



**UNIVERSIDAD DEL MAR**  
**CAMPUS PUERTO ESCONDIDO**

**CUANTIFICACIÓN DE LEÑA EN UN ACAHUAL INTERVENIDO CON  
ROZA, TUMBA Y QUEMA EN LA REGIÓN COSTA DE OAXACA**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERO FORESTAL**

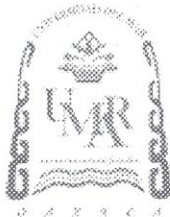
**PRESENTA**

**JULIO CÉSAR PÉREZ GALEANA**

**DIRECTOR DE TESIS**

**M. EN C. ROLANDO GALÁN LARREA**

**PUERTO ESCONDIDO, OAX., NOVIEMBRE DE 2011.**



# UNIVERSIDAD DEL MAR

*Puerto Escondido - Puerto Ángel - Huatulco*

*O A X A C A*

Puerto Escondido, San Pedro Mixtepec, Oax., 4 de noviembre de 2011.

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de realizar una revisión detallada de la Tesis “**Cuantificación de leña en un acahual intervenido con roza, tumba y quema en la región Costa de Oaxaca**”, presentada por el pasante en Ingeniería Forestal **Julio César Pérez Galeana**, se considera que cumple con los requisitos y la calidad necesaria para ser defendida en el examen profesional.

### COMISIÓN REVISORA

  
M. en C. **Rolando Galán Larrea**

Universidad del Mar

**Director de tesis**

  
M. en C. **Mario Valerio Velasco García**

Universidad del Mar

**Revisor**

  
Dr. **Narciso Ysac Ávila Serrano**

Universidad del Mar

**Revisor**

  
Dra. **Juana Laura Rivera Nava**

Universidad del Mar

**Revisor**

  
M. en C. **Gricelda Valera Venegas**

Universidad del Mar

**Revisor**

## **AGRADECIMIENTOS**

Errores, fracasos, lágrimas, dolor pero también logros, alegrías, felicidad, cariño y amor me han forjado...**gracias DIOS** porque a lo largo de mi vida y estancia en la Universidad del Mar campus Puerto Escondido he conocido muchas personas, de las cuáles he procurado aprender cosas positivas y desechar aquellas negativas; de mis maestros su conocimiento y experiencia, de mis amigos su amistad, tolerancia y comprensión, y de mis papás...su Amor.

**Gracias Dios padre...Gracias a todos ustedes hermanos de luz y en especial a mis hermanos Cenaidita, Juan y David.**

**A mis papás, el Sr. Félix Pérez Labastida, Sra. Alma Delia Galeana González; y a mi hermano Juan Diego** por todo el esfuerzo hecho para que yo pudiese llegar a estas instancias, no me alcanzará el tiempo para retribuirles todos sus sacrificios. Este trabajo no solo es mío sino de ustedes también.

**A mis segundos papás** que por más de 5 años me han brindado su apoyo, cariño y hospitalidad; al **Sr. Antonio Gumercindo Hernández, Sra. Marta Hernández y familia**, porque a pesar de haber llegado como un extraño me abrieron las puertas de su hogar y corazón...Gracias por que nunca me sentí lejos de casa.

A la **Dra. Margarita Bernabé Pineda** por su amistad y apoyo incondicional en el inicio de mi formación, ya que gracias a ella comprendí el significado de ser universitario. Con su ejemplo inculcó en mí el amor a la carrera y profesión que desempeñaré con responsabilidad.

A la **UMAR** por haberme proporcionado las instalaciones, equipo, facilidades y herramientas necesarias en mi formación.

A mis revisores el **M. en C. Mario Valerio Velasco García, M. en C. Gricelda Valera Venegas, Dr. Narciso Ysac Ávila Serrano, Dra. Juana Laura Rivera Nava** y en especial a mi director de tesis el **M. en C. Rolando Galán Larrea y familia** por su apoyo, así como las facilidades que me brindaron para realizar esta investigación en Pinotepa de Don Luis.

A todos mis **maestros de la UMAR** por la paciencia, comprensión, apoyo y conocimientos que me han brindado. No tengo palabras para agradecerles a todos los involucrados directa e indirectamente en este trabajo...gracias.

*“Hombre de ciencia, a ti te hablo, tú que ves por tu ventana, estrellas y  
galaxias lejanas. Ni con todo tu poder, puedes ver a tu lado...  
a tu ángel de la guarda”*

(Félix Pérez Labastida)

...a *Dios* padre,

a mis hermanos de luz  
y a mis papás

Félix Pérez Labastida  
y  
Alma Delia Galeana González

que me han apoyado incondicionalmente,  
este logro es de ustedes.

