



# Análisis dimensional para determinar volumen y peso de madera de mezquite (*Prosopis* L.)

## Dimensional analysis to determine volume and weight in mezquite wood (*Prosopis* L.)

José Antonio Hernández-Herrera<sup>1</sup>, Luis Manuel Valenzuela-Núñez<sup>2\*</sup>, Arnoldo Flores-Hernández<sup>3</sup>  
y Julio César Ríos-Saucedo<sup>4</sup>

1 Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas. Universidad Autónoma Chapingo URUZA. Durango, México.

2 Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, México.

\* Autor de correspondencia. e-mail: luisvn70@hotmail.com

3 Universidad Autónoma Chapingo URUZA. Durango, México.

4 INIFAP Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, México.

### RESUMEN

El mezquite es uno de los recursos forestales más importantes del norte de México, constituye una parte importante de la flora nacional y es de gran importancia para los habitantes de las zonas áridas y semiáridas. El presente trabajo generó una tabla de volumen en m<sup>3</sup> y peso de madera a nivel de predio que puede utilizarse en el área de influencia. Se utilizó el análisis dimensional, con medidas de fácil obtención en los árboles, que permite a los productores, técnicos forestales e instituciones contar con parámetros de producción y volumen de madera para el aprovechamiento racional y sustentable de las poblaciones naturales de mezquite. La evaluación se realizó en los terrenos del Ejido San Antonio de la Sierrecilla, municipio de Mazapil, Zacatecas, México; se realizó un muestreo destructivo de 39 árboles, se midió el diámetro de copa y altura total en cm, las ramas se cubicaron y se pesaron. En el análisis de regresión se utilizó el modelo polinomial, resultando el volumen (m<sup>3</sup>) = 2,341E<sup>-6</sup>X<sup>2</sup>-0,0012X+0,1803 y la determinación de peso fresco (kg)=0,001X<sup>2</sup>-0,556X+81,909\*D con 95% de confiabilidad.

PALABRAS CLAVE: aprovechamiento, dasometría, flora, maderable, manejo forestal, zonas áridas.

### ABSTRACT

Mesquite is one of the most important forest resources in northern Mexico, constituting an important part of the national flora and its great importance to the inhabitants of the arid and semiarid regions. This paper shows a volumen and wood weight table obtained in m<sup>3</sup> which can be used in the área of influence. This technique was based on dimensional analysis, measuring the tres readily available, which enables farmers, foresters and institutions, rely on production parameters and volumen of timber (wood) for the rational and sustainable use of natural populations of mesquite, in turn providing protection and conservation of the environment. The evaluation was conducted in Ejido San Antonio de la Sierrecilla, municipality of Mazapil, Zacatecas. The largest diameter was measured on crown and total height in cm, destructive sampling was carried out in 39 trees, and volumen and weight of branches were determined. In regression analysis polynomial model was used resulting in timber volumen (m<sup>3</sup>)=2,341E<sup>-6</sup>X<sup>2</sup>-0,0012X+0,1803 and determination of weight (kg)=0,001X<sup>2</sup>-0,556X+81,909\*D with 95% reliability.

KEYWORDS: explotation, mensuration, wildlife, timber, forestry, arid lands.

### INTRODUCCIÓN

El mezquite constituye una parte importante de la flora nacional (Rzedowski, 1978; Gómez, 2008), alcanzando inclusive carácter predominante en ciertas regiones (Meza y Osuna, 2003; Valenzuela *et al.*, 2010; Valenzuela *et al.*,

2011a; Trucíos *et al.*, 2011; Barrientos, 2011); ha estado ligado con la vida de los habitantes de las regiones áridas y semiáridas desde tiempos remotos (Argüeyes y Montoya, 1991; Antezana *et al.*, 2000; Villanueva *et al.*, 2004;

Gómez 2008), siendo muy valioso como alimento (Galindo y García-Montoya 1996; Gómez, 2008; Villanueva *et al.*, 2004), combustible (STAFF, 2001; Camou, 2007), medicina (Lewis y Elvin-Lewis, 1977; Niembro, 1986; Gómez, 2008), carbón (Durso *et al.*, 1973; Galindo y García-Montoya, 1996, Cavazos, 1997; Villanueva *et al.*, 2004; Gómez, 2008; Ríos *et al.*, 2011a) y material de construcción y protección (Niembro, 1986; Meza, 2002; Gómez, 2008).

