

## Volumen y rentabilidad de la leña en un acahual intervenido con roza, tumba y quema en la región costa de Oaxaca

Rolando Galán Larrea<sup>1</sup>, Julio Cesar Pérez Galeana<sup>2</sup>,  
Juana Laura Rivera Nava<sup>3</sup>, Gricelda Valera Venegas<sup>4</sup>

### Resumen

Para las especies arbóreas de selvas secundarias o acahuales no hay conocimiento preciso sobre coeficientes de apilamiento para determinar el volumen de leña extraída y almacenada en pilas. Las investigaciones relacionadas al tema están enfocadas a bosques templados o plantaciones forestales comerciales. En la región costa de Oaxaca la obtención de leña se realiza generalmente mediante el sistema roza-tumba-quema. En el presente estudio se evaluó la composición y estructura de un acahual de 2 ha en un predio ubicado en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca, antes de su intervención. Se realizó un censo del arbolado mayor a 5 cm de diámetro encontrándose 216 individuos distribuidos en nueve familias, 14 géneros y 16 especies. La mayor cantidad de árboles (94) pertenecen a la familia Fabaceae. Se encontraron 61 de *Gliricidia sepium*, 48 de *Cordia alliodora*, 33 de *Psidium guajava*, 18 de *Diphysa robinoides* y 16 de *Coccoloba barbadensis*. El área basal del acahual fue de 6.69 m<sup>2</sup>; *C. barbadensis* tuvo 1.41 m<sup>2</sup> y *P. guajava* 0.49 m<sup>2</sup>. El volumen aparente total fue de 30.60 m<sup>3</sup>. El volumen real de leña obtenido con el coeficiente de apilamiento por cuadrado móvil fue de 18.05 m<sup>3</sup> mientras que el del método ponderal de 21.04 m<sup>3</sup>. 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.*

### Abstract

For secondary forest tree species or acahuales there is no precise knowledge about stacking coefficients to determine the volume of extracted and stacked firewood. Investigations relating to the subject are focused on temperate forests or commercial forest plantations. In the Oaxaca coast region the firewood obtaining is generally obtained by the system slash-and-burn. In this study the composition and the structure of an acahual of 2 ha in a property situated in Pinotepa de Don Luis, Oaxaca, were estimated before the intervention. A census of wooded superior to 5 cm in diameter was realized and 216 individuals distributed in 9 families, 14 genera and 16 species were found. The most trees (94) belong to the family Fabaceae. 61 of *Gliricidia sepium* were found, 48 of *Cordia alliodora*, 33 of *Psidium guajava*, 18 of *Diphysa robinoides* and 16 of *Coccoloba barbadensis*. The basal area of acahual was 6.69 m<sup>2</sup>; *C. barbadensis* was 1.41 m<sup>2</sup> and *P. guajava* 0.49 m<sup>2</sup>. The total apparent volume was 30.60 m<sup>3</sup>. The real volume of firewood obtained with the stacking coefficient by the mobile square method was 18.05 m<sup>3</sup> while the weighted method was 21.04 m<sup>3</sup>. 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

<sup>1</sup> Instituto de Ecología, Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, carretera a Oaxaca vía Sola de Vega, Km. 5.5, Puerto Escondido, Oaxaca, México. rolando@zicatela.umar.mx. Responsable.

<sup>2</sup> Ingeniero Forestal, Oaxaca, Oaxaca. jucep@hotmail.com

<sup>3</sup> Instituto de Genética, Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, carretera a Oaxaca vía Sola de Vega, Km. 5.5, Puerto Escondido, Oaxaca, México. laurarivera@zicatela.umar.mx

<sup>4</sup> Instituto de Industrias, Universidad del Mar, campus Puerto Escondido, carretera a Oaxaca vía Sola de Vega, Km. 5.5, Puerto Escondido, Oaxaca, México. gricelda@zicatela.umar.mx

*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 MN. Sin embargo, *G. sepium* fue la de mayor preferencia siendo la primera en venderse en su totalidad. La venta de leña extraída mediante roza-tumba-quema fue rentable ya que la relación beneficio-costo indica que la productividad del predio fue en 45% superior a los costos de extracción.

