

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Tabla de Predicción de Biomasa y Rendimiento de Hoja Seca de *Lippia graveolens*
Kunth, en Melchor Ocampo, Zacatecas

Por:

LORENZO MONTALVO ANCELMO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Tabla de Predicción de Biomasa y Rendimiento de Hoja Seca de *Lippia graveolens*
Kunth, en Melchor Ocampo, Zacatecas

Por:

LORENZO MONTALVO ANCELMO

TESIS.

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría

M.C. Héctor Darío González López
Asesor Principal



Dr. Jorge Méndez González
Coasesor

M.C. Melchor García Valdez
Coasesor

Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio 2018

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto, haberme dado salud para lograr mis objetivos y por sus bendiciones durante mi formación profesional.

A mi Alma Mater, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), por brindarme la oportunidad de incorporarme a esta magnífica institución, por formarme dentro de la carrera de Ingeniero Forestal, por sus enseñanzas y así llegar a ser un excelente profesionalista y ejercerla orgullosamente.

Al M.C. Héctor Darío González López, asesor principal, gracias por otorgarme la oportunidad de realizar este trabajo, por su paciencia, por sus enseñanzas, por compartir sus conocimientos en clase y por brindarme su confianza y amistad.

Al Dr. Jorge Méndez González, por sus enseñanzas durante la carrera y por su tiempo dedicado en la realización de este trabajo, que fue de mucha ayuda con sus observaciones, consejos, sugerencias, mismas que fortalecieron el contenido del trabajo.

Al M.C. Melchor García Valdés, por sus enseñanzas durante la carrera y por su apoyo en la revisión del trabajo.

GRACIAS, a todos los profesores del Departamento Forestal, agradezco de todo corazón por la enseñanzas brindadas durante la carrera.

GRACIAS, a mi amigo Adrián Rodríguez Moctezuma por apoyarme siempre con sus conocimiento y no dejar que me diera por vencido en el transcurso de la carrera.

Al C. Samuel García y a toda su familia del Ejido San Jerónimo, Melchor Ocampo, por brindarme alojamiento durante el levantamiento de datos.

DEDICATORIA

Estoy finalizando una etapa más de mi vida y doy mil gracias a mis queridos Padres: Federico Montalvo Adán y María Esther Anselmo Alva, agradezco la confianza que han depositado en mí, el apoyo en cumplir conmigo logros y tropiezos sin pedir nada a cambio y el esfuerzo que han realizado durante toda mi vida, les agradezco infinitamente porque sé que con su cariño y educación me han formado como un hombre de bien.

A mis hermanos: Vianey, Angélica y Alan, que de una u otra manera son la razón por la cual he llegado a este punto de mi vida, por las cosas buenas y malas que hemos pasado, los quiero mucho y recuerden que siempre contarán conmigo.

A todos mis familiares que me han brindado consejos que me han ayudado a lo largo de la vida.

A mis amigos: Jonatan Sánchez, Adrián Rodríguez, Alejandro Churape, Gabriel Gaspar, Lizeth Avendaño, Jesús Pérez y Jazmín Martínez, por ser parte de esta historia y compartir momentos de alegría, tristeza, éxitos y fracasos.

Este trabajo de tesis ha sido apoyado por el Proyecto de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con clave 38111-425103001-2268, a cargo del M.C. Héctor Darío González López.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	I
ÍNDICE DE FIGURAS	II
RESUMEN.....	III
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general	3
1.2. Objetivos específicos	3
1.3. Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Los recursos forestales no maderables en el norte de México	4
2.2. Importancia del orégano para las comunidades del norte de México.....	4
2.3. Usos y aplicaciones del orégano.....	5
2.4. Descripción de la especie estudiada.....	6
2.5. Biomasa	7
2.6. Métodos para estimar biomasa	8
2.7. Modelos alométricos	8
2.8. Tablas de rendimiento.....	9
2.9. Trabajos afines.....	9
III. MATERIALES Y MÉTODOS	11

3.1.Descripción del área de estudio	11
3.2.Sistema de muestreo.....	12
3.3. Medición de variables	13
3.4. Secado de las muestras	13
3.5. Procesamiento de la información	14
3.6. Análisis estadístico.....	14
3.7. Regresión lineal	14
3.8. Construcción de la tabla de rendimiento de <i>L. graveolens</i> Kunth.	15
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
4.1. Estimación de peso verde en función de diámetro Promedio y altura de orégano (<i>L. graveolens</i> Kunth).	17
4.2. Estimación de peso seco de hoja en función de diámetro Promedio y altura total de orégano (<i>L. graveolens</i> Kunth)	24
4.3. Rendimiento de hoja seca (g) de orégano (<i>L. graveolens</i>).	31
V. CONCLUSIONES	34
VI. RECOMENDACIONES	35
VII. LITERATURA CITADA	36

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características dasométricas de las plantas muestreadas en campo de <i>L. graveolens</i> en Melchor Ocampo, Zacatecas.....	16
Cuadro 2. Estadísticos y parámetros de los modelos probados para estimar peso verde de orégano (<i>L. graveolens</i>) en Melchor Ocampo, Zacatecas.	17
Cuadro 3. Tabla de estimación de peso verde (g) de orégano (<i>L. graveolens</i>) en Melchor Ocampo, Zacatecas.	22
Cuadro 4. Estadísticos y parámetros de los modelos probados para estimar peso seco de hoja de orégano (<i>L. graveolens</i>) en Melchor Ocampo, Zacatecas.	24
Cuadro 5. Estimación de peso seco de hoja (g) de orégano (<i>L. graveolens</i>) en Melchor Ocampo, Zacatecas.....	30
Cuadro 6. Tabla de rendimiento de hoja seca (g) de orégano <i>L. graveolens</i> . para el Ejido de san Jerónimo Melchor Ocampo, Zacatecas.	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio Ejido san jerónimo, Melchor Ocampo, Zacatecas.	12
Figura 2. Respuesta del Peso verde de orégano (<i>L. graveolens</i>) en función de la combinación del diámetro promedio de cobertura con altura total de la planta en Melchor Ocampo, Zacatecas.	18
Figura 3. Residuales estudentizados para estimar peso verde de orégano (<i>L. graveolens</i>) en Melchor Ocampo, Zacatecas.	19
Figura 4. Error porcentual de estimación de peso verde en diferentes rangos de diámetro de <i>L. Graveolens</i> en Melchor Ocampo, Zacatecas.....	20
Figura 5. Error porcentual de estimación de peso verde en diferentes rangos de altura de <i>L. graveolens</i> en Melchor Ocampo, Zacatecas.....	21
Figura 6. Respuesta del Peso seco de hoja (<i>L. Graveolens</i>) en función del diámetro promedio de cobertura de la planta en Melchor Ocampo, Zacatecas.....	25
Figura 7. Residuales para estimar peso seco con tallo (<i>L. Graveolens</i>) en Melchor Ocampo Zacatecas.....	26
Figura 8. Comparación del modelo lineal propuesto, Schumacher-Hall y tabla de producción para estimar hoja seca de (<i>L. Graveolens</i>).	27
Figura 9. Error porcentual de estimación de peso seco de hoja en diferentes rangos de diámetro de <i>L. Graveolens</i> en Melchor Ocampo, Zacatecas.....	29