Es el recurso energético preferido y esencial entre los habitantes de las zonas áridas y semiáridas (Gómez, 2008). Sin embargo, el aprovechamiento constante de este tipo de vegetación es el que ha reducido aún más sus poblaciones (Trucíos *et al.*, 2011; Vallejo *et al.*, 2011) por lo que sus fuentes de aprovechamiento se están agotando aceleradamente, presentándose una fuerte escasez de combustible con adecuado poder calorífico (Villanueva *et al.*, 2004; Barrientos, 2011).

El aprovechamiento del mezquite es una actividad complementaria en algunos lugares para el ingreso familiar, toda vez que en muchos casos es la actividad principal de varias comunidades de la región en lo que se refiere a los últimos años (Villanueva *et al.*, 2004; Gómez, 2008). Por otra parte, el desconocimiento de técnicas o incumplimiento de la normatividad forestal en lo referente al aprovechamiento de la leña de mezquite, ha llevado a los productores a una sobreexplotación del recurso, ejerciendo una presión cada día mayor sobre el ecosistema, el cual es frágil por las condiciones ambientales, esto hace que los árboles sean cortados totalmente, sin permitir su regeneración, lo que pone en peligro el recurso y los futuros aprovechamientos del mismo (Maldonado y De la Garza, 2000; Ríos *et al.*, 2011b; Trucíos *et al.*, 2011; Valenzuela *et al.*, 2011b).

En la actividad forestal el volumen de madera de mezquite reviste singular importancia para determinar el volumen aprovechable por su carácter conciliatorio en la transacción de compra-venta de leña de mezquite en raja o en su caso de carbón vegetal (Barrientos, 2011; Ríos *et al.*, 2011a; Valenzuela *et al.*, 2011a). En la actualidad existen desacuerdos en el método o fórmula que hay que emplear

para obtener volúmenes apegados a la realidad, por lo que los responsables técnicos forestales aplican diferentes métodos para la obtención de este parámetro. Es necesario emplear o sentar las bases sobre una metodología que proporcione mayor confiabilidad en los resultados esperados, es por ello que se presenta la necesidad de un análisis dimensional que permita estimar los volúmenes de las áreas propuestas para el aprovechamiento forestal made- rable de mezquite (Meza y Osuna, 2003).

El método que se puede utilizar para estimar la producción de madera es el conocido como análisis dimensional (Meza, 2002). Este se basa en medidas de fácil obtención de las dimensiones de las plantas y su relación con el volumen o peso de los individuos mediante la técnica de regresión. Estas relaciones se hacen con el propósito de generar ecuaciones que serán utilizadas posteriormente para estimar el volumen de los individuos, o bien para la elaboración de tablas o tarifas de producción empleadas para el mismo propósito. La principal ventaja es que es un método rápido, preciso, económico y libre de la influencia personal para estudiar la producción made- rable.

## OBJETIVO

Obtener un modelo de predicción para general tablas de volumen y peso de madera mediante un análisis dimensional con medidas de fácil obtención en los árboles de mezquite.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se realizó en terrenos del Ejido San Antonio de la Sierrecilla, del municipio de Mazapil, Zacatecas, México, localizado a 281 km de la ciudad de Zacatecas y a 101 km de la cabecera municipal de Mazapil en las coordenadas geográficas 24°25'00" N y 102°18'00" O, a una altitud de 1665 m.

El clima predominante es seco semi-cálido del tipo BS0hw. La temperatura media anual es de 17,8 °C, la temperatura mínima del año es de 2,7 °C, que se presenta en



el mes de enero, y junio es el mes más caluroso con 31,7 °C. La precipitación media es de 261,5 mm, siendo marzo el mes menos lluvioso con 1,6 mm y agosto el más lluvioso con 56,9 mm (IMTA, 2005).