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

*firewood volume and which generated higher revenues was C. barbadensis with \$1,674.00 MXN. However, G. sepium was the most preferred being the first to be sold in its entirety. The sale of firewood extracted by the slash-and-burn method was profitable because the benefit-cost relationship indicates that the productivity of the land was 45% higher than the extraction costs.*

**Key words:** apparent, stacking, coefficient, cubage, real, forests, volume.

## 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 & 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 a 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 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. Y las investigaciones sobre cuantificación de leña están enfocadas principalmente a bosques templados bajo manejo en donde el objetivo principal es la extracción de productos primarios y como consecuencia productos como la leña.

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.

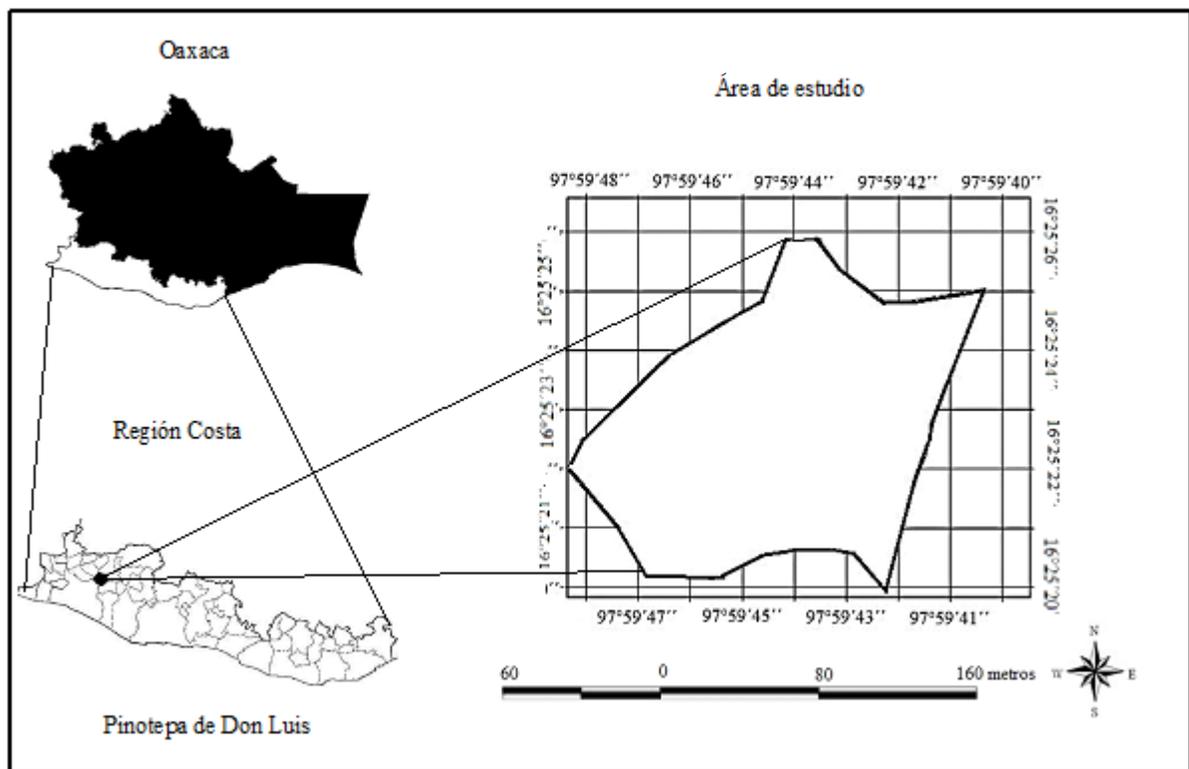
Por lo anterior la presente investigación tiene como objetivo cuantificar la producción de leña, mediante dos métodos de cubicación, coeficiente de apilamiento obtenido por el cuadrado móvil y el método ponderal y la relación costo-beneficio de su extracción en un acahual de 1 ha intervenido con roza, tumba y quema, considerando la estructura y composición de la vegetación arbórea presente en el predio ubicado en la comunidad de Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.

