



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**

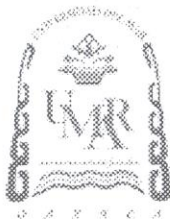
PRESENTA

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

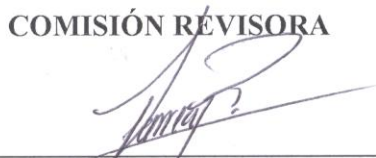
O A X A C A

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

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

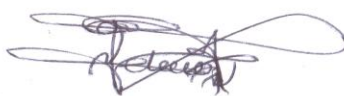
Después de realizar una revisión detallada de la Tesis **“Cuantificación de leña en un acahual intervenido con roza, tumba y quema en la región Costa de Oaxaca”**, presentada por el pasante en Ingeniería Forestal **Julio César Pérez Galeana**, se considera que cumple con los requisitos y la calidad necesaria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

COMISIÓN REVISORA


M. en C. Rolando Galán Larrea

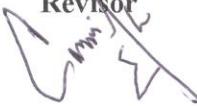
Universidad del Mar

Director de tesis


M. en C. Mario Valerio Velasco García

Universidad del Mar

Revisor


Dr. Narciso Ysac Ávila Serrano

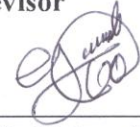
Universidad del Mar

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 Cénaidita, 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

	Página
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-costos.....	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

	Página
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 acahuals (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

	Página
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 akahual 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. robinoides</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.</i> <i>sepium</i> , b) <i>C. alliodora</i> , c) <i>P. guajava</i> , d) <i>D. robinoides</i> y e) <i>C.</i> <i>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%), *Diphyssa 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 m². De las cinco especies más abundantes *C. barbadensis* fue la especie con el mayor AB (1.41 m²) y *P. guajava* la de menor (0.49 m²). El volumen aparente total fue de 30.60 m³. 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 m³ mientras que con el método ponderal fue de 21.04 m³ siendo la diferencia entre ambos métodos de 2.99 m³. 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%); *Diphyssa robinoides* Benth with 18 (8.33%) and *Coccoloba barbadensis* Jacq. 16 (7.41%).

The basal area (AB) obtained for this acahual was 6.69 m². From the five most abundant species, *C. barbadensis*, had the biggest AB (1.41 m²), and *P. guajava* the lowest (0.49 m²). The total apparent volume was 30.60 m³. 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 m³ while the weighted method was 21.04 m³ with a difference between the two methods of 2.99 m³. 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.

I. INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales proporcionan una amplia variedad de bienes y servicios que satisfacen las necesidades de la población mundial. Estos recursos a través de sus funciones ecológicas y de regulación del clima brindan sustento y equilibrio a la vida del hombre (FAO, 1991; FAO, 2003a). Sin embargo, el uso indiscriminado de éstos junto con las condiciones climáticas adversas, han originado su pérdida y deterioro en grandes superficies de la tierra (Contreras *et al.*, 2003).

Las selvas suministran una amplia gama de bienes y servicios esenciales como la madera, alimentos, forraje y medicinas; dando además oportunidades para la recreación, pago por servicios ambientales y otros (FAO, 2003a). Uno de los productos que se pueden extraer de las selvas es la leña, siendo además uno de los recursos históricamente utilizados por el hombre (Wardle y Palmieri, 1981; Correa, 2005; Smith, 2006).

El uso de la leña en países en desarrollo, sobre todo latinoamericanos, refleja la dependencia que las comunidades rurales y marginadas tienen de las selvas y de los árboles para hacerse de alimentos, combustibles y de energía (FAO, 1991). Sin embargo, con el crecimiento de la población la leña ha escaseado y los pobladores de las zonas rurales tienen más dificultades de abastecimiento (Fonseca, 2001), sobre todo las mujeres y niños que son quienes generalmente recolectan la leña (Némiga *et al.*, 2006).

En México, los habitantes de las zonas rurales, extraen la leña de bosques y selvas adyacentes a su hogar familiar, reservas forestales estatales, otros bosques gratuitos y en parcelas propias y propiedades privadas (Fonseca, 2001). Además, Correa (2005) y Smith (2006) mencionan que en México existen comunidades donde la preparación de alimentos, calefacción,

elaboración de artesanías y procedimientos manufactureros (tradicionales) tienen por combustible a la leña. Por tratarse de una fuente de energía tan universal y tradicional, la leña se considera barata; sin embargo, es difícil de evaluar su verdadero costo, pues depende directamente de la dificultad de su recolecta, de su calidad y de la época del año en que se adquiere. Para quienes comercializan la leña, el precio de ésta involucra el costo de mano de obra, equipo para cortarla, transporte y almacenamiento (Correa, 2005).

Está claro que el precio de la leña en el mercado brinda una vaga idea del verdadero costo de su utilidad para los consumidores. Además, la carencia de estadísticas complica la determinación del costo, pues en su mayor parte escapa a los registros de mercados y sistemas fiscales, haciendo difícil determinar no sólo su precio si no también su cuantificación (Correa, 2005).

Para la región Costa de Oaxaca, no se tiene conocimiento sobre trabajos realizados que tengan como objetivo cuantificar el volumen de leña extraída, sobre todo de las selvas secundarias; la mayoría de estas investigaciones en la Costa están enfocadas al estudio de la estructura y composición de la vegetación arbórea, como la realizada por Rodarte (1997) en la que se hace una descripción altitudinal de la Costa en general. Y las investigaciones sobre cuantificación de leña están enfocadas principalmente a bosques templados y/o bajo manejo en donde el objetivo es la explotación forestal, tal es el caso de las Unidades Industriales de Explotación Forestal de Atentique y Michoacana (Lara, 1982).

En esta región, la roza, tumba y quema predomina como sistema agrícola tradicional y uno de los productos obtenidos de su aplicación es la leña, que generalmente se destina con fines de autoconsumo, pero también se comercializa en un menor grado. Por tanto, resulta primordial

determinar la cantidad de leña extraída en un acahual sometido a roza, tumba y quema para conocer el volumen extraído, los costos originados en el proceso de extracción y los ingresos que se pueden obtener por su venta. Sin embargo, para poder determinar la relación entre el volumen de leña obtenido y las ganancias por su venta es indispensable contar con el conocimiento preciso de las características estructurales de la vegetación arbórea al momento de realizarse la investigación, ya que el número de individuos totales y/o por especie, sus diámetros, alturas y área basal determinan el valor ecológico, científico y comercial que pueda tener la vegetación, ya que en las selvas tropicales esta es considerada como un recurso de alto valor económico (Basañez *et al.*, 2008).

En la presente investigación usando dos métodos (coeficiente de apilamiento mediante cuadrado móvil y método ponderal) se determinó la cantidad de leña comercial extraída de un acahual de selva mediana subcaducifolia sometido a roza, tumba y quema, localizado en la comunidad de Pinotepa de Don Luis, Oaxaca. Además se analizó la vegetación arbórea, antes de ser intervenida, sus características estructurales en diámetro y altura para tener el conocimiento de cuál es su relación con la cantidad de leña obtenida; así como el beneficio-costos de su extracción.

II. OBJETIVOS

2.1. General

Cuantificar la producción de leña y la relación costo-beneficio de su extracción en un acahual intervenido con roza, tumba y quema, considerando elementos de la estructura de la vegetación arbórea presente en el predio de la comunidad de Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.

2.2. Específicos

- a) Describir las características estructurales de la vegetación arbórea que constituye el acahual.
- b) Cuantificar el volumen real de leña de las especies arbóreas presentes en el predio, mediante dos métodos de cubicación, coeficiente de apilamiento (por el cuadrado móvil) y el método ponderal.
- c) Determinar la relación costo-beneficio del proceso de extracción de leña.

III. HIPÓTESIS

- El número de individuos por especie, la altura y diámetros que constituyen al acahual intervenido con roza, tumba y quema, determinan la cantidad de leña a cuantificar.
- La exactitud de la cuantificación del volumen de leña extraído mediante roza, tumba y quema de un acahual, en Pinotepa de Don Luis, depende del método de cubicación utilizado.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Selva mediana subcaducifolia (SMS)

Miranda y Hernández (1963) definen a este tipo de vegetación como selva alta o mediana subcaducifolia, en cambio, Palacio-Prieto *et al.* (2000) como selva mediana caducifolia y subcaducifolia, Torres (2004) como selva alta o mediana subcaducifolia, el INEGI (2005a) en un cuadro comparativo de las diferentes definiciones hechas a este tipo de vegetación, la define como selva mediana subcaducifolia y Rzedowski (2006) lo nombra bosque tropical subcaducifolio. Esta selva se agrupa en comunidades vegetales con características fisonómicas y requerimientos climáticos similares e intermedias al bosque tropical caducifolio y al bosque tropical perennifolio (Rzedowski, 2006).

A nivel nacional, esta selva se distribuye en la vertiente del Océano Pacífico, también en algunas áreas del centro de Veracruz y Península de Yucatán, así como en la depresión central de Chiapas (SARH, 1992). Pennington y Sarukhán (2005) mencionan que la SMS se distribuye en la vertiente del Océano Pacífico, desde la parte central de Sinaloa hasta Chiapas, a lo largo de la planicie costera de la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre Occidental (Figura 1). Sin embargo, en la actualidad sólo se conocen fragmentos de este tipo de vegetación, mientras que la vegetación secundaria ha tenido mayor desarrollo, ocupando el dos por ciento con 4 millones 241 mil hectáreas de la superficie total del país (INEGI, 2005b).

Torres (2004) describe que en Oaxaca la selva mediana subcaducifolia se localiza desde las planicies del Istmo de Tehuantepec, en el distrito de Juchitán, hasta la planicie costera del Golfo. En la Sierra Madre del Sur se presenta en el distrito de Yautepec y en la planicie costera del Pacífico en los distritos de Tehuantepec, Pochutla, Jamiltepec y Putla.

Se desarrolla a una altitud de 10 a 500 metros (Pennington y Sarukhán, 2005). En este ecosistema las precipitaciones anuales, por lo general, son de 1000 a 1200 mm, con una temporada seca muy bien definida y prolongada; los climas en los que prospera son los *Am* más secos (de tipo cálido húmedo con abundante lluvia en verano) y de preferencia los *Aw* (de tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano) (García, 1987; Pennington y Sarukhán, 2005).

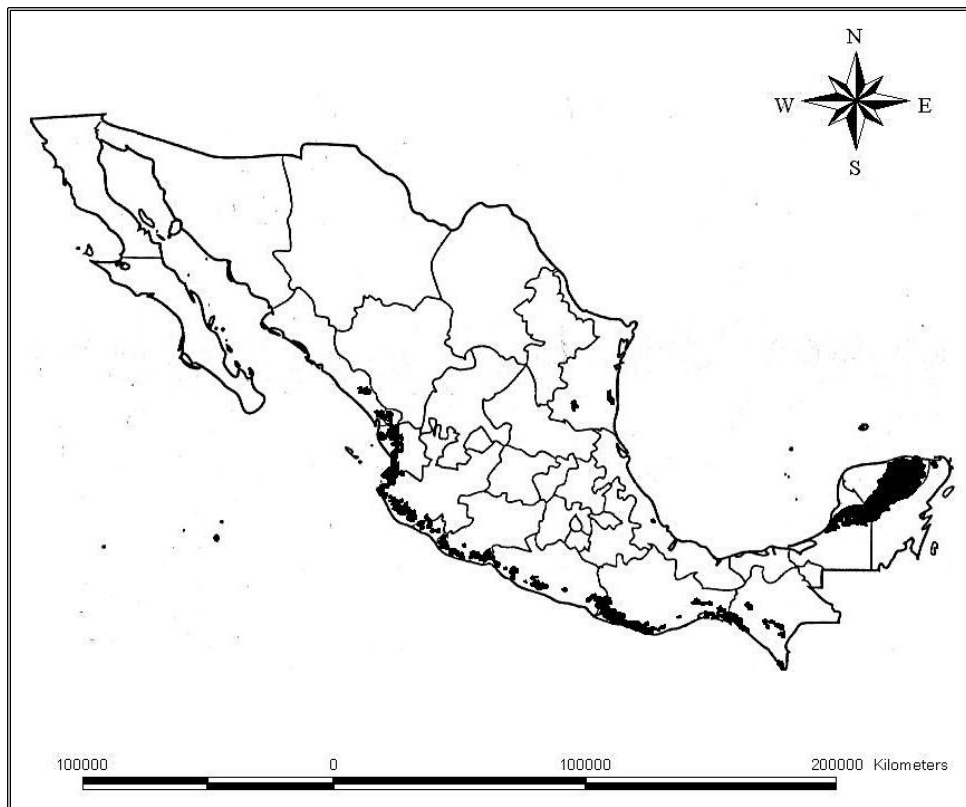


Figura 1. Distribución de la selva mediana subcaducifolia en México (modificado de Pennington y Sarukhán, 2005).

En las zonas de su máximo desarrollo, se encuentran árboles cuya altura máxima oscila entre los 25 y 30 m; debido a la temporada de sequía que predomina, las formas de vida son epífitas y trepadoras, las hierbas son reducidas en comparación a los ambientes mesófilos. Los

tipos de suelos son de color oscuro, someros, con abundancia de rocas basálticas y afloramientos de calizas; o bien, suelos grisáceos, arenosos y profundos (Pennington y Sarukhán, 2005).

Desde el punto de vista fisonómico, la característica distintiva más importante de este ecosistema es que más de la mitad y a veces tres cuartas partes de los árboles pierden sus hojas completamente en la temporada de sequía y el periodo caducifolio puede prolongarse hasta cuatro meses dependiendo del régimen pluvial que presente el año (Pennington y Sarukhán, 2005).

Las especies arbóreas presentes en la SMS tienen poca demanda maderable, esto por no considerarse de buena calidad, o bien, por desconocerse los diferentes usos a los que se puedan destinar (Rzedowski, 2006).

Algunas especies presentes en la SMS en nuestro país son *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., *Cedrela odorata* L., *Tabebuia donnell-smithii* Rose, *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken, *Dalbergia granadillo* Pittier, *Tabebuia palmeri* Rose, *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC., *Astronium graveolens* Jacq., *Hymenaea courbaril* L., *Platymiscium dimorphandrum* Donn. Smith, *Lysiloma divaricatum* (Jacq.) MacBride, entre otras (Rzedowski, 2006).

Solano (1990) también señala que se pueden encontrar *Cordia elaeagnoides* A. DC., *Tabebuia donnell-smithii*, *Dendropanax arboreus* (L.) Decne. & Planch, *Ficus cotinifolia* Kunth., *F. involuta* (Liebm.) Miq., *F. mexicana* (Miq.) Miq., *Nectandra sinuata* Mez., *Coccoloba barbadensis* Jacq. y *Trichospermum mexicanum* (DC.) Baill.

Para el estado de Oaxaca, Torres (2004) menciona que la selva mediana subcaducifolia (SMS) está compuesta de *Brosimum alicastrum* Sw. subsp. *alicastrum* C. C. Berg, *Godmania aesculifolia* (Kunth) Standl., *Swietenia humilis* Zucc., *Cynometra oaxacana*, *Bursera simaruba*

(L.) Sarg., *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn, *Lonchocarpus* spp., *Cordia alliodora*, *C. elaeagnoides*, *Tabebuia donnell-smithii*, *Dendropanax arboreus*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Ficus cotinifolia*, *F. involuta*, *F. mexicana*, *Hura poliandra* Baill., *Luehea candida* (Moc. & Sessé ex DC.) Mart., *Hymenaea courbaril*, *Lysiloma divaricatum*, *Sideroxylon capiri* (A.DC.) Pittier, *Attalea cohune* Mart., *Tabebuia impetiginosa* (Mart. ex DC.) Standl. y *T. rosea*. Según Campos *et al.* (1995) también se localizan en el estado *Achras zapota* (L.) P. Royen, *Chrysophyllum mexicanum* Brandegee, *Astronium graveolens*, *Bravaisia integerrima* (Spreng.) Standl., *Spondias mombin* L., *Pithecellobium arboretum* (L.) Urban y *Bursera simaruba*.

Para la Cuenca del Balsas, Miranda (1947) menciona que la SMS está dominada por *Brosimum alicastrum* subsp. *alicastrum* y otros componentes como *Trophis racemosa* (L.) Urb., *Ficus segoviae* Miq., *Trema micrantha* (L.) Blume, *Casearia arguta* (Aubl.) Urb. y *Bursera simaruba*.

Este tipo de selva ha sido perturbada para utilizar el terreno en actividades agrícolas permanentes, las actividades ganaderas llegan a ser importantes en estas zonas (Pennington y Sarukhán, 2005). Esta perturbación ha provocado que de 196 millones de hectáreas que ocupa el territorio mexicano cerca de 21 millones de hectáreas de selvas sean secundarias y sólo 12 millones 224 mil 497 hectáreas correspondan a selvas primarias (INEGI, 2008a).

El estado de Oaxaca, con una superficie de 9 millones 379 mil 333 hectáreas, solamente cuenta con 1 millón 267 mil 370 hectáreas de selva primaria, esto en todas sus clasificaciones, donde la SMS, ocupa una superficie de 5 mil 669 hectáreas (Cuadro1) (INEGI, 2008a). Sin embargo, la superficie que ocupan las selvas secundarias es mayor tanto a nivel nacional como para el estado de Oaxaca, ya que de las 21 millones de hectáreas de selvas secundarias

distribuidas en todo el territorio mexicano, cerca de un millón y medio de hectáreas se localizan en el estado de Oaxaca (INEGI, 2008a).

Cuadro1. Superficie de selvas a nivel nacional y para el estado de Oaxaca (INEGI, 2008b).

Clasificación	Superficie (ha)	
	Nacional	Oaxaca
Selva Perennifolia	3,121,966.10	617,767.88
Selva Caducifolia	7,822,629.34	641,719.52
Selva Subcaducifolia	452,892.22	5,669.67
Selva Mediana Subcaducifolia	412,004.27	5,669.67
Selva Baja Subcaducifolia	40,887.95	0

4.2. Vegetación secundaria (Acahual)

Es la vegetación forestal secundaria nativa que surge de manera espontánea en terrenos que estuvieron bajo uso agrícola o pecuario en zonas tropicales, que en selvas altas y medianas cuenta con menos de quince árboles por hectárea con un diámetro normal mayor a 25 cm y con un área basal menor a cuatro metros cuadrados por hectárea. Y en selvas bajas cuenta con menos de quince árboles por hectárea con un diámetro normal mayor a 10 cm, o bien, con un área basal menor a dos metros cuadrados por hectárea (DOF, 2005).

La Comisión Nacional de Certificación Forestal de Costa Rica (CNCF, 1999) la define como “aquella tierra con vegetación leñosa de carácter sucesional secundaria que se desarrolla una vez que la vegetación original fue eliminada por actividades humanas o fenómenos naturales;

con una superficie mínima de 0.5 ha y una densidad no menor a 500 árboles por hectárea de todas las especies, con DAP no menor a 5 cm ”.

Finegan y Sabogal (1988) la definen como “la vegetación leñosa de carácter sucesional que se desarrolla sobre tierras cuya vegetación original fue destruida por actividades humanas”. Finegan (1992) menciona que el grado de recuperación dependerá en mayor medida de la duración e intensidad del uso anterior por cultivos agrícolas o pastos, así como de la proximidad de fuentes de semillas para volver a colonizar el área.

El rasgo común que considera cualquier definición es el disturbio o perturbación al ecosistema, ya que este puede tener un origen natural, sea por fenómenos atmosféricos, geológicos, por la fauna silvestre; y/o principalmente por el hombre como factor antrópico (Uhl y Nepstad, 1990).

Guariguata *et al.* (1997) mencionan que las características estructurales de los acahuales pueden rápidamente acercarse a aquéllas propias de la vegetación primaria, siempre que el uso anterior de la tierra no haya sido muy intenso. Sin embargo, es importante señalar que para los agricultores del trópico mexicano en un acahual bajo manejo y con cultivos, la velocidad de la cosecha resulta primordial para la obtención de ingresos, por tanto, el tiempo de abandono es corto ocasionando que la capacidad del suelo se pierda con el tiempo y las características estructurales de la vegetación decaigan.

Los acahuales derivados de selvas primarias con diferentes tipos de vegetación comparten una gran variedad de especies entre sí, pero su composición florística es variable; por tanto, es difícil de identificar la variedad de acahuales que hay, aunque se pueden clasificar de acuerdo a su etapa de regeneración o recuperación, donde los acahuales jóvenes o de monte bajo tienen un

tiempo de abandono menor o igual a 5 años, y los acahuales viejos o de monte alto tienen un tiempo mayor a 5 años (Guevara *et al.*, 2004).

La composición del acahual depende directamente del tiempo de abandono de la tierra y/o barbecho, de la influencia de la vegetación circundante y de la presencia de semillas, frutos y tocones (Puarata, 1986, citado en Guevara *et al.*, 2004). Esto conlleva a reconocer la importancia de los acahuales como fuente de beneficios económicos y ecológicos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Importancia ecológica y económica de los acahuales (Smith *et al.*, 1997).