El ejido se encuentra dentro de la Región Hidrológica El Salado (RH-37) en la cuenca Camacho-Gruñidora (D5036); el escurrimiento es menor de 10 mm, por lo que no existe infraestructura hidráulica ni almacenamientos importantes, con excepción de algunos bordos utilizados con fines domésticos y de abrevadero. El relieve se caracteriza por amplias llanuras interrumpidas por sierras dispersas, en su mayoría de naturaleza volcánica (FIRCO, 2005).

Con base en la clasificación de suelos de la FAO/UNESCO 1968 (CETENAL, 1970), se encuentran en el predio 3 unidades de suelo: litosol (en las sierras, en laderas, barrancas y lomeríos, con una profundidad menor a los 10 cm), xerosol (tiene una capa superficial de tono claro y muy pobre en humus, debajo de la cual puede haber un subsuelo rico en arcillas) y solonetz (tiene un subsuelo arcilloso con terrones duros en forma de columnas).

En el predio tiene predominancia el matorral desértico rosetófilo con arbustos y plantas de porte bajo con poblaciones muy densas, seguido del matorral desértico micrófilo, se encuentran plantas de porte alto principalmente el mezquite y un área con vegetación halófila, con dominancia de pastos salados con arbustos y árboles de mezquite (Rzedowski, 1978).

### Estudio dasométrico

Se seleccionaron las variables diámetro mayor de copa y altura total del árbol, ya que son fáciles de determinar en campo. Para el diámetro mayor de copa se utilizó la cinta métrica y para la altura se usó estadal graduado. Estas variables (variables independientes) pueden ser correlacionadas con las variables de volumen (m<sup>3</sup>) y peso de madera (kg), que son más difíciles de medir *in situ* (variables dependientes) y con ello se pueden utilizar las primeras variables para estimación de las segundas, mediante el análisis de regresión.

### Estimación de peso y volumen de madera

La determinación de las variables volumen (m<sup>3</sup>) y peso fresco de madera (kg) se realizó con el material resultante del derribo de 39 árboles de distintas dimensiones, eliminando ramas y ramillas no aprovechables, con la finalidad de utilizar solo los tallos de tamaño comercial o aprovechable para madera o carbón.

El pesaje de madera se realizó con una balanza con capacidad de 100 kg, mientras que la determinación de volumen en m<sup>3</sup> se llevó a cabo utilizando el método del xilómetro desarrollado por Ríos *et al.* (2011b), el cual utiliza el principio de Arquímedes.

### Análisis estadístico

El análisis estadístico de las variables, consistió en análisis de regresión de las variables, así como las gráficas resultantes, usando para ello el programa PASW Statistics 18 (IBM SPSS).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las variables independientes analizadas (Tabla 1), el diámetro mayor de copa presentó un r<sup>2</sup> considerablemente mayor. Por lo anterior, se consideró apropiado utilizar esta variable para determinar el volumen de madera de forma rápida y confiable, lo que facilitaría las evaluaciones de campo y disminuiría los gastos requeridos en dichas evaluaciones en los predios forestales.

TABLA 1. Coeficientes de determinación r<sup>2</sup> y estimación de f. Variables independientes altura y diámetro mayor de copa. Variables dependientes volumen y peso de fresco de madera de mezquite.

Variables		Altura	Diámetro mayor de copa
Peso (kg)	r <sup>2</sup>	0,091	0,889
	F	1,792	110,56
Volumen (m <sup>3</sup> )	r <sup>2</sup>	0,100	0,860
	F	2,001	144,46

La ecuación que se obtuvo para la predicción de volumen de mezquite (m<sup>3</sup>) fue:

$$\text{Volumen de madera de mezquite (m}^3\text{)} = 2,341E^{-6}x^2 - 0,0012x + 0,1803$$

Con este modelo polinomial se obtuvo un coeficiente de determinación  $r^2 = 0,860$ . Este valor sugiere que es factible aplicar la ecuación para la estimación de volumen en árboles de mezquite de predios con características similares (Figs. 1 y 2).

