



Estimación de la biomasa foliar seca de *Lippia graveolens* Kunth del sureste de Coahuila

E. Edith Villavicencio-Gutiérrez^{1*}

Adrián Hernández-Ramos¹

Cristóbal N. Aguilar-González²

Xavier García-Cuevas³

¹Campo Experimental Saltillo. CIR-Noreste, INIFAP. México.

²Universidad Autónoma de Coahuila. México.

³Campo Experimental Chetumal. CIR-Sureste, INIFAP. México.

*Autor por correspondencia, correo-e: villavicencio.edith@inifap.gob.mx



Resumen

El orégano es un recurso forestal no maderable de importancia comercial, considerado como una especie aromática y culinaria que se aprovecha en las zonas semiáridas de Coahuila, con una producción mayor a 700 t anuales, y representa para el sector rural una opción productiva. Con el propósito de cuantificar el recurso y contribuir a regular su aprovechamiento, se determinaron las relaciones alométricas de individuos de orégano recolectados en 20 poblaciones naturales distribuidas en los municipios General Cepeda, Parras de la Fuente y Ramos Arizpe, Coahuila, para seleccionar un modelo que estime la biomasa foliar seca (*Bfs*) de la planta. A partir de un muestreo destructivo, se analizaron 706 plantas, de las cuales se obtuvo su altura total (*At*), diámetro mayor arbustivo (*DM*) y diámetro menor arbustivo (*Dm*), diámetro promedio (*Dp*) de la copa y biomasa foliar seca (*Bfs*). Con la prueba de correlación de *Pearson* se eligieron las variables más relacionadas con la *Bfs*, las cuales se emplearon para ajustar 10 modelos de regresión mediante el procedimiento *PROC MODEL*. El modelo seleccionado fue el de *Schumacher-Hall*

$$Bfs = 0.00599(Dp)^{1.935454}(At)^{0.256803}$$

por registrar valores superiores de R^2_{aju} (0.80) y el menor valor en la raíz del cuadrado medio del error (RCME, 0.304), considerando la significancia de sus parámetros ($p \leq 0.0001$), a partir de este se elaboró una tabla de doble entrada que estima la *Bfs* de las plantas.

Palabras clave: Alometría, hoja seca, manejo forestal, no maderable, orégano, Coahuila.

Fecha de recepción/Reception date: 14 de julio de 2017

Fecha de aceptación/Acceptance date: 12 de enero de 2018.

Introducción

Lippia graveolens Kunth (sinonimia *Lippia berlandieri* Schauer) es una planta silvestre y aromática que se distribuye en al menos 24 entidades de las regiones áridas y semiáridas de México; comúnmente conocido como orégano, oreganillo loco (Villavicencio *et al.*, 2007). Su mayor producción para fines comerciales proviene de poblaciones naturales; es la especie con distribución más amplia en México (Rueda, 2015; Trópicos, 2016).

En la región norte del país, las áreas de aprovechamiento más importantes y con la producción más alta de hoja de orégano, se ubican en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango y Tamaulipas, las cuales suman más de 50 % de las autorizaciones para su recolecta, seguidos por Jalisco, Zacatecas, Querétaro, Hidalgo y Baja California Sur (Huerta, 2002; Conafor, 2017).

El orégano es un recurso forestal no maderable del que se obtienen 6 500 t al año, de ellas 90 % se destina al mercado de exportación, se le conoce comercialmente como orégano mexicano (INFOAGRO, 2006; Villavicencio *et al.*, 2007) y tiene un gran potencial en la cadena agroalimentaria nacional e internacional, si se garantiza una producción uniforme, tanto en cantidad como en calidad (Huerta, 2002, Huerta, 2005). El principal producto derivado de la hoja de esta planta es el aceite esencial, que se utiliza en la industria de alimentos, licores, refresquera, farmacéutica y de cosmética. El orégano forma parte del grupo de especias y hierbas culinarias, aunque su uso no solo se limita a tales propósitos, sino también es un aditivo de otros productos (FAO y OMS, 2017). El principal mercado del aceite esencial es Estados Unidos de América, seguido de Italia y Japón (Gaby *et al.*, 2003; Conafor, 2009).

En la región semiárida de Coahuila, el aprovechamiento de *L. graveolens* se realiza en ocho municipios, destacan Parras de la Fuente, General Cepeda y Ramos Arizpe, donde se obtiene la mayor producción (Inafed, 2005; Villavicencio *et al.*, 2010).

L. graveolens es de tipo arbustivo, sus cambios de tamaño y forma se deben a la adaptación de la especie a las condiciones ambientales, lo que genera diferencias en su desarrollo que se reflejan en la variabilidad alométrica, con una relación directamente proporcional entre la altura y el diámetro de la planta (Niklas, 1995). A partir de esta, se pueden realizar análisis dimensionales y, con ello, ajustar modelos de predicción para generar tablas de rendimiento de biomasa individual para cuantificar la producción y promover su aprovechamiento de manera racional y sustentable.

