



UNIVERSIDAD DEL MAR

Campus Puerto Escondido.

**PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA DE *Gmelina arborea* (Roxb.)
PROVENIENTE DE PLANTACIÓN, QUE REPERCUTEN EN SU CALIDAD**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL**

PRESENTA:

EDGAR FLORENCIO HERNÁNDEZ ESCAMILLA

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. JUANA LAURA RIVERA NAVA

Puerto Escondido, San Pedro Mixtepec, Oaxaca, Marzo del 2012.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad del Mar Campus Puerto Escondido**. Por haberme permitido cursar la carrera.

Al **Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)** Campo Experimental San Martinito, Tlahuapan, Puebla. Por su apoyo.

Al **Dr. José Amador Honorato Salazar**. Gracias por haberme brindado la oportunidad de trabajar en el INIFAP, por su buena disposición en transmitir sus conocimientos y aclarar mis dudas, pero sobre todo gracias por su amistad y la confianza depositada en mí.

A la **Dra. Juana Laura Rivera Nava**. Por brindarme su amistad, su apoyo incondicional, por aclarar mis dudas y por depositar toda su confianza en mí.

Al M. en C. Rolando Galán Larrea. Por su buena disposición en formar parte del comité de tesis y por sus sugerencias que sirvieron para mejorar aún más este trabajo.

A la **M. en C. Gricelda Valera Venegas**. Por formar parte del comité de tesis y por sus sugerencias que ayudo a enriquecer aún más este trabajo.

Al **M. en C. Manuel Alejandro Robles Chavira**. Por formar parte del comité de tesis y por sus valiosas sugerencias.

Al **M en C. Manuel Enrique Ovando Cruz**. Por la donación de los árboles de *Gmelina arborea*.

DEDICATORIA

A mis padres: ***Florencio Hernández Cruz y María Escamilla Silva***, por darme lo más valioso que es la vida, por su apoyo incondicional y esfuerzo para que yo pudiera terminar la universidad, y sobre todo gracias por la confianza depositada en mí.

A mis hermanos: ***Vidala, Rafael, Carmen, Elizabeth, Edith y Obed*** por el apoyo que siempre me han brindado.

A todos mis familiares.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. HIPÓTESIS	3
4. REVISIÓN DE LITERATURA	4
4.1. Usos e importancia de la madera.....	4
4.2. Calidad de la madera	5
4.3. Cinco propiedades físicas que influyen en la calidad de la madera	7
4.3.1. Densidad.....	7
4.3.2. Contenido de humedad.....	13
4.3.3. Contracción volumétrica, tangencial y radial.....	14
4.3.3.1. Coeficiente de contracción volumétrica	20
4.3.4. Anisotropía y punto de saturación de la fibra	20
4.4. <i>Gmelina arborea</i> (Roxb.).....	22
4.4.1. Características generales	22
4.4.2. Componentes anatómicos y químicos	23
4.4.3. Distribución	24
4.4.4. Usos.....	24
4.4.5. Fenología.....	25
4.4.6. Importancia.....	26
5. MATERIALES Y MÉTODOS	28
5.1. Localización	28
5.1.1. Clima	30
5.1.2. Hidrología	30
5.1.3. Vegetación y tipo de suelo.....	30
5.2. Elección y colecta de los árboles	30
5.3. Obtención de probetas.....	32

5.4. Descripción del equipo utilizado.....	33
5.5. Determinación de propiedades físicas.	33
5.5.1. Determinación del contenido de humedad y de las densidades	38
5.5.2. Determinación de las contracciones, la relación de anisotropía, el punto de saturación de la fibra y el coeficiente de contracción volumetrica	39
5.6. Análisis estadístico.....	41
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
6.1. Resultados en probetas de 2 x 2 x 2 cm	43
6.1.1. Densidades.....	43
6.1.2. Contracciones.....	51
6.1.2.1. Coeficiente de contraccion volumétrica	60
6.1.3. Punto de saturación de la fibra.	61
6.1.4. Relación de anisotropía	61
6.2. Resultados en probetas de 5 x 5 x 10 cm	62
6.2.1. Densidades.....	62
6.2.2. Contracciones.....	67
6.2.2.1. Coeficiente de contracción volumetrica.....	74
6.2.3. Punto de saturación de la fibra	75
6.2.4. Relación de anisotropía	75
6.3. Usos posibles	76
6.4. Comportamiento de las contracciones	77
7. CONCLUSIONES.....	81
8. RECOMENDACIONES	82
9. LITERATURA CITADA	83
10. ANEXOS	95