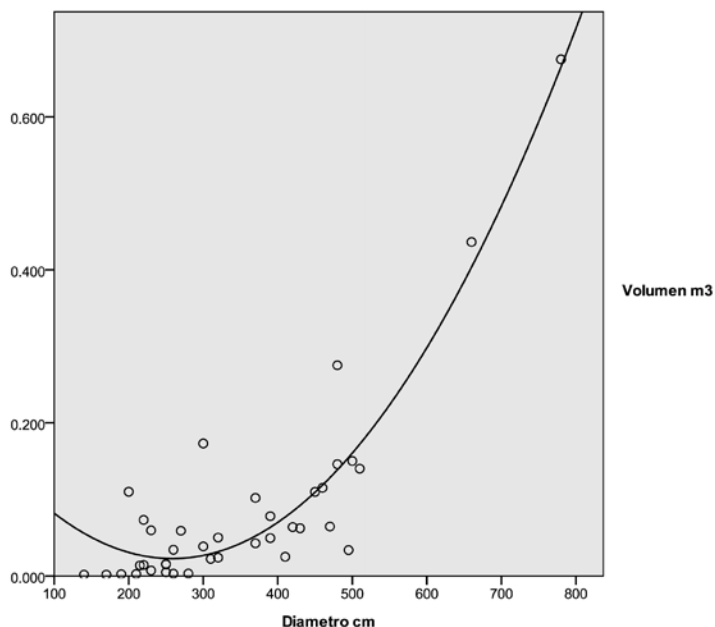


FIGURA 1. Distribución de los datos observados y función polinomial ajustada, con base en el diámetro mayor de copa para estimar volumen de madera de mezquite.

Para la variable de peso fresco de madera (Figs. 3 y 4), relacionada con el diámetro mayor de copa se obtuvo un coeficiente de determinación  $r^2 = 0,889$  (Tabla 1), con la ecuación:

$$\text{Peso de fresco de madera (kg)} = 0,001x^2 - 0,556x + 81,909$$

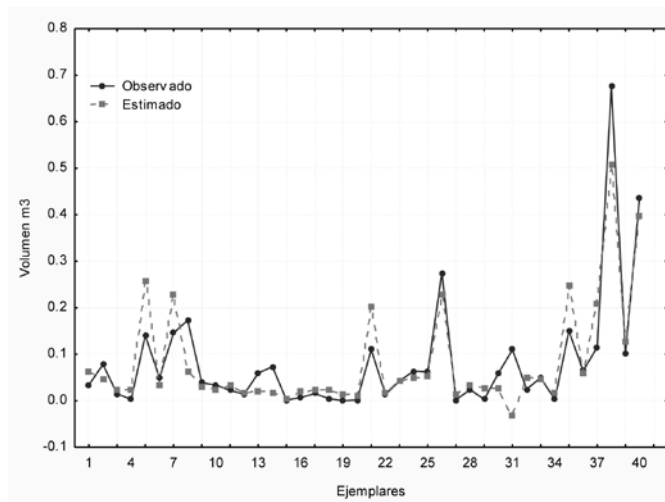


FIGURA 2. Valores estimados mediante regresión y valores observados de volumen de madera (m<sup>3</sup>).

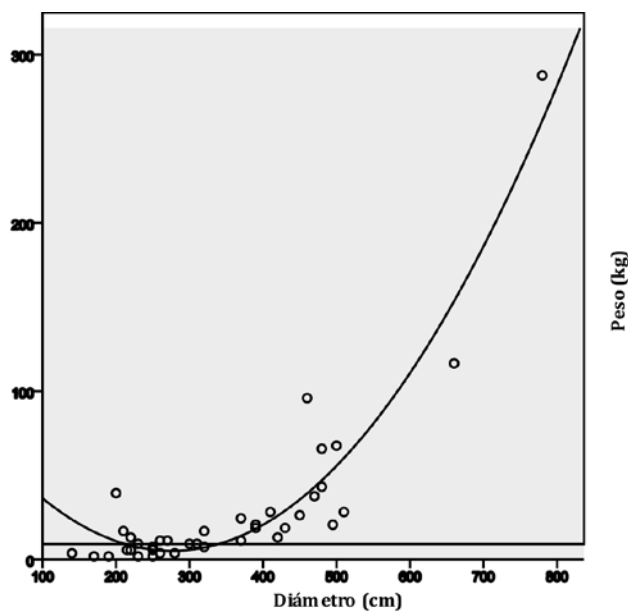


FIGURA 3. Distribución de los datos observados y función polinomial ajustada, con base en el diámetro mayor de copa para peso fresco de madera de mezquite.