El análisis dimensional es una técnica de estimación confiable, en la cual con base en variables de fácil medición se estima la biomasa y volumen de las plantas (Porté *et al.*, 2000), principalmente, en especies forestales arbóreas de clima templado (Návar, 2010), en taxa tropicales (Wiant y Charton, 1984; Gaillard *et al.*, 2002; Barrios *et al.*, 2014) y, con menor frecuencia, en arbustivas (Laamouri *et al.*, 2002; Guillen *et al.*, 2007).

En especies de zonas áridas, el análisis dimensional se aplica para calcular la biomasa foliar de *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Coville (gobernadora) (Ludwig *et al.*, 1975), mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.) (Whisenant y Burzlaff, 1978; Méndez *et al.*, 2012) y acacia (*Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham.) Benth.) (López-Merlín *et al.*, 2003); incluso en palma samandoca (*Yucca carnerosana* (Trel.) McKelvey) (Villavicencio y Franco, 1992) y lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) (Berlanga *et al.*, 1992). En la determinación del peso del cogollo y proporción de fibra, en sotol (*Dasyliion cedrosanum* Trel.); para estimar el peso del tallo o “piña” (Cano *et al.*, 2006), en cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) (Sáenz y Castillo, 1992) y en arbustos forrajeros como *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt., para calcular el peso seco de la biomasa aérea en pie (Thomson *et al.*, 1998).

El aprovechamiento sostenible de las poblaciones naturales de orégano requiere de estimaciones confiables de la producción de hoja seca de las plantas bajo manejo, por ello, los objetivos de este estudio fueron: a) determinar las relaciones alométricas en plantas de orégano para 20 poblaciones naturales distribuidas en los municipios General Cepeda, Parras de la Fuente y Ramos Arizpe, Coahuila; b) seleccionar el modelo de predicción con mejor ajuste para estimar la biomasa foliar seca; y c) generar una tabla de producción de biomasa foliar seca de arbustos en pie de orégano.

Materiales y Métodos

Área de estudio

La investigación se realizó en poblaciones naturales de orégano distribuidas en los municipios General Cepeda, Parras de la Fuente y Ramos Arizpe, ubicados entre las coordenadas $25^{\circ} 22' 41''$ - $25^{\circ} 26' 27''$ N y $100^{\circ} 57' 2''$ - $102^{\circ} 11' 10''$ O, con un intervalo altitudinal de 1 000 a 1 400 m. Los suelos predominantes son de los tipos Litosol, Xerosol y Yermosol (cálcico y háplico), de textura media sin problemas de salinidad (Inegi, 2005). El clima de la región, según la clasificación de Köeppen modificado por García (2004) e Inegi (2005) es de tipo BS_1hw (semiárido-semicálido) y BS_0hw (muy árido-semicálido), con temperatura media de 18 a 20 °C, y valores extremos desde -4 hasta 45 °C; una precipitación anual de 125 a 400 mm.

El orégano es una planta arbustiva con brotes anuales, asociada a la vegetación de matorral rosetófilo con maguey manso (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck), lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.), xoconostle (*Opuntia imbricata* (Haw.) DC.),

candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.), sotol (*Dasyliion cedrosanum* Trel.), nopal (*Opuntia* spp.), espadín (*Agave striata* Zucc.) y magueyes (*Agave* spp.).

En el matorral micrófilo, se asocia con hojasen (*Flourenzia cernua* DC.), escalerilla (*Viguiera stenoloba* S.F. Blake), mariola (*Parthenium incanum* Kunth), gobernadora (*Larrea tridentata*), tasajillo (*Opuntia leptocaulis* DC.), ocotillo o albarda (*Fouquieria splendens* Engelm.), guayule (*Parthenium argentatum* A. Gray), palma samandoca (*Yucca carnerosana* (Trel.) McKelvey), coyotillo (*Karwinskyia humboldtiana* (Schult.) Zucc.), sangre de drago (*Jatropha dioica* Sessé), hierba de la virgen (*Tiquilia canescens* (A. DC.) A.T. Richardson) y *Polieria angustifolia* (Engelm.) A. Gray.

En ambos tipos de vegetación, el orégano se asocia con cactáceas de diferentes especies y con taxa del estrato arbóreo, como mimbre (*Chilopsis linearis* (Cav.) Sweet), mezquite (*Prosopis* sp.) y huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.; *Acacia constricta* Benth.) (Berlanga *et al.*, 2005).

Levantamiento de datos y diseño de muestreo

La muestra se conformó de 706 individuos distribuidos en 20 poblaciones localizadas en tres municipios del sureste del estado de Coahuila. El muestreo se hizo durante la época de aprovechamiento de la planta (julio a octubre) y cada población fue georreferenciadas, para su ubicación en gabinete (Cuadro 1 y Figura 1).



Cuadro 1. Número de poblaciones y plantas de orégano muestreadas para los municipios de General Cepeda, Parras de la Fuente y Ramos Arizpe, correspondientes al corredor oreganero en Coahuila.