RESUMEN

Los modelos alométricos son una valiosa herramienta que facilitan la cuantificación de la biomasa y rendimiento de las plantas en función de variables de fácil medición como el diámetro y la altura de las plantas. El objetivo del presente estudio fue desarrollar ecuaciones alométricas para predecir peso verde y peso seco de hoja de *Lippia graveolens* Kunth, para generar una tabla de biomasa y rendimiento de hoja seca de orégano. El trabajo se realizó en el ejido San Jerónimo municipio de Melchor Ocampo, Zacatecas, mediante el método directo y destructivo, se colectaron muestras de 155 plantas. Para seleccionar el modelo de predicción se consideraron la R ajustada (R^2 aj), el error estándar (Sxy) y el coeficiente de variación (CV).

Los resultados indican que la mejor ecuación alométrica para estimar peso verde es $PV = 11.83 + 0.05178 \cdot D^2 + 0.01969 \cdot (H \cdot D)$ con una R ajustada de 0.624 y en el caso del peso seco hoja se encontró que la mejor ecuación es $PSH = 12.76 + 0.01187 \cdot D^2$ con un R^2 ajustada de 0.373.

Palabras clave: modelos, alometría, biomasa, rendimiento, *Lippia graveolens* Kunth.

I. INTRODUCCIÓN

Cuando se refiere a bosques o selvas desde un punto de vista comercial se tiende a incluir sólo a los árboles y la madera que se extrae de ellos, omitiendo a la mayoría de las especies de los estratos arbustivos y herbáceos con significado cultural e importancia ecológica (De la Peña, 2001).

El orégano mexicano, *Lippia graveolens* kunth, es uno de los productos forestales no maderables de mayor importancia económico en nuestro país. Anualmente se cosechan cerca de 4 mil toneladas de orégano (Huerta, 1997).

En las últimas décadas se ha incrementado el uso de antioxidantes de origen natural para ser utilizados en alimentos y nuevos fármacos con la finalidad de remplazar los antioxidantes sintéticos (Arroyo *et al.*, 2007; Muñoz *et al.*, 2007).

Es los países más desarrollados surge un gran interés por el estudio e investigación, el consumo y la producción de las plantas medicinales y aromáticas. Con esto se abrió un amplio y creciente campo de aplicación en las industrias farmacéuticas, alimentarias y cosméticas (Muños, 1996).

El impacto que la cosecha tiene sobre las poblaciones naturales y su hábitat, no se conocen con exactitud. La respuesta de las plantas a la cosecha y las implicaciones de una baja en la productividad debida a la alta frecuencia o intensidad de la misma, son elementos críticos para el desarrollo de políticas de aprovechamiento de los productos forestales no maderables (Cunningham, 1994, citado por CONAFOR 2011).

La situación genera la necesidad de establecer planes de manejo de los recursos naturales bajo un esquema sustentable, para ello, es necesario conocer la cantidad de los recursos naturales con las que se cuenta. Las dificultades de hacer evaluaciones

directas de la producción de plantas en pie, dan lugar a desarrollar metodologías para predecir, por medio de mediciones simples y directas, la producción que sustentan los árboles o arbustos de una determinada especie o rodal (Caballero, 1972).

Las tablas de rendimiento son las formas más utilizadas para determinar la producción de un producto forestal, por ser una forma tabulada en donde se expresa la producción promedio de plantas de diversos tamaños y especies, en función de una o más de sus dimensiones, normalmente son el diámetro y la altura (Romahn *et al.*, 1994).

La importancia de la tabla de rendimiento reside en la agilización del trabajo en tiempo y costos, debido a que solo necesitan hacer mediciones rápidas en la vegetación (Lema, 1979).

Para estimar la producción de hoja seca de orégano, es necesario contar con métodos no destructivos que estimen el rendimiento de hoja seca aprovechable de *Lippia graveolens* Kunth en pie y contribuir al desarrollo económico de las comunidades de las zonas áridas de México.

1.1. Objetivo general

- Elaborar una tabla de biomasa y rendimiento de hoja seca de *Lippia graveolens* Kunth, que sea de utilidad para su aprovechamiento en Melchor Ocampo, Zacatecas.

1.2. Objetivos específicos

- Generar una ecuación de regresión para estimar biomasa verde y seca de *Lippia graveolens* Kunth, en Melchor Ocampo, Zacatecas.
- Determinar el coeficiente de rendimiento en hoja seca de *Lippia graveolens* Kunth.
- Elaborar una tabla de rendimiento de hoja seca de *Lippia graveolens* Kunth.