Importancia ecológica	Importancia económica
• Recuperación de la productividad del sitio. • Reducción de la población de malezas y enfermedades. • Regulación de flujos de agua. • Reducción de la erosión del suelo y protección contra el viento. • Mantenimiento de biodiversidad. • Acumulación de carbono. • Hábitat de especies. • Modelo para el diseño de agroecosistemas. • Reserva para áreas a ser usadas para la agricultura y/o ganadería. • Contribuir a reducir la presión sobre los bosques primarios.	• Frutos comestibles. • Plantas alimenticias, medicinales, estimulantes y alucinógenas. • Materiales para la construcción rural. • Combustible (leña y carbón). • Materiales para teñir, para elaborar utensilios domésticos y de caza. • Madera de valor comercial. • Madera para uso industrial. • Carne silvestre. • Germoplasma de especies útiles para fines de domesticación. • Ramoneo de animales. • Transformación química de la biomasa.

De acuerdo con Smith *et al.* (1997) la importancia de los acahuales radica fundamentalmente en que con un manejo adecuado proporcionan bienes y servicios similares a los de selvas primarias, reduciendo de manera significativa su degradación.

4.3. El método de roza, tumba y quema (RTQ)

La RTQ es un sistema de producción que consiste en el uso semipermanente del suelo; es decir, los terrenos se trabajan sólo algunos años y luego se dejan de trabajar por un periodo más largo para dar oportunidad a que la vegetación se regenere y el suelo recupere su fertilidad; para el establecimiento de los cultivos el suelo no se rotura, sino que la vegetación se elimina a través de la práctica de RTQ, utilizándose para ello el machete y el hacha, así como el fuego para quemar la vegetación derribada; lo que conforma todo un complejo proceso de trabajo agrícola que difiere por el tipo de productos que se obtienen, el carácter de su producción y la forma de utilización de los mismos (Rodríguez *et al.*, 1989, citado en Ziga, 2007).

El sistema de RTQ surge a través de un proceso de evolución cultural y biológica, representando las experiencias adquiridas por los campesinos con su entorno, sin tener a la mano insumos, capitales o conocimientos científicos externos (Arévalo, 1997). Por tanto, las parcelas de los agricultores o campesinos, que son manejadas de manera tradicional, son espacios donde se conservan las especies útiles asociadas con un ambiente dinámico y en constante evolución (CONAP, 2008).

La RTQ persiste generalmente en los trópicos del mundo (Guevara *et al.*, 2004). En América se incluye Centroamérica y a las tierras bajas de Mesoamérica, y para México la RTQ es representativa de la península de Yucatán, Chiapas, Veracruz y Oaxaca (Arévalo, 1997).

El método considera las siguientes fases: 1) la remoción de la vegetación original (roza y tumba), 2) la quema cuyo fin es el control de la nueva vegetación, y 3) la siembra o cultivo. Generalmente, suele cultivarse la misma parcela por uno o dos años consecutivos y luego se pasa a un periodo de descanso que va de dos a cinco años; sin embargo, al poco tiempo el suelo se agota debido a la acción del viento que dispersa las cenizas, a la lluvia que provoca que las cenizas se pierdan por los escurrimientos y se trasladen a otros lugares, a la radiación solar directa ya que no se cuenta con vegetación que mitigue el impacto de los rayos solares y sobre todo a la inexistencia de organismos descomponedores (hongos, bacterias etc.) que fueron eliminados por la acción del fuego al momento de la quema; por tanto, para que se sigan obteniendo buenas cosechas se requiere de abono y gran cantidad de fertilizantes, provocando que el productor cada vez tenga más costos que beneficios económicos (ATS, 1999).

La deforestación es uno de los efectos que el sistema de roza, tumba y quema provoca en las selvas, haciéndose más evidente a lo largo del tiempo en el paisaje y en la forma de vida de los pobladores al ser cada vez más difícil la extracción de productos naturales de los bosques y selvas, y como consecuencia del impacto negativo a sus ingresos (Fearnside, 1993, citado en Guevara *et al.*, 2004).

La FAO (1997) menciona que en el periodo de 1980 a 1990, a nivel mundial, se deforestaron anualmente 15.4 millones de hectáreas de selva, de las cuales 7.4 millones corresponden a América Latina y al Caribe. Entre 1990 y 2005, esta región perdió casi 64

millones de hectáreas, correspondiente a siete por ciento de su superficie forestal, en cambio, entre 2000 y 2005 más de una tercera parte de la deforestación mundial ocurrió en esta región (FAO, 2009). En cuanto a América del Norte, la FAO (2009) menciona que en esta área la cubierta forestal se mantiene estable ya que sólo contribuyó con aproximadamente 2% a la deforestación mundial anual entre 2000 y 2005, además la tasa de deforestación de los bosques presenta una tendencia a la baja.

En América Latina la aplicación de la RTQ con fines agrícolas y ganaderos (apertura de potreros) ha sido la causa principal de la deforestación de las selvas en las últimas décadas (Amelung y Diehl, 1992; Fearnside, 1993, citado en Guevara *et al.*, 2004; CONAP, 2008). En México, aproximadamente 15 millones de hectáreas se destinaron a la agricultura en el 2006, lo que representa el 8% del territorio nacional (SAGARPA, 2006).

La roza, tumba y quema contribuye con cerca de 60% a la deforestación tropical mundial. Este tipo de agricultura ha sido practicada aproximadamente por 300 a 500 millones de pequeños agricultores en los trópicos del mundo para su subsistencia (FAO, 2002). La quema afecta principalmente la parte de biomasa que está sobre la tierra y una pequeña parte del carbono en el suelo (hasta 3 cm de profundidad). La vegetación eliminada y la mineralización de la materia orgánica resultante proporciona parcialmente potasio para el crecimiento de las plantas (FAO, 2002). Sin embargo, existe conflicto de opiniones en muchos autores sobre el impacto de la RTQ en las selvas, ya que para algunos la desaparición de gran parte de la vegetación es resultado del desarrollo del sistema de RTQ, y para otros, éste no es la causa real y lo atribuyen al sistema de monocultivo tecnificado e industrializado promovido por el Estado (Chargoy, 2004, citado en CONAP, 2008). Dentro de la gran variedad de impactos negativos del sistema de RTQ al ambiente se encuentra la deforestación que a su vez ocasiona la erosión eólica e hídrica, la

desertificación, la pérdida de belleza escénica y la pérdida de biodiversidad en general (Guevara *et al.*, 2004).

Para Oaxaca, Rodarte (1997) menciona que en la costa como en todo el estado esta práctica (RTQ) ha ocasionado daños selectivos a la flora y fauna; siendo el ecosistema terrestre, tal vez, el que más ha resentido las agresiones del hombre, ya que durante muchos años en esta región se ha practicado este sistema agrícola, con la subsecuente ampliación de la frontera agrícola, la recolección intensiva de madera y corte selectivo en las selvas. Por otra parte, Cortés (2004) en el Proyecto de Manejo Sustentable de Laderas (PMSL) para el estado de Oaxaca señala que las regiones Cuicateca, Mazateca y Mixe presentan problemas críticos debido a la RTQ en pendientes pronunciadas; estas consecuencias son la degradación del ambiente, la producción insuficiente de granos básicos y los bajos ingresos familiares.

Estos problemas también son encontrados en San Pedro Jicayán, Jamiltepec, Oaxaca; aquí el sistema de RTQ se ha extendido debido al incremento poblacional, a la presión sobre el recurso suelo y a la expansión de la ganadería a través de los pastizales; lo que ha ocasionado que el tiempo de uso del suelo se acorte, teniéndose bajos rendimientos de los productos (maíz), erosión hídrica de los suelos, deforestación, daños por plagas y altos precios de los insumos (herbicidas) para el control de estas (Ziga, 2007).

4.4. Leña

La leña para uso doméstico es el material leñoso proveniente de la vegetación forestal sin ningún proceso de transformación que es utilizado como combustible en el hogar (DOF, 2003).

También se define como la materia prima en rollo o en raja proveniente de vegetación forestal maderable que se utiliza como combustible (DOF, 2005).

Para Jiménez (1947) la leña es el combustible proveniente de la madera de los árboles, en la que se distinguen dos clases principales: los trozos de leña o leña en rajas (obtenidas por un corte con hacha o motosierra en leñas de grandes diámetros para facilitar su acarreo y acomodo) y la leña obtenida a partir de ramas. Wardle y Palmieri (1981) la definen como aquella madera en bruto de troncos, ramas y otras partes de los árboles y arbustos que se utilizan como combustible para cocinar, así como para fines de calefacción y generación de energía mediante combustión directa, no sólo en los hogares, sino también en las industrias rurales, incluyendo la madera destinada a la producción de carbón vegetal y residuos agrícolas leñosos. Al respecto, Lobos (2001) la define como la parte de los árboles y arbustos que hecha trozos se destina a uso energético. En tanto, Romahn *et al.* (1994) la clasifican como leña de rajas y brazuelo (leña completa, con una longitud determinada y diámetro completo sin ser rajada).

Aproximadamente dos mil millones de personas utilizaban la leña en el mundo para cocinar y calentarse. Su consumo principalmente se da en los países en desarrollo y entre la población con menos recursos económicos (Contreras *et al.*, 2003).

El volumen de leña recolectado para consumo doméstico no se refleja en las estadísticas nacionales debido a que no pasa por el mercado; aunque su volumen debería ser alto ya que se estima que entre 80 y 96% de los consumidores de leña la recolectan ellos mismos (FAO, 1991; FAO, 2006).

Para Masera *et al.* (2005, citado por González, 2007) la leña es la principal fuente de energía en los hogares al cubrir el 80% de la demanda en el sector rural. En los últimos años, las

regiones de África, Asia y Pacífico, América Latina y el Caribe, son las de mayor producción y consumo de combustibles de madera (Cuadro 3) (FAO, 2008).

Cuadro 3. Producción anual de combustibles de madera a nivel mundial y por regiones en el 2007 (FAO, 2008).

Regiones	Producción (1 000 m³)	Consumo (1 000 m³)
África	588, 673	588, 670
América Latina y el Caribe	241, 171	241, 175
Asia occidental y central	9, 072	9, 308
América del Norte	86, 432	86, 334
Total de Europa	152, 544	151, 755
Asia y el Pacífico	794, 104	794 ,207
Total Mundial	1, 871, 996	1, 871, 450

En 1990 en México, 25.6 millones de personas cocinaban con leña, es decir el 31.4% de la población total del país la utilizaba para la preparación de alimentos (SEMARNAT-INE, 2001); el consumo de esta población fue de 21.1 millones de toneladas ó 30.1 millones de metros cúbicos (Riegelhaupt, 1996, citado en Contreras *et al.*, 2003).

Díaz (2000, citado en González, 2007) menciona que en México el consumo *per cápita* de leña por zonas ecológicas oscila entre 1.48 y 2.97 Kg/cápita/día (Cuadro 4).

Cuadro 4. Consumo *per cápita* de leña en México por zonas ecológicas (Díaz, 2000, citado en González, 2007).

Zona ecológica	Consumo (Kg/cápita/día)
Templada	1.98
Trópico seco	2.47
Trópico húmedo	2.97
Semiárido	1.48
Pantanos	2.47

Para el año 2002, la extracción directa de leña para consumo en los hogares rurales fue de aproximadamente siete millones de toneladas, resultando para ese año un consumo *per cápita* al día de 0.8 kg de leña con una población rural de 23.5 millones de habitantes (INEGI, 2006; PRECESAM-COLMEX, 2006).

La SEMARNAT (1996), reporta que de 1990 a 1995 la leña constituyó el 64% (8.2 millones de m³) del volumen maderable aprovechado con fines industriales (15 millones de m³) en este periodo. En tanto, en el 2005 los combustibles de madera (leña) contribuyeron en 5% al consumo energético total en México (IEA, 2007). Y para el 2007 México tuvo una producción aproximada en metros cúbicos de 38 millones 521 mil y un consumo de 38 millones 516 mil, (FAO, 2008) participando así con 44.57% del total para América del Norte (Cuadro 3).

Para la Secretaría de Energía (2004) el uso de madera para energía (leña y carbón vegetal) es muy importante en México, ya que se estima que se utilizan en total 38 millones de m³año⁻¹ (Mm³año⁻¹), de los cuales 24.9 Mm³año⁻¹ son destinados al sector doméstico de autoconsumo,

6 Mm³año⁻¹ al sector doméstico comercial, 6 Mm³año⁻¹ al sector de pequeñas industrias y 0.7 Mm³año⁻¹ distribuidos en otras actividades.

En comparación con otras industrias energéticas, la leña aporta el 40% de la energía consumida por el sector residencial y, probablemente, más del 10% del total de energía primaria utilizada en el país, pero representa menos del 3% del total de emisiones de carbono en México (Palacios, 1994).

La leña constituye un combustible tradicional principalmente para la población rural, ya que en comparación con el gas, es más barata, se puede almacenar en cualquier condición y tiempo y, por que se ha usado para cocinar confiriéndole mejor sabor a los alimentos (FAO, 1991). También se utiliza para calentar agua y brindar calefacción a los hogares de aproximadamente 21 millones de pobladores rurales y, por lo menos, 4.5 millones de habitantes urbanos, ambos representando el 32% de los mexicanos (Palacios, 1994). Su demanda en México ha disminuido debido a la urbanización y a la mejora del acceso a otras fuentes de energía (incluidos los combustibles fósiles), pero la dependencia doméstica de leña continúa siendo elevada en algunas áreas rurales; el volumen de madera extraída para producir combustible podría ser cuatro veces más elevado que el volumen de madera empleada en la producción maderera industrial (Palacios, 1994).

De 1997 a 2007, a nivel nacional la producción forestal maderable de leña estuvo cerca de alcanzar los tres millones de metros cúbicos de madera en rollo (m³mr) y para el estado de Oaxaca un poco más de 188 mil m³mr (SEMARNAT, 2008). El año con el mayor volumen de producción nacional fue 2007, con aproximadamente 374, 264 m³mr, representando el 13.21% del volumen total para esa década. Para Oaxaca, los 39, 199 m³mr obtenidos en el 2007 también

representan el año con mayor volumen de producción, equivalente al 20.82 % del total estatal para ese periodo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Producción de leña en México y en el estado de Oaxaca, en el periodo de 1997 a 2007 (SEMARNAT, 2008).

Años	Producción de leña (m³mr)	
	México	Oaxaca
1997	214, 793	12, 791
1998	217, 133	11, 501
1999	234, 096	12, 255
2000	261, 781	20, 169
2001	213, 220	15, 879
2002	241, 811	6, 324
2003	364, 972	8, 691
2004	170, 619	7, 975
2005	250, 416	3, 0787
2006	290, 296	22, 710
2007	374, 264	39, 199
TOTAL	2, 833, 401	188, 281

La mayor parte de los combustibles forestales se producen sin un plan de ordenación (IEA, 2007). Además, sobre el impacto ambiental de la extracción de leña en México no existe consenso; ya que para algunos esta es la causa principal de la deforestación y para otros su extracción y consumo no es un factor relevante (Riegelhaupt, 1996, citado en Contreras *et al.*, 2003). Por tanto, la leña ha escaseado, las mujeres y niños que la recolectan son los primeros en

sufrir las consecuencias, ya que cada vez más encuentran dificultades para obtener la cantidad mínima de leña (Némiga *et al.*, 2006).

4.4.1. Antecedentes sobre disponibilidad y producción de leña

La FAO (1983) presentó un panorama global de la situación existente respecto a la leña, sobre todo en las grandes regiones en desarrollo, donde a nivel de subregiones América Latina presenta una acentuada diferencia en la disponibilidad y producción del combustible. Un balance general de las disponibilidades de los recursos energéticos muestra que muchos países y zonas tienen al bosque o selva como principal fuente de abastecimiento de combustible. Tal es el caso de Centroamérica ya que su población depende en 93% del recurso energético obtenido del bosque o selva; en tanto, los países del cono sur y el área andina (excepto Venezuela) tienen el menor porcentaje (52%).

Una serie de evaluaciones sobre la disponibilidad de la leña, muestran que existe una atención más específica de las zonas con mayor dependencia y menor disponibilidad de este recurso, sobre todo en los países del sur de América. Estas evaluaciones indican que Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile tienen una moderada disponibilidad del combustible y Brasil una mayor disponibilidad del recurso (FAO, 1981; FAO, 1983). Sin embargo, estos recursos energéticos van a la baja, haciéndose difícil su búsqueda y extracción, ya que cada vez más las personas recorren largas distancias y si se encuentra el combustible resulta ser de mala calidad debido a que de las especies forestales de las cuales proviene la leña no son las adecuadas (FAO, 1993).

Tal vez el antecedente que presenta un mejor panorama sobre la leña sea el elaborado por Trossero (2004), en el que menciona la importancia de este combustible y que debe ser

considerado como uno de los recursos dendroenergéticos más importantes, ya que para América Latina equivalieron a 12 mil millones de dólares por año. Sin embargo, la contribución de la dendroenergía a nivel de los países de la región no es uniforme. La situación varía de un área a otra debido a que existen zonas con abundantes recursos disponibles para fines energéticos pero al mismo tiempo hay lugares que enfrentan una enorme escasez de leña poniendo en peligro la seguridad alimentaria de varios millones de “pobres” en la región. En este estudio se señala la importancia de cuatro asambleas realizadas a nivel mundial y que hacen referencia a los programas energéticos (dendrocombustibles), la primera se celebró en Nairobi en 1983 cuyo objetivo fue establecer nuevas fuentes renovables de energía, la segunda en Río de Janeiro en 1992 que promueve sistemas dendroenergéticos para un manejo sostenible de los recursos forestales y a su vez la creación de empleos rurales y el aumento de la producción de biocombustibles, la tercera es el protocolo de Kyoto que fundamentalmente, buscaba la sustitución descentralizada de combustibles fósiles por fuentes de energía renovables y almacenamiento de carbono para reducir las emisiones a partir de la ejecución de actividades forestales y de cambio de uso de suelo, finalmente la cuarta fue la asamblea llevada a cabo en Johannesburgo en 2002 que englobaba los principios de los programas anteriores pero que también buscaba evaluar y analizar el consumo de leña en industrias y actividades comerciales hogareñas (Trossero, 2004).

Aproximadamente el 60% de la población de América Latina es rural o tiene hábitos de consumo característicos de zonas rurales, lo cual representó para 1980 un total aproximado de 223 millones de personas que usaban la leña. Asimismo, el consumo *per cápita* de leña para toda la región fue de 0.6 m^3 y el promedio en las áreas rurales fue de $1 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$; por tanto, se consumió un total de 223 millones de $\text{m}^3 \text{ año}^{-1}$ de leña (Wardle y Palmieri, 1981; FAO, 1983). Esto para la

FAO indica que el abastecimiento de la leña será más difícil, pues la recolección obligó en dicho periodo a los usuarios de este dendrocombustible a realizar recorridos cuyos radios oscilaban entre uno y siete kilómetros.

La población rural tiene costumbres particulares en México, ya que la leña se usa principalmente para la calefacción de las viviendas de las zonas rurales del norte del país y en los estados del sur principalmente para el calentamiento de hornos, elaboración de pan, barbacoa, tamales, pozole y alimentos que se producen en abundancia sobre todo para ser vendidos (FAO, 1993; Ziga, 2007).

En 1997, 74% de la población de varias comunidades de los altos en Zimatlán, Oaxaca utilizaban exclusivamente leña y el 26% leña y carbón para consumo doméstico; la leña que obtenían provenía de la corta de árboles enteros o bien de ramas (López *et al.*, 1997, citado en Contreras *et al.*, 2003). En la región de Tlapa de Comonfort, Guerrero, en ese mismo año en tres comunidades, más del 11% de la población utilizaban exclusivamente leña y menos del 60% usaban leña y gas para consumo doméstico, por igual los usuarios generalmente cortaban ramas o árboles completos para abastecerse de leña (Arias, 1997, citado en Contreras *et al.*, 2003). En ambas comunidades, las personas consideraban que había menos leña, esto por la excesiva extracción. No obstante, la FAO (1983) dice que si se continúa con la irracionalidad en la extracción y consumo de la leña en cualquiera de las selvas o bosques del mundo, la tendencia en las próximas décadas será su déficit.

En las últimas décadas se ha presentado una tendencia a establecer planes y programas de manejo en los que se considera la extracción y consumo de leña. Con esto se podría superar el déficit y alcanzar un adecuado abastecimiento de leña (FAO, 2009).