Es importante mencionar que la variable de diámetro mayor de copa ha sido encontrada como una variable confiable para determinar volumen y cobertura de mezquite según estudios realizados en predios de los municipios de

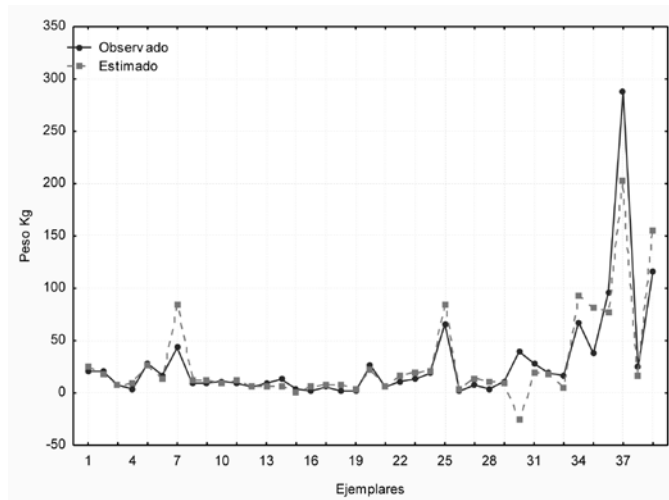


FIGURA 4. Valores estimados mediante regresión y valores observados de peso fresco de madera (kg).

Viesca y San Pedro en el estado de Coahuila por Villanueva *et al.* (2004). En dichos estudios se utilizaron además, atributos estructurales como altura (m), diámetro basal (m), diámetro de copa (m), diámetro y longitud de ramas y tallos aprovechables (mayores de 3 cm en diámetro y 1,2 m de largo). Los modelos obtenidos por Villanueva *et al.* (2004), utilizan como variables independientes el volumen medio de copa y la altura para obtener el volumen aprovechable de madera de mezquite, sin embargo, los intervalos de diámetro de copa resultan ser muy amplios, mientras que en el modelo resultante del presente estudio permite obtener datos con el diámetro mayor de copa.

Meza (2002) en Baja California utilizó el diámetro basal y estimó el volumen de madera muerta, en este caso el estudio fue en madera o leña en verde, lo que presenta mayor facilidad para obtener los datos en campo.

Con base en los resultados obtenidos en este estudio, se generó la tabla de determinación de volumen y el peso de madera en m<sup>3</sup> para el predio. Se considera que esta tabla puede utilizarse con un amplio margen de seguridad en el área de influencia (Tabla 2).

TABLA 2. Tabla de determinación de volumen y peso de madera de mezquite en m<sup>3</sup>.

<i>Diámetro mayor de copa (cm)</i>	<i>Volumen (m3)</i>	<i>Peso (kg)</i>
150	0,184	36,309
200	0,188	21,009
250	0,194	10,709
300	0,200	5,409
350	0,208	5,109
400	0,217	9,809
450	0,227	19,509
500	0,238	34,209
550	0,250	53,909
600	0,263	78,609
650	0,278	108,309
700	0,294	143,009
750	0,311	182,709
800	0,329	227,409
850	0,348	277,109
900	0,369	331,809
950	0,390	391,509
1000	0,413	456,209

Para el aprovechamiento sustentable de las poblaciones de mezquite es necesario implementar programas de manejo forestal que deben enfocarse en la rehabilitación de los individuos de poblaciones existentes, considerando prácticas de podas de formación (eliminación de ramas secundarias, leña muerta, ramas inferiores). Se ha observado que esta actividad genera un mejor desarrollo y emisión de brotes vigorosos, y como consecuencia un aumento en la floración y fructificación. La ejecución de estas prácticas se refleja en la producción de madera y fomenta la regeneración natural de las poblaciones.