1.3. Hipótesis

- **H₀:** Ningún modelo alométrico permite estimar biomasa verde o seca de *Lippia graveolens* Kunth.
- **H_a:** Al menos un modelo alométrico permite estimar biomasa verde o seca de *Lippia graveolens* Kunth.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Los recursos forestales no maderables en el norte de México

Existe una gran variedad de productos y servicios forestales no maderables que difieren en cuanto a su origen, naturaleza y características. Estos productos y servicios han contribuido enormemente al bienestar y al progreso de la humanidad. Entre estos se encuentran todos los productos tangibles diferentes a la madera en pie, en rollo, leña y carbón vegetal derivados de bosques o de cualquier superficie de tierra bajo uso similar; así como los servicios ambientales brindados por los ecosistemas (FAO, 1995). En las zonas áridas del norte de México, la ganadería y la agricultura con cultivos tradicionales se dificultan por la baja precipitación y las altas temperaturas por lo que los habitantes hacen uso de especies nativas como una alternativa para obtener recursos económicos para el sustento de la familia. Entre las especies más aprovechadas se encuentran el orégano (*Lippia graveolens* Kunth.), la lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr), la candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc), el mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr), el palo fierro (*Olneya tesota* A. Gray), el sotol (*Dasyllirion cedrosanum* Trel), los agaves, cactáceas y una larga lista de especies con menores tasas de aprovechamiento, pero no por ello menos importantes (Martínez, 2013).

2.2. Importancia del orégano para las comunidades del norte de México

Ticktin y Johns (2002) consideran que las comunidades rurales se deben de integrar a los programas de conservación y desarrollo sostenible para unir esfuerzos de investigación en los recursos naturales que son importantes para las economías locales.

Un ejemplo claro es el caso del orégano que es un recurso natural que proporciona ingresos a las familias de las zonas áridas.

El orégano producido en México exporta principalmente a Estados Unidos de Norte América, con alrededor de 85 % de la producción nacional total, el 10 % va al mercado nacional y el 5 % a países europeos y asiáticos. La aceptación del orégano mexicano a los diferentes países a los que se les exporta es por su calidad, expresada en su gran poder saborizante (Huerta, 1997).

En México, la recolección de orégano se ha demandado de manera significativa, en 2002 se colectaron 1 053 841 kilogramos de especie, que generaron divisas de 1 783 000 dólares. Posteriormente para el 2003 se reportaron 617 466 kilogramos y se obtuvieron 994 000 dólares (CONAFOR, 2008).

2.3. Usos y aplicaciones del orégano

El orégano es una planta aromática que ocupa un lugar destacado en la cocina tradicional; sus hojas son un condimento ideal para platillos con salsa de tomate, como las pasta y pizzas; también se usa en caldos, a los que les da un sabor y aroma exquisito; para adobar carne, chorizos, y sobre todo en los tradicionales platillos mexicanos, como pozole, menudo y ensaladas (CONAFOR 2011).

Las especies de *Lippia* tiene usos tradicionales y farmacológicos tales como culinarios, analgésicos, antiinflamatorios, antipiréticos, sedantes, antidiarréico, tratamiento de infecciones cutáneas, antifúngico, tratamiento de desórdenes hepáticos, diurético, antihipertensivo, remedio de desórdenes menstruales, antimicrobiano, repelente, antimalaria, antiespasmódico, tratamiento de enfermedades respiratorias, de sífilis y gonorrea, contra la diabetes, abortivo y anestésico local (Arcila Lozano et al., 2004).

2.4. Descripción de la especie estudiada

El principal hábitat del orégano es en climas secos y semisecos, en terrenos de origen calizo, lomeríos rocosos, abanicos aluviales, riscos de difícil acceso, llanuras con alto contenido de arcilla, valles y arroyos y mesas entre chaparrales y matorrales desérticos, tanto en suelos someros como profundos. Se distribuye en un rango altitudinal que va de los 400 a 2400 metros de altitud, aunque la mayor distribución está entre los 1400 a 1800 msnm. *L. graveolens* se distribuye en gran parte del continente americano abarcando los países de Estados Unidos, México, Guatemala, Nicaragua hasta Honduras (Huerta, 1997; Olhagaray *et al.*, 2005; Villavicencio *et al.*, 2010)

En México, *L. graveolens* se distribuye en las zonas áridas y semiáridas de 24 estados, principalmente en regiones del norte conformadas por los estados de Chihuahua, Durango, Tamaulipas y Coahuila, que son las principales áreas productoras, seguidas de los estados de Jalisco, Zacatecas, Durango, Querétaro, Sinaloa, Hidalgo y Baja California Sur (Huerta, 1997; Villavicencio *et al.*, 2010)

Se conocen más de 60 especies de orégano, con aroma y un sabor característico. La mayoría de las especies de orégano pertenecen a la familia Lamiaceae, conocido como orégano europeo o del Mediterráneo y Verbenaceae (genero *Lippia*), en la cual se encuentra el orégano mexicano (*L. graveolens*), (Kintzios, 2002).

El orégano *L. graveolens* es una especie forestal no maderable, tiene la forma de un pequeño arbusto achaparrado que mide de 0.45 hasta los 1.80 m de alto. Los tallos a menudo adquieren una totalidad rojiza, se ramifica en su parte superior, tiende a desojarse en las partes inferiores y contiene sustancias tánicas (Sánchez *et al.*, 2007).

Clasificación taxonomía de *L. graveolens* kunth. Reino: Plantae, División: Magnoliophyta, Clase: Magnoliopsidae, Orden: Lámiales, Familia: Verbenácea, Género: *Lippia*, Especie: *graveolens* (Sánchez *et al.*, 2007).

El orégano del género *Lippia* no aparece en la lista de especies silvestres en peligro de extinción de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010, y el resultado de la evaluación del MER (Método de Evaluación de Riesgo) no le asigna a ninguna categoría de riesgo de extinción, sin embargo, las poblaciones están siendo sobre explotadas, por lo que debieran ser consideradas como especie sujeta a protección especial (Sánchez *et al.*, 2007).

2.5. Biomasa

La biomasa forestal se define como el peso (o estimación equivalente) de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima y por debajo de la superficie del suelo. Normalmente es cuantificada en toneladas por hectárea de peso verde o seco. (Montero *et al.*, 2015)

Nájera (1999) menciona que la biomasa se puede definir como el conjunto de materiales orgánicos generados a partir de la fotosíntesis o bien producidos en la cadena biológica, pudiéndose distinguir así dos grandes tipos: biomasa vegetal y biomasa animal.