Algunos países comprenden la situación e importancia de la leña como combustible y tratan de investigar su dependencia más a fondo mediante trabajos o estudios relacionados al consumo, disponibilidad y calidad; enfocándose principalmente, al engrandecimiento del conocimiento sobre disponibilidad, consumo de leña, producción y la determinación de las principales características que se buscan en las especies a ser utilizadas como combustible (FAO, 1983). Tal es el caso de Chile donde se elaboró un estudio preliminar sobre producción, comercialización y consumo de leña en la ciudad de Temuco, caracterizando la cadena productiva y de distribución del combustible y se enfatizó en los segmentos poco estudiados del mismo. Además, se orientó a la cuantificación del consumo de leña en la región (Lobos, 2001). Otros estudios tratan de investigar a fondo la disponibilidad de leña en los países en desarrollo, sin embargo, la temática de la leña es compleja, ya que su cadena de producción y consumo atraviesa todas las clases sociales, el ámbito urbano y lo rural, lo económico, social y cultural, por lo tanto, debe ser abordado con una perspectiva integradora, en la que todos los componentes de la sociedad deben estar involucrados (Lobos, 2001). Sin embargo, el estado actual de los procesos de recolección de datos sobre este combustible de madera, tanto a escala nacional como internacional, muestra que existe insuficiente información disponible y la misma tiene escasa calidad. Por tanto, la FAO (2001b) señala que entre las razones que conducen a la insuficiencia y falta de confiabilidad de la información están la subestimación de los datos arrojados, las evaluaciones estadísticas inadecuadas y la inconsistencia de los datos obtenidos. De lo anterior, se concluye que aún falta mucho por hacer y por mejorar lo que ya está hecho en cuanto a la evaluación de la disponibilidad, producción y consumo de la leña en América Latina, en México, en Oaxaca y particularmente en la región Costa.

4.4.2. Especies de mayor uso como leña en México

La FAO (2001a) presentó una lista (Cuadro 6) con los nombres comunes de las especies de mayor uso para leña en algunas regiones de México.

En las regiones de las que forma parte el territorio del Estado de Oaxaca tales como Sierra Madre del Sur, Depresión del Balsas y Planicies del Pacífico, se destaca principalmente el uso de especies para leña como el cuaulote o guásimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.), mezquite (*Prosopis velutina* Woot.), encino (*Quercus glabrescens* Benth., *Q. obtusata* Humb. & Bonpl., *Q. rugosa* Née.), mangle (*Conocarpus erectus* L., *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. y huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.) principalmente por ser especies con alto poder calorífico, alta densidad y bajos contenidos de lignina (Correa, 2005).

Cuadro 6. Nombres comunes de especies preferentemente utilizadas para leña en algunas regiones de México (FAO, 2001a).

Región	Especie (Nombre Común)
Península de Baja California	Mezquite, palo fierro, brasil
Llanuras del Noroeste	Mezquite, huinole, encino
Altiplanicie Septentrional	Mezquite, encino, huizache
Altiplanicie Meridional	Mezquite, huizache manzanillo
Sierra Madre Occidental	Encino, pino, huizache
Sierra Transversal	Mezquite, encino, huizache
Sierra Madre del Sur	Mezquite, encino, huizache, roble
Sistema Volcánico Transversal	Encino, pino, oyamel, mezquite
Depresión del Balsas	Mezquite, encino, guásimo, mangle, huizache
Planicies del Pacífico	Tzalet, cuaulote
Sierra Madre Oriental	Mezquite, encino, huizache
Sierra Madre de Chiapas	Encino, ocote, roble huizache
Altiplanicie de Chiapas	Encino, pino, huizache
Llanuras de la Península de Yucatán	Habín, tzalam, catzín
Depresión de Chiapas	Huizache, encino
Sierras Septentrionales Chiapas	Encino, huizache

4.4.3. Producción de leña y carbón en México

La FAO (1993) indica que en México la población rural dependió en 69.2% de la leña para satisfacer sus requerimientos energéticos, seguidos de la gasolina en 10.4%, gas LP con 10% y otros con 10.4%. El consumo rural medio *per cápita* de leña fue de 54.02 Kg mensuales; siendo la región Pacífico Sur (abarcando los estados de Chiapas, Guerrero y Oaxaca) la zona con el mayor consumo con 99.98 Kg mensuales en comparación con la región Pacífico Norte (Sonora, Sinaloa y Nayarit) donde el consumo fue sólo 29.63 Kg por mes.

Correa (2005) indica que los estados que más destacaron en la producción de leña y carbón para el 2001 fueron Sonora (91,650 m³), Durango (76,852 m³), Morelos (74,264 m³), Puebla (60,047 m³) y Michoacán (53,449 m³) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Producción de madera destinada para leña y carbón en algunas entidades federativas de la República Mexicana para el 2001 (Correa, 2005).

Entidad	Producción (m ³)	Entidad	Producción (m ³)
Durango	76,852	Morelos	74,264
Guanajuato	20,436	Oaxaca	15,879
Hidalgo	10,534	Puebla	60,047
Jalisco	38,246	Sonora	91,650
México	32,822	Tamaulipas	39,927
Michoacán	53,449		

La SEMARNAT (2008) menciona que los cinco estados que más destacaron en cuanto a producción de leña (m³mr) para el periodo correspondiente de 1997-2007 fueron Durango (578,116), Michoacán (450,094), Puebla (362,306), Jalisco (240,729) y el Estado de México (195,265) (Cuadro 8). En ese mismo periodo el estado de Oaxaca, tuvo una producción aproximada de leña

de 188,281 m³mr, colocándose en el sexto lugar nacional como productor. Sin embargo, es difícil determinar la autosuficiencia en el consumo de la leña debido a la inexactitud de la información, a la duplicidad en la captación de datos y a la discontinuidad de los programas de información forestal y energético (FAO, 2001a). Aunque, hasta el momento se sabe que quienes colectan leña tendrán más dificultades para encontrarla y extraerla; porque las selvas se están degradando sobre todo a “pie de monte”, asimismo no existe un plan de extracción debido a que en algunas regiones como en la Mixteca oaxaqueña el acceso al monte es libre debido a que la tenencia de la tierra es comunal y todos los habitantes tienen el “derecho” de utilizar los recursos naturales existentes pero no tienen la “obligación” de conservarlos (Contreras *et al.*, 2003).

Cuadro 8. Producción de leña por estado en el periodo 1997 a 2007 (SEMARNAT, 2008).

Estado	Producción (m³mr)	Estado	Producción (m³mr)
Aguascalientes	75,459	Morelos	1,865
Baja California	3,529	Nayarit	437
Baja California Sur	316	Nuevo León	10,136
Campeche	0	Oaxaca	188,281
Coahuila	12,446	Puebla	362,306
Colima	3,216	Querétaro	16,330
Chiapas	0	Quintana Roo	154
Chihuahua	57,319	San Luis Potosí	3,910
Distrito Federal	10,230	Sinaloa	30,482
Durango	578,116	Sonora	32,218
Guanajuato	122,432	Tabasco	347
Guerrero	30,137	Tamaulipas	6,974
Hidalgo	163,388	Tlaxcala	46,855
Jalisco	240,729	Veracruz	123,036
Edo. México	195,265	Yucatán	17,440
Michoacán	450,094	Zacatecas	49,959

4.4.4. Cubicación

La cubicación del árbol en pie incluye calcular el volumen total del tronco o fuste. Aunque, estas cubicaciones normalmente hacen referencia a volúmenes meramente aprovechables (comerciales), descontando el tocón, ramas y puntas que generalmente quedan en el lugar del aprovechamiento. Diéguez *et al.* (2003) mencionan las siguientes metodologías que se emplean para la cubicación de árboles en pie:

- ❖ Tipos dendrométricos.
- ❖ Coeficientes mórficos y altura reducida.
- ❖ Fórmulas de cubicación: relascopio de Bitterlich.
- ❖ Fórmulas abreviadas.
- ❖ Tarifas o tablas de cubicación.
- ❖ Funciones de volumen porcentual y funciones de perfil.

Para la cubicación de árboles derribados se siguen por igual las metodologías mencionadas, la diferencia es que en éstos es mucho más sencillo medir sus diámetros a diferentes alturas del fuste (Diéguez *et al.*, 2003).

En el caso de la cubicación de leña, generalmente se emplea el concepto de pila o cuerda que consiste en un apilamiento o amontonamiento en forma de prisma rectangular de leña de cualquier medida o longitud y no sólo de leña en rajas (Diéguez *et al.*, 2003).

Jiménez (1947) hace mención de la “cuerda” como la medida general utilizada en la actividad forestal para la cubicación de leña, definiéndose ésta como “la medida que ocupa la madera apilada (americana) con 3.6317 m^3 ($1.22 \text{ m} \times 1.22 \text{ m} \times 2.44 \text{ m}$)”.

También la leña puede cuantificarse por procedimientos para medir trocería; no obstante, en la práctica estos procedimientos resultan antieconómicos, por esta razón existen métodos más sencillos, baratos y aún más exactos para cuantificar tanto leña en rollo como en raja.

Los métodos para cuantificar leña apilada se dividen en aquéllos que determinan el volumen aparente y aquellos métodos considerados exactos, los primeros son el método de tablas especiales y de coeficientes de apilamiento; en tanto los segundos, son por inmersión o xilómetro y ponderal o por pesadas (Romahn *et al.*, 1994; Diéguez *et al.*, 2003).

4.4.4.1. Coeficiente de apilamiento (CA)

Los coeficientes de apilamiento se usan para determinar volúmenes de productos de pequeñas dimensiones (brazuelo) la ecuación usada es la siguiente (Carrillo, 1985).

$$CA = \frac{VR}{VA}, \quad \text{donde } CA \leq 1 \quad (1)$$

El CA es una constante que se obtiene de dividir el volumen real (VR) de madera obtenido de la cubicación de todas las leñas que contenga la pila mediante alguno de los métodos más utilizados (xilómetro, ponderal, etc.), entre el volumen aparente (VA) o volumen de la pila; este último se obtiene multiplicando el alto, largo y ancho (Donald y Schumacher, 1965; Romahn *et al.*, 1994). De acuerdo con Donald y Schumacher (1965) las dimensiones de una pila varían de una región a otra, siendo la más usual la cuerda estándar, cuyas dimensiones son:

- Largo = 4.8768 m
- Alto = 1.2192 m
- Ancho = 0.6096 m

La cuantificación de leña apilada se obtiene usando su volumen preestablecido (volumen aparente). Este volumen es empleado en pilas cuyas dimensiones pueden ser de 1.22 m x 1.22 m x 1.22 m, de 3.0 m x 1.22 m x 1.10 m ó 6.0 m x 0.61 m x 1.10 m y otras (Cuadro 9) (Carrillo *et al.*, 1985).

Cuadro 9. Otras dimensiones de cuerdas para pilas de leñas según Donald y Schumacher (1965).

Nombre	Largo (m)	Altura (m)	Ancho (cm)
45.72 cm x 45.72 cm	4.88	1.22	45.72
50.80 cm x 50.80 cm	4.88	1.22	50.80
68.58 cm x 68.58 cm	4.88	1.22	68.58

No necesariamente se tienen que ajustar las cuerdas a las dimensiones descritas anteriormente, sino que dependerán de la región y condiciones de la investigación (Donald y Schumacher, 1965).

Los métodos empleados para determinar el coeficiente de apilamiento se estiman sobre una muestra representativa de las leñas de la pila (no la abarcan en su totalidad), calculándose un valor no real y que no es exacto, es decir, un CA “promedio” para cada pila. En la mayoría de los casos la estimación se realiza sobre una de las caras de la pila, simplificándose así el proceso al considerar dos dimensiones, despreciándose la profundidad o fondo de la pila (Romahn *et al.*, 1994).

A continuación se describen los métodos más utilizados para calcular coeficientes de apilamiento:

a) **Método del cuadrado móvil.** Se utiliza un bastidor de un metro cuadrado, generalmente de madera, y que tiene en su interior una malla metálica cuadrada. Para estimar el coeficiente se debe colocar el cuadrado sobre las caras de las leñas de la pila y contabilizar el número de vértices de la malla que se superponen sobre madera. La dimensión de los cuadrados de la malla es variable, dependiendo del error máximo tolerable en la estimación (Diéguez *et al.*, 2003).

Para este método, el coeficiente de apilado (CA) es el cociente obtenido al dividir el número de vértices que se superponen sobre la madera por el número de vértices totales (Diéguez *et al.*, 2003).

$$CA = NVM / NVT \quad (2)$$

Ó bien

$$CA = 1 - (NVEV / NVT) \quad (3)$$

Donde, CA= coeficiente de apilamiento, NVM= número de vértices o puntos del cuadrado móvil que caen en madera, NVT= número de vértices totales del cuadrado móvil y NVEV= el número de vértices o puntos del cuadrado que caen en los espacios vacíos.

Ventajas:

- Fácil de construir.
- Es ligero al transporte.
- Las dimensiones de los cuadrados de la malla puede variar.

- En la estimación del coeficiente de apilamiento se facilita la identificación y contabilización de leñas regulares e irregulares.

Desventajas:

- Dificultad al contabilizar los puntos visualmente.
- Provoca fatiga visual a quien contabiliza los puntos.
- Es inexacto.

b) **Método de la regla de Snellamn.** Se trata de una regla de un metro de longitud graduada en centímetros y que se superpone sobre la pila de leña, donde el valor del coeficiente de apilado se obtiene dividiendo el número de marcas que se superponen sobre la madera entre el número total de marcas (100) (Diéguez *et al.*, 2003).

$$CA = \frac{NMM}{100} \quad (4)$$

Ó bien

$$CA = \frac{(100 - NMH)}{100} \quad (5)$$

Donde, CA= coeficiente de apilamiento, NMM= número de marcas de centímetros en madera y NMH= número de marcas de centímetros en huecos.

Este procedimiento debe realizarse en varias ocasiones, posicionando la regla en lugares diferentes para obtener un valor promedio.

Ventajas:

- Su tamaño es pequeño lo que facilita su uso y transporte.
- No provoca fatiga visual al estimador.

Desventajas:

- La contabilización de las marcas deben realizarse varias veces.
- Es menos preciso que el cuadrado móvil.

c) **Plantillas de Bitterlich.** Es un bastidor de madera generalmente en forma de rombo irregular, en cuyo vértice más agudo tiene un gancho o clavo que permite sujetarlo a las testas de las leñas apiladas. La estimación del coeficiente de apilado se basa en la teoría del muestreo por conteo angular (Diéguez *et al.*, 2003).

El procedimiento consiste en sujetar el vértice más agudo en un punto de la pila e ir girándolo 360° alrededor de dicho vértice, contabilizándose como “1” las leñas cuyas caras tengan un diámetro mayor que la anchura del bastidor en la zona que pasa por el centro de la propia cara de la leña, como “0.5” las leñas cuyas caras tengan un diámetro igual al tamaño del bastidor, y no se contabilizan las leñas cuyas caras posean diámetros inferiores al diámetro del bastidor. El coeficiente de apilado se calcula mediante la siguiente expresión (Diéguez *et al.*, 2003).

$$C = (z)(\text{sen}^2 \alpha) \quad (6)$$

Donde z = número obtenido al contabilizar las leñas mediante el procedimiento anterior, y α = la mitad del ángulo que forman los lados del rombo de la plantilla en el vértice alrededor del cual se realiza el giro de 360°.

Ventajas:

- Mayor precisión que los métodos anteriores en la estimación del coeficiente de apilamiento.
- De fácil construcción y transporte.

Desventajas:

- Tiene forma irregular.
- El cálculo del coeficiente de apilamiento es más complejo que los métodos anteriores.
- Dificultad al proporcionar el valor angular a las leñas.

d) **Método fotográfico.** Consiste en tomar una fotografía de alta calidad en el lado de la pila de leña donde están sus caras. Posteriormente, las fotos se analizan superponiendo un retículo de puntos o una serie de líneas sobre ellas (Lara, 1982).

La estimación del coeficiente de apilamiento se obtiene contabilizando el número de puntos de la malla que se superponen sobre la madera y dividiéndolo entre el número total de puntos, la expresión es la siguiente (Lara, 1982; Diéguez *et al.*, 2003).

$$CA = \frac{NPM}{NPT} \quad (7)$$

Donde, CA= coeficiente de apilamiento, NPM= número de puntos de la malla que caen sobre madera y NPT= número de puntos totales con los que cuenta la malla.

En el caso de utilizar unas líneas superpuestas sobre la fotografía, el coeficiente de apilamiento se estima midiendo con un curvímetro la longitud de las líneas que coinciden con madera y dividiéndola entre la longitud total de las líneas (Lara, 1982; Diéguez *et al.*, 2003).

$$CA = \frac{M}{T} \quad (8)$$

Donde CA= coeficiente de apilamiento, M= centímetros que caen sobre la madera y T= son los centímetros totales.

El error que se comete se puede corregir aumentando o disminuyendo el área de la malla o retículo de puntos (Diéguez *et al.*, 2003).

Ventajas:

- Mayor precisión.
- La estimación del coeficiente la pueden realizar terceros con conocimiento del método.
- Se puede repetir la contabilización de los puntos en un lugar distinto al de la localización de las pilas de leña.

Desventajas:

- Altos costos del equipo.
- Equipo sofisticado.

- Se necesita un mayor conocimiento del método.
- La estimación del coeficiente de apilamiento es más complejo.
- Difícil de transportar.

e) **Métodos basados en las dimensiones de las caras de las leñas.** Para determinar el coeficiente de apilamiento se estima el diámetro de las caras de las leñas y se divide entre la superficie de la cara de la pila que las contiene. Se eligen unas muestras a lo largo de las pilas y se miden los diámetros de las piezas (Diéguez *et al.*, 2003).

También estos métodos pueden abarcar la medición directa de cada una de las leñas. Para obtener el volumen, esta medición se hace con flexómetro y se miden los diámetros de las caras extremas, así como la longitud de la leña (Lara, 1982).

$$V = \frac{(S1 + S2)}{2} L \quad (9)$$

Donde V= volumen, S1= área mayor de la sección extrema, S2= área menor de la sección extrema y L= longitud de la leña.

f) **Inmersión.** Este método es considerado como el más preciso para medir el volumen de un sólido de forma irregular (Lara, 1982). Esta cubicación se hace con ayuda de instrumentos llamados xilómetros, o bien, con un tonel, barrica o recipiente lleno de agua en el que se pueda improvisar adaptándosele en la parte de arriba del mismo una llave o tubo (Romahn *et al.*, 1994). Se sumergen las piezas de leña en el xilómetro procurando quede completamente sumergida en el agua, se mide en una escala la elevación del nivel de agua, que indica el

volumen de líquido desalojado y, por ende, el volumen de la madera sumergida (Lara, 1982; Romahn *et al.*, 1994).

Ventajas:

- Proporciona el volumen exacto de las piezas al momento de sumergirse.
- Se utiliza cuando otros métodos fallan.
- Aplicado en investigaciones científicas.
- Se pueden estimar una gran cantidad de piezas al mismo tiempo (pila de leña).

Desventajas:

- Difícil de construir.
- Los materiales para su construcción son caros.
- Se necesita una superficie plana.
- Se necesita disponibilidad de agua.

g) **Método ponderal.** Se prefiere cuando se utiliza gran cantidad de piezas de pequeñas dimensiones, sustituyéndose la cubicación aparente por la pesada, simplificándose el proceso (Diéguez *et al.*, 2003).

Para determinar el peso de la leña se puede utilizar una balanza o dinamómetro (Romahn *et al.*, 1994). El volumen de leña mediante el método ponderal puede obtenerse mediante la siguiente fórmula.

$$V = \frac{P}{d} \quad (10)$$

Donde V = volumen de leña en dm^3 ; P = peso de la leña en Kg, obtenido con la balanza o dinamómetro y d = densidad de la leña en Kg/dm^3 .

Romahn *et al.* (1994) mencionan que la mayoría de las maderas de diferentes especies recientemente cortadas tienen una densidad muy próxima a la unidad, de manera que cuando no se requiere de mucha exactitud en la cubicación el volumen de la leña apilada se puede conocer determinando sólo el peso de la misma, ya que la densidad a utilizarse puede ser un valor cercano a la unidad, debido a que este valor en todas las especies no es mayor. La FAO (2003b), menciona el intervalo de densidad de la madera para leña entre 650 a 750 Kg/m^3 , el único inconveniente para este método es el contenido cambiante de humedad de la madera que puede provocar importantes variaciones en el peso y por ende en su volumen (Romahn *et al.*, 1994; Diéguez *et al.*, 2003).

Ventajas:

- Se pueden pesar una gran cantidad de piezas al mismo tiempo.
- Fácil y práctico de estimar.
- Los costos de construcción son bajos.
- Agiliza el procedimiento de cubicación.

Desventajas:

- El contenido cambiante de humedad de la leña provoca que exista variación en el volumen de la leña.

En cuanto a coeficientes de apilamiento Lara (1982) señala que en 1968 en la Unidad Industrial de Explotación Forestal de Atentique se determinaron coeficientes de apilamiento utilizándose los métodos de xilómetro y fotográfico, sin embargo los resultados no pueden ser considerados debido a que no existió control de los factores externos en el método de xilómetro y porque en el método fotográfico no se llegó a una adecuada afinación del sistema. También Lara (1982) menciona que en 1977 en la Unidad Industrial de Explotación Forestal Michoacana de Occidente se usaron trozos de 1.25 m de largo para obtener coeficientes de apilamiento de *Pinus* sp. Para la obtención del volumen de estos trozos individuales se midieron sus extremos, se determinó el diámetro medio usado para calcular el volumen real (por la fórmula de Smalian), posteriormente se cubicaron las pilas, midiendo sus lados para calcular el volumen aparente; el coeficiente de apilamiento obtenido fue de 0.63.