Municipio	Localidad	Número de Poblaciones	Individuos muestreados
General Cepeda	1 Independencia		
	2 Independencia 2		
	3 Narigua		
	4 La Parrita		
	5 Porvenir de Jalpa		
	6 Duraznillo	11	401
	7 Rincón Colorado		
	8 Parrita		
	9 La Rosa		
	10 Porvenir de Tacubaya		
Parras de la Fuente	11 Agua de Mula		
	1 San Isidro		
	2 San Rafael		
	3 Boquillas del Refugio	4	118
	4 Cuatro de Marzo		
	1 Sacrificio		
	2 Paloma		
Ramos Arizpe	3 Plan Guadalupe	5	187
	4 Las Coloradas		
	5 Sauceda		
Total		20	706

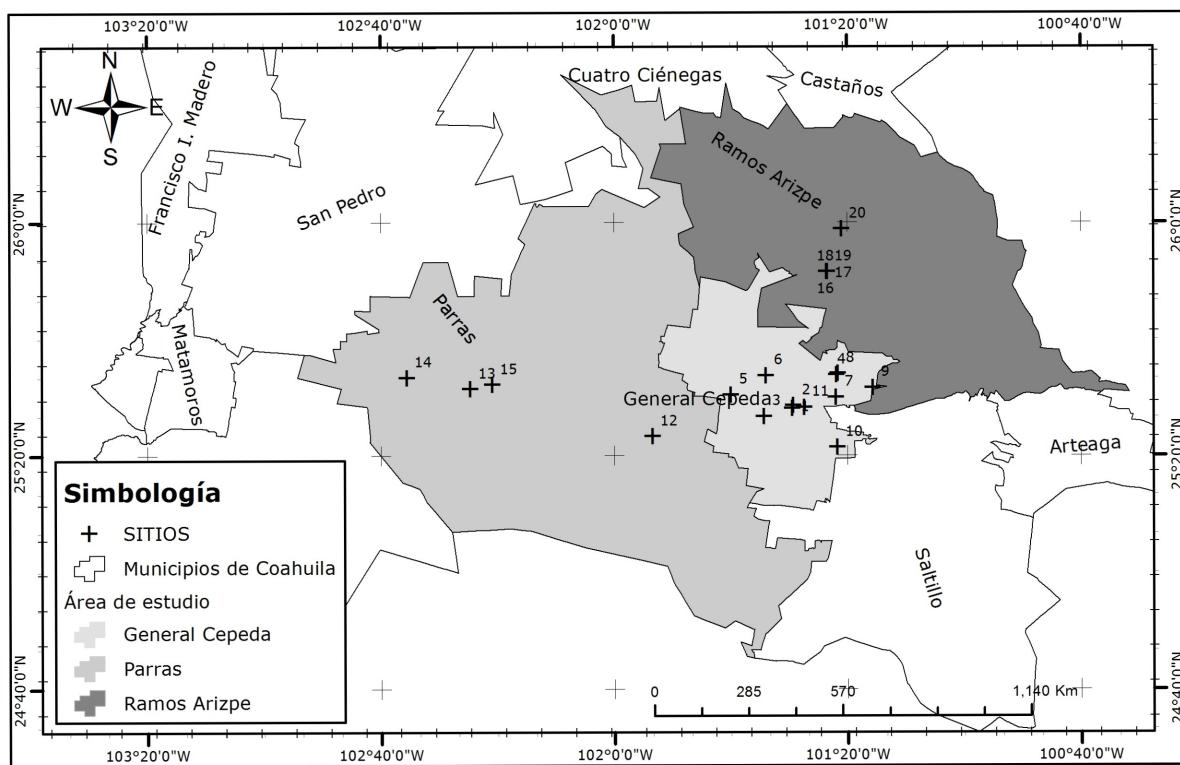


Figura 1. Distribución geográfica de las localidades de muestreo en los municipios General Cepeda, Parras de la Fuente y Ramos Arizpe, Coahuila.

Variables independientes

A cada individuo, con una cinta *Truper*® modelo 21601 se le midieron las variables altura total (At , cm); diámetro mayor (DM , cm) y diámetro menor (Dm , cm) de la cobertura arbustiva (Figura 2 b, c). Para considerar la variabilidad de crecimiento de la especie se incluyeron todas las categorías de altura y cobertura de los arbustos en pie presentes en las poblaciones. La At de la planta se midió desde la base del suelo, hasta la punta de las ramas más altas (Figura 2a), los DM y Dm se tomaron considerando la cobertura arbustiva (Figura 2b y 2c). A partir de los diámetros mayor y menor se estimó el diámetro promedio (Dp , cm) de la cobertura.

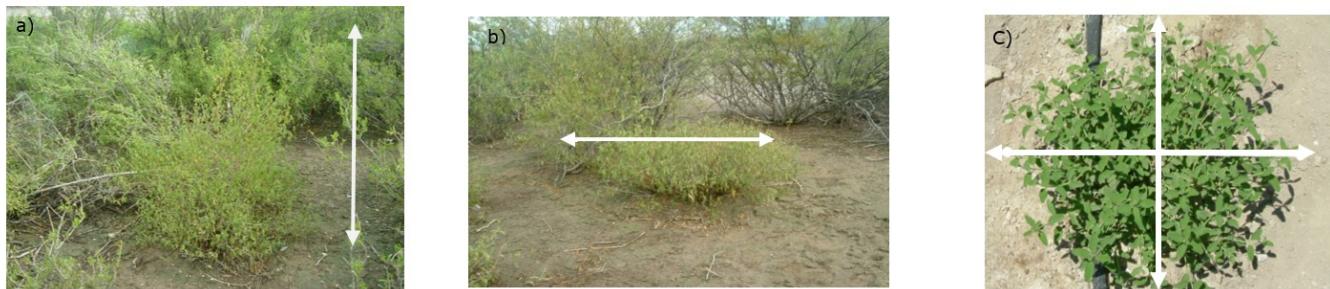


Figura 2. Medición de a) altura (At), b) diámetro mayor arbustivo (DM), y c) diámetro menor arbustivo (Dm) de *Lippia graveolens* Kunth.