*Porque ser hombre de ciencia no significa*

*no tener FE, ESPERANZA y AMOR...*

*no significa dejar de creer en Dios...*

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	4
2.1. General.....	4
2.2. Específicos.....	4
III. HIPÓTESIS.....	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1. Selva mediana subcaducifolia (SMS).....	5
4.2. Vegetación secundaria (Acahual).....	9
4.3. El método de roza, tumba y quema (RTQ).....	12
4.4. Leña.....	15
4.4.1. Antecedentes sobre disponibilidad y producción de leña.....	21
4.4.2. Especies de mayor uso como leña en México.....	25
4.4.3. Producción de leña y carbón en México.....	26
4.4.4. Cubicación.....	28
4.4.4.1. Coeficiente de apilamiento (CA).....	29
4.5. Análisis de la relación beneficio-costo.....	40
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
5.1. Área de estudio.....	42
5.1.1. Vegetación.....	42

5.1.2.	Clima.....	44
5.1.3.	Geología y suelo.....	44
5.1.4.	Hidrología.....	45
5.2.	Descripción de las principales especies del acahual.....	45
5.2.1.	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex. Griseb. (FABACEAE).....	45
5.2.2.	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken. (BORAGINACEAE).....	47
5.2.3.	<i>Psidium guajava</i> L. (MYRTACEAE).....	48
5.2.4.	<i>Diphysa robinoides</i> Benth. (FABACEAE).....	49
5.2.5.	<i>Coccoloba barbadensis</i> Jacq. (POLYGONACEAE).....	50
5.3.	Características y variables evaluadas.....	51
5.3.1.	Características estructurales de la vegetación arbórea.....	51
5.3.2.	Determinación del volumen.....	52
5.3.2.1.	Obtención, apilado y volumen aparente de la leña.....	52
5.3.2.2.	Obtención del coeficiente de apilamiento (CA).....	53
5.3.2.3.	Obtención del volumen real por coeficiente de apilamiento.....	55
5.3.2.4.	Obtención del volumen por el método ponderal.....	55
5.3.2.5.	Cálculo del volumen de la carga.....	56
5.3.3.	Análisis de la relación beneficio-costo de la extracción de leña.....	57
5.3.4.	Diseño experimental y análisis estadístico.....	58
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	59
6.1.	Características estructurales de la vegetación arbórea.....	59
6.2.	Determinación del volumen.....	71
6.2.1.	Volumen aparente.....	71
6.2.2.	Obtención del coeficiente de apilamiento (CA).....	72
6.2.3.	Volumen real por coeficiente de apilamiento.....	75
6.2.4.	Volumen por el método ponderal.....	77
6.2.5.	Cálculo del volumen de la carga.....	80
6.3.	Análisis de la relación beneficio-costo de la extracción de leña.....	81

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....84  
7.1. Conclusiones.....84  
7.2. Recomendaciones.....85  
  
VIII. LITERATURA CITADA.....87



## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro 1. Superficie de selvas a nivel nacional y para el estado de Oaxaca (INEGI, 2008b).....	9
Cuadro 2. Importancia ecológica y económica de los acahuales (Smith <i>et al.</i> , 1997).....	11
Cuadro 3. Producción anual de combustibles de madera a nivel mundial y por regiones en el 2007 (FAO, 2008).....	17
Cuadro 4. Consumo <i>per cápita</i> de leña en México por zonas ecológicas (Díaz, 2000, citado en González, 2007).....	18
Cuadro 5. Producción de leña en México y en el estado de Oaxaca, en el periodo de 1997 a 2007 (SEMARNAT, 2008).....	20
Cuadro 6. Nombres comunes de especies preferentemente utilizadas en algunas regiones de México (FAO, 2001a).....	25
Cuadro 7. Producción de madera destinada para leña y carbón en algunas entidades federativas de la República Mexicana para el 2001 (Correa, 2005).....	26
Cuadro 8. Producción de leña por estado en el periodo 1997 a 2007 (SEMARNAT, 2008). ....	27
Cuadro 9. Otras dimensiones de cuerdas para pilas de leñas según Donald y Schumacher (1965).....	30
Cuadro 10. Tipología y dimensiones de las pilas de leña obtenida en un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.....	53