Lara (1982) señala que Sosa en el año de 1969 empleó 50 cuerdas o pilas de altura variable para calcular un coeficiente de apilamiento para brazuelos de un diámetro mínimo de 5 cm y una longitud de 1 m, obteniendo un coeficiente de apilamiento de 0.5.

Carrillo *et al.* (1985) hizo una comparación de coeficientes de apilamiento para brazuelo con una longitud de 0.61 m y que estuvieron determinados en función del diámetro de las ramas, determinó el CA a partir de la aplicación de cuatro tratamientos para dos especies de clima templado (*Pinus moctezumae* y *Abies* sp.). Estos tratamientos fueron:

1. Pilas formadas con brazuelo de categoría de diámetro 5 cm.
2. Pilas formadas con brazuelo de categoría de diámetro 10 cm.
3. Pilas formadas con brazuelo de categoría de diámetro 15 cm.

4. Pilas con brazuelo de todas las categorías diamétricas (forma de apilado tradicional).

Los CA obtenidos para la leña fueron de 0.45 para el tratamiento uno, de 0.62 para el tratamiento dos, de 0.74 para el tratamiento tres y 0.60 para el tratamiento cuatro. También Lara (1982) realizó una comparación de diferentes métodos para calcular coeficientes de apilamiento en brazuelo, raja y trozas comerciales. Las especies utilizadas fueron *Pinus douglasiana*, *P. lawsonii* y *P. michoacana* y recomienda aplicar a las pilas de brazuelo (1 m de longitud y entre 5 -15 cm de diámetro con corteza) de estas especies un coeficiente de apilamiento de 0.6, 0.59 y 0.52, respectivamente.

4.5. Análisis de la relación beneficio-costos

Para Oxenfeldt (1985) una de las dificultades más graves al momento de evaluar un negocio o una producción, se debe a la necesidad de asignar valores cuantitativos a lo intangible en la actividad, en cuanto a costos y beneficios. Por tanto, lo intangible amerita considerarse en cualquier decisión y siempre se debe asignar un valor realista; sin embargo, no es usual contar con una base confiable para determinar el cálculo de ese valor.

La relación beneficio-costos (B/C) es el cociente que resulta de dividir el valor de los beneficios entre el valor de los costos, expresando los beneficios netos obtenidos por unidad monetaria total invertida durante el proyecto, si el valor es menor a uno, indicará que los costos son mayores a los beneficios, en tanto, la diferencia ($B/C - 1$) será negativa, indicando las pérdidas por unidad invertida y viceversa, cuando la B/C es mayor que uno, la diferencia será

positiva $(B/C - 1)$, indicando la utilidad producida. La fórmula para obtener la relación beneficio-costo es (Oxenfeldt, 1985):

$$B/C = \sum_{t=1}^T B_t (1+r)^{-t} / \sum_{t=1}^T C_t (1+r)^{-t} \quad (11)$$

Donde B_t = beneficios en cada periodo del proyecto, C_t = costos en cada periodo del proyecto, r = tasa de actualización, t = tiempo en años y $(1+r)^{-t}$ = factor de actualización.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Área de estudio

El estudio se realizó en un predio ubicado políticamente en el municipio de Pinotepa de Don Luis, perteneciente a la región Costa del estado de Oaxaca (Figura 2), el cual fue utilizado como potrero y que posteriormente se abandonó formando un acahual de aproximadamente 10 años de edad. El predio se localiza entre las coordenadas 16°25'19" y 16°25'25.3" de latitud norte y 97°59'40.4" a 97°59'48.3" longitud oeste, con una altitud de 480 msnm (Figura 2). La superficie total es de 3.2 hectáreas, de las cuales una hectárea aproximadamente, fue trabajada con roza tumba y quema.

5.1.1. Vegetación

Con base en la clasificación de la vegetación de México realizada por Miranda y Hernández (1963) y tomando como referencia las especies relicto presentes en el predio, el tipo de vegetación encontrada fue una selva mediana subcaducifolia. Sin embargo, debido a la implementación del sistema agrícola tradicional de roza, tumba y quema para dar paso a actividades agrícolas y ganaderas, y posteriormente a su abandono, en el predio se formó un acahual dominado por *Gliricidia sepium* (cacahuanano), *Cordia alliodora* (hormiguillo), *Psidium guajava* (guayaba), *Diphysa robinoides* (chipilillo) y *Coccoloba barbadensis* (carnero).

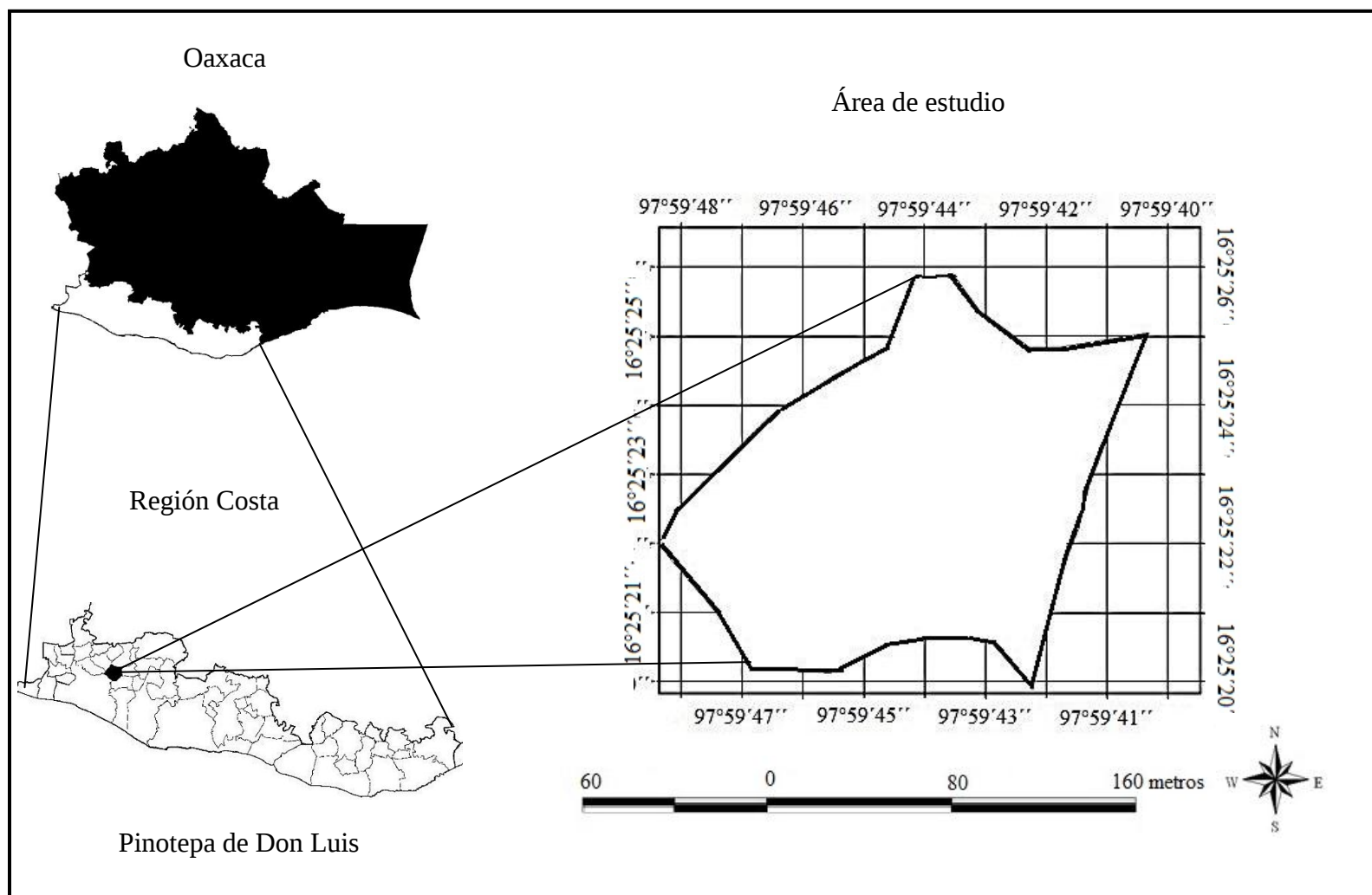


Figura 2. Ubicación geográfica del área de estudio (3.2 ha) localizado en la comunidad de Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.

5.1.2. Clima

En esta parte de la región predomina el clima (Aw) cálido subhúmedo con lluvias en verano, que se extiende desde el litoral a 500 msnm aproximadamente. Y escasamente, en algunas zonas se presenta el tipo (ACw) semicálido subhúmedo con lluvias en verano (García, 1987; Rodarte, 1997; INEGI, 2008b), con temperaturas medias anuales entre 26°C y 28°C, además de una precipitación total anual que varía de 800 a 2 000 mm por año y que se presenta entre los meses de mayo a octubre (INEGI, 1995). Por tanto, el área de estudio al localizarse en esta región presenta las mismas condiciones reportadas anteriormente y verificadas en campo.

5.1.3. Geología y suelo

Debido a las características de la región del litoral del pacífico, la costa en general presenta un relieve accidentado, resultado de distintos procesos geológicos (geodinámica costera), predominando acantilados con playas estrechas intercaladas. De acuerdo al anuario estadístico realizado por INEGI (2008a) los tipos de suelos que se presentan en la región Costa son cambisol dístrico, regosol eútrico y acrisol órtico, todos de textura media con tipos de rocas generalmente ígneas intrusivas y metamórficas.

En el predio se observó un relieve de leve a moderado con pendientes que van de 20% a 30% y el suelo presenta características franco arenosas. Además de la visible erosión que presentó sobre todo en temporada de lluvias. Debido a la ubicación geográfica del predio, las estadísticas para la región son compartidas con las del predio.

5.1.4. Hidrología

Los ríos y escurrimientos que pasan por el municipio son el río “El Paso” y río “Grande”, que pertenecen al río “Ometepec” y al río “La arena”, ubicados en la región hidrológica de la Costa de Oaxaca y a la cuenca del río La Arena y otros (CNA, 2003; INEGI, 2008b). Estos ríos cruzan tanto la región de la Sierra Madre del Sur como la Planicie Costera del Pacífico. Los demás escurrimientos nacen en la misma vertiente y por el predio cruza un arroyo intermitente.

5.2. Descripción de las principales especies del acahual

La identificación de las especies se realizó con base en el “Manual para la identificación de árboles tropicales” de Pennington y Sarukhán (2005), utilizando las colecciones botánicas realizadas de las especies en campo y valiéndose del conocimiento de los propietarios. Además se seleccionaron estas especies (a continuación descritas) porque fueron las que tuvieron el mayor número de individuos en el acahual.

5.2.1. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex. Griseb. (FABACEAE)

Nombrada comúnmente como cacahuananche, cacahuanano, cocuite, madre de cacao entre otros. Se desconoce su área de distribución original; sin embargo, con la intervención del hombre esta especie puede encontrarse en la vertiente del Golfo (desde Tamaulipas, San Luis Potosí, el norte de Puebla y Veracruz hasta Chiapas), en la depresión central y en la vertiente del Pacífico (desde Sinaloa hasta Chiapas). Puede encontrarse también formando parte de las selvas medianas perennifolias y en vegetación secundaria (Pennington y Sarukhán, 2005).

Se concibe como un árbol de hasta 12 m de altura y un diámetro (DAP) de hasta 35 cm, su tronco es torcido con ramas ascendentes y luego horizontales y su copa es irregular. La corteza parte de escamosa a ligeramente fisurada con un color de pardo amarillento a pardo grisáceo y de 8 a 10 mm de grosor (Pennington y Sarukhán, 2005).

Las hojas están dispuestas en espiral y son de tipo imparapinadas de 12 a 24 cm de largo, son de color verde oscuro y brillante en la parte del haz y en el envés son de color grisáceo. Los árboles de esta especie pierden las hojas en la época de floración (de diciembre a abril). Sus flores vienen en racimos de 10 a 15 cm de largo con aroma dulce; el color de las partes florales varía ampliamente desde tonos intensos hasta pálidos (Pennington y Sarukhán, 2005).

Los frutos son vainas dehiscentes aplanadas de 15 a 20 cm de largo y 2 a 3 cm de ancho, tienen un color verde amarillento o verde limón. Contienen de 4 a 10 semillas y maduran de febrero-marzo a junio-julio (Pennington y Sarukhán, 2005).

Esta especie se considera de multipropósito, constituye una de las más usadas como cercas vivas por la facilidad de su regeneración a partir de estacas, también se usa para la recuperación o restauración de suelos, para postes y para forraje (Pennington y Sarukhán, 2005). La tecnología de su madera refleja dureza y un peso específico que va de 0.5 a 0.8 g/cm³ y un poder calórico de 4900 Kcal/Kg. Además posee resistencia y una textura gruesa ya que tiene grano irregular lo que facilita su secado. La madera de árboles maduros es excelente como leña ya que el duramen se quema lentamente produciendo buenas brasas y poco humo (CATIE, 1986; CONAFOR, 2010a).

5.2.2. *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. (BORAGINACEAE)

Bojón, hormiguero, laurel, rosadillo y palo de viga son los nombres comunes de esta especie. Se distribuye en la vertiente del Golfo (desde el sur de Tamaulipas y sureste de San Luis Potosí hasta el norte de Chiapas, Campeche, Yucatán y Quintana Roo), la depresión central de Chiapas y la vertiente del Pacífico (desde Sinaloa hasta Chiapas). Es una especie muy abundante en vegetación secundaria proveniente de selvas altas o medianas perennifolias a subcaducifolias (Pennington y Sarukhán, 2005).

Es un árbol de hasta 25 m de altura y un DAP de hasta 90 cm, su fuste es recto, su copa redondeada, sus ramas son ascendentes y verticales en la parte superior. Tiene una corteza externa finamente fisurada y de un grosor total de 8 a 15 mm (Pennington y Sarukhán, 2005).

Las ramas jóvenes tienen abundantes lenticelas pálidas y protuberantes, en diversos puntos se presentan abultamientos y huecos producidos por hormigas que habitan en su interior (Pennington y Sarukhán, 2005).

Sus hojas están dispuestas en espiral, son simples con láminas ovadolanceoladas; en la parte del haz tienen un color verde oscuro y en la parte del envés un verde más claro. La época en que las hojas se pierden es durante el mes de abril y mayo. La época de floración es de agosto a abril. Las flores vienen en panículas axilares o terminales vistosas de 5 a 15 cm de largo, tienen un olor sumamente dulce (Pennington y Sarukhán, 2005).

Los frutos maduran de septiembre a abril, son nuececillas, contienen semillas de 4 a 5 mm de largo y son blancas (Pennington y Sarukhán, 2005).

Es una especie cuya madera es de buena calidad y buenas características de aserrado, secado y torneado; se utiliza para la fabricación de mangos de herramientas, o bien, aserrada para muebles de trabajo y en un futuro podría utilizarse con fines decorativos o parquet (Suárez, 2001 y 2008). Su madera es de textura fina a media y de alto lustre, tiene buena resistencia la cual aumenta al secarse. Su peso específico varía de 0.44 a 0.52 g/cm³. Recién cortada seca rápidamente y su encogimiento es de aproximadamente 9% (Liegel y Stead, 1990; CATIE, 1994, citado en Barrance *et al.*, 2003b).

En Centroamérica se considera una especie preciosa, también se utiliza en la construcción (Salazar y Joker, 2000). Su madera tiene un alto valor para uso local y en mercados nacionales; su abundante regeneración natural le permite que pueda ser combinada con otros cultivos (perennes y anuales) (Somarriba y Beer, 1987, citado en Suárez, 2008; Peck y Bishop, 1992, citado en Boshier *et al.*, 1997; CATIE, 2000).

5.2.3. *Psidium guajava* L. (MYRTACEAE)

Comúnmente conocido como guayabo (árbol) o guayaba (fruto). Se encuentra de manera silvestre, desde el sur de Tamaulipas, de San Luis Potosí y norte de Puebla y Veracruz hasta el norte de Chiapas; así como en la depresión central, la península de Yucatán, en la vertiente del Golfo y en la del Pacífico (de Sinaloa a Chiapas). Es una especie muy abundante en vegetación de tipo sabana donde se realiza el pastoreo o en pastizales inducidos, el fuego favorece su presencia. Es un componente de casi todos los tipos de vegetación de la zona tropical; sin embargo, su área de distribución ha sido notablemente ampliada por el cultivo (Pennington y Sarukhán, 2005).

Es un árbol o arbusto de hasta 10 m de altura y un DAP de hasta 60 cm, tiene un fuste generalmente torcido con ramas gruesas ascendentes y retorcidas y una copa irregular. Además, cuenta con una corteza externa escamosa, de color pardo rojizo, con un grosor de 5 a 8 mm (Pennington y Sarukhán, 2005).

Las ramas jóvenes de este árbol son densamente pubescentes sin lenticelas. Sus hojas son decusadas, simples con láminas oblanceoladas; su haz es de color verde brillante a verde pardusco, opaco. La época de floración es de marzo a septiembre, sus flores son solitarias o en cimas de hasta 8 cm, de dulce aroma. El fruto es comestible, es una baya de hasta 8 cm de diámetro con olor fragante y sabor agridulce; contienen abundantes semillas redondas de 3 a 5 mm (Pennington y Sarukhán, 2005).

La madera no tiene usos industriales, aunque se usa para la fabricación de mangos de herramientas agrícola, debido a su buena resistencia, dureza y peso que va de 0.8 a 0.92 g/cm³, también cuenta con buena elasticidad, posee un grano fino y recto. Tiene un valor calorífico de 4792 Kcal por kilogramo de materia seca, con una producción de 0.85 % de ceniza (Barrance *et al.*, 2003c). Su principal uso radica en la comestibilidad de su fruto por lo que se pueden establecer plantaciones de la misma con fines comerciales (Somarriba, 1985).

5.2.4. *Diphyssa robinoides* Benth.(FABACEAE)

Es conocida comúnmente como palo amarillo, guachepíl, guachipilín y chipilillo. Su distribución comprende todo el sureste de México, comúnmente encontrado en valles y llanuras costeras (Salazar, 1999).

Es un árbol perennifolio, de hasta 22 m de altura y un DAP máximo de 50 cm. Tiene copa redondeada, su follaje es verde brillante, fuste de forma cilíndrica que se ramifica en la parte media y cuya base es ligeramente alargada. Su corteza es de color café grisácea a café blancuzca con grietas profundas y desprendiéndose en piezas alargadas; su grosor total varía de 1.5 a 2.5 cm (Salazar, 1999; Barrance *et al.*, 2003a).

Las hojas son compuestas, imparapinadas, alternas, el haz es de color verde oscuro, el envés verde claro. Las inflorescencias están en racimos axilares de color amarillo. Generalmente florece a partir de 7 a 8 años de edad y se produce en los meses de agosto a noviembre. Los frutos maduran de agosto a octubre, son subcilíndricos de 6 a 10 cm de largo y contienen varias semillas oblongas (Salazar, 1999).

La madera es dura y pesada, pero fácil de trabajar, preservar y tiene una alta durabilidad natural. Tiene un peso específico de 0.96 g/cm^3 ; se utiliza para horcones, construcciones rurales, postes para cerca, mangos para herramientas, carpintería y ebanistería. Presenta un grano irregular y textura media. Se le utiliza como leña y tiene una productividad de leña de 7.7 ton/ha con árboles de 2.6 años y una altura de 3 m y 6 cm de DAP (CATIE, 1986; Carpio, 1995, citado en Salazar, 1999)

5.2.5. *Coccoloba barbadensis* Jacq. (POLYGONACEAE)

Sus nombres comunes son uvero y carnero. Tiene una amplia distribución, se encuentra en la vertiente del Golfo (desde el sur de San Luis Potosí y Tamaulipas, el norte de Puebla y Veracruz hasta el norte de Oaxaca y Chiapas, el sur de Tabasco y Campeche, en Yucatán y Quintana Roo) y en la vertiente del Pacífico (desde el norte de Nayarit hasta Chiapas). Forma parte de la

vegetación secundaria muy vieja de selvas altas y medianas subperennifolias. Se asocia frecuentemente con *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth (Pennington y Sarukhán, 2005).

Es un árbol que se considera perennifolio, de hasta 18 m de altura y un DAP máximo de 60 cm, tiene un fuste recto y corto con abundantes ramas ascendentes y colgantes; su copa es redondeada y muy densa. Su corteza es de escamosa a ligeramente fisurada. Las hojas dispuestas en espiral, son simples en láminas; en el haz son de color verde oscuro y brillante, verde pálido y opacas en el envés (Pennington y Sarukhán, 2005).