Variable dependiente

La biomasa foliar seca (Bfs , g) se calculó mediante un muestreo destructivo de los individuos evaluados; para ello, se realizó la cosecha total de la parte aérea de la planta (tallos y hojas), la cual se depositó en bolsas de papel para su almacenamiento. Posteriormente, las muestras se deshidrataron *in situ* a temperatura ambiente durante cinco días, método de secado empleado por el productor. Enseguida la biomasa aérea seca se separó por componente: tallos y hojas. El peso de hoja seca por muestra se determinó en una balanza analítica marca *Schientech* con una precisión de 0.001 g. De este modo, se obtuvo la Bfs por planta, que representa componente aprovechable y de importancia comercial.

Análisis estadístico

El conjunto de datos de Bfs y las variables alométricas de At , DM y Dm se analizaron, primero, mediante una prueba de correlación de Pearson (SAS, 2015), para elegir las variables más relacionadas con la Bfs , que se usaron para ajustar modelos de regresión lineal y no lineal (Cuadro 2).

Cuadro 2. Modelos ajustados para estimar la biomasa foliar seca en poblaciones naturales de *Lippia graveolens* Kunth de los municipios General Cepeda, Parras de la Fuente y Ramos Arizpe, Coahuila.

Núm.	Modelo	Estructura
1	Alométrico	$Bfs = B_0 (DpAt)^{B_1}$
2	Coeficiente mórfico constante	$Bfs = B_1 (Dp^2At)$
3	Modelo australiano	$Bfs = B_0 + B_1Dp^2 + B_2At + B_3Dp^2At$
4	Variable combinada lineal	$Bfs = B_0 + B_1(Dp^2At)$
5	Spurr	$Bfs = B_1(Dp^2At)^{B_2}$
6	Schumacher-Hall	$Bfs = B_0(Dp)^{B_1}(At)^{B_2}$
7	Schumacher	$Bfs = B_0 e^{(-B_1/Dp)}$
8	Potencia	$Bfs = B_0(Dp)^{B_1}$
9	Takata	$Bfs = \frac{Dp^2At}{(B_0 + B_1Dp)}$
10	Thornber	$Bfs = B_0 \left(\frac{At}{Dp} \right) (Dp^2At)$

Dp = Diámetro promedio de cobertura (cm); At = Altura total (cm);
 B_n = Parámetros del modelo; e = Exponencial de la expresión.

La base de datos empleada para el análisis de regresión se depuró, mediante la detección de *Outlier*; con la programación *r-influence* de SAS 9.4 (SAS, 2015), con el propósito de eliminar posibles errores en la base de datos que podrían afectar los estadísticos de regresión. El modelo seleccionado fue el que presentó los valores mayores de coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aju}) y el más

bajo de la Raíz del Error Cuadrático Medio (RCME), además de la significancia de sus parámetros ($P \leq 0.001$). La verificación de los supuestos de regresión se hizo con las pruebas de *Shapiro-Wilk* para la normalidad; la prueba de *White*, para detectar heterocedasticidad, que por la naturaleza de los datos se asumió y se aplicó una corrección por ponderación de residuales de la forma $1/Dp * At$ que eliminó este problema; por último, la prueba de *Durbin-Watson*, para la prueba de colinealidad entre variables. Los modelos de regresión se ajustaron con el *PROC MODEL* para generar estimadores consistentes (SAS, 2015).

Resultados y Discusión

Ecuación para estimar la *Bfs*

La prueba de correlación determinó que las variables *Dp*, *At* y la interacción entre ambas presentan una relación significativa con la *Bfs* ($p \leq 0.001$) de 0.82, 0.53 y 0.83, respectivamente con respecto al resto de las variables evaluadas; por lo que se utilizaron como base para el ajuste de los modelos. El ajuste estadístico fue similar para todos los modelos; destacaron el 3 y el 6 con valores de R^2_{aju} superiores e inferiores de RCME. Sin embargo, estos tuvieron problemas de heterocedasticidad, por lo que se corrigieron y se obtuvo la correlación solo para el modelo 6, por ello y por los valores de ajuste de R^2_{aju} (0.81) y de la RCME (21.5256), este se eligió para estimar la *Bfs* de orégano.

La estructura del modelo elegido corresponde al de *Schumacher-Hall*, de tipo sigmoidal (Cuadro 3); además utiliza el *Dp* y *At*, que caracterizan la forma del arbusto de orégano y que permiten generar una tabla de doble entrada para que los productores primarios estimen los *Bfs*.

Cuadro 3. Estadísticos de ajuste y valores de los parámetros de los modelos analizados para estimar biomasa foliar seca de *Lippia graveolens* Kunth.