2.6. Métodos para estimar biomasa

Existen dos métodos utilizados para estimar biomasa: el primero es el método directo o destructivo éste consiste en la cosecha total, donde se corta todo el ejemplar para secarlo y pesarlo, sin embargo este método tiene limitaciones por la gran cantidad de tiempo y dinero que se requiere en su implementación (Salas & Infante, 2006); el segundo es la alometría, un método indirecto, rápido, económico y no destructivo que consiste en hallar correlaciones entre la biomasa y variables dasométricas de fácil y precisa medición para desarrollar ecuaciones que permitan determinar la producción de biomasa, (Ares *et al.*, 2002; Montani *et al.*, 2004).

2.7. Modelos alométricos

Los modelos alométricos son una valiosa herramienta que ayudan a calcular la biomasa de grandes áreas forestales, valiéndose de la correlación que existe entre las variables de difícil medición (peso) contra aquellas que son directamente medidas en inventarios forestales (diámetro y altura). El empleo de los modelos alométricos en diferentes regiones para la estimación de la biomasa presenta limitaciones debido a las diferentes condiciones que rigen el crecimiento de las plantas, tales como la genética, las subpoblaciones locales, el clima y los suelos. Estos factores son determinantes en la cantidad de biomasa, esta es la razón por la cual se deben realizar modelos alométricos locales (Álvarez, 2008).

De acuerdo a Segura *et al.*, (2008) para poder construir modelos alométricos se tiene que seguir estos pasos que comprende en la selección del sitio y de las especies; estimación del tamaño de la muestra; selección de los individuos por muestrear; corte, medición y

pesaje de los individuos muestreados; prueba de modelos genéricos; y selección del mejor modelo alométrico.

2.8. Tablas de rendimiento

Las tablas de rendimiento son expresiones tabuladas de dimensiones morfométricas que son difíciles de medir como son volumen de árboles o plantas, expresadas en un modelo considerando variables fáciles de medir como es el diámetro fustal, diámetro de copa y altura total (Romahn *et al.*, 1994)

2.9. Trabajos afines.

Los trabajos afines que han realizado ciertos investigadores en la estimación de biomasa utilizando ecuaciones matemáticas, entre ellos se pueden citar a:

López-Merlín *et al.*, (2003) realizaron un estudio en el municipio de Jitotol de Zaragoza, Chiapas, en donde establecieron modelos alométricos para la predicción de biomasa forrajera y leña de *Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham.) Benth y *Guazuma ulmifolia* Lam. En condiciones naturales de vegetación secundaria, mencionan que los modelos que mejor se ajustaron fue la lineal, polinomial cúbico y potencial, utilizando como variables independientes diámetro a la altura del pecho, diámetro basal, número de rebrotes por árbol, longitud del rebrote, diámetro de la base del rebrote y volumen del tocón.

Villavicencio et al., (2010) realizaron una metodología para determinar las existencias de orégano de *L. graveolens* para rodales naturales, también realizaron una tabla de producción de hoja seca (g) de orégano en función del diámetro de cobertura y altura del arbusto para rodales naturales del municipio de Parras de la Fuente, Coahuila, México.

Méndez et al., (2012) ajustaron ecuaciones alométricas lineales y no lineales para estimar biomasa aérea de *Prosopis laevigata* (hump. & bonpl. ex Willd) M.C. Johnst obteniendo un coeficiente de determinación para la ecuación no lineal de 0.95 y para la ecuación lineal de 0.84, llegando a la conclusión de que el diámetro basal es la variable que tiene mayor grado de asociación para estimar biomasa aérea de *P. laevigata*.

Villavicencio et al., (2017) realizaron una tabla de producción de hoja seca (g) de *L. graveolens* 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. El modelo que mejor se les ajustó es Schumacher-Hall obteniendo un coeficiente de determinación de 0.80.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicado en el Ejido de San Jerónimo de Melchor Ocampo, Zacatecas, en el cual se aprovechan las poblaciones naturales de la especie *L. graveolens*. Se encuentra en el norte del estado con coordenadas latitud: 24°59'6.00"N y longitud: 102°13'2.00"O, con altitud promedio de 1450 msnm (Figura 1).

Está dentro del Desierto chihuahuense, pertenece a la región hidrológica con clave RH 36 Nazas Aguanaval, en la cuenca “Laguna de Mayrán y Viesca” y en la subcuenca “Laguna de Viesca” (INEGI-CONAGUA, 2007; INEGI, 2010). En esta área se presentan dos tipos de suelo, litosol y solonchak siendo la más dominante el litosol (INEGI, 2010). De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificada por E. García, el clima predominante dentro del área de estudio corresponde a un clima (BWhw) muy árido, semicálido, la temperatura oscila entre los 18°C y 22°C. La precipitación media anual es de 200-400 mm con lluvias en verano equivalente del 5 % al 10.2 % anual (INEGI, 2008). Al tener estas condiciones climatológicas hacen que la vegetación dominante esté dada de matorral desértico micrófilo y matorral desértico rosetófilo (INEGI, 2011).

