variable de respuesta.



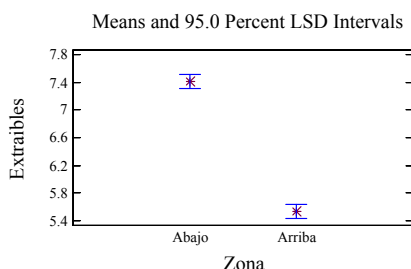
**Figura 2.** Efecto de la especie sobre pH

### Sustancias inorgánicas

Los resultados del análisis de varianza indican también diferencias estadísticas de los dos factores sobre el contenido de sustancias inorgánicas presentes en las muestras de madera. El valor mayor correspondió a *E. camaldulensis* con 0.75%, mientras que la menor fue *E. robusta* con 0.30%. Los resultados obtenidos concuerdan en general con los reportados en albura y duramen en *E. citriodora*, *E. robusta* y *E. saligna* [9] y se encuentran dentro del rango reportado en general para especies latifoliadas de clima templado [8].

### Sustancias extraíbles

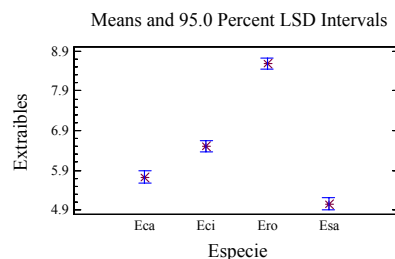
Para el contenido total de sustancias extraíbles, obtenido mediante la secuencia de extracción aplicada, el análisis de varianza indica, que tanto la zona, como la especie tienen efecto estadístico significativo sobre esta variable de respuesta. La figura 3 muestra la diferencia según la zona, donde se aprecia que el mayor rendimiento logrado fue en las muestras tomadas de la zona inferior, más cercana al tocón. Como se señaló en el apartado de pH, estos resultados coinciden con lo reportado en la literatura [8]. Por otra parte, es conocido que en la zona más alejada de la base del árbol existe menor proporción de duramen y por lo general éste es más rico en sustancias extraíbles que la albura [8], lo que también está en concordancia con los resultados obtenidos.



**Figura 3.** Efecto de la zona sobre el contenido de sustancias extraíbles (%)

El contenido total de sustancias extraíbles varió de 5.1 para *E. saligna* a 8.6% para *E. robusta* (Fig. 4). Estos resultados muestran la variación que puede haber dentro de muestras de madera

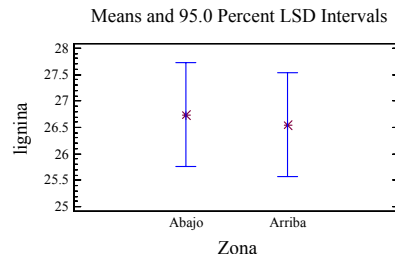
de especies del mismo género, como lo señala la literatura [10], [11].



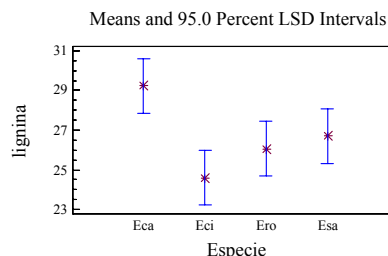
**Figura 4.** Efecto de la especie sobre el contenido de sustancias extraíbles (%)

### Lignina

El análisis de varianza para el contenido de lignina, indica que el factor zona no tuvo efecto estadístico significativo (Fig. 5), solamente el factor especie (Fig. 6), cuyos resultados muestran que la especie con el mayor contenido de lignina fue *E. camaldulensis* con un valor de 29.2% y la menor fue *E. citriodora*, con valor de 24.6%, existiendo diferencias estadísticas entre ambas muestras. Aún cuando no se dispuso de datos para madera juvenil de especies de eucalipto, los valores encontrados en el presente trabajo se encuentran dentro del rango de especies latifoliadas de clima templado [8].



**Figura 5.** Efecto de la zona sobre el por ciento de lignina

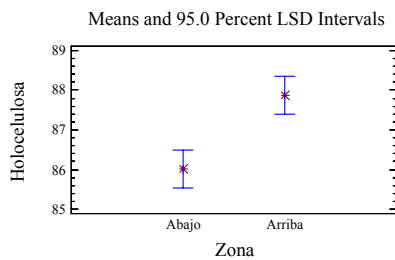


**Figura 6.** Efecto de la especie sobre el por ciento de lignina

### Holocelulosa

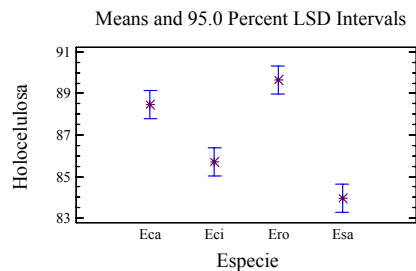
Para el caso del contenido de holocelulosa, el análisis de varianza indica que ambos factores, zona y especie, tuvieron efecto significativo sobre esta variable de respuesta (Fig. 7, Fig. 8). En promedio para las muestras tomada de la zona

de abajo el contenido de holocelulosa es de 86.0%, mientras que para las muestras de la zona de arriba el valor es de 87.8%, diferencia que podría deberse a error experimental.