Su sexualidad es de tipo dioica o monoica. Su época de floración es de enero a agosto; sus flores, las espigas masculinas oscilan entre 10 y 15 cm de largo, tienen un olor dulce, son actinomorfas y tienen un diámetro de 4 a 5 mm. Las espigas femeninas tienen de 10 a 25 cm de largo y son glabras, tienen un olor dulce. Los frutos son de 1 a 1.2 cm de largo, ovoides, de color verde pardo a moreno y carnosos (Pennington y Sarukhán, 2005).

Su madera cuenta con un veteado pronunciado, textura mediana e hilo entrecruzado. Las zonas de crecimiento están bien definidas por fibras, sin embargo, no tiene usos industriales; aunque se emplea localmente para la fabricación de mangos de herramientas (Rebollar y Quintanar, 2000).

5.3. Características y variables evaluadas

5.3.1. Características estructurales de la vegetación arbórea

Se cuantificaron todos los árboles mayores a 5 cm de diámetro a la altura de 1.30 m (diámetro a la altura de pecho=DAP) presentes en el área de estudio, tomando información de la especie,

diámetro y altura. El equipo utilizado para determinar el diámetro fue la cinta diamétrica y el clinómetro Suunto para calcular la altura.

Se tomaron tres muestras por especie para la identificación de aquellos árboles que visualmente no se logró; se colectaron hojas, flores y/o frutos.

Por su uso maderable en la región las especies *T. rosea* y *E. cyclocarpum* no se derribaron ni se incluyeron en la investigación referente a extracción y cuantificación de leña. Aquellos individuos que no se lograron identificar fueron nombrados como morfoespecie 1 y 2.

5.3.2. Determinación del volumen

5.3.2.1. Obtención, apilado y volumen aparente de la leña

Se utilizó la leña comercial de diámetro igual o mayor a 5 cm, con una longitud de 0.80 m, generada en el proceso de roza, tumba y quema. El dimensionado se realizó con la ayuda de hachas y motosierra para los diámetros más grandes; para determinar la longitud se usó flexómetro.

Para el caso de *G. sepium*, *C. alliodora*, *P. guajava*, *C. barbadensis* y *D. robinoides* que fueron las más abundantes en el área de estudio se realizó el apilado por especie; mientras que las de menor número de individuos se incluyeron en una categoría denominada como “Otras”.

La leña de las cinco especies más abundantes se apiló en dos tipos de pilas cuyas medidas arrojan un volumen aparente de 3.6 m³ (pila tipo “A”) y 1 m³ (pila tipo “B”) (Cuadro 10); procurando un acomodo exacto y reduciéndose al máximo los espacios vacíos (Figura 3). Para obtener el volumen aparente (VA) de la leña de estas pilas se utilizó la siguiente ecuación:

$$VA = (l)(h)(a) \quad (11)$$

Donde VA = volumen aparente de la pila en m^3 , “ l ”, “ h ” y “ a ” son la longitud, altura y ancho de la pila en metros, respectivamente.

Cuadro 10. Tipología y dimensiones de las pilas de leña obtenida en un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.

Tipo de pila	Longitud (m)	Altura (m)	Ancho (m)	Volumen (m^3)
A	3	1.50	0.80	3.6
B	1	1.25	0.80	1

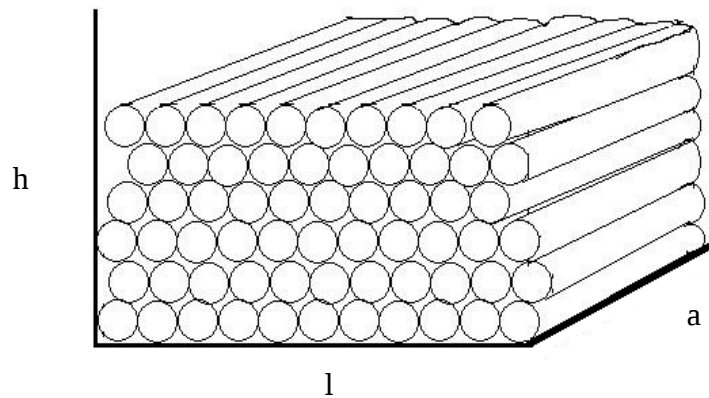


Figura 3. Forma y dimensiones de las pilas tipo “A” y “B” de las leñas obtenidas del acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.

5.3.2.2. Obtención del coeficiente de apilamiento (CA)

Se obtuvo mediante el método de cuadrado móvil ó malla de puntos (Diéguez *et al.*, 2003). Se optó por el uso de éste procedimiento debido a las condiciones de las pilas de leña (irregulares), por considerarlo adecuado al momento de realizar las observaciones y a que no se

contaba con la posibilidad de invertir en el equipo necesario para implementar otro método de mayor exactitud (inmersión o xilómetro).

El método consistió en la elaboración de un cuadro de madera de 1m x 1m (1 m²) y cuadriculado con separaciones cada 10 cm por lado. Se colocaron hilos sujetos en clavos de manera que constituyeron una malla uniforme y estable. Este cuadrado móvil tuvo 81 puntos (vértices) interiores y un total de 100 puntos (Figura 4).

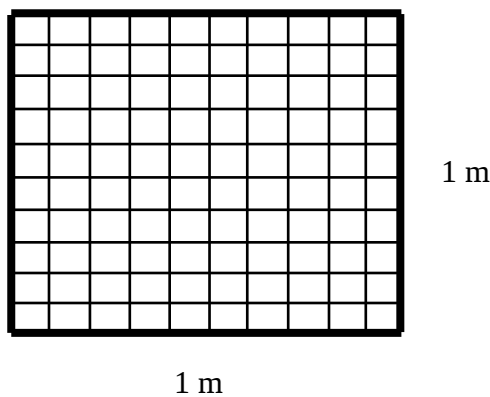


Figura 4. Dibujo del cuadrado móvil usado para obtener el CA en leña apilada, en un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.

En cada una de las caras de las pilas se colocó el cuadrado móvil. El coeficiente de apilamiento (CA) se determinó mediante la relación entre el número de puntos contabilizados sobre las leñas con el total puntos del cuadrado móvil, utilizándose la siguiente ecuación:

$$CA = \frac{Pm}{PT} \quad (12)$$

Donde, Pm = número de puntos que caen en la madera y PT = número de puntos totales con los que cuenta la malla o cuadrado móvil.

Para cada pila de tipo “A” se tomaron cuatro CA, dos por cara de la pila. En las pilas de tipo “B” se obtuvieron dos coeficientes (uno por cada cara). La colocación del cuadrado móvil en las caras de la pila fue al azar con las siguientes especificaciones:

- Arriba-Izquierda
- Abajo-Izquierda
- Arriba-Centro
- Abajo-Centro
- Arriba-Derecha
- Abajo-Derecha

Para la generación de un CA por especie se sumaron los cuatro CA obtenidos de la pilas tipo “A” más los dos de las pila tipo “B”, generándose en total seis coeficientes de apilamiento por cada especie. Posteriormente, se obtuvo un coeficiente de apilamiento promedio (Cuadro 15).

5.3.2.3. Obtención del volumen real por coeficiente de apilamiento

El volumen real (VR) se obtuvo multiplicando el volumen aparente (VA) por el coeficiente de apilamiento (CA).

La expresión empleada fue la siguiente:

$$VR = (CA)(VA) \quad (13)$$

5.3.2.4. Obtención del volumen por el método ponderal

La leña se dejó secar por un mes (tiempo que el propietario consideró adecuado para ser utilizada como combustible). Para obtener el volumen por este método se utilizó la leña de la pila tipo “B” de 1 m³ de volumen aparente. Se pesó toda la leña de estas pilas utilizando una balanza romana con capacidad para 150 Kg. El volumen de leña por el método ponderal se obtuvo mediante la siguiente ecuación (Romahn *et al.*, 1994):

$$V = \frac{P}{d} \quad (14)$$

Donde V = volumen de leña en dm^3 , P = peso de la leña en Kg, obtenido con la balanza romana y d = es la densidad de la leña en Kg/dm^3 .

Por el método ponderal solo se obtuvo el volumen de *G. sepium*, *C. alliodora*, *P. guajava*, *D. robinoides* y *C. barbadensis*, las cuáles fueron las más abundantes; se empleó la densidad de la madera reportada por González *et al.* (1971), Hughell (1990, citado en Craig y Francis, 2006), Montero (1995), CATIE (1994, citado en Barrance *et al.*, 2003b) y CONAFOR (2010 ab); para la categoría “Otras”, se usó la densidad promedio de las cinco.

El volumen real de las pilas tipo “B” de leña se obtuvo de dividir el peso de las pilas entre la densidad por especie; por ejemplo “si el peso de la pila “B” es de 380 Kg y su densidad de 0.47 g/cm^3 , entonces su volumen real será de 0.81 m^3 ”. Y para obtener el volumen real de la leña extraída por especie se extrapoló el peso obtenido de las pilas tipo “B” al VA total generado y este peso se dividió entre la densidad de la madera, obteniéndose así el VR por especie.

Finalmente, la suma de los volúmenes obtenidos en cada pila fue considerada como el volumen total de leña generado en el proceso de roza, tumba y quema.

5.3.2.5. Cálculo del volumen de la carga

En la comunidad se emplea la carga como medida para comercializar la leña, la cual consiste en un grupo de 12 a 40 piezas. Esta varía de acuerdo al tamaño o diámetro de cada pieza de leña. Generalmente se considera leña “pequeña o chica” a aquella cuyo diámetro oscila de 5 a 7.5 cm,

de 7.6 a 12.5 leña “mediana” y mayores de 12.6 cm como leña “grande”. Una carga de leña chica está constituida por 30 trozos de leña, una carga de leña mediana de 15 trozos y, por último, una carga de leña grande de cinco trozos (Galán, 2010 com. per.)¹. Para conocer el volumen (m³) de la carga de leña se utilizó el método ponderal debido a que conociendo el peso de muchas piezas a la vez se puede determinar su volumen. Contreras *et al.* (2003) definen la carga como la cantidad de leña que puede cargar un asno. Por tanto, para conocer el volumen de ésta es necesario determinar su peso.

Adicionalmente, se determinó el número de cargas que forman un metro cúbico de volumen aparente de leña, el peso por carga y el peso total de las cargas.

5.3.3. Análisis de la relación beneficio-costo de la extracción de leña

Las actividades involucradas en el proceso de obtención y extracción de leña fueron: derribo del arbolado, troceo, dimensionado de la leña, apilado y transporte fuera del predio para su venta.

El costo de extracción de leña se determinó considerando el pago (expresado en pesos) por jornal, tomando en cuenta los jornales y gastos realizados en las actividades involucradas para la obtención y extracción de leña.

Mientras que los beneficios fueron considerados como los ingresos obtenidos por la venta de leña.

La relación beneficio-costo se obtuvo mediante la siguiente expresión:

$$B/C = \text{Beneficios} / \text{Costos} \quad (15)$$

Donde B/C= relación beneficio costo del proceso de extracción de leña.

1. Galán L., R. 2010. Profesor-Investigador de la UMAR y originario de Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.

Se obtuvo una relación entre los beneficios o ingresos y los costos, que expresó la rentabilidad del proceso de extracción y comercialización de la leña. Si la relación B/C es positiva, la extracción y comercialización de leña es rentable, pero si la relación B/C es negativa, quiere decir que no existe rentabilidad.

5.3.4. Diseño experimental y análisis estadístico

Para conocer el margen de error y el valor de confianza de los coeficientes de apilamiento y el peso de las cargas, se usó un diseño experimental completamente al azar.

Se consideró como única y principal fuente de variación la especie: *G. sepium* (1), *P. guajava* (2), *C. alliodora* (3), *C. barbadensis* (4), *D. robinoides* (5) y “Otras” (6). Se analizaron los datos para dos variables; la variable coeficiente de apilamiento contó con un total de 36 observaciones, mientras que para el peso de las cargas (Kg) se obtuvo un total de 48 observaciones.

Para realizar el análisis de varianza de las variables evaluadas para CA y peso de las cargas se utilizó el paquete estadístico SAS (SAS, 2002) mediante el método de GLM (General Linear Model) y la prueba de Tukey ($p=0.05$) para la comparación de medias.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Características estructurales de la vegetación arbórea

Se registraron un total de 216 individuos distribuidos en nueve familias, 11 géneros y 16 especies (Cuadro 11). La familia mejor representada en cuanto al número de géneros fue la Fabaceae con seis géneros, de los cuales tres son de la subfamilia Papilionoideae, dos a la subfamilia Mimosoideae y una a la subfamilia Caesalpiniaceae; para las demás familias sólo se encontró un género y dos especies no fueron identificadas (Cuadro 11). Algunas de estas familias se han encontrado en selvas secundarias (Finegan, 1992 y 1996; Sevegnani y Baptista, 1996, citado en Moraes *et al.*, 2002; Finegan y Delgado, 2000; Steininger, 2000, citado en Moraes *et al.*, 2002).

El número de individuos (216) encontrados es una densidad que se encuentra dentro del intervalo de densidad de árboles para una selva secundaria, ya que Moraes *et al.* (2002) reportan de 152 a 870 individuos ha⁻¹ con una edad de 6 a 25 años.

Las especies de mayor abundancia en el predio fueron *Gliricidia sepium* con 61 individuos (28.24%), *Cordia alliodora* con 48 (22.22%), *Psidium guajava* con 33 (15.28%), *Diphysa robinoides* con 18 (8.33%) y *Coccoloba barbadensis* con 16 (7.41%) (Figura 5). En total estas cinco especies representaron el 81.48% de todos los individuos. Sin embargo, *Tabebuia rosea* (4.17%), *Andira inermis* (W. Wright) Kunth ex. DC. (3.70%), *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth (2.31%), *Lysiloma divaricatum* (Jacq.) J. F. MacBride (1.39%), *Annona squamosa* L. (1.39%), *Delonix regia* (Bojer) Raf. (0.93%), *Enterolobium cyclocarpum* (0.93%), *Guazuma ulmifolia* Lam. (0.93%), *Homalium trichostemon* S.F. Blake (0.46%) y dos morfoespecies (con 1.39% y 0.93%) representan el 18.52% con un total de 40 individuos.

Se encontraron algunas especies representativas de la selva mediana subcaducifolia (SMS), lo que indica que ésta fue la vegetación original. Por ejemplo, *E. cyclocarpum*, *T. rosea*, *C. barbadensis*, *L. divaricatum*, *A. squamosa*, *A. inermis*. *P. guajava* y *G. ulmifolia* son propios de la selva mediana subcaducifolia (Solano, 1990; Salas *et al.*, 2003; Torres, 2004; Rzedowski, 2006).

Algunas especies también pueden considerarse como indicadoras del tipo de vegetación secundaria, tal es el caso de *G. sepium*, *C. alliodora* y *P. guajava* ya que son especies con características pioneras en la sucesión, resultando representativas e indispensables en dicho proceso (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999).

La abundancia de *G. sepium* en este acahual se debió a su peculiar capacidad de regeneración después de un incendio ó, en este caso, de la roza, tumba y quema, factor que aparentemente favorece también su establecimiento; también su capacidad para fijar nitrógeno, que asegura su prosperidad como especie colonizadora en el predio (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999). Cabe señalar que anteriormente el predio fue utilizado como potrero y para la siembra de maíz.

Cuadro 11. Especies localizadas en un acahual de Pinotepa de Don Luis, Oaxaca, antes de realizarse la roza, tumba y quema.

Número	Nombre científico	Familia	Nombre común	Número de individuos
1	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex. Griseb	Fabaceae	Cacahuanano	61
2	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Boraginaceae	Hormiguillo	48
3	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	Guayaba	33
4	<i>Diphyssa robinoides</i> Benth.	Fabaceae	Chipilillo	18
5	<i>Coccoloba barbadensis</i> Jacq.	Polygonaceae	Carnero	16
6	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Bignoniaceae	Macuil	9
7	<i>Andira inermis</i> (W. Wright) Kunth ex. DC.	Fabaceae	Cuatololote	8
8	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Malpighiaceae	Nanche	5
9	<i>Lysiloma divaricatum</i> (Jacq.) J.F. MacBride.	Fabaceae	Tepeguaje	3
10	<i>Annona squamosa</i> L.	Annonaceae	Anona blanca	3
11	Morfoespecie 1	Sin nombre	De cha'a	3
12	<i>Delonix regia</i> (Bojer) Raf.	Fabaceae	Tabachín	2
13	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Fabaceae	Parota	2
14	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Sterculiaceae	Cuailote	2
15	Morfoespecie 2	Sin nombre	Sin nombre	2
16	<i>Homalium trichostemon</i> S.F. Blake	Sapindaceae	Palo piedra	1

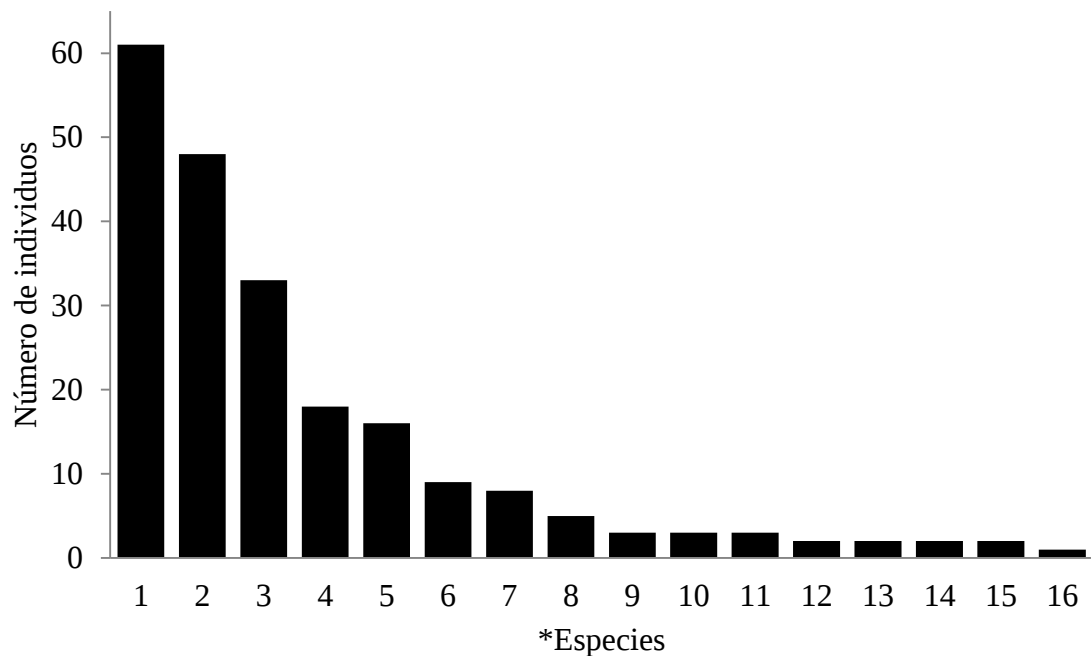


Figura 5. Frecuencia de individuos por especie de un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca. * Los números (1-16) corresponden a las especies citadas en el cuadro 11.

La mayoría de las especies (68.5%) presentes en el predio tuvieron diámetros entre los 7.6 y 17.5 cm. El 31.5% de los individuos mostraron diámetros por arriba de los 17.6 cm, debiéndose a que éstos eran dejados con la finalidad de brindar sombra cuando el predio era utilizado como pastizal (Cuadro 12). Para el caso de las cinco especies dominantes se tiene un comportamiento similar y el resto va en declive (Figura 6). López *et al.* (2003) encontraron en dos comunidades de Chiapas que la mayor parte de los árboles en acahuales cuentan con diámetros que oscilan entre los 20 y 40 cm.

Cuadro12. 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.

Especies	Categorías diamétricas (cm)									
	10	15	20	25	30	35	40	45	55	70
<i>G. sepium</i>	43	18								
<i>C. alliodora</i>	17	27	3	1						
<i>P. guajava</i>	2	24	5	1	1					
<i>D. robinoides</i>		3	5	4	3	2	1			
<i>C. barbadensis</i>		1	2	2	1	6	3	1		
<i>T. rosea</i>		5	2	2						
<i>A. inermis</i>		2	1	2		2	1			
<i>B. crassifolia</i>			4	1						
<i>L. divaricatum</i>		1	2							
<i>A. squamosa</i>	1		1		1					
Morfoespecie 1		1			2					
<i>D. regia</i>									1	1
<i>E. cyclocarpum</i>	1				1					
<i>G. ulmifolia</i>					1	1				
Morfoespecie 2		1	1							
<i>H. trichostemon</i>		1								
Total	64	84	26	13	10	11	5	1	1	1

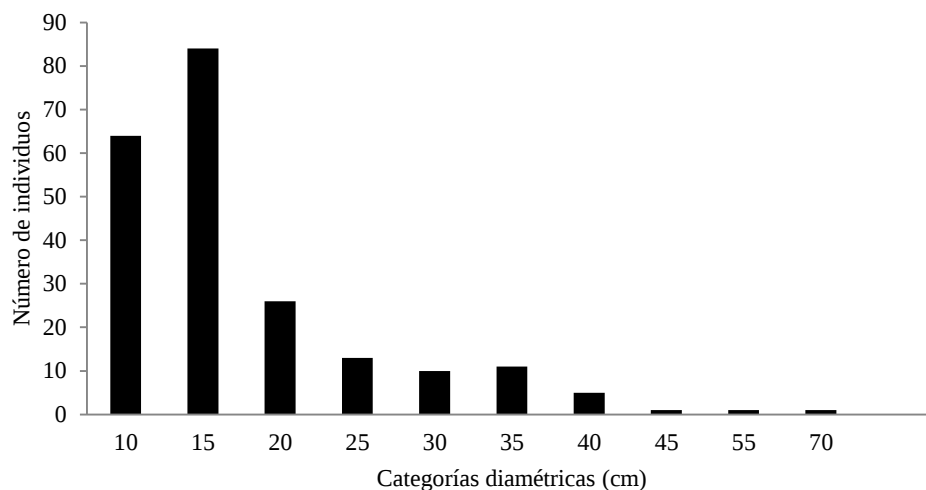


Figura 6. Número de individuos por categoría diamétrica, de un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca antes de aplicarse roza, tumba y quema.