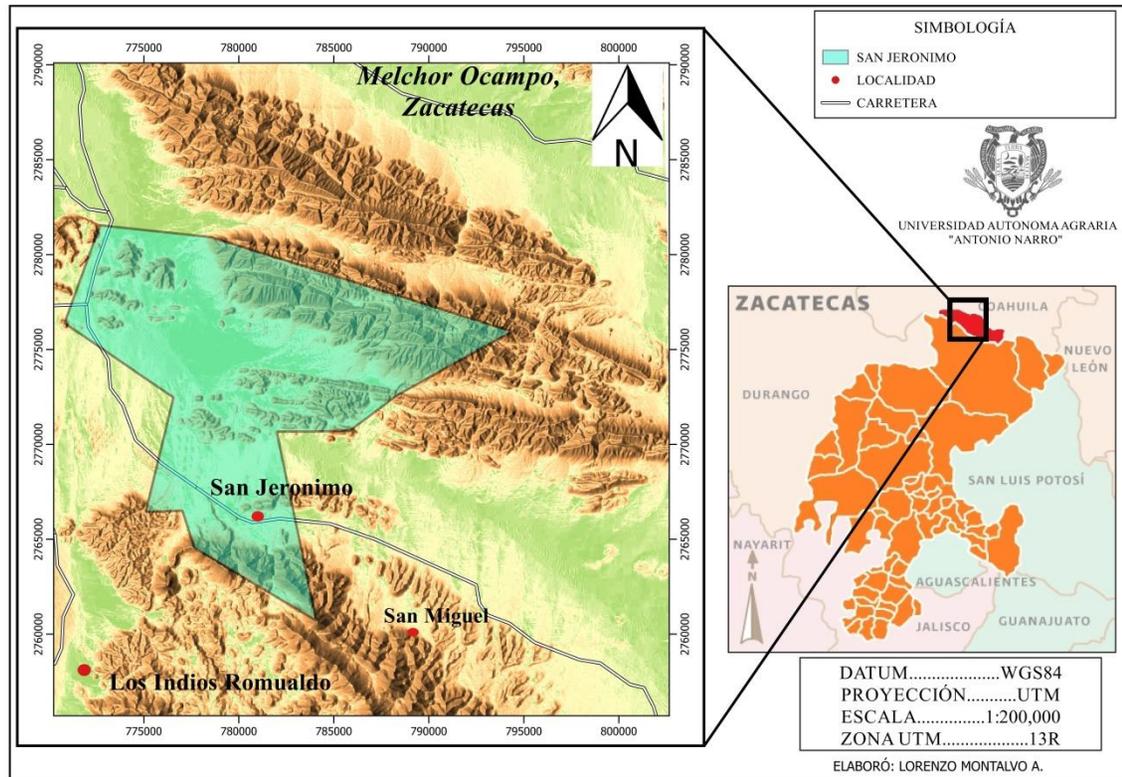


Figura 1. Localización del área de estudio Ejido San Jerónimo, Melchor Ocampo, Zacatecas.

3.2. Sistema de muestreo

Se ubicó un punto de manera aleatoria y los demás de forma sistemática con una distancia entre cada sitio de 100 metros, esto dentro del área en la que los ejidatarios recolectan el orégano. Se levantaron un total de 40 sitios, el número de sitios se determinó basándose en el teorema del límite central, el cual establece que una muestra sea representativa, el tamaño muestral (n) debe ser mayor o igual a 30, lo cual tenderá a tener una distribución normal (Canal, 2008). En cuanto al tamaño y forma de los sitios para la recolección de datos, se establece el método de cuadrantes mediante lotes de 25 m² (5x5) dividido en cuatro cuadrantes (Cox, 1972).

3.3. Medición de variables

Por la naturaleza de este trabajo, algunas variables fueron medidas en campo y otras fueron registradas en el centro de almacenamiento. Las variables medidas en campo fueron: altura de la planta (cm), ésta se midió desde la base hasta la punta de la rama más alta de la planta, diámetro mayor (cm) y diámetro menor (cm) de la cobertura arbustiva, las mediciones se realizaron utilizando un flexómetro.

Una vez realizadas todas las mediciones en el sitio, se cortó una planta de cada cuadrante (método destructivo), para ello se realizó la cosecha total de la parte aérea de la planta (tallo, hojas y semillas) método de colecta de la planta utilizado por los recolectores, hecho lo anterior se guardaron las muestras en bolsas de papel y bolsa de plástico, se etiquetó cada muestra con el número de sitio, número de cuadrante y número de planta, para posteriormente ser trasladados al centro de almacenamiento en donde se pesaron las muestras en una báscula digital y se registra la variable peso verde (g).

3.4. Secado de las muestras

Se colocaron las muestras sobre una lona de plástico expuestas al sol aproximadamente una semana para su deshidratación, se pesaron las muestras hasta que el peso seco fuera constante, además se consideró que las muestras al tacto las hojas se encontraran semiquebradizas método utilizado por los productores. Cuando las muestras completaron el proceso de secado se prosiguió a retirar tallos, ramas y ramillas para después registrar el peso seco de la hoja (g).

3.5. Procesamiento de la información

Los datos obtenidos en campo se capturaron en hoja de cálculo de Excel, para facilitar el manejo de la información al momento de la ordenación y procesamiento.

3.6. Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó en una hoja de cálculo de Excel se generó una gráfica de dispersión tomando como variable dependiente peso verde de la planta (Y) y como variable independiente diámetro promedio (X), con la finalidad de conocer si existen algunos valores alejados de la disposición de los puntos denominados como valores atípicos o puntos aberrantes. Los puntos atípicos o aberrantes se corroboraran si fue por un error durante la captura y procesamiento de los datos o es por la naturaleza de la planta. De esta misma manera se analizaron para el peso seco hoja de la planta.

Se obtuvieron las características dasométricas de las plantas muestreadas como los máximos, mínimos, promedios y desviación estándar para cada una de las variables: Diámetro promedio, altura total, peso verde y peso seco de la hoja.

3.7. Regresión lineal

Los modelos de predicción de biomasa de orégano para estimar peso verde de la planta y peso seco de la hoja, de los datos medidos en campo de *L. graveolens*, en Melchor Ocampo, Zacatecas, se generaron en una hoja de cálculo de EXCEL, con el complemento de “ESSENTIAL REGRESSION” que permite analizar diseños experimentales y datos cuantitativos mediante polinomios y regresión lineal múltiple de una manera sencilla y comprensible. En este caso se realizaron regresiones lineales múltiples.

Se realizó una comparación de tres modelos con sus respectivos estadísticos, que se evaluaron para elegir el modelo de predicción, para seleccionar el modelo se consideró la R^2 ajustada (R^2 aj) con mayor valor, valores mínimos en el error estándar (S_{xy}) y coeficiente de variación (CV), la practicidad y la sencillez de la ecuación. En estas ecuaciones se tomaron en cuenta las variables dasométricas que se colectaron en campo de las plantas de orégano (*L. graveolens*), en la cual se utilizaron como variables independientes; altura total de la planta (cm) y diámetro promedio (cm) contra peso verde y peso seco de hoja de orégano (*L. Graveolens*) estos como variables dependientes.