## Material y métodos

### Área de estudio

Se ubica geográficamente en el municipio de Pinotepa de Don Luis, perteneciente a la región Costa del estado de Oaxaca, 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  $16^{\circ} 25' 19''$  y  $16^{\circ} 25' 25.3''$  de latitud norte y  $97^{\circ} 59' 40.4''$  a  $97^{\circ} 59' 48.3''$  longitud oeste, con una altitud de 480 msnm (Fig. 1). La superficie total es de 3.2 ha, de las cuales una hectárea aproximadamente, fue trabajada con roza tumba y quema.

El estudio se inició determinando la estructura y composición del acahual en enero del 2010, la rosa y tumba en abril y la quema en el mes de mayo y por último, la cuantificación del volumen en noviembre del 2010.



**Figura 1.** Ubicación geográfica del área de estudio (3.2 ha) localizado en la comunidad de Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.

## Vegetación

Con base en la clasificación de la vegetación de México realizada por Miranda y Hernández (1963) y tomando como referencia las especies relictas presentes en el predio, el tipo de vegetación original en la región es 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 individuos arbóreos de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. 1842 (cacahuanano), *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken 1833 (hormiguillo), *Psidium guajava* L. 1753 (guayaba), *Diphysa robinoides* Benth. 1854 (chipilillo) y *Coccoloba barbadensis* Jacq. 1760 (carnero).

## 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 2008a), 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.

## 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 (2008b) los tipos de suelos que se presentan en la región Costa son cambisol dístico, 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.

## 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.

## Características y variables evaluadas

### Características estructurales de la vegetación arbórea

Las especies arbóreas fueron identificadas directamente en campo con el apoyo del manual para la identificación de árboles tropicales de Pennington y Sarukhan (2005), sin embargo también se realizó colecta botánica de aquellas especies que en campo no fue posible su identificación. 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, apoyados de cintas diamétricas (Forestry Supplier) y el clinómetro Suunto.

Por su uso maderable en la región las especies *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. 1845 y *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. 1860 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.

### Obtención, apilado y cuantificación del volumen aparente de leña

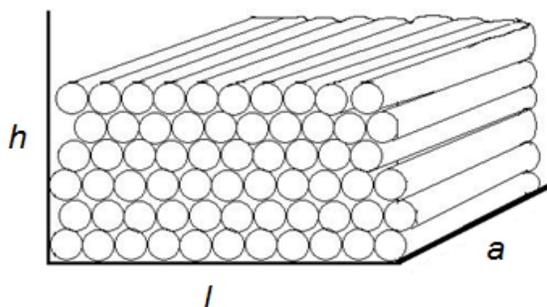
El dimensionado de la leña se realizó con la

ayuda de hachas y motosierra, ésta última para dimensionar diámetros mayores a 10 cm, y la longitud de la leña fue de 0.80 m la cual se obtuvo con la ayuda de un flexómetro.

El apilado de la leña se realizó por especie; en el caso de aquellas especies que presentaron el mayor número de individuos como *G. sepium*, *C. alliodora*, *P. guajava*, *C. barbadensis* y *D. robinoides*; mientras que las especies con menor número de individuos se incluyeron en una sola categoría denominada como "Otras".