Núm.	SCE	RCME	R² _{aju}	B	Parámetro	Pr> t
1	455 776	25.8894	0.7253	B_0	0.000306	<0.0001
				B_1	1.424362	<0.0001
2	349 222	22.6452	0.7898	B_1	0.000167	<0.0001
3	306 415	21.2589	0.8148	B_0	11.10985	0.0913
				B_1	0.006091	<0.0001
				B_2	-0.22978	0.0047
				B_3	0.000117	<0.0001
4	338 318	22.3053	0.7961	B_0	5.405543	0.0007
				B_1	0.000158	<0.0001
5	345 907	22.5541	0.7915	B_1	0.000344	<0.0001
				B_2	0.946499	<0.0001
6	314 615	21.5256	0.8101	B_0	0.005990	0.0005
				B_1	1.935454	<0.0001
				B_2	0.256803	0.0009
7	381 556	23.6878	0.7700	B_0	1204.998	<0.0001
				B_1	-197.942	<0.0001
8	318 768	21.6513	0.8079	B_0	0.001766	<0.0001
				B_1	2.484405	<0.0001
9	348 731	22.646	0.7898	B_1	6309.38	<0.0001
				B_2	-3.69086	0.1018
10	318 285	21.6349	0.8081	B_0	0.000173	<0.0001
				B_1	-0.44604	<0.0001

SCE = Suma de cuadrados del error; RCME = Raíz del cuadrado medio del error; R^2_{aju} = Coeficiente de determinación ajustado por el número de parámetros; B = Parámetro del modelo; $Pr>|t|$ = Significancia ($p<0.005$).

El modelo *Schumacher-Hall* es aplicable para las condiciones y sitios de estudio, este tipo de modelo se ha usado para predecir el volumen maderable de especies templadas, así como su biomasa total y por componentes (Velasco *et al.*, 2007; Ramos-Uvilla *et al.*, 2014), mientras que el modelo potencia se ha utilizado en *Acacia pennatula* y *Guazuma ulmifolia* Lam. para predecir la biomasa forrajera y producción de leña, en el que se consideró como variable al diámetro basal (López-Merlín *et al.*, 2003).

Los resultados evidencian que la conformación del arbusto influye en las relaciones alométricas de la planta; la *At* y *Dp* son variables relacionadas que muestran una plasticidad fenotípica que responde a la heterogeneidad ambiental con ajustes morfológicos y fisiológicos (Camargo *et al.*, 2008). Las mismas variables también fueron consideradas en *Lysiloma divaricatum* (Jacq.) J.F.Macbr. (Breceda y Ortiz, 2005) y en *Cercidium floridum* Benth. ex A.Gray (planta forrajera) para predecir la producción de forraje (Guillen *et al.*, 2007); por lo que se consideran variables fáciles de medir en campo y pueden ayudar a evaluar las poblaciones de orégano, para su aprovechamiento.

El modelo de *Schumacher-Hall* para estimar la *Bfs* quedó estructurado como se indica a continuación:

$$Bfs = 0.00599(Dp)^{1.935454}(At)^{0.256803}$$

El *Dp* y la *At* están correlacionados de manera importante con la biomasa foliar seca de orégano; por lo tanto, sus estimaciones son confiables y los Prestadores de Servicios Profesionales (PSP) lo pueden utilizar para estimar la biomasa foliar seca en la región de los tres municipios considerados. Gráficamente, se observa una

buen dispersión de los datos estimados contra los observados, y un buen ajuste (Figura 3).