La distribución de individuos fue mayor en las categorías diamétricas menores; la categoría diamétrica de 15 presentó el mayor número de individuos, con un porcentaje de 38.9%, seguida por la categoría de 10 con 29.6% (Figura 6). Lo que indica que la vegetación secundaria es relativamente joven y en proceso de transformación de acahual joven a maduro. Esto se sustenta por Saldarriaga (1987, citado en Smith *et al.*, 1997), quien presenta una larga cronosecuencia de la sucesión luego de prácticas agrícolas de tala y quema, desde parcelas abandonadas hasta selvas maduras. Este autor menciona que durante los primeros 10 a 20 años de la sucesión, las especies pioneras dominan, tal como lo fue *G. sepium*, *C. alliodora* y *P. guajava* en esta investigación (Figura 7a,b,c); a los 30 y 40 años las especies sucesionales tempranas son reemplazadas por grupos de otras especies de rápido crecimiento y más persistentes, las cuales llegan a ser dominantes por los siguientes 50 años, y en algunos casos pueden continuar siendo importantes en las selvas maduras, como lo fue *C. barbadensis* (Figura 7e).

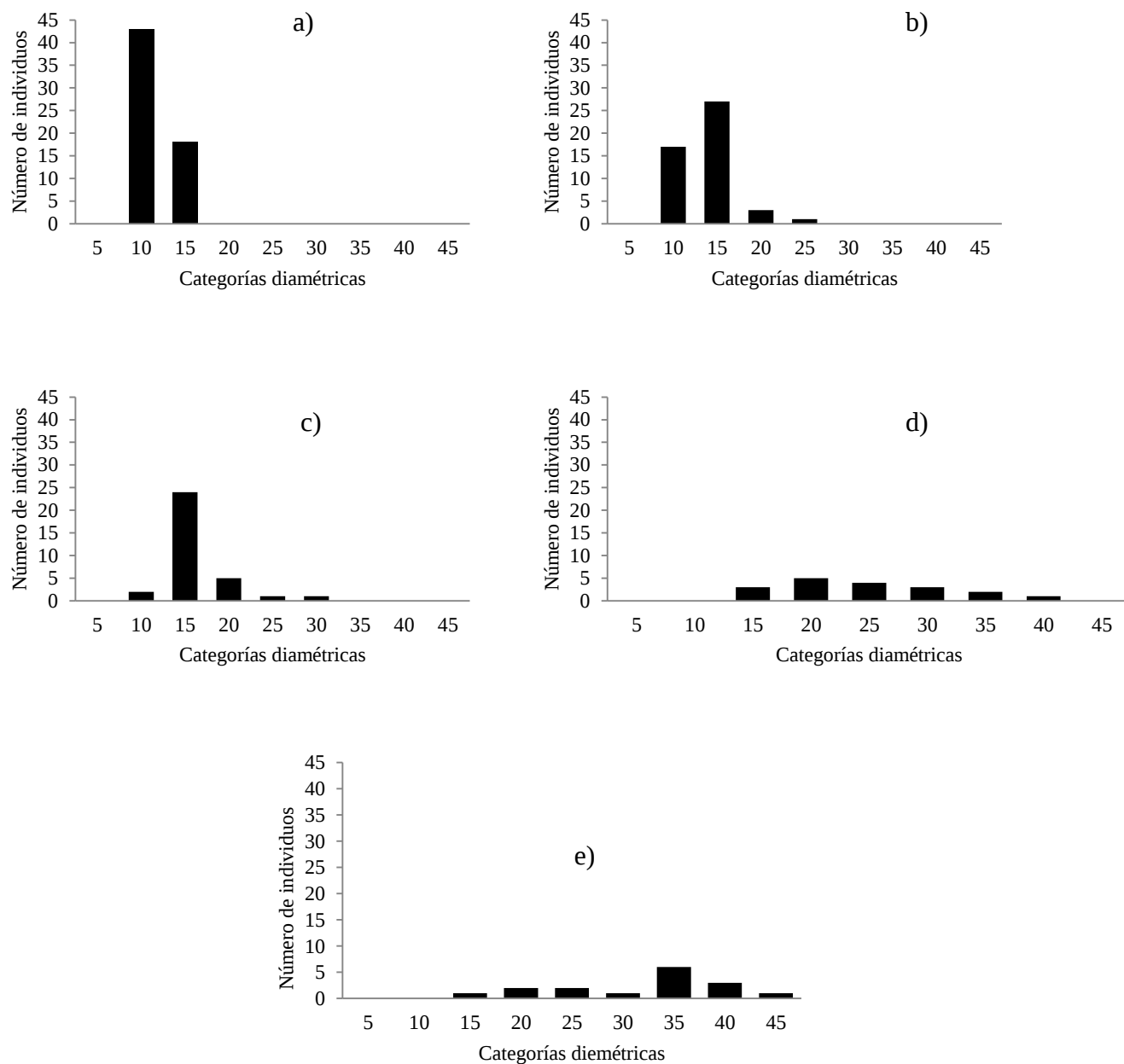


Figura 7. Distribución del número de individuos por categoría diamétrica de las cinco especies más abundantes de un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca, a) *G. sepium*, b) *C. alliodora*, c) *P. guajava*, d) *D. robinoides* y e) *C. barbadensis*.

De lo anterior, se concluye que la diversidad de especies aumenta a través del tiempo, de la sucesión y que la tasa de recuperación de la composición florística, estructura y biomasa que sigue al disturbio es relativamente lenta. Sin embargo, hay que resaltar que una de las características sobresalientes de la vegetación secundaria (acahuales, potreros) es la gran variabilidad florística que presentan sus rodales dentro de cortas distancias, tanto a nivel de dosel como de vegetación de sotobosque, debido principalmente a variaciones fenológicas de especies colonizadoras al momento del abandono del terreno, al tipo de regeneración (rebrotos vs. semillas), así como a la presencia de diferentes especies de árboles remanentes, los cuales pueden influenciar la composición del sitio (Smith *et al.*, 1997).

El 69% de los individuos presentaron alturas de 7.6 a 12.5 m (categoría 10), seguida por el 14.4% con alturas de 12.6 a 17.5 m (categoría 15) (Figura 8, 9 y Cuadro 13).

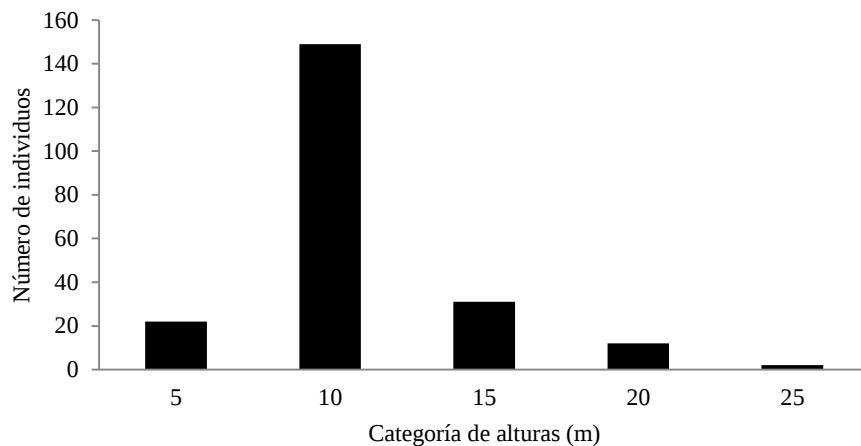


Figura 8. Distribución de los individuos por categoría de alturas en el acahual antes de ser intervenido con roza, tumba y quema en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.

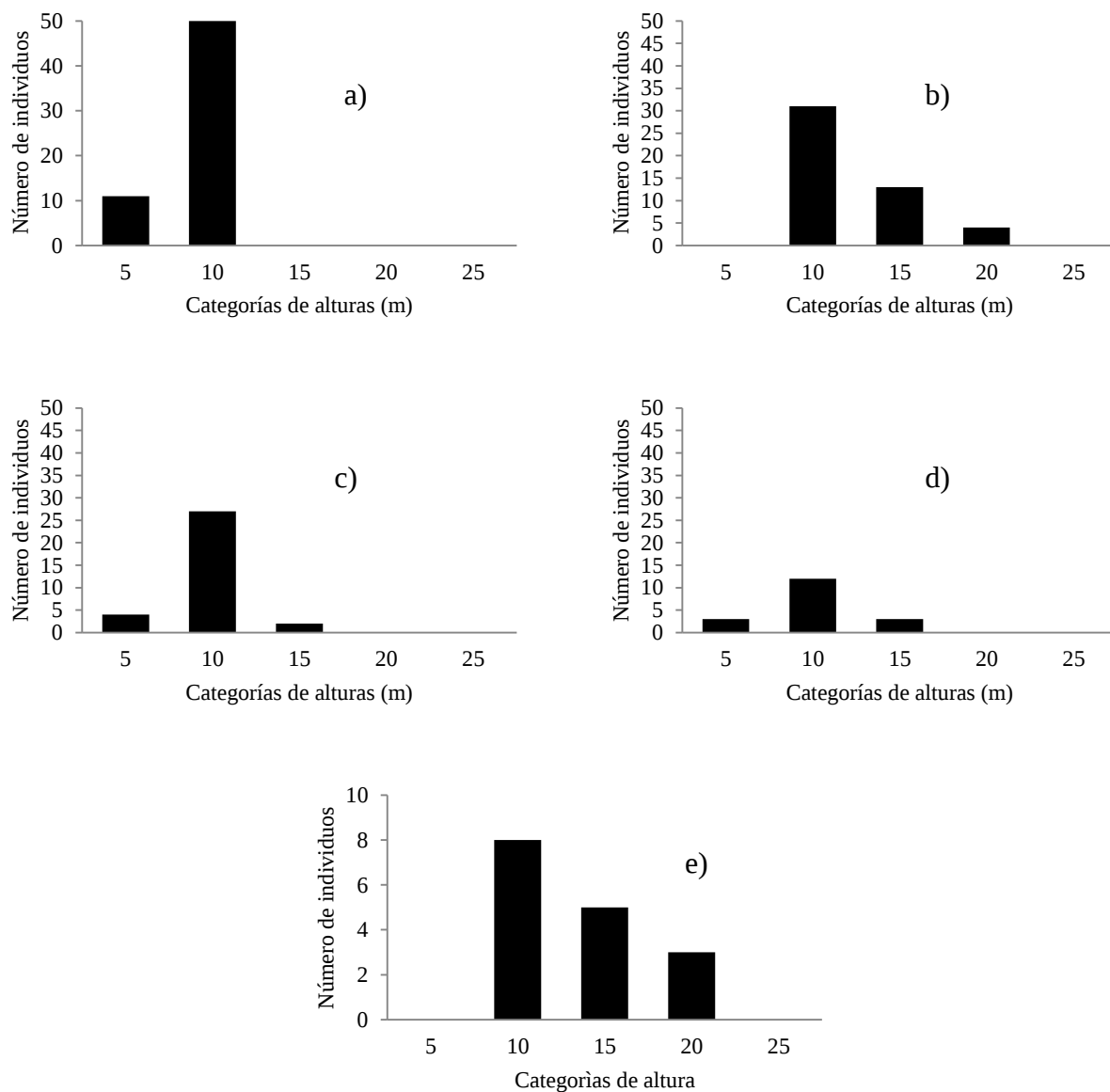


Figura 9. Distribución del número de individuos por categoría de altura de las cinco especies más abundantes de un acahual en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca, antes de ser intervenido con roza, tumba y quema, a) *G. sepium*, b) *C. alliodora*, c) *P. guajava*, d) *D. robinoides* y e) *C. barbadensis*.

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.

Especies	Categorías de alturas (m)				
	5	10	15	20	25
<i>G. sepium</i>	11	50			
<i>C. alliodora</i>		31	13	4	
<i>P. guajava</i>	4	27	2		
<i>D. robinoides</i>	3	12	3		
<i>C. barbadensis</i>		8	5	3	
<i>T. rosea</i>	1	5	1	2	
<i>A. inermis</i>	1	3	3		1
<i>B. crassifolia</i>		5			
<i>L. divaricatum</i>			2		1
<i>A. squamosa</i>	1	1	1		
Morfoespecie 1	1	2			
<i>D. regia</i>				2	
<i>E. cyclocarpum</i>		1	1		
<i>G. ulmifolia</i>		1		1	
Morfoespecie 2		2			
<i>H. trichostemon</i>		1			
Total	22	149	31	12	2

Los 149 individuos alojados en la categoría de altura de 10 m representaron en mayor medida especies de aproximadamente 10 años (Cuadro 13) (Galán, 2010 com. per.)¹. En la figura 9 se puede observar el número de individuos de las cinco especies dominantes que siguen el mismo comportamiento que la densidad total por categoría de alturas. Por tanto, si la vegetación del acahual se dejase hasta alcanzar su clímax de desarrollo, posiblemente los diámetros y alturas de los individuos puedan asemejarse a las características estructurales de una selva mediana

1. Galán L., R. 2010. Profesor-Investigador de la UMAR y originario de Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.

subcaducifolia (primaria). Esto de acuerdo a Moraes *et al.* (2002) que mencionan que un acahual maduro puede asemejarse en mucho a la estructura de la vegetación primaria original. Estimándose que se requieren aproximadamente entre 140 y 200 años para que una parcela abandonada alcance los niveles de biomasa comparables a la selva madura (Saldarriaga, 1987, citado en Smith *et al.*, 1997). Sin embargo, el acahual en Pinotepa de Don Luis antes de ser intervenido con RTQ tenía aproximadamente 10 años de ser abandonado (Galán, 2010 com. per.)¹.

Para *G. sepium*, a pesar de haber sido la especie dominante y de mayor densidad, ocupó el quinto lugar en AB; lo contrario ocurrió con *E. cyclocarpum* que tuvo mayor AB pero ocupó el lugar 13 en cuanto a densidad. Por tanto, si se considera el AB, de las cinco especies principales, una de ellas (*G. sepium*) deja de serlo y *E. cyclocarpum* tomaría su lugar.

La especie con el mayor AB fue *C. barbadensis* con 1.41 m² seguida de *E. cyclocarpum* (0.9473 m²), *C. alliodora* (0.7486 m²), *D. robinoides* (0.7174 m²) y *G. sepium* (0.6614 m²); la de menor AB fue *A. squamosa* con 0.0201m² (Cuadro 14). La suma del AB de las cinco especies más abundantes arrojó un AB de 4.03 m² participando con el 60.26% del total.

El AB total del acahual se encuentra muy por debajo de los reportados para la selva mediana subperennifolia de Santa Gertrudis, Veracruz, donde se establecieron tres parcelas de aproximadamente una hectárea cada una con 4919, 4617 y 3570 ind ha⁻¹ y un área basal de 45.33, 33.35 y 37.3 m² respectivamente (Godínez y López, 2002). Asimismo, se obtuvo menor AB total que lo obtenido en la comunidad El Remolino, Veracruz (76.77 m² ha⁻¹) (Basañez *et al.*, 2008), en Bonampak, Chiapas (41.83 m² ha⁻¹), en Los Tuxtlas, Veracruz (38.07 m² ha⁻¹) y Gómez Farías, Tamaulipas (40.30 m² ha⁻¹) (Bongers *et al.*, 1988; Meave del Castillo, 1990; Banuet,

1984; citados en Basañez *et al.*, 2008). La diferencia entre el AB obtenido en esta investigación respecto a las reportadas anteriormente puede ser resultado del estado de conservación que tienen los sitios, ya que mientras que lo reportado corresponde a selvas primarias, la vegetación de esta investigación pertenece a una vegetación secundaria (acahual). El estado de conservación se debe a que los pobladores se han concientizado y protegen sus selvas, ya que la consideran como parte fundamental de su cultura e ingreso, condición que en la comunidad de Pinotepa de Don Luis y particularmente en el predio no se presenta.

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.

Especies	Área basal (m²)
<i>G. sepium</i>	0.6614
<i>C. alliodora</i>	0.7486
<i>P. guajava</i>	0.4906
<i>D. robinoides</i>	0.7174
<i>C. barbadensis</i>	1.4122
<i>T. rosea</i>	0.0917
<i>A. inermis</i>	0.0934
<i>B. crassifolia</i>	0.6335
<i>L. divaricatum</i>	0.1671
<i>A. squamosa</i>	0.0201
Morfoespecie 1	0.1686
<i>D. regia</i>	0.0491
<i>E. cyclocarpum</i>	0.9473
<i>G. ulmifolia</i>	0.2414
Morfoespecie 2	0.1610
<i>H. trichostemon</i>	0.0840
Total	6.69

6.2. Determinación del volumen

6.2.1. Volumen aparente

Se obtuvieron seis pilas de tipo “A” (3.5m x 1.5m x 0.8m) con un volumen aparente total de 21.6 m³ y nueve pilas de tipo “B” (1m x 1.25m x 0.8m) con un volumen aparente total de 9 m³ (Cuadro15).

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.

Especie	Pilas tipo “A”		Pilas tipo “B”		Volumen aparente total (m ³)
	Número de pilas	Volumen aparente (m ³)	Número de pilas	Volumen aparente (m ³)	
<i>G. sepium</i>	1	3.6	1	1.0	4.6
<i>C. alliodora</i>	1	3.6	1	1.0	4.6
<i>P. guajava</i>	1	3.6	2	2.0	5.6
<i>D. robinoides</i>	1	3.6	1	1.0	4.6
<i>C. barbadensis</i>	1	3.6	3	3.0	6.6
Otras	1	3.6	1	1.0	4.6
Total	6	21.6	9	9.0	30.6

El volumen aparente total de leña generado en el predio por la aplicación de la roza, tumba y quema fue de 30.6 m³, las especie con mayor volumen fue *C. barbadensis* con 6.6 m³, seguida de *P. guajava* con 5.6 m³ y las demás especies (*G. sepium*, *C. alliodora*, *D. robinoides* y Otras) con 4.6 m³ de volumen aparente cada una (Cuadro 15).

Lo anterior debido a las dimensiones y forma de la copa de los individuos, por ejemplo *C. barbadensis* presentó árboles de 23 m de altura y 45 cm de diámetro.

6.2.2. Obtención del coeficiente de apilamiento (CA)

Se obtuvieron cuatro coeficientes de apilamiento en las pilas tipo “A” para cada especie y dos coeficientes en las pilas tipo “B”, haciendo un total de seis coeficientes de apilamiento (Cuadro 16).

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.

Tipo de Pilas	<i>G. sepium</i>	<i>C. alliodora</i>	<i>P. guajava</i>	<i>D. robinoides</i>	<i>C. barbadensis</i>	Otras
A	0.68	0.52	0.53	0.49	0.64	0.53
A	0.69	0.62	0.59	0.57	0.59	0.57
A	0.65	0.65	0.57	0.62	0.69	0.49
A	0.69	0.52	0.65	0.53	0.62	0.56
B	0.70	0.67	0.53	0.58	0.53	0.54
B	0.64	0.64	0.57	0.51	0.56	0.48
Promedio	0.68	0.60	0.57	0.55	0.60	0.53

Los CA fueron sometidos a un análisis de varianza, los resultados indican que hay efecto significativo ($P < 0.05$) por el factor especie (Cuadro 17) para los coeficientes de apilamiento, sobresaliendo la especie *G. sepium* que fue superior en 16.2%, 11.8%, 11.8%, 19.1% y 22% con respecto a *P. guajava*, *C. alliodora*, *C. barbadensis*, *D. robinoides* y “otras”.

G. sepium fue la única especie que difiere estadísticamente con *D. robinoides* y “otras” (cuadro 17), posiblemente debido a que las pilas de leña de estas dos últimas contenían leñas de forma irregular y con corteza gruesa.

El análisis de varianza indica que no hay efecto significativo ($P>0.05$) por el factor especie (Cuadro 18) para la variable peso de las cargas. Pero cuantitativamente la especie *G. sepium* fue superior en 6%, 8% y 17.6% con respecto a *C. barbadensis*, *D. robinoides* y “otras”; en tanto fue menor en 10.93%, 10.71% para *P. guajava* y *C. alliodora*.