La leña se apiló en dos tipos de pilas; la tipo "A" de 3.5 m x 1.5 m x 0.8m la cual arroja un volumen aparente de 3.6 m<sup>3</sup> y la pila tipo "B" de 1m x 1.25m x 0.8m que equivale a 1 m<sup>3</sup> de leña; procurando un acomodo exacto y reduciéndose al máximo los espacios vacíos (Fig. 2). Para obtener el volumen aparente (VA) de la leña de estas pilas se utilizó la siguiente ecuación:

$$VA = (l) (h) (a) \quad (1)$$



**Figura 2.** Forma y dimensiones de las pilas tipo "A" y "B" de las leñas obtenidas del acahual intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.

Donde VA= volumen aparente de la pila en m<sup>3</sup>, "l", "h" y "a" son la longitud, altura y ancho de la pila en metros, respectivamente.

### 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), la fácil construcción de la malla, fácil de usar y por considerarlo adecuado al momento de realizar las observaciones.

El método consistió en la elaboración de un cuadro de madera de 1m x 1m (1 m<sup>2</sup>) y cuadrulado 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.

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:

$$CA = \frac{Pm}{PT} \quad (2)$$

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

Para obtener un CA por especie se sumaron los cuatro CA obtenidos de las pilas tipo "A" más los dos de las pilas tipo "B", generándose en total seis coeficientes de apilamiento por cada especie. Posteriormente, se obtuvo un coeficiente de apilamiento promedio.

### 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:

$$VR = (CA) (VA) \quad (3)$$

### 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 m<sup>3</sup> 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):

$$V = \frac{P}{d} \quad (4)$$

Donde  $V$  = volumen de leña en m<sup>3</sup>,  $P$  = peso de la leña en Kg, obtenido con la balanza romana y  $d$  = es la densidad de la leña en Kg / m<sup>3</sup>.

Para obtener el volumen por este método se empleó la densidad de las maderas de las especies estudiadas reportadas por González *et al.* (1971), Hughell (1990 *In: Craig & Francis* 2006), Montero (1995), CATIE (1994 *In: Barrance et al.* 2003) y CONAFOR (2010 a, b); para la categoría "Otras", se usó la densidad promedio de las cinco.

El volumen real se obtuvo al dividir el peso de las pilas entre la densidad de la madera. Y para obtener el volumen real total 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.

### Cálculo del volumen de la carga

En la comunidad se emplea el concepto carga para referirse a la medida para comercializar la leña, esta consiste en un grupo de 12 a 40 piezas, 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" o gruesa. Una carga de leña chica está constituida por 40 trozos de leña, una carga de leña mediana de 15 trozos y, por último, una carga de leña gruesa de ocho trozos. Para conocer el volumen (m<sup>3</sup>) 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.

### Análisis de la relación beneficio-costos 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-costos

(B/C) del proceso de extracción de leña se obtuvo mediante la siguiente expresión:

### ***B/C= Beneficios/Costos***

(5)

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 sí la relación B/C es negativa, quiere decir que no existe rentabilidad.

### **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. robinioides* (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.

### **Resultados**

#### ***Características estructurales de la vegetación arbórea***

Se registraron un total de 216 individuos distribuidos en nueve familias, 14 géneros y 16 especies. La familia mejor representada en cuanto al número de géneros fue la Fabaceae con seis géneros, para las demás familias sólo se encontró un género y dos especies no fueron identificadas.

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 robinioides* con 18 (8.33%) y *Coccoloba barbadensis* con 16 (7.41%). 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. 1825 (3.70%), *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth 1821 (2.31%), *Lysiloma divaricatum* (Jacq.) J. F. Macbr. 1919 (1.39%), *Annona squamosa* L. 1753 (1.39%), *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf. 1836 (0.93%), *Enterolobium cyclocarpum* (0.93%), *Guazuma ulmifolia* Lam. 1789 (0.93%), *Homalium trichostemon* S.F. Blake 1918 (0.46%) y dos morfoespecies (con 1.39% y 0.93%) representan el 18.52% con un total de 40 individuos.

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. Para el caso de las cinco especies dominantes se tiene un comportamiento similar y el resto va en declive.

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%.

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).

Los 149 individuos alojados en la categoría de altura de 10 m representaron en mayor medida especies de aproximadamente 10 años.