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características dasométricas de los árboles seleccionados para las pruebas físicas.	31
Cuadro 2. Número de probetas por árbol.....	34
Cuadro 3. Densidades promedio para la especie <i>Gmelina arborea</i> en probetas de 2 x 2 x 2 cm.	46
Cuadro 4. Resultados estadísticos de las densidades promedio de cuatro árboles de la madera de <i>Gmelina arborea</i> en probetas de 2 x 2 x 2 cm.	46
Cuadro 5. Resultados estadísticos de las densidades promedio de la madera de <i>Gmelina arborea</i> por altura en probetas de 2 x 2 x 2 cm.	47
Cuadro 6. Resultado estadísticos de las densidades promedio de la madera de <i>Gmelina arborea</i> entre albura y duramen para en probetas de 2 x 2 x 2 cm.	48
Cuadro 7. Resultados estadísticos de las densidades promedio de la madera de <i>Gmelina arborea</i> para la altura a 1.30 m en los cuatro árboles en probetas de 2 x 2 x 2 cm.	49
Cuadro 8. Resultados estadísticos de las densidades promedio de la madera de <i>Gmelina arborea</i> para la altura a 2.60 m en los cuatro árboles en probetas de 2 x 2 x 2 cm.	50
Cuadro 9. Resultados estadísticos de las densidades de la madera de <i>Gmelina arborea</i> a seis diferentes alturas para el árbol 1 en probetas de 2 x 2 x 2 cm.	51
Cuadro 10. Contracciones promedio de cuatro árboles de <i>Gmelina arborea</i>	53
Cuadro 11. Resultados estadísticos de las contracciones de la madera de <i>Gmelina arborea</i> en cuatro árboles psra probetas de 2 x 2 x 2 cm.	54
Cuadro 12. Análisis de correlación entre densidades y contracciones en probetas de 2 x 2 x 2 cm.	55
Cuadro 13. Resultados estadísticos de las contracciones de la madera de <i>Gmelina arborea</i> a dos diferentes alturas en probetas de 2 x 2 x 2 cm.	56
Cuadro 14. Resultados estadísticos de las contracciones de la madera de <i>Gmelina arborea</i> para la albura y duramen de cuatro árboles en probetas de 2 x 2 x 2 cm.	57

Cuadro 15. Resultados estadísticos de las contracciones de la madera de <i>Gmelina arborea</i> para la altura a 1.30 m de cuatro árboles en probetas de 2 x 2 x 2 cm.	58
Cuadro 16. Resultados estadísticos de las contracciones de la madera de <i>Gmelina arborea</i> para la altura a 2.60 m de cuatro árboles en probetas de 2 x 2 x 2 cm.	59
Cuadro 17. Resultados estadísticos de las contracciones de la madera de <i>Gmelina arborea</i> a seis diferentes alturas para el árbol 1 en probetas de 2 x 2 x 2 cm.	59
Cuadro 18. Resultados estadísticos promedio del punto de saturación de la fibra y relación de anisotropía en probetas de 2 x 2 x 2 cm.	61
Cuadro 19. Densidades promedio para <i>Gmelina arborea</i> en probetas de 5 x 5 x 10 cm.	64
Cuadro 20. Resultados estadísticos de las densidades de la madera de <i>Gmelina arborea</i> en cuatro árboles para las probetas de 5 x 5 x 10 cm.	64
Cuadro 21. Resultados estadísticos de las densidades de la madera de <i>Gmelina arborea</i> por altura para las probetas de 5 x 5 x 10 cm.	65
Cuadro 22. Resultados estadísticos de las densidades de la madera de <i>Gmelina arborea</i> para la altura a 1.30 m de cuatro árboles para probetas de 5 x 5 x 10 cm.	66
Cuadro 23. Resultados estadísticos de las densidades de la madera de <i>Gmelina arborea</i> para la altura a 2.60 m de cuatro árboles para probetas de 5 x 5 x 10 cm.	66
Cuadro 24. Resultados estadísticos de las densidades de la madera de <i>Gmelina arborea</i> para las 6 alturas (en metros) del árbol 1 en probetas de 5 x 5 x 10 cm.	67
Cuadro 25. Contracciones promedio de la madera de <i>Gmelina arborea</i> en probetas de 5 x 5 x 10 cm.	68
Cuadro 26. Resultados estadísticos de las contracciones de la madera de <i>Gmelina arborea</i> en cuatro árboles para las probetas de 5 x 5 x 10 cm.	69
Cuadro 27. Resultados estadísticos de las contracciones de la madera de <i>Gmelina arborea</i> a dos diferentes alturas en probetas de 5 x 5 x 10 cm.	70
Cuadro 28. Análisis de correlación entre densidades y contracciones en probetas de 5 x 5 x 10 cm.	70