Cuadro 11. Especies localizadas en un acahual de Pinotepa de Don Luis, Oaxaca antes de realizarse la roza, tumba y quema.....	61
Cuadro 12. Distribución por categoría diamétrica de las especies arbóreas existentes en un acahual en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca, antes de ser intervenido con roza, tumba y quema.....	63
Cuadro 13. Distribución por categoría de alturas de las especies arbóreas existentes en el acahual en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca, antes de ser intervenido con roza, tumba y quema.....	68
Cuadro 14. Área basal por especie de todos los individuos del acahual en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca, antes de ser intervenido con roza, tumba y quema.....	70
Cuadro 15. Número y volumen aparente de las pilas generadas para cada una de las especies estudiadas en un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.....	71
Cuadro 16. Coeficientes de apilamiento por tipo de pila obtenido para las especies estudiadas en un acahual intervenido con roza, tumba y quema en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.....	72
Cuadro 17. Coeficientes de apilamiento (Media $\pm$ E.E.) para las especies estudiadas en un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.....	73
Cuadro 18. Peso de las cargas de leña (Media $\pm$ E.E.) para las especies estudiadas en un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.....	74

Cuadro 19. Volumen real total de leña obtenido por el método coeficiente de apilamiento para las especies estudiadas en un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.....	76
Cuadro 20. Peso y volumen real obtenido por el método ponderal de las pilas tipo “A” y “B” de las especies estudiadas en un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.....	78
Cuadro 21. Volumen real obtenido para el total del VA, mediante el método coeficiente de apilamiento (cuadrado móvil) y por el método ponderal, en un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.....	79
Cuadro 22. Número de cargas y peso de las pilas tipo “B”, volumen aparente total (pilas “A” y “B”) y cargas totales obtenidas de leña para las especies estudiadas en un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.....	80
Cuadro 23. Costos totales generados por la extracción de la leña comercial en un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.....	82
Cuadro 24. Ingresos obtenidos por la venta de leña comercial extraída en un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1. Distribución de la selva mediana subcaducifolia en México (modificado de Pennington y Sarukhán, 2005).....	6
Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio (3.2 ha) localizado en la comunidad de Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.....	43
Figura 3. Forma y dimensiones de las pilas tipo “A” y “B” de las leñas obtenidas del acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.....	53
Figura 4. Dibujo del cuadrado móvil para obtener el CA en leña apilada, en un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.....	54
Figura 5. Frecuencia de individuos por especie, de un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.....	62
Figura 6. Número de individuos por categoría diamétrica, de un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca antes de aplicarse roza, tumba y quema.....	64
Figura 7. Distribución del número de individuos por categoría diamétrica de las cinco especies más abundantes de un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca, a) <i>G. sepium</i> , b) <i>C. alliodora</i> , c) <i>P. guajava</i> , d) <i>D. robinioides</i> y e) <i>C. barbadensis</i> .....	66
Figura 8. Distribución de los individuos por categoría de alturas en el acahual antes de ser intervenido con roza, tumba y quema en Pinotepa de Don Luis.....	66
Figura 9. Distribución del número de individuos por categoría de altura de las cinco especies más abundantes de un acahual en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca, antes de ser intervenido con roza, tumba y quema, a) <i>G. sepium</i> , b) <i>C. alliodora</i> , c) <i>P. guajava</i> , d) <i>D. robinioides</i> y e) <i>C. barbadensis</i> .....	67

## RESUMEN

Para las especies arbóreas de selvas secundarias (acahuales) no se tiene conocimiento preciso sobre coeficientes de apilamiento para determinar el volumen de leña extraída y almacenada en pilas. La información con que se cuenta de la mayoría de las investigaciones relacionadas al tema están enfocadas a bosques templados o plantaciones forestales comerciales. El tipo de vegetación que predomina en la región de la costa de Oaxaca es vegetación secundaria de selva baja caducifolia y mediana subcaducifolia, donde la forma común o generalizada en la que se obtiene la leña es mediante el sistema de roza, tumba y quema (RTQ). Por tanto, se determinó la cantidad de leña extraída de un acahual sometido a este sistema, el volumen extraído, los costos originados en el proceso de extracción y los ingresos que se pueden obtener por su venta. La descripción del acahual antes de su intervención con RTQ permitió conocer el número total de individuos (216) de diámetros mayores de 5 cm distribuidos en nueve familias, 11 géneros y 16 especies. La familia más abundante fue la Fabaceae con 94 árboles. Las especies de mayor abundancia en el predio fueron *Gliricidia sepium* (Jacq.) con 61 individuos (28.24%), *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken con 48 (22.22%), *Psidium guajava* (L.) Kunth con 33 (15.28%), *Diphysa robinoides* Benth con 18 (8.33%) y *Coccoloba barbadensis* Jacq. con 16 (7.41%). El área basal (AB) obtenida para este acahual fue de 6.69 m<sup>2</sup>. De las cinco especies más abundantes *C. barbadensis* fue la especie con el mayor AB (1.41 m<sup>2</sup>) y *P. guajava* la de menor (0.49 m<sup>2</sup>). El volumen aparente total fue de 30.60 m<sup>3</sup>. Para determinar el volumen real de leña, primero se obtuvo el coeficiente de apilamiento mediante el método de cuadrado móvil y el método ponderal, para las especies más abundantes. Usando los coeficientes de apilamiento (CA) por el cuadrado móvil el volumen total fue de 18.05 m<sup>3</sup> mientras que con el método ponderal fue de 21.04 m<sup>3</sup> siendo la diferencia entre ambos métodos de 2.99 m<sup>3</sup>. Los resultados obtenidos indican que el coeficiente