Para *G. sepium*, a pesar de haber sido la especie dominante y de mayor densidad arbórea, 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 arbórea.

La especie con el mayor AB fue *C. barbadensis* con 1.41 m<sup>2</sup> seguida de *E. cyclocarpum* (0.9473 m<sup>2</sup>), *C. alliodora* (0.7486 m<sup>2</sup>), *D. robinioides* (0.7174 m<sup>2</sup>) y *G. sepium* (0.6614 m<sup>2</sup>); la de menor AB fue *A. squamosa* con 0.0201 m<sup>2</sup>. La suma del AB de las cinco especies más abundantes arrojó un AB de 4.03 m<sup>2</sup> participando con el 60.26% del total.

## Determinación del volumen

### 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 m<sup>3</sup> y nueve pilas de tipo "B" (1m x 1.25m x 0.8m) con un volumen aparente total de 9 m<sup>3</sup>.

El volumen aparente total de leña fue de 30.6 m<sup>3</sup>, las especie con mayor volumen fue *C. barbadensis* con 6.6 m<sup>3</sup>, seguida de *P. guajava* con 5.6 m<sup>3</sup> y las demás especies (*G. sepium*, *C. alliodora*, *D. robinioides* y Otras) con 4.6 m<sup>3</sup> de volumen aparente cada una.

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.

## 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 (Tabla I).

Los CA fueron sometidos a un análisis de varianza, los resultados indican que hay efecto significativo (P<0.05) por el factor especie (Tabla II) para los coeficientes de apilamiento. *G. sepium* fue la única especie que difiere estadísticamente con *D. robinioides* y "otras", 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 (Tabla III) para la variable peso de las cargas.

## Volumen real por coeficiente de apilamiento

El volumen real (VR) total de leña (Tabla IV) en el predio fue de 18.05 m<sup>3</sup>. La especie con mayor volumen fue *C. barbadensis* con 3.99 m<sup>3</sup>; a pesar de haber ocupado el quinto lugar en abundancia, con solo 16 árboles; sin embargo

**Tabla I.- 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. robinioides</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

**Tabla II. 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.	Coefficiente de variación (%)
<i>G. sepium</i>	0.68 0.0098 <sup>a</sup>	3.54
<i>C. alliodora</i>	0.60 0.0275 <sup>ab</sup>	11.17
<i>P. guajava</i>	0.57 0.0188 <sup>ab</sup>	8.01
<i>C. barbadensis</i>	0.60 0.0238 <sup>ab</sup>	9.66
<i>D. robinioides</i>	0.55 0.0193 <sup>b</sup>	8.61
Otras	0.53 0.0141 <sup>b</sup>	6.51

<sup>a,b</sup> Medias con diferente literal difieren estadísticamente ( $p < 0.05$ ).

**Tabla III. 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.	Coefficiente de variación (%)
<i>G. sepium</i>	47.50 4.66 <sup>a</sup>	27.77
<i>C. alliodora</i>	50.86 5.11 <sup>a</sup>	26.56
<i>P. guajava</i>	51.94 2.18 <sup>a</sup>	11.87
<i>C. barbadensis</i>	44.67 2.48 <sup>a</sup>	16.65
<i>D. robinioides</i>	43.75 3.36 <sup>a</sup>	21.74
Otras	39.12 4.09 <sup>a</sup>	29.60

<sup>a</sup>Medias con la misma literal no difieren estadísticamente ( $P > 0.05$ ).

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 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup> y no por presentar grandes diámetros y alturas, sino debido a su abundancia con el 28.24% de los 216 individuos. El cuarto lugar fue para *C. alliodora* con 2.77 m<sup>3</sup> y *D. robinioides* la última de las cinco especies más abundantes tuvo 2.53 m<sup>3</sup> de VR, y finalmente la categoría "Otras", con 2.43 m<sup>3</sup> fue la que obtuvo el volumen más bajo.