Cuadro 29. Resultados estadísticos de las contracciones de la madera de <i>Gmelina arborea</i> para la altura a 1.30 m de cuatro árboles para probetas de 5 x 5 x 10 cm.	71
Cuadro 30. Resultados estadísticos de las contracciones de la madera de <i>Gmelina arborea</i> para la altura a 2.60 m de cuatro árboles en probetas de 5 x 5 x 10 cm.	72
Cuadro 31. Resultados estadísticos de las contracciones de la madera de <i>Gmelina arborea</i> para las 6 alturas (en metros) del árbol 1 en probetas de 5 x 5 x 10 cm.	72
Cuadro 32. Comparación de los resultados de las pruebas físicas en probetas de 2 x 2 x 2 y 5 x 5 x 10 cm.	73
Cuadro 33. Valores promedio del punto de saturación de la fibra y relación de anisotropía para probetas de 5 x 5 x 10 cm.	75
Cuadro 34. Estimadores y coeficientes de determinación de los valores de contracción ajustados para cada una de las direcciones lineales en probetas de 2 x 2 x 2 cm.	78
Cuadro 35. Estimadores y coeficientes de determinación de los valores de contracción ajustados para cada una de las direcciones lineales para probetas de 5 x 5 x 10 cm.	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Direcciones principales de la madera (Forest Products Laboratory, 2010).....	15
Figura 2. Fuste del árbol de <i>Gmelina arborea</i>	23
Figura 3. Rango de distribución natural de <i>Gmelina arborea</i> . (Rojas, <i>et al.</i> , 2004).	24
Figura 4 Mapa de localización del área de estudio.	29
Figura 5. Patrón de corte de los árboles (Zarate <i>et al.</i> , 2001).	31
Figura 6. Obtención de las probetas para las pruebas físicas.....	32
Figura 7. Saturación de las probetas de 2 x 2 x 2 cm mediante las bombas de vacío.....	34
Figura 8 a) Marcado de las probetas, b) Pesado de las probetas, c) Medición de las probetas, d) Secado de las probetas en la estufa	35
Figura 9. Probetas dentro del desecador	36
Figura 10. Medición del volumen.....	37
Figura 11. Determinación del punto de saturación de la fibra y el coeficiente de contracción volumétrica en cubos de 2 x 2 x 2 cm.	60
Figura 12. Determinación del punto de saturación de la fibra y el coeficiente de contracción volumétrica en probetas de 5 x 5 x 10 cm.....	74
Figura 13. Relación entre el contenido de humedad y las contracciones para los cubos de 2 x 2 x 2 cm. Los símbolos representan los valores experimentales y las líneas continuas los valores ajustados.....	79
Figura 14. Relación entre el contenido de humedad y las contracciones para las probetas de 5 x 5 x 10 cm. Los símbolos representan los valores experimentales y las líneas continuas los valores ajustados.	80

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar cinco propiedades físicas de la madera de *Gmelina arborea* (Roxb.) proveniente de plantación en Río Grande, Oaxaca. Las características que se determinaron fueron las densidades, contracciones, contenido de humedad, anisotropía y punto de saturación de la fibra.

Los resultados indicaron que existen diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre árboles, entre alturas, entre albura y duramen, entre tamaños de probetas. Los resultados de las propiedades físicas en probetas de 2 x 2 x 2 cm presentaron una densidad básica de 0.43 g/cm³, las contracciones total tangencial, radial, longitudinal y volumétrica fue de 5.75 %, 3.32 %, 0.62 % y 9.44 % respectivamente, con un valor de 24.65% del punto de saturación de la fibra y de 1.73 de la relación de anisotropía. En probetas de 5 x 5 x 10 cm presentó una densidad básica de 0.44 g/cm³, la contracción total tangencial, radial, longitudinal y volumétrica respectiva fue de 4.29 %, 2.33 %, 0.32 % y 6.87 % , punto de saturación de la fibra de 17.41 y relación de anisotropía de 1.84.

Con base en los resultados obtenidos de las propiedades físicas, la madera de *Gmelina arborea* presentó las características para ser empleada en: construcción de viviendas, muebles, pisos, contrachapado, vigas laminadas, tableros de fibra y de partículas y tarimas.

Palabras clave: calidad, contracción, densidad, anisotropía, punto de saturación de la fibra, contenido de humedad.

ABSTRACT

The objective of the current research was to determine five physical properties of *Gmelina arborea* (Roxb.) wood, from a plantation of Rio Grande, Oaxaca. The determined traits were densities, shrinkage, moisture content, the ratio of tangential to radial shrinkage (T/R) and fiber saturation point.

The results indicated significant differences ($p \leq 0.05$) among trees, heights, sapwood and heartwood, including size specimen. The results of physical wood properties in specimens 2 x 2 x 2 cm showed a basic density of 0.43 g/cm³, tangential, radial longitudinal and volumetric shrinkage was 5.75 %, 3.32 %, 0.62 % and 9.44 % respectively, with a value of 24.65 for the fiber saturation point and 1.73 for the T/R ratio. Specimens of 5 x 5 x 10 cm presented a basic density of 0.44 g/cm³, respective tangential, radial longitudinal and volumetric shrinkage of 4.29%, 2.33%, 0.32% and 6.87%, fiber saturation point of 17.41% and T/R ratio of 1.84.

Based on the obtained results of physical properties, *Gmelina arborea* wood showed the characteristics to be used in housing construction, furniture, flooring, plywood, glulam beams, particle and fiber boards and pallets.

Keywords: wood quality, shrinkage, density, T/R ratio, fiber saturation point, moisture content