**Figura 7.** Efecto de la zona sobre el por ciento de holocelulosa

La madera con menor contenido de holocelulosa fue *E. saligna* (83.9%), mientras que la que tuvo mayor cantidad fue *E. robusta* (89.6%). Como se aprecia en la figura 8, existe diversidad en los resultados, lo que indica la variabilidad, que la madera presenta, siendo aún del mismo género, lo que coincide con la literatura [8].



**Figura 8.** Efecto de la especie sobre el por ciento de holocelulosa

La Tabla 1 resume los valores promedio encontrados para cada especie de eucalipto en el análisis químico básico realizado. Aún cuando estos datos no deben tomarse como absolutos, son valores que sirven de indicativo sobre las determinaciones hechas y dan un panorama sobre la respectiva composición química de estas maderas, muestras por otra parte, la variabilidad que se puede encontrar en el material madera.

**Tabla 1.** Resumen del análisis químico

Esp	Determinación				
	pH	SI (%)	E (%)	L (%)	H (%)
Eca	5.37	0.75	5.7	29.2	88.4
Eci	4.16	0.45	6.5	24.6	85.7
Ero	3.84	0.30	8.6	26.1	89.6
Esa	4.11	0.40	5.1	26.7	83.9

Notación:

Esp = especie

SI = sustancias inorgánicas

E = extraíbles

L = lignina

H = holocelulosa

Eca = *E. camaldulensis*

Eci = *E. citriodora*

Ero = *E. robusta*

Esa = *E. saligna*

## CONCLUSIONES

Se encontró que el valor de pH de la madera varió de 3.84 (*E. robusta*) a 5.37 (*E. camaldulensis*).

El contenido de sustancias inorgánicas varió de 0.30% (*E. robusta*) a 0.75% (*E. camaldulensis*).

Se encontró que la madera con mayor contenido de sustancias extraíbles fue *E. robusta* (8.6%) y con menor cantidad fue *E. saligna* (5.1%).

El valor menor de lignina correspondió a *E. citriodora* (24.6%), el valor mayor fue para *E. camaldulensis* (29.2%).

Se encontró que la madera de *E. saligna* contiene menor cantidad de lignina (83.9%) y la madera con mayor contenido fue *E. robusta* (89.6%).

Por el bajo contenido de lignina, *E. citriodora* se recomendaría para promover plantaciones para material celulósico, aunque *E. saligna*, por su bajo contenido de extraíbles, también podría ser factible.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen profundamente a los Fondos Mixtos del CONACYT-Gobierno de Michoacán el apoyo al proyecto JGRQ-12450 (2003-2006), al Departamento de Madera, Celulosa y Papel de la Universidad de Guadalajara y a la Empresa Crisoba Industrial, S. A. de C. V., planta Morelia.

## REFERENCIAS

[1] Macias-Díaz JE (1993) Alternativas para el establecimiento de plantaciones forestales para la producción de material celulósico en el Estado de Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 40p.

[2] Hillis WE (1984) Eucalyptus for wood production. CSIRO ACADEMIC PRESS.

[3] Sandermann W, Rothkamm M (1959) Über die Bedeutung der pH-Werte von Handelshölzern und deren Bedeutung für die Praxis. Holz Roh Werkst. (17): 433-440.

[4] TAPPI (2000) Test Methods TAPPI Press. Atlanta. (T 211 om-93).

[5] Runkel ROH, Wilke KD (1951) Zur Kenntnis des thermoplastischen Verhaltens von Holz. Holz Roh Werkst. (9): 260-270.

[6] ASTM (2000) Annual book of ASTM standards. (Designation D 1104-56, Reapproved 1978). West Conshohocken, PA. EUA.

[7] Montgomery DC (1991) Diseño y análisis de experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica. México.

[8] Fengel D, Wegener G (1983) Wood – chemistry, ultrastructure, reactions. Walter de Gruyter. Berlin. New York.

[9] Coello-Ruiz I (2006) Composición química de la madera de tres especies de eucalipto. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 66p.

[10] Hillis WE (1971) Distribution Properties and Formation of Some Wood Extractives. Wood Sc. Technol. 5: 271-289.

[11] Shiraishi *et al.* (1991) Wood and Cellulose Chemistry. Edited by David N. and Hon S. Clemson University South Carolina. U.S. 1225 pp.