### Volumen por el método ponderal

El peso de la leña de las pilas tipo "B" se presenta en la Tabla V. *G. sepium* y *C. alliodora* presentaron mayor volumen real por el método ponderal.

El volumen real total obtenido mediante el método ponderal de las pilas tipo "B" fue de 4.16 m<sup>3</sup>. Extrapolándose al VA total de leña extraído del predio se obtiene para las pilas tipo "A" un volumen de 21.04 m<sup>3</sup>.

El peso total de leña para las pilas tipo "A" fue de 11,415.4 Kg, siendo *C. barbadensis* (4.21

m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup> arrojando un peso de 1,748 Kg.

La mayor diferencia en los volúmenes obtenidos se presentaron en las especies *C. alliodora* (0.87 m<sup>3</sup>) y *D. robinioides* (0.69 m<sup>3</sup>) respectivamente (Tabla VI).

### 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

**Tabla IV. Volumen real total de leña obtenido por el método coeficiente de apilamiento para las especies estudiadas en un acahal intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.**

Especie	Volumen aparente total (m)	Coefficiente de apilamiento	Volumen real total (m <sup>3</sup> )
<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. robinioides</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.

**Tabla V. Peso y volumen real obtenido por el método ponderal de las pilas tipo "A" y "B" de las especies estudiadas en un acahal intervenido en Pinotepa de Don Luis, Oaxaca.**

Especie	*VA (m <sup>3</sup> )		Peso (Kg)		Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	**VR (m <sup>3</sup> )	
	"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. robinioides</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.

**Tabla VI. 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 <sup>3</sup> )		
	Ponderal	Coeficiente de apilamiento	Diferencia
<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

4.5 cargas por m<sup>3</sup> de VA, siendo el número más alto y *C. alliodora* obtuvo el menor con 3.5 cargas por metro cúbico de VA (Tabla VII).

El volumen promedio por carga para *G. sepium* fue de 0.2021 m<sup>3</sup>, *C. alliodora* de 0.2260 m<sup>3</sup>, *P. guajava* con 0.1598 m<sup>3</sup>, *D. robinoides* 0.1750 m<sup>3</sup> y para *C. barbadensis* 0.1418 m<sup>3</sup>.

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 m<sup>3</sup> de volumen aparente de leña.

#### **Análisis de la relación beneficio-costos 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

**Tabla VII. 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 <sup>3</sup> )	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

M.N.), los costos generados por cada actividad así como los totales generados se enlistan en la Tabla VIII.

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%.

**Tabla VIII. 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.).

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.).

En el mercado de la región, la carga de leña tenía 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 m<sup>3</sup> 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.) (Tabla IX).

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.

## Discusión

El número de individuos (216) encontrados es una densidad que se encuentra dentro del intervalo de densidad de árboles para una

**Tabla IX. 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.).

selva secundaria, ya que Moraes *et al.* (2002) reportan de 152 a 870 individuos ha<sup>-1</sup> con una edad de 6 a 25 años.

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 para la siembra de maíz y como potrero, y antes de ser intervenido con RTQ tenía aproximadamente 10 años de abandonado.

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 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup> 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.

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 (1977 *In:* 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 *In:* 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.

La diferencia entre el VA y el VR fue de 12.54 m<sup>3</sup>, 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.

La diferencia del VR obtenido (21.04 m<sup>3</sup>) con respecto al volumen obtenido por el CA (18.05 m<sup>3</sup>) fue de 3 m<sup>3</sup> (Tabla VI), esto 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.

La mayor diferencia en los volúmenes obtenidos se presentaron en las especies *C. alliodora* (0.87 m<sup>3</sup>) y *D. robinoides* (0.69 m<sup>3</sup>) respectivamente (Tabla VI). 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.

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.

Para Keita (1987) el peso de 1 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup> de VA se obtiene el equivalente a 0.65 m<sup>3</sup> de leña (FAO 2003b).