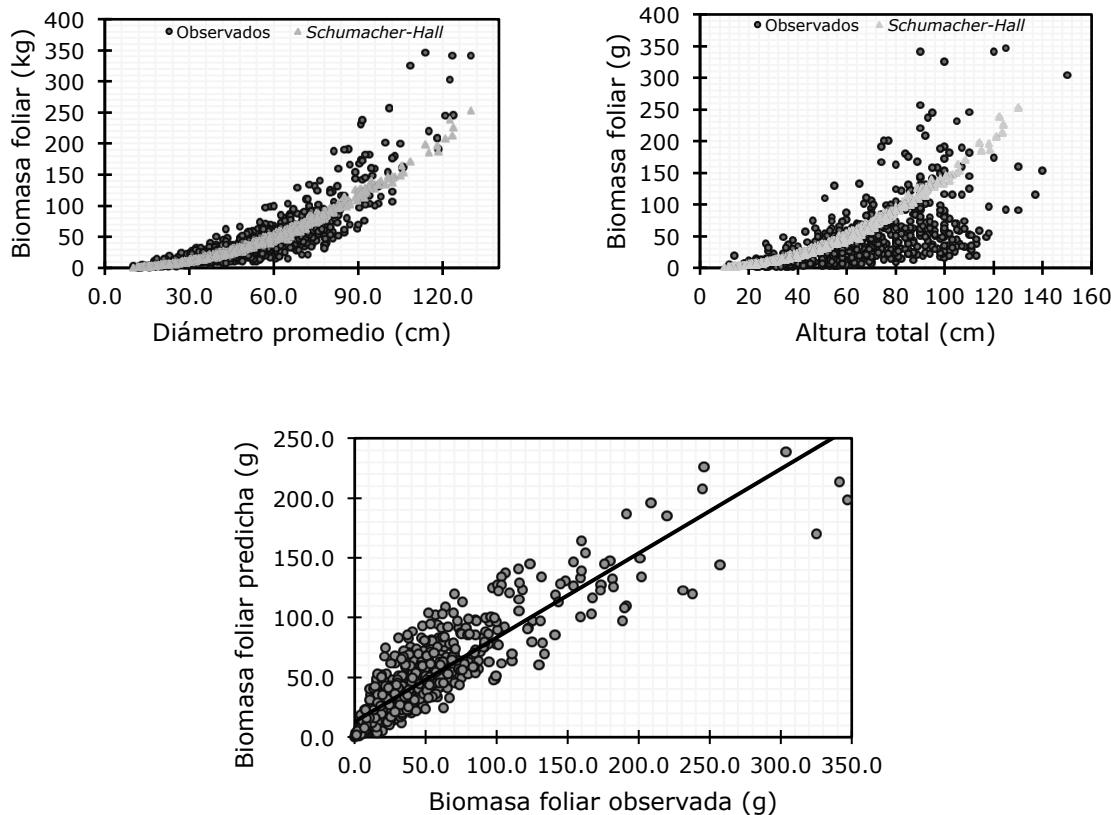


Figura 3. Valores observados y predichos para la biomasa foliar seca (Bfs) de *Lippia graveolens* Kunth con el modelo de Schumacher-Hall.

Tabla de producción de hoja seca (g) de *Lippia graveolens* Kunth

A partir del modelo de Schumacher-Hall, se elaboró una tabla de doble entrada para estimar la Bfs del orégano para tres municipios de Coahuila. Las variables de medición que sirven de entrada son la altura y diámetro promedio de cobertura del arbusto, ambas expresadas en centímetros. A

partir de ellas, se puede determinar el peso en gramos de hoja seca en plantas en pie, sin necesidad de cortar el arbusto (Cuadro 4).

Cuadro 4. Producción de hoja seca (g) de *Lippia graveolens* Kunth en función del diámetro de cobertura y altura del arbusto para rodales naturales de los municipios
Parras de la fuente, General Cepeda y Ramos Arizpe, Coahuila.

Dp (cm)	Altura (cm)													
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
5	0.24	0.27												
10	0.93	1.03	1.11	1.18	1.23	1.28	1.33	1.37	1.41	1.44	1.48			
15	2.04	2.27	2.44	2.59	2.71	2.82	2.92	3.01	3.09	3.17	3.24	3.31		
20	3.57	3.96	4.26	4.52	4.73	4.92	5.10	5.25	5.40	5.53	5.66	5.77		
25	5.50	6.10	6.57	6.96	7.29	7.59	7.85	8.09	8.31	8.52	8.71	8.89	9.06	9.23
30		8.69	9.35	9.90	10.38	10.80	11.17	11.52	11.83	12.13	12.40	12.66	12.90	13.13
35			12.60	13.35	13.99	14.55	15.06	15.52	15.95	16.34	16.71	17.06	17.39	17.70
40				16.32	17.29	18.11	18.85	19.50	20.10	20.65	21.17	21.64	22.09	22.52
45					21.71	22.75	23.67	24.50	25.25	25.94	26.59	27.19	27.75	28.28
50						26.62	27.90	29.03	30.04	30.96	31.81	32.60	33.34	34.03
55							32.02	33.55	34.91	36.13	37.24	38.26	39.21	40.09
60								39.71	41.31	42.75	44.07	45.28	46.40	47.45
65									48.24	49.92	51.45	52.86	54.17	55.40
70										57.62	59.39	61.02	62.53	63.94
75											67.87	69.73	71.46	73.08
80												79.01	80.97	82.80
85													95.04	96.87
90													106.16	108.20
95													117.87	120.14
100														132.68
105														148.42

Dp (cm)	Altura (cm)										
	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
30	13.35										
35	18.00	18.28	18.55	18.81	19.06						
40	23.30	23.67	24.02	24.36	24.68	24.99					
45	29.27	29.73	30.17	30.59	31.00	31.39	31.77				
50	35.89	36.46	37.00	37.51	38.01	38.49	38.95	39.40	39.83		
55	43.17	43.84	44.49	45.11	45.71	46.29	46.85	47.38	47.90	48.41	48.90
60	51.08	51.89	52.65	53.39	54.10	54.78	55.44	56.07	56.69	57.29	57.87
65	59.65	60.58	61.48	62.34	63.16	63.96	64.73	65.47	66.19	66.89	67.57
70	68.84	69.93	70.96	71.95	72.91	73.82	74.71	75.57	76.40	77.21	77.99
75	78.68	79.92	81.10	82.23	83.32	84.37	85.39	86.37	87.32	88.24	89.13
80	89.15	90.55	91.89	93.17	94.41	95.60	96.75	97.86	98.93	99.98	100.99
85	100.25	101.82	103.33	104.77	106.16	107.50	108.79	110.04	111.25	112.42	113.56
90	111.98	113.73	115.42	117.03	118.58	120.08	121.52	122.91	124.27	125.57	126.85
95	124.33	126.28	128.15	129.94	131.66	133.32	134.93	136.47	137.97	139.43	140.84
100	137.31	139.46	141.52	143.50	145.41	147.24	149.01	150.72	152.38	153.98	155.54
105	150.91	153.27	155.54	157.71	159.81	161.82	163.77	165.65	167.47	169.23	170.94
110		170.19	172.57	174.86	177.07	179.19	181.25	183.24	185.18	187.05	
115					192.98	195.29	197.54	199.71	201.81	203.86	
120						212.06	214.50	216.86	219.14	221.36	