3.8. Construcción de la tabla de rendimiento de *L. graveolens* Kunth.

Con las muestras colectadas se obtuvo el peso verde (g) y el peso seco de hoja total (g) para poder obtener el porcentaje de rendimiento de hoja seca de orégano *L. Graveolens*.

Una vez elegido el modelo que estimará peso verde (g) orégano y considerando los criterios ya antes mencionados, se prosiguió a realizar una tabla de doble entrada con intersecciones de las variables de diámetro promedio (cm) y altura total (cm).

Para estimar el peso seco de hoja se elaboró una tabla de una sola entrada, ya que el modelo elegido solo considera la variable de diámetro promedio (cm).

Para construir la tabla de rendimiento de hoja seca de orégano, se multiplico el coeficiente de rendimiento de hoja seca por cada uno de los valores obtenidos en tabla de estimación de peso verde (g), obteniendo así el valor de peso de hoja seca (g).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las 155 muestras de orégano *L. graveolens* obtenidas de una población natural en Melchor Ocampo Zacatecas, presentan una altura máxima de 115 cm y una mínima de 37 cm, en cuanto al diámetro se encontró un máximo de 52.50 cm y un mínimo de 20 cm, el peso verde varía de 46 a 326 g, para peso seco de hoja se encontró una variación de 13 a 62 g, estos resultados se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características dasométricas de las plantas muestreadas en campo de *L. graveolens* en Melchor Ocampo, Zacatecas.

Variables	<i>Lippia graveolens</i> Kunth (n= 155)			
	Max	Med	Min	D.E
H	115.00	68.43	37.00	13.89
D	52.50	35.38	20.00	6.64
PV	326.00	126.91	46.00	46.62
PSH	62.00	28.14	13.00	9.09

Max = máximo, Med = promedio, Min = mínimo, D.E = desviación estándar, H (cm) = altura total de la planta, D (cm) = diámetro promedio de la planta, PV (g) = peso verde de orégano, PSH (g) = peso seco de hoja de orégano.

4.1. Estimación de peso verde en función de diámetro promedio y altura total de orégano (*L. graveolens* Kunth).

Los tres modelos lineales propuestos para estimar peso verde de orégano (*L. Graveolens*), presentan estadísticos y parámetros similares, destacando el Modelo tres con una R^2 ajustada superior, con 0.624, e inferior en el error estándar de 28.57 y el coeficiente de variación de 22. 511 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estadísticos y parámetros de los modelos probados para estimar peso verde de orégano (*L. graveolens*) en Melchor Ocampo, Zacatecas.

	Modelos	R^2 aj.	Sxy	CV
1	$PV = 122.37 + 0.152 \cdot D^2 - 5.449 \cdot D$	0.587	29.94	23.594
2	$PV = 28.64 + 0.07584 \cdot D^2$	0.581	30.17	23.774
3	$PV = 11.83 + 0.05178 \cdot D^2 + 0.01969 \cdot (H \cdot D)$	0.624	28.57	22.511

PV = Peso verde (g), D = Diámetro promedio de la planta (cm), H = Altura total de la planta (cm), R^2 aj. = Coeficiente de determinación ajustada, Sxy = Error estándar, CV (g) = Coeficiente de variación.

Diferentes autores han realizado estudios similares en donde estiman biomasa para diferentes especies. Méndez *et. al.* (2012), mediante modelos alométricos determinaron la biomasa aérea de *P. laevigata*; López-Merlín et al., (2003) realizaron un estudio para la predicción de biomasa forrajera y leña de *A. pennatula* y *G. ulmifolia* utilizando modelos alométricos, concluyen que los modelos que mejor se ajustaron fueron las lineales, polinomiales cúbicos y potenciales; Iglesias et al., (2010) estimaron biomasa aérea de seis leguminosas leñosas con la ayuda de modelos alométricos lineales.

Los autores mencionados consideran que los modelos alométricos son una valiosa herramienta que facilita y agiliza la cuantificación de la biomasa de las plantas, por lo tanto podría argumentarse que el modelo elegido en este estudio de tipo lineal puede utilizarse para estimar la biomasa del orégano.