*G. sepium* y *C. alliodora* presentaron mayor volumen real por el método ponderal (Tabla V), posiblemente influenciado por la densidad y forma uniforme de la leña (Anuchin 1970 *In*: Smith *et al.* 1997). El intervalo de densidad de la madera para leña, generalmente es de 650 a 750 Kg/m<sup>3</sup> (FAO 2003b).

## 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 *Diphysa robinoides* 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 obtención del volumen de leña mediante el método ponderal es más precisa y 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 costo beneficio 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.

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 m<sup>3</sup> 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.

## Recomendaciones

Se recomienda un acomodo preciso de la leña, evitando al máximo los grandes espacios entre los trozos de leña para obtener un coeficiente de apilamiento más exacto.

Obtener además las densidades en verde y en seco de la leña a extraerse y que se quiere cuantificar, si se desea un volumen mucho más exacto a través del método ponderal.

En futuras investigaciones se debe cuantificar la leña para autoconsumo y también la diversidad de productos extraídos (postes, vigas y polines) para construcción.

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.

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.

## Referencias

- Anuchin, N. P. 1970. Forest Mensuration, Israel Prog. Sci. Transl., Jerusalem. 454 p.
- 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 & T. Pennington. 2003. *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken. In: Árboles de Centroamérica. J. Cordero y D. H. Boshier (eds.). OFI-CATIE, Costa Rica. pp: 473-476.
- Carrillo, E. G., E. Flores A. & 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 pp.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1994. Laurel, *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken., especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE, Turrialba (C.R.). Colección guías silviculturales no. 16. 41 p.
- CNA (Comisión Nacional de Agua). 2003. Regiones hidrológicas. Procesamiento geográfico: SIGA. 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 de octubre de 2010: [http://148.223.105.188:2222/gif/snif\\_portal/secciones/usos/UsosPDF.php?especieURL=Gliricidiasepium](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 de octubre de 2010: [http://148.223.105.188:2222/gif/snif\\_portal/secciones/usos/UsosPDF.php?especieURL=Psidiumguajava](http://148.223.105.188:2222/gif/snif_portal/secciones/usos/UsosPDF.php?especieURL=Psidiumguajava)
- Contreras, H., J. R., V. Volke H., J. L. Oropeza M., C. Rodríguez F., T. Martínez S. & A. Martínez G. 2003. Disponibilidad y uso de leña en el municipio de Yanhuítlan, Oaxaca. TERRA Latinoamericana 21(3): 437-44.
- Correa, P. G. 2005. Uso de leña y carbón vegetal como energético, magnitud de la reforestación y sustentabilidad. Consultado el 11 de abril de 2009: [www.sicbasa.com/tuto/AMECIDER2006/PARTE%208/51%20Genaro%20Correa%20Perez.pdf](http://www.sicbasa.com/tuto/AMECIDER2006/PARTE%208/51%20Genaro%20Correa%20Perez.pdf)
- Craig, R. E & 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](http://www.traditionaltree.org)
- Diéguez, A. U., M. A. Barrios, F. D. Castedo, A. D. Ruíz G., M. F. T. Álvarez, J. G. Álvarez G. & A. R. Alboreca. 2003. Dendrometría. Fundación Conde del Valle de Salazar. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 327 pp.
- 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 pp.
- 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. Unified Wood Energy Terminology: Parámetros y unidades. Consultado el 5 de agosto de 2009: [http://www.fao.org/docrep/008/j0926s/j0926s06.htm#P427\\_35529](http://www.fao.org/docrep/008/j0926s/j0926s06.htm#P427_35529).
- 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.
- González, T., E. Marta, L. C. Llach. & G. T. González. 1971. Maderas Latinoamericanas. 7 Características anatómicas, propiedades físico-mecánicas de secado y tratabilidad de la madera juvenil de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. C. R., Turrialba 21: 350-356.
- Hughell, D. 1990. Modelos para la predicción del crecimiento y rendimiento de *Eucalyptus camaldulensis*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y *Leucaena leucocephala* en América Central. Technical Bulletin 22. Turrialba, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1995. Anuario estadístico. Consultado el 30 de marzo de 2009: [www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee02/estatal/oax/index.htm](http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/aee02/estatal/oax/index.htm).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2008a. Anuario estadístico de Oaxaca. Tomo I. INEGI. México, D.F. 661 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2008b. Estadísticas, INEGI. México, D.F. Consultado el 23 de julio de 2010: [http://www.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/tabulados/cagf2007/tabulado\\_mpio\\_viii\\_cagyf\\_2\\_21.pdf](http://www.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/tabulados/cagf2007/tabulado_mpio_viii_cagyf_2_21.pdf).