Conclusiones

Las variables alométricas diámetro promedio de la copa y altura total de la planta tienen una mayor relación para estimar la biomasa foliar seca de *Lippia graveolens* en los municipios General Cepeda, Parras de la Fuente y Ramos Arizpe, en Coahuila.

El modelo de *Schumacher-Hall* es el que mejor predice la biomasa foliar seca (Bfs) de los arbustos en pie de orégano y puede utilizarse para calcular la biomasa aprovechable en los predios oreganeros de la región sureste de Coahuila.

Agradecimientos

Al Fondo Sectorial CONAFOR – CONACYT y a la Universidad Autónoma de Coahuila, por el apoyo para la realización del proyecto S002-2016-3-278107: Desarrollo e Implementación de Dos sistemas de Procesamiento para a) Extracción de Aceites Esenciales y b) Extracción de Fibra de Ixtle: Generación de Productos de Alta Calidad. Al Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP por el apoyo complementario para la realización del mismo.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses

Contribución por autor

E. Edith Villavicencio-Gutiérrez: toma de datos en campo, análisis de datos, elaboración del escrito y corrección del documento; Adrián Hernández-Ramos: análisis de datos, elaboración del escrito y revisión del documento; Cristóbal N. Aguilar-González: aportación técnica y revisión del documento; Xavier García-Cuevas: elaboración del escrito y revisión del documento.

Referencias

Barrios, A., A. López M. y V. Nieto, V. 2014. Predicción de volúmenes comerciales de *Eucalyptus grandis* a través de modelos de volumen total y de razón. Colombia Forestal 17(2):137-149.

Berlanga R., C. A., L. A. González L. y H. Franco L. 1992. Metodología para la evaluación de lechuguilla en condiciones naturales. Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP. Folleto Técnico Núm. 1. Saltillo, Coah., México. 22 p.

Berlanga R., C. A., E. E. Villavicencio G., O. U. Martínez B. y A. Cano P. 2005. Vegetación asociada al orégano *Lippia graveolens* (H.B.K.) y sus características dasonómicas en algunas comunidades de Coahuila. Segunda Reunión Nacional sobre Orégano. Salaices, Chih., México. pp. 21-24.

Breceda, A., V. Ortiz and R. Scrosati. 2005. Mauto (*Lysioma divaricatum*, Fabaceae) allometry as an indicator of cattle dry forest in northwestern Mexico. Rangeland Ecology & Management 58:85-88.

Camargo-Parra, A. A. y N. Facundo R. L. 2008. Respuestas fenotípicas de *Lippia alba* y *Lippia origanoides* (Verbenaceae) a la disponibilidad de agua en el suelo. Acta Biológica Colombiana 13(3):133-148.

Cano P., A., O. Martínez B., C. A. Berlanga R., E. E. Villavicencio G. y D. Castillo Q. 2006. Guía para la evaluación de existencias de sotol (*Daylirion cedrosanum* Trel.) en poblaciones naturales del Estado de Coahuila. Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP. Folleto Técnico Núm. 43. Saltillo, Coah., México. 20 p.

Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2009. Fichas de información comercial de productos forestales. <http://www.conafor.gob.mx:8080/biblioteca/ver.aspx?articulo=217> (13 de julio de 2017).

Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2017. Programa PRODEFOR. Plan de Manejo Forestal y Estudios Técnicos Justificativos. Saltillo Coahuila, México.
http://www.sema.gob.mx/SRN/DESCARGABLES/PROGRAMA_ESTRATEGICO FORESTAL_2005-2025.pdf (20 de enero de 2017).

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Organización Mundial de la Salud (OMS). 2017. Programa conjunto de la FAO/OMS sobre normas alimentarias. Comité sobre especias y hierbas culinarias. *In:* Tercera Reunión de la Comisión del CODEX *alimentarius*. 6 al 10 de febrero. Chennai, India. 9p