Cuadro 17. Coeficientes de apilamiento (Media $\pm$ E.E.) para las especies estudiadas en un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.

Especie	Media $\pm$ E.E.	Coeficiente de variación (%)
<i>G. sepium</i>	0.68 $\pm$ 0.0098 ^a	3.54
<i>C. alliodora</i>	0.60 $\pm$ 0.0275 ^{ab}	11.17
<i>P. guajava</i>	0.57 $\pm$ 0.0188 ^{ab}	8.01
<i>C. barbadensis</i>	0.60 $\pm$ 0.0238 ^{ab}	9.66
<i>D. robinoides</i>	0.55 $\pm$ 0.0193 ^b	8.61
Otras	0.53 $\pm$ 0.0141 ^b	6.51

^{a,b} Medias con diferente literal difieren estadísticamente ($p<0.05$).

Navarro *et al.* (2005) mencionan que la Comisión Nacional del Medio Ambiente de Chile en su investigación “Estudio de Secado de Leña y Equivalencias de Unidades de Comercialización”, menciona que para 1 m³ de volumen aparente, el peso seco de leña fue de 603.55 Kg, con una desviación estándar de 19.68 y un coeficiente de variación de 3.26. Se puede establecer que su coeficiente de apilamiento obtenido fue de 0.6. Por tanto, esta investigación buscó generar la información necesaria para poder determinar la cantidad de leña extraída de un acahual intervenido con roza, tumba y quema, además de su peso por carga y volumen de leña alojado en una pila de 1 m³ de volumen aparente y cómo influye la especie directamente en este

valor. Los coeficientes de apilamiento promedio obtenidos en cada especie fueron utilizados para calcular el volumen total de leña por especie.

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.

Especie	Media $\pm$ E.E.	Coeficiente de variación (%)
<i>G. sepium</i>	47.50 $\pm$ 4.66 ^a	27.77
<i>C. alliodora</i>	50.86 $\pm$ 5.11 ^a	26.56
<i>P. guajava</i>	51.94 $\pm$ 2.18 ^a	11.87
<i>C. barbadensis</i>	44.67 $\pm$ 2.48 ^a	16.65
<i>D. robinoides</i>	43.75 $\pm$ 3.36 ^a	21.74
Otras	39.12 $\pm$ 4.09 ^a	29.60

^aMedias con la misma literal no difieren estadísticamente (P>0.05).

Los CA encontrados (0.53 a 0.68) para las especies estudiadas fueron similares a los reportados por otros autores. Romahn *et al.* (1994) mencionan que para leña en general cuyas cuerdas (pilas) sean de 27'' x 27'' y 24'' x 24'' los coeficientes de apilamiento son de 0.7 y 0.6, respectivamente, y para las de 20'' x 20'' y 18'' x 18'' de 0.6. La Unidad Industrial de Explotación Forestal Michoacana de Occidente reportó en 1977 (citado en Lara, 1982) un CA de 0.63 para leña de una longitud de 1.25 m con diámetros y especies variadas (*Pinus* sp.), y Sosa (1969, citado por Lara, 1982) reportó un CA de 0.5 para leña con un diámetro mínimo de 5 cm y una longitud máxima de 1 m en pilas de dimensiones variables. En tanto Carrillo *et al.* (1985) obtuvieron un coeficiente de apilado de 0.6 para las pilas de leñas de todos los diámetros y con un

apilado tradicional, cuyas variables son similares al de esta investigación y por lo tanto se puede establecer un parámetro entre nuestros coeficientes y otros.

En general, para leña en condiciones de uniformidad en diámetros y alturas el CA es de 0.5 y cuando es muy irregular es de 0.4 (Romahn *et al.*, 1994). Lara (1982) considera un CA de 0.6 para dos especies de coníferas. Sin embargo, no se tiene información precisa de coeficientes para especies tropicales, lo cual dificulta establecer un comparativo entre ésta y otras investigaciones.

6.2.3. Volumen real por coeficiente de apilamiento

El volumen real (VR) total de leña en el predio fue de 18.05 m³. La especie con mayor volumen fue *C. barbadensis* con 3.99 m³; a pesar de haber ocupado el quinto lugar en abundancia, con solo 16 árboles; sin embargo 11 árboles contaron con diámetros mayores a 30 cm y alturas superiores a los 10 metros. El segundo lugar lo ocupó *P. guajava* con 3.21 m³ de VR, debido a que 31 de sus 33 individuos se ubicaron en la categoría diamétrica de 10, y sólo cuatro en la categoría de altura de 5. En tercer lugar *G. sepium* con un VR de 3.11 m³ y no por presentar grandes diámetros y alturas, sino debido a su abundancia con el 28.24% de los 216 individuos (Cuadro 11 y 12). El cuarto lugar fue para *C. alliodora* con 2.77 m³ y *D. robinoides* la última de las cinco especies más abundantes tuvo 2.53 m³ de VR, y finalmente la categoría “Otras”, con 2.43 m³ fue la que obtuvo el volumen más bajo (Cuadro 19).

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.

Especie	Volumen aparente total (m)	Coeficiente de apilamiento	Volumen real total (m³)
<i>G. sepium</i>	4.6	0.68	3.11 ± 0.04508
<i>C. alliodora</i>	4.6	0.60	2.77 ± 0.1265
<i>P. guajava</i>	5.6	0.57	3.21 ± 0.10528
<i>D. robinoides</i>	4.6	0.55	2.53 ± 0.08878
<i>C. barbadensis</i>	6.6	0.60	3.99 ± 0.15708
Otras	4.6	0.53	2.43 ± 0.06486
Total	30.6	0.59*	18.05

*Es el coeficiente de apilamiento obtenido en relación a VA total y al VR total.

La diferencia entre el VA y el VR fue de 12.54 m³, lo que equivale a una sobreestimación de volumen aparente respecto al volumen real, esto es posible debido a diversas causas como a los espacios vacíos dejados al momento de apilar la leña o al método de apilamiento, a la forma irregular de la leña y a la presencia de corteza (Husch, 1963; Dilworth, 1965 y Avery, 1967, citados en Lara, 1982), al tipo de leña que se apile (Donald y Schumacher, 1965; Anuchin, 1970, citado en Smith *et al.*, 1997) y, generalmente, al diámetro y longitud de la leña (Champman y Meyer, 1949, citado en Lara, 1982; Donald y Schumacher, 1965; Avery, 1967, citado en Lara, 1982; Anuchin, 1970, citado en Smith *et al.*, 1997).

La leña en brazuelo o rollo tiene un acomodo más preciso en comparación a la leña de raja, es decir, la leña en brazuelo reduce al máximo los espacios vacíos en la pila, disminuyendo el margen de diferencia entre el volumen aparente y el volumen real (Donald y Schumacher,

1965; Anuchin, 1970, citado en Smith *et al.*, 1997). Para una investigación cuyo objetivo sea establecer un CA para cada especie se debe utilizar la leña en brazuelo debido a que los espacios vacíos entre leñas son menores en comparación a los espacios dejados por la leña en raja. En cambio, para los fines que se plantearon en esta investigación los coeficientes de apilamiento obtenidos resultaron adecuados para establecer la cantidad de leña que se puede extraer de un predio, debido a que son cercanos a los valores de CA mencionados por Romahn *et al.* (1994), y Lara (1982).

Cuando se pretenda obtener el volumen de leña en raja, el método de coeficiente de apilamiento mediante cuadrado móvil no sería el más adecuado debido a que el margen de diferencia entre el volumen aparente y el volumen real sería mayor que el margen obtenido por el método de coeficiente de apilamiento para brazuelo; sin embargo, en esta investigación al emplearse leña en brazuelo el método de coeficientes de apilamiento resultó adecuado y práctico.

La leña de *G. sepium* presentó mayor uniformidad, situación que se reflejó en los coeficientes de apilamiento y volumen real, reduciendo al máximo el error arrojado por los espacios vacíos entre los trozos de leña.

6.2.4. Volumen por el método ponderal

El peso de la leña de las pilas tipo “B” se presenta en el cuadro 20, siendo *P. guajava* y *C. barbadensis* las especies que obtuvieron mayores valores.

G. sepium y *C. alliodora* presentaron mayor volumen real por el método ponderal (Cuadro 19), posiblemente influenciado por la densidad y forma uniforme de la leña (Forbes,

1961, citado en Lara, 1982; Anuchin, 1970, citado en Smith *et al.*, 1997). El intervalo de densidad de la madera para leña, generalmente es de 650 a 750 Kg/m³ (FAO, 2003b).

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.

Especie	*VA (m ³)		Peso (Kg)		Densidad (g/cm ³)	**VR (m ³)	
	“A”	“B”	“A”	“B”		“A”	“B”
<i>G. sepium</i>	4.6	1	1,748.0	380.0	0.47	3.72	0.81
<i>C. alliodora</i>	4.6	1	1,637.6	356.0	0.45	3.64	0.79
<i>P. guajava</i>	5.6	1	2,326.8	415.5	0.65	3.58	0.64
<i>D. robinoides</i>	4.6	1	1,610.0	350.0	0.50	3.22	0.70
<i>C. barbadensis</i>	6.6	1	2,653.2	402.0	0.63	4.21	0.64
Otras	4.6	1	1,439.8	313.0	0.54	2,67	0.58
Total	30.6	6	11,415.4	2,216.5		21.04	4.16

*VA = volumen aparente, **VR= volumen real y “A”, “B”= tipos de pila.

Para Keita (1987) el peso de 1 m³ de VA de leña varía de 200 a 600 Kg, dependiendo si ésta viene de ramas torcidas o de troncos bien formados. Asimismo, en 1 m³ de VA se obtiene el equivalente a 0.65 m³ de leña (FAO, 2003b).

El volumen real total obtenido mediante el método ponderal de las pilas tipo “B” fue de 4.16 m³. Extrapolándose al VA total de leña extraído del predio se obtiene un volumen de 21.04 m³ (Cuadro 20).

El peso total de leña fue de 11,415.4 Kg, siendo *C. barbadensis* (4.21 m³ y 2,653.2 Kg) la especie con mayor volumen y peso y, *G. sepium* como la especie de mayor preferencia a ser utilizada como leña, obtuvo 3.72 m³ arrojando un peso de 1,748 Kg (Cuadro 20).

La diferencia en el VR obtenido (21.04 m³) con respecto al de CA (18.05 m³) fue de 3 m³ (Cuadro 21) y posiblemente se deba a las diferencias arrojadas por las densidades utilizadas al momento de determinar el volumen mediante el método ponderal o bien al error visual que tiene el método de CA mediante el cuadrado móvil haciéndose variable en cada medición. Por tanto resultaría adecuado realizar un estudio donde se controle cada uno de los factores en ambos métodos de cubicación (ponderal y por coeficiente de apilamiento con el cuadrado móvil).

Cuadro 21. Volumen real obtenido para el total del VA, mediante el método de coeficiente de apilamiento (cuadrado móvil) y por el método ponderal, en un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.

Especie	Volumen (m ³)		
	Ponderal	Coeficiente de apilamiento	Diferencia (m ³)
<i>G. sepium</i>	3.72	3.11	0.61
<i>C. alliodora</i>	3.64	2.77	0.87
<i>P. guajava</i>	3.58	3.21	0.37
<i>D. robinoides</i>	3.22	2.53	0.69
<i>C. barbadensis</i>	4.21	3.99	0.22
Otras	2.67	2.43	0.24
Total	21.04	18.05	2.99

La mayor diferencia en los volúmenes obtenidos se presentaron en las especies *C. alliodora* (0.87 m³) y *D. robinoides* (0.69 m³) respectivamente (Cuadro 21). Posiblemente, se deba a la densidad empleada en ambas especies en el método ponderal ya que tanto *C. alliodora* como *D. robinoides* presentaron leñas uniformes y con mínimas irregularidades lo que facilitó la toma del coeficiente de apilamiento con el cuadrado móvil.

6.2.5. Cálculo del volumen de la carga

De cada pila tipo “B” se obtuvo un promedio de cuatro cargas; una carga la constituyeron 50 trozos de diámetros pequeños (2.5-5.5 cm), 30 para leñas de diámetro mediano (5.6-10.5 cm) y la carga de leña grande (10.6-15.5 cm) con un promedio de 10 leñas. *C. barbadensis* obtuvo 4.5 cargas por m³ de VA, siendo el número más alto y *C. alliodora* obtuvo el menor con 3.5 cargas por metro cúbico de VA (Cuadro 22).

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.

Especie	Número de cargas por pila tipo “B”	Peso (Kg) pilas tipo “B”	Volumen aparente total (m ³)	Número de cargas totales
<i>G. sepium</i>	4.0	380	4.6	18.4
<i>C. alliodora</i>	3.5	356	4.6	16.1
<i>P. guajava</i>	4.0	415	5.6	22.4
<i>D. robinoides</i>	4.0	350	4.6	18.4
<i>C. barbadensis</i>	4.5	402	6.6	27.9
Otras	4.0	313	4.6	18.4

El volumen promedio por carga para *G. sepium* fue de 0.2021 m³, *C. alliodora* de 0.2260 m³, *P. guajava* con 0.1598 m³, *D. robinoides* 0.1750 m³ y para *C. barbadensis* 0.1418 m³.

López *et al.* (2003) obtuvieron de 38.8 a 173.2 Kg de leña por árbol, en individuos de acahuales de diferentes tipos de vegetación, el equivalente de 2.5 a 11.25 cargas de leña por árbol, obtenido a partir del número de cargas y peso por carga en esta investigación. Sin embargo, Giraldo (1996) menciona que en el caso de *Acacia decurrens* se pueden obtener 8.5 Kg de leña por árbol. Esto equivale a que se necesitarían aproximadamente 43 árboles para reunir el peso de 1 m³ de leña arrojado en esta investigación.

Además de la leña comercial (>5 cm de diámetro) cuantificada mediante estos métodos en el acahual se estimó el volumen de la leña no comercial (<5 cm) utilizada para autoconsumo, obtenida de puntas y ramas de todos los árboles, lo que equivale a 5 m³ de volumen aparente de leña.

6.3. Análisis de la relación beneficio-costo de la extracción de leña

La inversión en cada actividad se evaluó en jornal, equivalente a un día de trabajo con un valor de \$120.00 (Ciento veinte pesos 00/100 M.N.), los costos generados por cada actividad así como los totales generados se enlistan en el cuadro 23.

Las actividades que generaron mayores costos fueron el transporte y derribo con un 49.8% del costo total, el troceo y dimensionado con 43.03% y finalmente el apilado con 7.17%.

Para transportar la leña del predio a la carretera que lleva a la comunidad de Pinotepa de Don Luis se necesitaron dos días de trabajo, se emplearon tres animales de carga y dos trabajadores, arrojando un costo de \$1,000.00 (Un mil pesos 00/100 M.N.). Adicionalmente, se pagó una cantidad de \$150.00 (Ciento cincuenta pesos 00/100 M.N.) por los servicios de un camión para transportar la leña del lugar donde la depositaron los animales de carga a la vivienda del propietario, lugar de almacenamiento final para su venta. Fueron dos viajes del camión sumando un total de \$300.00 (Trescientos pesos 00/100 M.N.).

Cuadro 23. Costos totales generados por la extracción de la leña comercial en un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.

Actividad	Número de jornales	Costo por jornal (\$)	Costo total (\$)
Derribo	10	120.00	1,200.00
Troceo	9	120.00	1,080.00
Arrime de la leña	9	120.00	1,080.00
Apilado	3	120.00	360.00
Transporte			1,300.00
Total			5,020.00

\$ Moneda mexicana (pesos 00/100 M.N.).

En el mercado de la región, la carga de leña tiene un precio de \$60.00 (Sesenta pesos 00/100 M.N.). La especie que generó mayores ingresos fue *C. barbadensis* con \$1,674.00 (Un mil seiscientos setenta y cuatro pesos 00/100 M.N.), le siguen *P. guajava* con \$1,344.00 (Un mil trescientos cuarenta y cuatro pesos 00/100 M.N.), *G. sepium*, *D. robinoides* y “Otras” con \$1,104.00 (Un mil ciento cuatro pesos 00/100 M.N.); *C. alliodora* fue la especie que menores ingresos generó, con \$966.00 (Novecientos sesenta y seis pesos 00/100 M.N.). Por tanto, el

ingreso obtenido por la venta de 18.05 m³ de leña (volumen calculado por la metodología de coeficiente de apilamiento) o 121.6 cargas fue de \$7,296.00 (Siete mil doscientos noventa y seis pesos 00/100 M.N.) (Cuadro 24).

Cuadro 24. Ingresos obtenidos por la venta de leña comercial extraída en un acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.

Especies	Número de Cargas	Ingresos (\$)
<i>G. sepium</i>	18.4	1,104.00
<i>C. alliodora</i>	16.1	966.00
<i>P. guajava</i>	22.4	1,344.00
<i>D. robinoides</i>	18.4	1,104.00
<i>C. barbadensis</i>	27.9	1,674.00
Otras	18.4	1,104.00
Total	121.6	7,296.00

\$ Moneda mexicana (pesos 00/100 M.N.).

La relación beneficio – costo (RB/C) del proceso de extracción de leña fue de 1.45. Por lo tanto, la producción de leña a través de la roza, tumba y quema resulta un proceso favorable. Sin embargo, hay que destacar que este beneficio no sólo impacta la economía de los propietarios del predio donde se extrajo y cuantificó la leña, también se promovió el aprovechamiento y comercialización de los diferentes productos que se pueden extraer de un acahual de selva mediana subcaducifolia.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- Los coeficientes de apilamiento para cuantificar el volumen de leña extraído mediante roza, tumba y quema para *Gliricidia sepium*, *Cordia alliodora*, *Coccoloba barbadensis*, *Psidium guajava* y *Diphyssa robinoides* son de 0.68, 0.60, 0.60 0.57, y 0.55, respectivamente; estos varían dependiendo de la uniformidad o irregularidad de la leña, de la forma de apilado, dimensiones de la pila, dimensiones del cuadrado móvil o densidad de la leña al momento de pesarla (método ponderal).
- La diferencia entre el volumen aparente y el volumen real estimado mediante coeficiente de apilamiento (18.05 m^3) fue de 41%, siendo mayor que la obtenida entre el volumen real mediante el método ponderal (21.04 m^3) 31.24%. Por tanto, la obtención del volumen de leña mediante el método ponderal es más precisa.
- El volumen real obtenido mediante el método ponderal depende directamente de la densidad real de la leña y de su peso. En tanto el volumen real obtenido mediante coeficiente de apilamiento (cuadrado móvil) depende de las características estructurales (diámetro y altura) de la vegetación arbórea y uniformidad de la leña.
- La relación beneficio costo del proceso de extracción de leña mediante roza, tumba y quema indica que en esta actividad el propietario obtiene mayores beneficios en comparación a los costos invertidos, donde la actividad con el mayor costo en el proceso de extracción de leña fue el transporte (sólo del predio a la carretera).
- *Coccoloba barbadensis* fue la especie que aportó el mayor ingreso por su venta participando con el 22.94% del total de los beneficios; debido a que fue la especie con las

mayores características estructurales en diámetro y altura, a pesar de haber contado con solo 16 individuos. En tanto, *Gliricidia sepium* fue la especie de mayor preferencia para ser utilizada como leña, siendo la primera en venderse en su totalidad, sin embargo sus características estructurales fueron mínimas a pesar haber contado con el mayor número de individuos.

- Un acahual de selva mediana subcaducifolia con una población de 216 individuos que oscilan entre los 10 y 20 cm de diámetro y de 5 a 15 m de altura, arroja un volumen aproximado de 18 a 21 m³ de leña comercial. Por tanto, entre más altos sean los valores de las características estructurales de la vegetación arbórea (diámetro, altura y número de individuos), mayor será el volumen de leña extraída después de haber sido intervenido mediante roza, tumba y quema.

7.2. Recomendaciones

- Para obtener un coeficiente de apilamiento exacto se recomienda un acomodo preciso de la leña, evitando al máximo los grandes espacios entre los trozos de leña.
- Si se requiere un volumen mucho más exacto a través del método ponderal se deben obtener además las densidades en verde y en seco de la leña a extraerse y que se quiere cuantificar.
- En futuras investigaciones se debe cuantificar la leña para autoconsumo y también la diversidad de productos extraídos (postes, vigas y polines) para construcción.
- Aunque el transporte es la actividad que genera el mayor costo dentro del proceso de extracción de leña, para los propietarios de terrenos que deseen producir y extraer leña

periódicamente para su venta y obtener mayores ganancias se recomienda la apertura de un camino que comunique al predio con la carretera principal a la comunidad, lo cual reduciría aún más los costos del proceso de extracción de leña a mediano y largo plazo.