- Keita, J. D. 1987. Leña o carbón vegetal: ¿Qué solución es la mejor? *In*: Pequeñas empresas forestales. FAO. Unasyuva 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.
- Miranda, F. & E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Colegio de Postgraduados, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 178 p.
- Montero, M.M. 1995. Guachipelín: *Diphysa americana* (Mill) M. Sousa. Turrialba, Costa Rica. Afiche. CATIE. Revista Forestal Centroamericana 4(13): 178-183.
- Moraes, F., C. B. Finegan, M. Kanninen, L.D. Delgado & M. Segura. 2002. Composición florística y estructura de bosques secundarios en el municipio de San Carlos, Nicaragua. CATIE. Revista Forestal Centroamericana 38: 44-50.
- Navarro, C. C., J. Pinares E. & J. Castillo P. 2005. Estudio de secado de leña y equivalencias de unidades de comercialización. CONAMA (Comisión del Medio Ambiente). Chile. 91 p.
- Némiga, X., A. S. P. Velarde & E. G. Treviño. 2006. Análisis social y espacial del uso de leña en el trópico mexicano. Ciencia UANL (Universidad Autónoma de Nuevo León) 9(2): 135-142.
- Pennington, T. D. & J. Sarukhán. 2005. Árboles tropicales de México. 3ra. Edición. Ediciones Científicas Universitarias. UNAM, México. 523 p.
- Rodarte, G. R. 1997. Ecosistemas y biodiversidad en la costa oaxaqueña: acercamiento descriptivo altitudinal. Revista Ciencia y Mar, México 1(2): 44-48.
- Romahn de la V., C. F., H. M. Ramírez & J. L. Treviño. 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.
- Salas, M., S. H., A. Saynes V. & L. Schibli. 2003. Flora de la Costa de Oaxaca, México: Lista florística de la región de Zimatán. Boletín de la Sociedad Botánica de México 72: 21-58.
- SAS. 2002. SAS User's Guide. Statics Sas Institute Inc. Cary. Nc.
- Smith, J., C. Sabogal, W. de Jong & D. Kaimowitz. 1997. Bosques secundarios como recurso para el desarrollo rural y la conservación ambiental en los trópicos de América Latina. CIFOR Occasional Paper No. 13. 36 p.
- Smith, K. R. 2006. El uso doméstico de leña en los países en desarrollo y sus repercusiones en la salud. Unasyuva 57(224): 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.
- Sosa, C. R. J. 1969. Estudio comparativo de la obtención de coeficientes de productos primarios por medición directa y usando la tabla de volúmenes como referencia. Tesis de Licenciatura. Departamento de Bosques. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 65 p.
- Torres, C., R. 2004. Tipos de vegetación. *In*: García M., A. J., M. J. Ordóñez & M. Briones S. (eds.) Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM, FOCN-WWF, México. pp: 105-117.
- Vázquez-Yanes, C., A. I. Bátiz M., M. I. Alcócer S., M. Gual D. & 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. & Palmieri M. 1981. ¿Cuál es el costo real de la leña? La madera como fuente de energía. Unasyuva 33(131): 1-35.

**Recibido:** 05 de octubre de 2015

**Aceptado:** 28 de enero de 2016