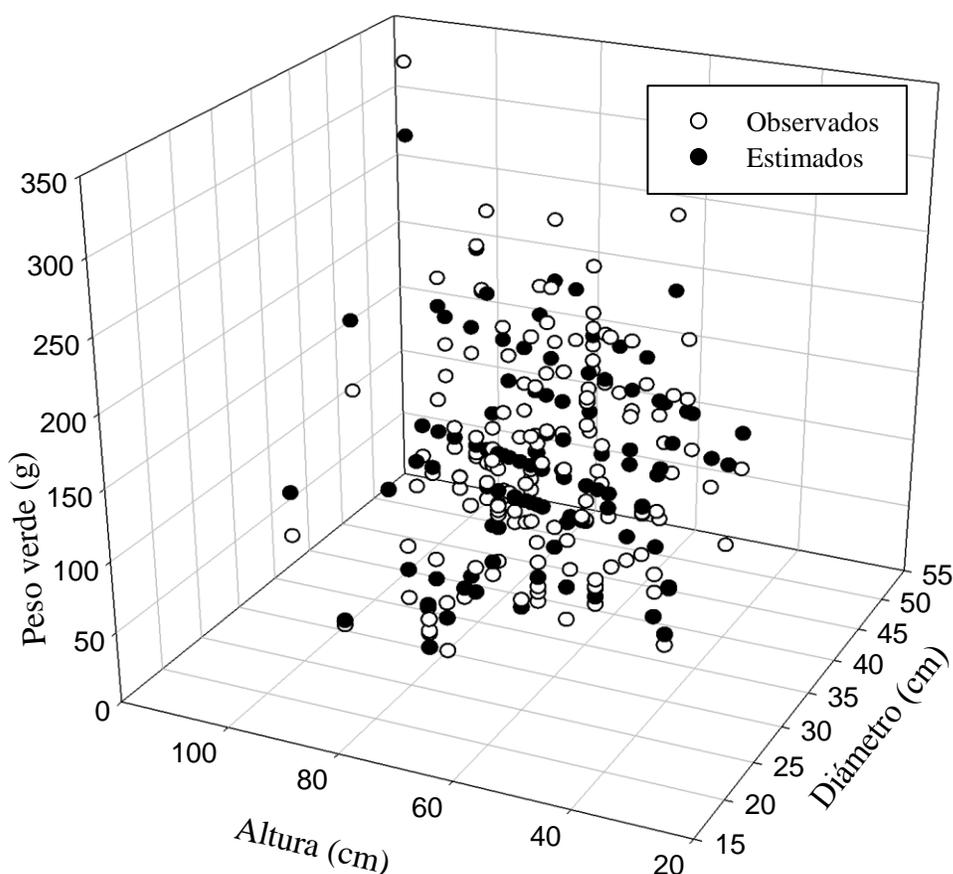


Figura 2. Respuesta del peso verde de orégano (*L. graveolens*) en función de la combinación del diámetro promedio de cobertura con altura total de la planta en Melchor Ocampo, Zacatecas.

En la Figura 2 se puede observar la tendencia de los valores observados y los valores predichos por el modelo elegido $PV = 11.83 + 0.05178 * D^2 + 0.01969 * (H * D)$ para estimar peso verde (g) de *L. graveolens*, que considera como variables dependientes el

diámetros promedio y la altura. Las mismas variables fueron utilizadas para estimar la biomasa poblacional de arbustos dominantes (Oñatibia *et al.*, 2010), Iglesias et al., (2010) estimaron la biomasa aérea de seis leguminosas leñosas con las mismas variables, con base a lo anterior se puede decir que estas variables son fáciles de medir en campo y sirven como variables explicadoras en la estimación de la biomasa del orégano.

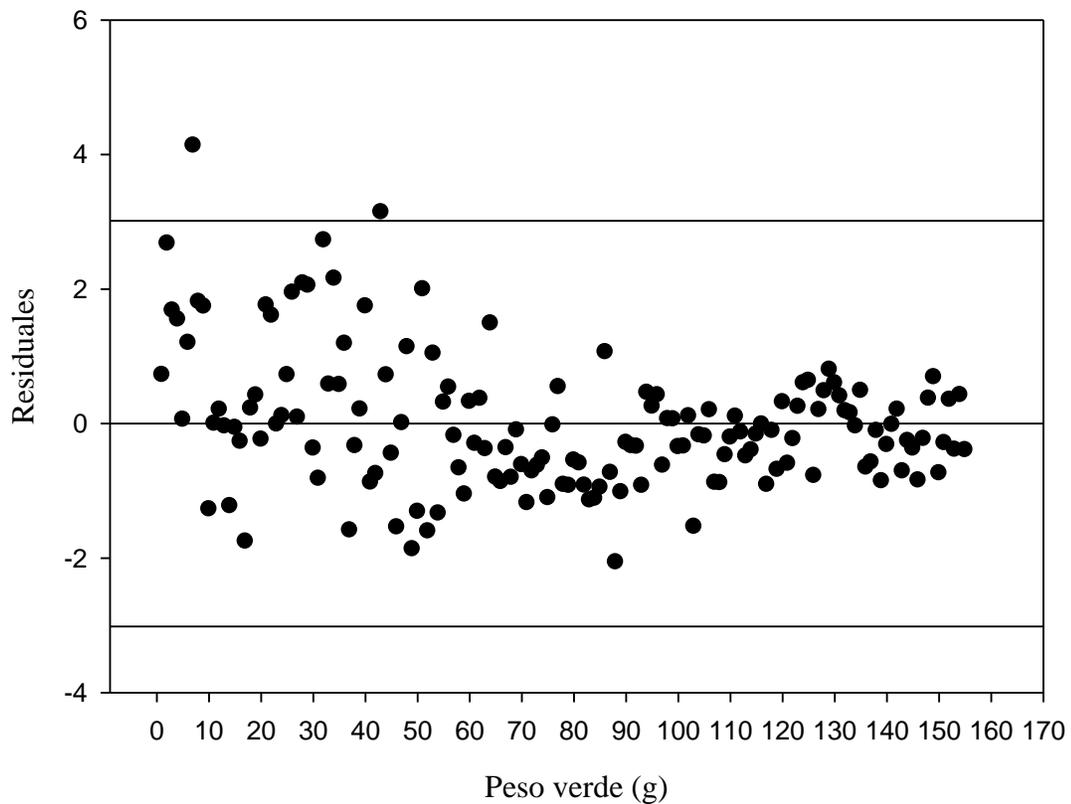


Figura 3. Residuales estudentizados para estimar peso verde de orégano (*L. graveolens*) en Melchor Ocampo, Zacatecas.

Se observa que los residuales estudentizados del modelo (Figura 3) son muy cercanos a cero oscilando entre 3 y -3 esto se interpreta que los valores observados se encuentra

cerca de la línea de regresión o estimación, es decir que los sobrestimados y subestimados entre los valores reales se encuentra balanceados.