- Gaby R., A., J. Wrigh and F. Batz. 2003. Orégano/Marjoram Wild. <http://www.pccnaturalmarkets.com/health/2140005> (16 de junio de 2017).
- Gaillard B., C., M. Pece, M. de Juárez, S. Vélez, A. Gómez y M. Zárate. 2002. Determinación de funciones para la estimación de biomasa aérea individual en Jarilla (*Larrea divaricata*) de la provincia de Santiago del Estero, Argentina. *Forestal Veracruzana* 4(2):23-28.
- García E., 2004. Modificación al Sistema de clasificación climática de Köeppen. 5^a edición. Instituto de Geografía-UNAM. ISBN-UNAM. México, D.F., México. 98 p.
- Guillen T., A., A. Palacios E., J. L. Espinoza V. 2007. Ecuaciones de predicción para la producción de forraje de palo verde *Cercidium floridum Benth.* ex. A. Gray en Baja California sur, México. *Interciencia* 32:712-715.
- Huerta, C. 2002. Orégano Mexicano. Oro Vegetal. *Revista Biodiversitas* 15:30-38.
- Huerta, C. 2005. Orégano mexicano oro vegetal.
<http://www.maph49.galeon.com/biodiv2/oregano.html> (13 de julio de 2017).
- Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal (Inafed). 2005. Instituto Nacional para el federalismo y desarrollo municipal del gobierno del estado de Coahuila. <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/coahuila/imdex.html> (8 de marzo de 2017).
- INFOAGRO. 2006. El cultivo de orégano.
http://www.infoagro.com/aromaticas/oregano_sin.asp (23 de mayo de 2016).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2005. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1.
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/27/27008.pdf> (5 de junio de 2016).
- Laamouri, A., A. Chtourou and H. Ben Salem. 2002. Prédiction de la biomasse aérienne d' *Acacia cyanophylla* Lindl. (Syn. *A. saligna* (Labill.) H. Wendl) à partir de mensurations dimensionnelles. *Annals of Forest Science* 59: 335-340.

- López-Merlín, D., L. Soto-Pinto, G. Jiménez-Ferrer y S. Hernández-Daumás. 2003. Relaciones alométricas para la predicción de biomasa forrajera y leña de *Acacia pennatula* y *Guazuma ulmiflora* en dos comunidades del norte de Chiapas. *Interciencia* 8:334-339.
- Ludwig, J. A., J. F. Reynolds and P. D. Whitson. 1975. Size biomass relation-ships of several Chihuahuan Desert shrubs. *The American Midland Naturalist* 94 (2):451-461.
- Méndez G., J., O. A. Turlan M., J. C. Ríos S. y J. A. Nájera L. 2012. Ecuaciones alométricas para estimar biomasa aérea de *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 3(13):57-72
- Návar, J. 2010. Alometría para biomasa en especies arbóreas del norte de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12:507-519.
- Niklas, K. J. 1995. Size-dependent allometry of tree height, diameter and trunk-taper. *Annals of Botany* 75: 217-227.
- Porté, A., A. Bosc, I. Champion and D. Loustau. 2000. Estimating the foliage area of Maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) branches and crowns with application to modelling the foliage area distribution in the crown. *Annals of Forest Science* 57:73-86.
- Ramos-Uvilla, J. A., J. J. García-Magaña, J. Hernández-Ramos, X. García-Cuevas, J. C. Velarde-Ramírez, H. J. Muñoz-Flores y G. G. García Espinoza. 2014. Ecuaciones y tablas de volumen para dos especies de *Pinus* de la Sierra Purhépecha, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 5(23):93-116.
- Rueda, R. M. 2015. Verbenaceae. *In: Hammel, B. E., M. H. Grayum, C. Herrera y N. Zamora (eds.). Manual de Plantas de Costa Rica. Vol. VIII. Monographs in Systematic Bototany from the Missouri Botanical Garden* 131:538-592.
- Sáenz R., J. T. y D. Castillo Q. 1992. Guía para la evaluación de cortadillo en el estado de Coahuila. Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP. Folleto Técnico Núm. 3. Saltillo Coah., México. 13 p.

Statistical Analysis System (SAS). 2015. SAS/STAT® User's Guide. Ver. 14.1. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 777 p.

Thomson, E. F., S. N. Mirza and J. Afzal. 1998. Predicting the components of aerial biomass of fourwing saltbush from shrub high and volumen. *Journal of Range Management* 51:323-235.

Trópicos. 2016. Trópicos: *Lippia graveolens*

<http://www.tropicos.org/Name/33700793> (14 julio 2017).

Velasco B., E., S. Madrigal H., I. Vázquez C., A. González H. y F. Moreno S. 2007. Tablas de volumen con corteza para *Pinus douglasiana* y *P. pseudostrobus* del Sur Occidente de Michoacán. *Ciencia Forestal en México* 32(101):93-116.

Villavicencio G., E. E. y H. Franco L. 1992. Guía para la evaluación de existencias de palma samandoca (*Yucca carnerosana* Trel.) en el estado de Coahuila. Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP. Folleto Técnico Núm. 2. Saltillo, Coah., México. 18 p.

Villavicencio G., E. E., O. U. Martínez B. y A. Cano P. 2007. Orégano recurso con alto potencial. *Revista Ciencia y Desarrollo* 33(211): 60-66.

Villavicencio G., E. E., A. Cano P. y X. García C. 2010. Metodología para determinar las existencias de orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.) en rodales naturales de Parras de la Fuente, Coahuila. Folleto Técnico Núm. 42. Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP. Saltillo, Coah., México 42 p.

Wiant, H. V. and P. M. Charton. 1984. Estimating volumes of upland hardwoods with the Behre hyperboloid. *Journal of Forestry* 82(3):173-174.

Whisenant, S. G. and D. F. Burzlaff. 1978. Predicting green weight of mesquite (*Prosopis glandulosa* Torr.). *Journal of Range Management* 31(5): 396-397.