- Con base en esta investigación, se recomienda el establecimiento de plantaciones dendroenergéticas con *Gliricidia sepium* a pesar de no haber generado el mayor volumen e ingresos, pero sí por ser la de mayor preferencia como leña en la comunidad y por contar con beneficios ecológicos en la restauración de suelos.
- Establecer un sistema de enriquecimiento de acahuales para aprovechar al máximo la productividad del sitio y alargar el periodo de producción.
- Se recomienda el método de coeficiente de apilamiento para la obtención del volumen de leña extraída en brazuelo o entera en campo.
- Ya que la roza, tumba y quema sigue siendo el sistema agrícola tradicional utilizado en la comunidad de Pinotepa de Don Luis, se recomiendan evaluar las consecuencias ambientales que esta práctica acarrea.
- En el caso de *Cordia alliodora* hay que señalar que es considerada como una especie preciosa en diferentes países de Centroamérica, donde los agricultores favorecen su regeneración dentro de sistemas agroforestales. Tal vez, el valor de esta especie en México se encuentre subvalorada al limitarse a ser utilizada como leña o a la construcción; por tanto, se recomienda aprovechar todos los beneficios de esta especie.

VIII. LITERATURA CITADA

- Amelung T. y M. Diehl. 1992. Deforestation of tropical rain forest: economic causes and impact on development. *In: Los Tuxtlas: La deforestación*. S. Guevara S., J. Laborde D. y G. Sanchez R. (eds.). 2004. INECOL. México. pp: 85-108.
- Arévalo D., M. E. 1997. Caracterización de la producción de maíz bajo el sistema de agricultura migratoria en el área de usos múltiples de San Miguel La Palotada, San Andrés, Petén. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía Guatemala. 114 p.
- ATS (American Technology Services). 1999. Agricultura de roza-tumba-quema. *In: Diccionario Enciclopédico Dominicano de Medio Ambiente*. Consultado el 15/05/2009. Disponible en: <http://www.dominicanaonline.org/diccionariomedioambiente/es/definicionVer.asp?id=48>.
- Barrance, A., J. Beer, D. H. Boshier, J. Chamberlain, J. Cordero, G. Detlefsen, B. Finegan, G. Galloway, M. Gómez, J. Gordon, M. Hands, J. Hellin, C. Hughes, M. Ibrahim, D. Kass, R. Leakey, F. Mesén, M. Montero, C. Rivas, E. Somarriba, J. Stewart y T. Pennington. 2003a. *Diphyssa americana* (Mill.) M. Sousa. *In: Árboles de Centroamérica*. J. Cordero y D. H. Boshier (eds.). OFI-CATIE, Costa Rica. pp: 519-522 .
- Barrance, A., J. Beer, D. H. Boshier, J. Chamberlain, J. Cordero, G. Detlefsen, B. Finegan, G. Galloway, M. Gómez, J. Gordon, M. Hands, J. Hellin, C. Hughes, M. Ibrahim, D. Kass, R. Leakey, F. Mesén, M. Montero, C. Rivas, E. Somarriba, J. Stewart y T. Pennington. 2003b. *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken. *In: Árboles de Centroamérica*. J. Cordero y D. H. Boshier (eds.). OFI-CATIE, Costa Rica. pp: 473-476.

- Barrance, A., J. Beer, D. H. Boshier, J. Chamberlain, J. Cordero, G. Detlefsen, B. Finegan, G. Galloway, M. Gómez, J. Gordon, M. Hands, J. Hellin, C. Hughes, M. Ibrahim, D. Kass, R. Leakey, F. Mesén, M. Montero, C. Rivas, E. Somarriba, J. Stewart y T. Pennington. 2003c. *Diphysa americana* (Mill.) M. Sousa. *Psidium guajava* L. In: Árboles de Centroamérica. J. Cordero y D. H. Boshier (eds.). OFI-CATIE, Costa Rica. pp: 817-822 .
- Basañez, A. J., J. L. Alanís y E. Badillo. 2008. Composición florística y estructura arbórea de la selva mediana subperennifolia del ejido “El Remolino”, Papantla, Veracruz. Colima, México. *Avances en Investigación Agropecuaria* 12: 3-32.
- Boshier, D. H., Lamb A. T., Henson M., Mesen J. F. y Beer J. W. 1997. *Cordia alliodora*: genetics and tree improvement. Forestry Research Programe, Departament of Plant Sciences, University of Oxford, Tropical Forestry Papers 36: 95.
- Campos V., A., L. C. Arriaga, P. Dávila A., A. García M., J. Reyes S., G. Toriz A., L. Torres C. y R. Torres C. 1995. Plantas y flores de Oaxaca. UNAM, México. 62 p.
- Carrillo, E. G., E. Flores A. y J. A. León T. 1985. Comparación de Coeficientes de Apilamiento para brazuelo determinados en función del diámetro de las ramas. INIF. Boletín Técnico No. 103. México, D.F. 13 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1986. Crecimiento y rendimiento de especies para leña en áreas secas y húmedas de América Central. Turrialba, 79: 347-351.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2000. *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken. SEED LEAFLET 25: 45.

CNA (Comisión Nacional de Agua). 2003. Regiones hidrológicas. Procesamiento geográfico: SIGA. México.

CNCF (Comisión Nacional de Certificación Forestal). 1999. Estándares y procedimientos para el manejo sostenible y la certificación forestal en Costa Rica. San José, Costa Rica. 54 p.

SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos). 1992. Carta topográfica de uso de suelo y vegetación modificada por CONABIO. 1994. Escala 1:100 000. CONABIO. México.

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2010a. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (1842). Fichas técnicas de especies forestales publicadas por el Sistema Nacional de Información Forestal. Consultado el 21/10/2010. Disponible en:
http://148.223.105.188:2222/gif/snif_portal/secciones/usos/UsosPDF.php?especieURL=Gliricidiasepium

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2010b. *Psidium guajava*. Fichas técnicas de especies forestales publicadas por el sistema de información forestal. Consultado el 21/10/2010.
Disponible en:
http://148.223.105.188:2222/gif/snif_portal/secciones/usos/UsosPDF.php?especieURL=Psidiumguajava

CONAP (Comisión Nacional de Áreas Protegidas). 2008. Guatemala y su biodiversidad: Un enfoque histórico, cultural, biológico y económico. Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Oficina Técnica de Biodiversidad. Guatemala. 650 p.

- Contreras H., J. R., V. Volke H., J. L. Oropeza M., C. Rodríguez F., T. Martínez S. y A. Martínez G. 2003. Disponibilidad y uso de leña en el municipio de Yanhuitlán, Oaxaca. *TERRA Latinoamericana* 21: 437-44.
- Correa P., G. 2005. Uso de leña y carbón vegetal como energético, magnitud de la reforestación y sustentabilidad. Consultado el 11/04/2009. Disponible en:
www.sicbasa.com/tuto/AMECIDER2006/PARTE%208/51%20Genaro%20Correa%20Perez.pdf.
- Cortés F., J. I. 2004. Proyecto Manejo Sustentable de Laderas (PMSL): Informe de tecnologías alternativas sostenibles. Instituto de Socioeconomía, Estadística e Informática. COLPOS, Montecillo, México. 10 p.
- Craig R., E y J. K. Francis. 2006. *Gliricidia sepium* (gliricidia), ver.2.I. In: Craig R., E. (ed.). Species profiles for pacific island agroforestry. Permanent Agriculture Resources (PAR), Hawaii. Consultado el 25/06/ 2010. Disponible en: www.traditionaltree.org
- Diéguez A., U., M. Barrios A., F. Castedo D., A. D. Ruíz G., M. F. Álvarez T., J. G. Álvarez G. y A. R. Alboreca. 2003. Dendrometría. Fundación Conde del Valle de Salazar. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 327 p.
- Donald, B. y F. X. Schumacher. 1965. Medición forestal. Herrero S.A. México, D. F. 35 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1981. Mapa de la situación en materia de leña, en los países en desarrollo. 40 p.

- FAO (Food and Agriculture Organization). 1983. Disponibilidad de leña en los países en desarrollo. Montes 42: 1-127.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1991. Cinco estudios de caso sobre el uso de dendroenergía en industrias rurales en México. Dirección de productos forestales. Roma. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 91 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1993. Análisis de la contribución forestal a la producción de energía en América Latina. Consultado el 26/02/2011. Disponible en: www.fao.org/docrep/X5332s/X5332s00.htm
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1997. La deforestación tropical y la pérdida de recursos genéticos. Resumen del XI Congreso Forestal Mundial, Antalya, Turquía. 19 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2001a. Situación de los bosques del mundo. Roma, 175 p.
- FAO. (Food and Agriculture Organization). 2001b. Información y análisis para el manejo forestal sostenible: integrando esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países tropicales en América Latina. Buenos Aires. Consultado el 14/03/2011. Disponible en: www.fao.org/DOCREP/006/AC476S/AC476S00.htm#TopOfPage
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2002. Capítulo 3: Manejo de las tierras forestales de pastoreo y cultivadas para aumentar la captura de carbono en los suelos. *In: Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra*. Departamento de Desarrollo Sustentable, INRA, Roma. pp: 17-27.

- FAO (Food and Agriculture Organization). 2003a. Bosques y actividades forestales: La actividad de la FAO/Departamento de bosques de la FAO. Roma, Italia. 29 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization): 2003b. UWET (Unified Wood Energy Terminology): Parámetros y unidades. Consultado el 5/08/2009. Disponible en:
http://www.fao.org/docrep/008/j0926s/J0926s06.htm#P427_35529.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2006. Balance Energético Nacional de México. Consultado el 30/07/2010. Disponible en: www.fao.org/docrep/t2363s/t2363s0y.htm.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2008. Base de datos estadística. Consultado el 4/07/2009. Disponible en: FORESTAT: www.faostat.fao.org/default.aspx?lang=es.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2009. Situación de los bosques del mundo. Roma. Consultado el 12/11/2010.
Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0350s/i0350s01e.pdf>.
- Finegan, B. 1992. El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas. CATIE. Colección y Manejo de Bosques Naturales, Turrialba 5: 28.
- Finegan, B. 1996. Pattern and process in neotropical secondary forests: the first 100 years of succession. *Trends in Ecology and Evolution* 11: 119-124.
- Finegan, B. y C. Sabogal. 1988. El desarrollo de sistemas de producción sostenible en bosques tropicales húmedos de bajura: un estudio de caso en Costa Rica. CATIE, El Chasqui 17: 3-24

- Finegan, B. y L. Delgado D. 2000. Structural and floristic heterogeneity in a 30-year-old Costa Rican rain forest restored on pasture through natural secondary succession. *Restoration Ecology* 8: 380-393.
- Fonseca M., O. 2001. Del fogón a la reforestación: El uso sustentable de la leña en cuencas hidrográficas. Resumen del XI Congreso Nacional de Irrigación. Instituto Mexicano Tecnológico del Agua. Guanajuato, México. 7 p.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México, D.F. 215 p.
- Giraldo, V. L. 1996. Potencial de la arbórea *Acacia decurrens*. Evaluación como componente en sistemas silvopastoriles en el clima frío de Colombia. Facultad de Ciencias Agroforestales. Universidad de Colombia. Medellín, Colombia. 23 p.
- Godínez I., O. y L. López M. 2002. Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. UNAM, Serie Botánica 73: 283-314.
- González T., Marta E., L. Llach C. y G. González T. 1971. Maderas Latinoamericanas. 7 Características anatómicas, propiedades fisicomecánicas de secado y tratabilidad de la madera juvenil de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. C. R., Turrialba 21: 350-356.
- González M., A. C. 2007. La extracción y consumo de biomasa en México (1970-2003): integrando la leña en la contabilidad de flujos de materiales. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* 6: 1-16.

- Guariguata, M., R. Chazdon, J. Denslow y J. Dupuy. 1997. Structure and floristic of secondary and old-growth forest stands in lowland Costa Rica. *Plant Ecology* 132: 107-120.
- Guevara S., Sergio, J. Laborde D. y G. Sánchez R. 2004. Los Tuxtlas: el paisaje de la sierra. *In: Vegetación*. Guevara S., G. Sánchez y Landgrave R. (eds.) INECOL. pp: 85-108.
- IEA (International Energy Agency). 2007. World Energy Outlook 2007. *In: Internacional Energy Agency*. Consultado el: 14/05/2009. Disponible en:
http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2007/WEO_2007_Spanish.pdf. 89 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1995. Anuario estadístico. Consultado el 30/03/2009. Disponible en:
www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee02/estatal/oax/index.htm.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2005a. Guía para la interpretación de cartografía: uso de suelo y vegetación. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes. Consultado el 30/07/2010.
Disponible en: www.inegi.gob.mx.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2005b. Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación: escala 1: 250 000. Serie III (continuo nacional). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes. Consultado el 30/07/2010. Disponible en: www.inegi.gob.mx.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2006. Banco de Información Económica. Consultado el 30/07/2010. Disponible en: www.inegi.gob.mx.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2008a. Estadísticas, INEGI. México, D.F. Consultado el 23/07/2010. Disponible en:
http://www.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/tabulados/cagf2007/tabulado_mpio_viii_cagyf_2_21.pdf.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2008b. Anuario estadístico de Oaxaca. Tomo I. INEGI. México, D.F. 661 p.
- Jiménez, L. G. 1947. Tablas de cubicaciones de maderas. Trillas. México, D.F. pp: 9-12.
- Keita, J. D. 1987. Leña o carbón vegetal: ¿Qué solución es la mejor? *In: Pequeñas empresas forestales*. FAO. Unasylva 39: 10.
- Lara R., M. E. 1982. Comparación de diferentes métodos para el cálculo de coeficientes de apilamiento en brazuelo, raja y troza de medidas comerciales. Boletín Técnico. No. 82. INIF. México. 64 p.
- Liegel, L. H. y J. M. Stead. 1990. *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. Laurel, Capá prieto. Publicado en inglés por Burns R., M. y B. H. Honkala (eds.) *Silvics of North America: 2. hardwoods, agric. Handb.* 654., US. Departament of Agriculture. Forest Service. Washington D.C. pp: 270-277.
- Lobos, M. 2001. Estudio preliminar sobre producción, comercialización y consumo de leña en la ciudad de Temuco, Chile. WWF 3: 44.

- López M., D., L. Soto P., G. Jiménez F. y S. Hernández D. 2003. Relaciones alométricas para la producción de biomasa forrajera y leña de *Acacia pennatula* y *Guazuma ulmifolia* en dos comunidades del norte de Chiapas, México. *Revista Interciencia* 28: 334-339.
- Miranda, F. 1947. Estudios sobre la vegetación de México. V Rasgos de la vegetación en la Cuenca del Río de las Balsas. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 8: 95-114.
- Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179.
- Montero, M.M. 1995. Guachipelín: *Diphyssa americana* (Mill) M. Sousa. Turrialba, Costa Rica. Afiche. CATIE. *Revista Forestal Centroamericana* 13: 178-183.
- Moraes F., C., B. Finegan, M. Kanninen, L.D. Delgado y M. Segura. 2002. Composición florística y estructura de bosques secundarios en el municipio de San Carlos, Nicaragua. CATIE. *Revista Forestal Centroamericana* No. 38: 44-50.
- Navarro C., C., J. Pinares E. y J. Castillo P. 2005. Estudio de secado de leña y equivalencias de unidades de comercialización. CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente). Chile. 91 p.
- Némiga X., A., S. P. Velarde y E. Treviño G. 2006. Análisis social y espacial del uso de leña en el trópico mexicano. *Ciencia UANL* 9: 135-142.
- Oxenfeldt, A. R. 1985. Análisis de costo-beneficio para la toma de decisiones: El peligro del simple sentido común. Edit. NORMA. ICESI. Versión en español. Cali Colombia. 403 p.

- Palacios, E. 1994. Evaluación y optimización del uso de la leña a nivel familiar y de pequeñas industrias rurales. INE. Xalapa, Veracruz, México. 75 p.
- Palacio-Prieto, J. L., G. Bocco, A. Velázquez, J. F. Mas, F. Takaki T., A. Victoria, L. Luna G., G. Gómez R., J. López G., M. Palma M., I. Trejo V. A. Peralta H., J. Prado M., A. Rodríguez A., R. Mayorga S., F. González M. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: Resultados del inventario forestal nacional 2000. D.F. Investigaciones Geográficas 43: 183-199.
- Pennington, T. D. y J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México. 3ra. Edición. Ediciones Científicas Universitarias. UNAM, México. 523 p.
- PRECESAM-COLMEX. 2006. Encuesta Nacional de Hogares Rurales (ENHRUM). Consultado el 30/07/2010. Disponible en: <http://precesam.colmex.mx/>.
- Rebollar, S. y A. Quintanar. 2000. Anatomía y usos de la madera de 7 árboles tropicales de México. Revista de Biología Tropical 48: 569-578.
- Rodarte G., R. 1997. Ecosistemas y biodiversidad en la costa oaxaqueña: acercamiento descriptivo altitudinal. Revista Ciencia y Mar, México 1: 44-48.
- Romahn de la V., C. F., H. Ramírez M. y J. L. Treviño G. 1994. Dendrometría. Universidad Autónoma Chapingo. México. 354 p.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1º edición digital. México. 504 p.

- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2006. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Consultado el 31/07/2010. Disponible en: http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar_comdownload.html.
- Salas M., S. H., A. Saynes V. y L. Schibli. 2003. Flora de la Costa de Oaxaca, México: Lista florística de la región de Zimatán. Boletín de la Sociedad Botánica de México No. 72: 21-58.
- Salazar F., R. 1999. *Diphyssa robinoides* Benth. Nota técnica sobre manejo de semillas forestales. CATIE. 2 p. Consultado el 16/Diciembre/2010. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/a0008s/a0008s99.pdf>.
- Salazar, R. y D. Joker. 2000. *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken. SEED LEAFLET. DFSC (Danida Forest Seed Centre). CATIE. No. 25. 2 p.
- SAS. 2002. SAS User's Guide. Statics Sas Institute Inc. Cary. Nc.
- Secretaría de Energía. 2004. Balance Nacional de Energía 2003. Subsecretaría de Política Energética y Desarrollo Tecnológico. México, D. F. 216 p.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2008. Producción forestal maderable por producto. Consultado el 3/07/2009. Disponible en: SEMARNAT, http://www.dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?PG_REQTYPE=REDIRECT&PG_MRsaved=false&PG_Func=GETBINARY&PG_File=txpcxpms.pdf.
- SEMARNAT-INE (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - Instituto Nacional de Ecología). 2001. México: Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las

Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México. 374 p. Consultado el: 25/02/2011.

Disponible en:

<http://www2.ine.gob.mx/cclimatico/comnal2.html>

Smith, J., C. Sabogal, W. de Jong y D. Kaimowitz. 1997. Bosques secundarios como recurso para el desarrollo rural y la conservación ambiental en los trópicos de América Latina. *In: Manejo de bosques secundarios en América Tropical: Una investigación colaborativa y comparativa en la frontera bosque-agricultura*. CIFOR/CATIE del 2 al 6 de Junio de 1997. Perú, Occasional Paper No. 13: 36.

Smith K., R. 2006. El uso doméstico de leña en los países en desarrollo y sus repercusiones en la salud. *Unasylva* 57: 41-44.

Solano, C. E. 1990. Flora e historia fitogeográfica de las selvas subcaducifolias del valle de Putla, Oaxaca. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 146 p.

Somarriba, E. 1985. Árboles de guayaba (*Psidium guajava* L.) en pastizales. Tomo I. Producción de fruta y potencial de dispersión de semillas. *Turrialba* 35: 289-295.

Suárez, A. 2001. Aprovechamiento sostenible de madera de *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata* de regeneración natural en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica. CATIE. Tesis Magister Science. C.R. 74 p.

- Suárez, A. 2008. ¿Cuántos y cuáles árboles de laurel (*Cordia alliodora*) se pueden cosechar en los cacaotales y bananales indígenas de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 46: 104-109.
- Torres C., R. 2004. Tipos de vegetación. *In*: A. J. García M., M. J. Ordóñez y M. Briones S. (eds.) *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM, FOCN-WWF, México. pp: 105-117.
- Trossero, M. A. 2004. La FAO en el desarrollo de la dendroenergía latinoamericana. *Revista Biomassa & Energía* 1: 53-60.
- Uhl, C. y D. Nepstad. 1990. Perturbaciones naturales y antropogénicas en la Amazonia. *In*: *Alternatives to deforestation: Steps Toward Sustainable Use of the Amazon Rain Forest*. Fundación Natura-Abya Yala-Museo Emilio Goeldi. Cayambe, Ecuador. pp: 45-76.
- Vázquez-Yanes, C., A. I. Bátiz M., M. I. Alcócer S., M. Gual D. y C. Sánchez D. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO-Instituto de Ecología, UNAM. 10 p.
- Wardle P. y Palmieri M. 1981. ¿Cuál es el costo real de la leña? La madera como fuente de energía. *Unasylva* 131: 1-35.
- Ziga, F. 2007. Identificación de puntos críticos y alternativas de manejo de un sistema de roza, tumba y quema en San Pedro Jicayán, Jam., Oaxaca. Consultado el 26/02/2011. Disponible en: www.francisco-ziga.blogspot.com/2007/02/identificacion-de-puntos-criticos-y.html