## CONCLUSIONES

Mediante la utilización de técnicas de regresión no lineal, se determinó el modelo polinomial para la estimación de volumen en m<sup>3</sup> y peso fresco de madera de mezquite en kg mediante la medición de la variable diámetro de copa, que es de fácil obtención en campo. Las ecuaciones resultantes pueden ser utilizadas por productores silvícolas y técnicos forestales.

El diámetro de copa resultó ser la variable con mayor índice de correlación  $r^2 = 0,852$  para volumen y para peso fresco de madera de mezquite con  $r^2 = 0,889$ .

En los ejemplares de mezquite el diámetro de copa mínimo aprovechable es de 150 cm, se usa como parámetro los tallos para elaborar carbón, lo que permite hacer un mejor manejo de las poblaciones naturales de mezquite y de forma directa hacer una selección de los ejemplares sujetos de aprovechamiento, lo anterior representa en una medida de conservación de los recursos forestales y específicamente de mezquite.

La obtención del modelo es una herramienta de utilidad en el manejo de las poblaciones naturales del recurso forestal maderable de las zonas áridas, buscando el aprovechamiento sustentable.

## RECONOCIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Dra. Cristina García de la Peña su valiosa asesoría para llevar a cabo los análisis estadísticos; de la misma manera se agradece al Consejo Nacional de ciencia y Tecnología el apoyo económico para la realización de los estudios de postgrado del Ing. José Antonio Hernández Herrera.

## REFERENCIAS

Antezana, C., M. Atahuachi, S. Arrazola, E. Fernández, y G. Navarro, 2000. Ecología y biogeografía del género *Prosopis* (Mimosaceae) en Bolivia. *Revista Boliviana de Ecología* 8:25-36

Argüeyes, A. y R. Montoya. 1991. Explotación del mezquite en San Luis Potosí, una perspectiva histórica. *Archivo Histórico de San Luis Potosí*, S. L. P. 88 p.

Barrientos, K. 2011. Caracterización fisonómica y dasométrica de los rodales de mezquite (*Prosopis* spp) en el Centro-Norte de México. Tesis Profesional. Escuela Superior de Biología. Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Palacio, Durango, México. 93 p.

Camou, A. 2007. La leña: el recurso olvidado. Una experiencia de participación social y cambio tecnológico en dos microregiones de la Sierra Tarahumara. Consultoría Técnica Comunitaria A. C. Chihuahua, Chih. México. 62 p. fecha de consulta: 22 de octubre de 2011. Disponible en <http://www.kwira.org/blog/librolena.pdf>

Cavazos, R. 1997. Uso múltiple de los matorrales en el norte de México. *Ciencia Forestal en México* 22(81):3-26.

Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1970. Sistema de Clasificación del Suelo FAO-UNESCO 1968, modificado por CETENAL en 1970. Comisión de Estudios del Territorio Nacional. México. 37 p.

Durso, F., J. Allen, J. Ragsdale. 1973. Possibilities for comercial utilization of mezquite. *In*: J. E. Miller, ed. Mezquite growth, development and management. Texas A&M University. E. U. 148 p.

FIRCO (Fideicomiso de Riesgo Compartido). 2005. Guía técnica para la elaboración de planes rectores de producción y conservación (PRPC). México. 65 p.

Galindo, S. y García-Montoya, E. 1986. Usos del mezquite (*Prosopis* sp) en el Altiplano Potosino. *Agrociencia* 63: 7-15.

Gómez, F. 2008. Apuntes del curso de vegetación nativa de zonas áridas. Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Dgo. México. 168 p.

IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua). 2005. Extractor rápido de información climatológica. Versión 2.0 (ERIC 2.0) Software. IMTA. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

Lewis, H. y F. Elvin-Lewis. 1977. Medical botany: Plants affecting man's health. John Wiley&Sons, Nueva York. 353 p.