de apilamiento recomendado para cuantificar el volumen de leña extraído de *G. sepium* es de 0.68, *C. alliodora* de 0.60, *C. barbadensis* de 0.60, *P. guajava* de 0.57, y *D. robinoides* de 0.55. La especie con mayor volumen de leña y que generó mayores ingresos fue *C. barbadensis* con \$1,674.00 (Un mil seiscientos setenta y cuatro pesos 00/100 M.N.). Sin embargo, *G. sepium* fue la especie de mayor preferencia para ser utilizada como leña, siendo la primera en venderse en su totalidad. Finalmente, la venta de leña extraída mediante roza, tumba y quema fue rentable ya que la relación beneficio-costo (RB/C) indica que la productividad del predio fue en 45% superior a los costos de extracción.

**Palabras clave:** selvas, volumen real, coeficiente de apilamiento, volumen aparente, cubicación.

## ABSTRACT

There are no precise figures on the stacking coefficient of the arboreal species in acahual secondary forests needed to calculate the volume of extracted and stacked firewood. The information on hand from research on this issue refers to temperate forest and commercial plantations.

The vegetation type that dominates the coastal region of Oaxaca is secondary vegetation of tropical dry forest and deciduous medium, where firewood is obtained through the slash-and-burn (RTQ) method. Thusly, we calculated the amount of firewood taken from acahual under this system, the volume removed, the cost arising from the extraction process as well as the revenue that can be obtained from its sale.

The description of acahual before the slash-and-burn intervention allowed the count of the total number of individuals at (216) with diameters larger than 5 cm in nine families, 11 genus and 16 species. The most abundant family was Fabaceae with 94 trees. The most abundant species at the site were *Gliricidia sepium* (Jacq.) with 61 individuals (28.24%); *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken 48 (22.22%); *Psidium guajava* (L.) Kunth with 33 (15.28%); *Diphysa robinoides* Benth with 18 (8.33%) and *Coccoloba barbadensis* Jacq. 16 (7.41%).

The basal area (AB) obtained for this acahual was 6.69 m<sup>2</sup>. From the five most abundant species, *C. barbadensis*, had the biggest AB (1.41 m<sup>2</sup>), and *P. guajava* the lowest (0.49 m<sup>2</sup>). The total apparent volume was 30.60 m<sup>3</sup>. In order to determine the real volume of firewood, the stacking coefficient was obtained first using the firewood stacking coefficient method and the weighted average method of the most abundant species.

Using the stacking coefficients (CA) by the firewood stacking coefficient method, the total volume was 18.05 m<sup>3</sup> while the weighted method was 21.04 m<sup>3</sup> with a difference between the two methods of 2.99 m<sup>3</sup>. These results indicate that the stacking coefficient recommended to quantify the volume of firewood extracted from *G. sepium* is 0.68, *C. alliodora* 0.60, *C. barbadensis* 0.60, *P. guajava* 0.57 and *D. robinoides* 0.55.

The species with higher firewood volume, which generated higher revenue was *C. barbadensis* with \$ 1,674.00 (one thousand six hundred seventy four pesos 00/100 M.N.).

However, *G. sepium* was the most preferred species for use as firewood, being the first to be sold in its entirety. Finally, the sale of firewood extracted by the slash-and-burn method was profitable because the benefit-cost relationship (RB/C) indicates that the productivity of the land was 45% higher than the extraction costs.

**Keywords:** Forest, apparent volume, real volume, stacking coefficient, scaling.