Maldonado, J. y E. De La Garza, 2000. El mezquite en México: Rasgos de importancia productiva y necesidades de desarrollo. *In*: Frías J., V. Olalde, y J. Vernon eds. El mezquite, árbol de usos múltiples. Estado actual del conocimiento



- en México. Universidad de Guanajuato, México. Pp 37-50.
- Meza, R. 2002. Metodología para evaluar las poblaciones de mezquite (*Prosopis* spp). Folleto Técnico No. 6. INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Todos Santos. La Paz, B. C. S. México. 46 p.
- Meza, R. y E. Osuna 2003. Estudio dasométrico del mezquite en la zona de Las Pocitas, Baja California Sur. Folleto Científico No. 3. INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Todos Santos. La Paz, Baja California Sur. México. 56 p.
- Niembro, A. 1986. Árboles y arbustos útiles de México. Editorial Limusa. México, D. F. 206 p.
- Ríos, C., A. Carrillo, R. Rosales. 2011a. Calidad del carbón de mezquite elaborado con horno portátil y madera producida en Durango, México. Memorias del 1er. Simposio Internacional Presente y Futuro de los Bosques. El Salto, Durango, México.
- Ríos, C., G. Valles, G. Sosa, A. Sigala, D. Albarrán 2011b. Metodología para la estimación de volumen, biomasa y carbono para mezquite en la región norte-centro de México. In: Ríos, C., R., Trucíos, L. Valenzuela, G. Sosa, R. Rosales eds. Importancia de las poblaciones de mezquite en el Centro-Norte de México. eds. Libro Técnico No. 25. INIFAP Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en la Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera. Gómez Palacio, Dgo. 220 pág.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México, D.F.
- STAFF (Servicios Técnicos y de Asesoría Forestal y de la Fauna, S. A. de C. V.). 2001. Programa de manejo forestal para el aprovechamiento de leña de mezquite (*Prosopis glandulosa*) en el ejido Nuevo San Pablo, municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. 61 p.
- StatSoft Inc. 2007. Statistica, Versión 8. Software. StatSoft Inc., Tulsa OK, U. S. A.
- Trucíos, R., Ríos, C., Valenzuela, L., J. Estrada, G. Sosa. 2011. Áreas con potencial de desarrollo de mezquite en el Norte de México. Folleto técnico No. 21. INIFAP CENID-RASPA Gómez Palacio, Dgo. 38 p.
- Valenzuela, L., C. Ríos, R. Trucíos, J. Estrada. 2011a. Superficies con potencial para la plantación de mezquite (*Prosopis* spp.) en el estado de Durango. Memorias del 1er. Simposio Internacional Presente y Futuro de los Bosques. El Salto, Durango, México.
- Valenzuela, L., Ríos, C., J.L. González. 2011b. Estructura y composición florística de dos comunidades con presencia de mezquite en el estado de Durango. Memorias del 1er. Simposio Internacional Presente y Futuro de los Bosques. El Salto, Durango, México.
- Valenzuela, L.; C. Ríos, R. Trucíos, G. Sosa. R. Rosales. 2010. Caracterización dasométrica de áreas vegetadas por mezquite en el Norte-Centro de México. Memorias del XXIII Congreso Nacional y III Internacional de Fitogenética. Nuevo Vallarta, Nayarit, México.
- Vallejo, A., R. Trucíos, L. Valenzuela, U. Romero. 2011. Potencial productivo y cambio de uso de suelo en poblaciones de mezquite (*Prosopis* spp.) de Coahuila y Durango. Memorias del 1er. Congreso de Diversidad Biológica.
- Villanueva, J., R. Jasso, G. Gonzalez, I. Sanchez C., M. C. Potisek, 2004. El mezquite en la Comarca Lagunera: Alternativa de producción integral para ecosistemas desérticos. Folleto Científico No. 14. INIFAP CENID-RASPA. Gómez Palacio, Durango, México. 35 p

Manuscrito recibido el 11 de noviembre de 2011.  
Aceptado el 3 de junio de 2014.

Este documento se debe citar como:  
Hernández-Herrera, J.A., L.M. Valenzuela-Núñez, A. Flores-Hernández y J.C. Ríos-Saucedo. 2014. Análisis dimensional para determinar volumen y peso de madera de mezquite (*Prosopis* L.). *Madera y Bosques* 20(3):155-161.