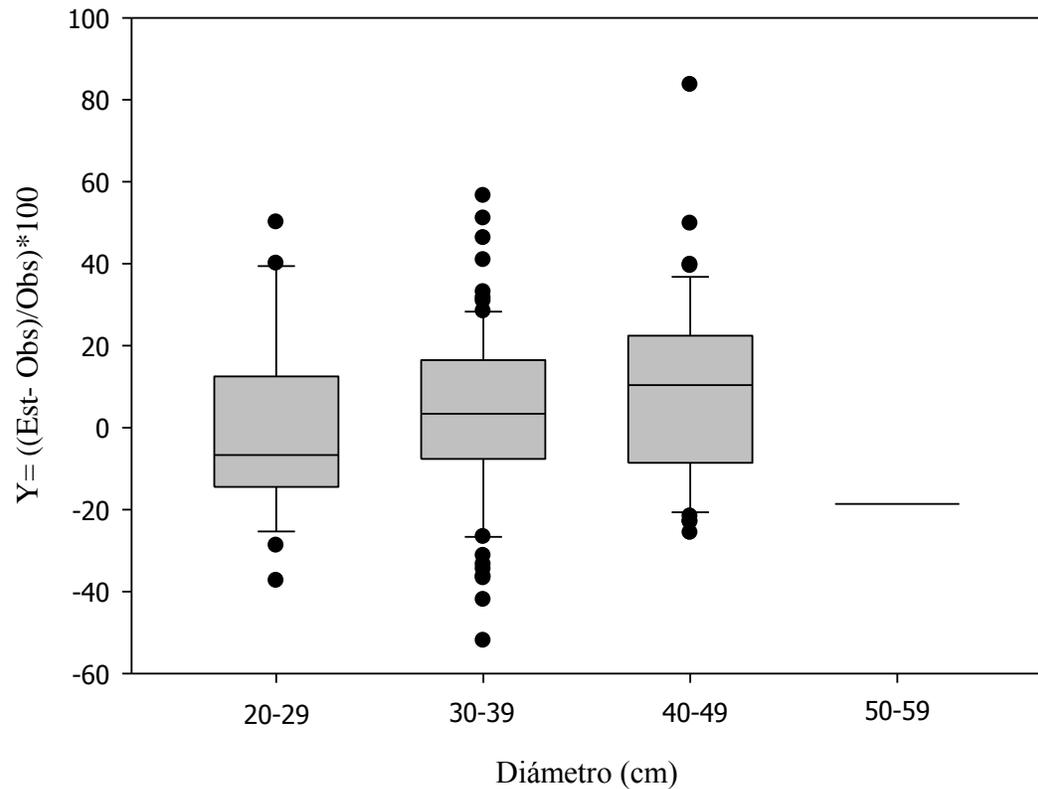


Figura 4. Error porcentual de estimación de peso verde en diferentes rangos de diámetro de *L. Graveolens* en Melchor Ocampo, Zacatecas.

En la Figura 4 se observa que en los rangos de diámetro de 30 - 39 cm el modelo elegido proporciona una buena predicción, en el rango de diámetro 50 - 59 hay una subestimación con un error promedio de -18.6 % y en el rango 40 - 49 cm tenemos una sobrestimación de 8.9 % de error promedio.

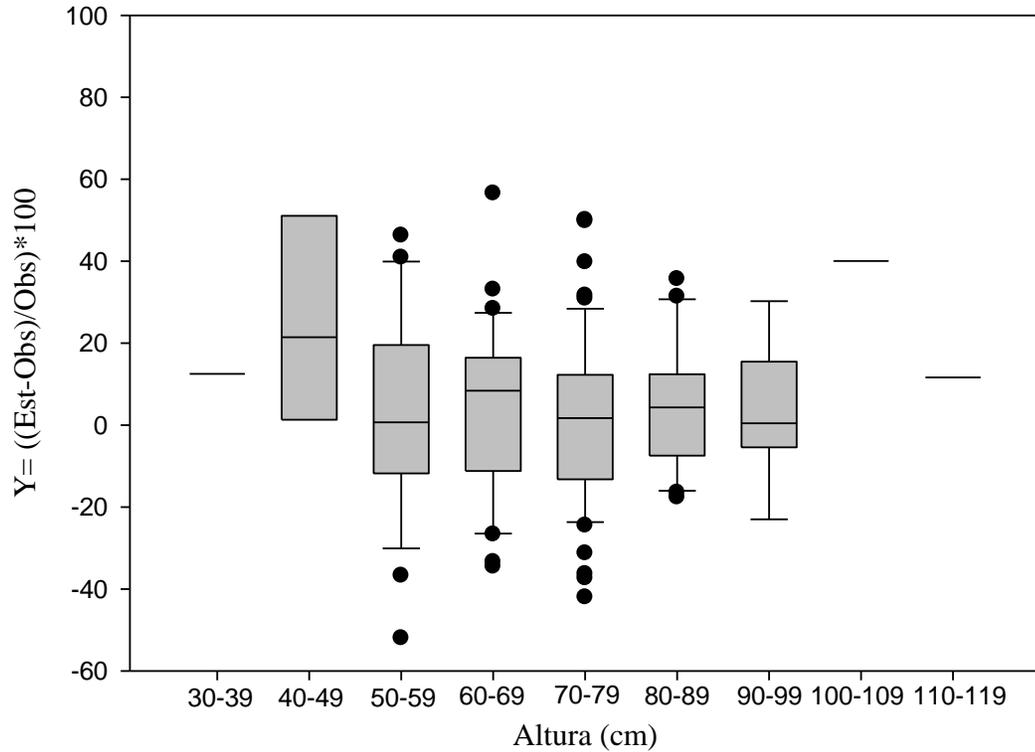


Figura 5. Error porcentual de estimación de peso verde en diferentes rangos de altura de *L. graveolens* en Melchor Ocampo, Zacatecas.

En la Figura 5 se observa que con el modelo elegido existe una buena predicción en los rangos de altura de 50 - 59, 70 - 79, 80 - 89, 90 - 99 cm, por lo cual en los demás rangos de altura hay una sobrestimación esto se puede deberse a que se tiene un número menor de muestras para estos rangos de altura.

Una vez elegido el modelo predictor, se procedió a construir la tabla de estimación de peso verde (g) de *L. graveolens* con la intersección del diámetro promedio y altura total de la planta de orégano (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tabla de estimación de peso verde (g) de orégano (*L. graveolens*) en Melchor Ocampo, Zacatecas.

Diámetro promedio (cm)	Altura total (cm)								
	20	25	30	35	40	45	50	55	60
20	40.42	42.39	44.36	46.33	48.30	50.26	52.23	54.20	56.17
22	45.56	47.72	49.89	52.05	54.22	56.39	58.55	60.72	62.88
24	51.11	53.47	55.83	58.20	60.56	62.92	65.28	67.65	70.01
26	57.07	59.63	62.19	64.75	67.31	69.87	72.43	74.99	77.55
28	63.45	66.21	68.97	71.72	74.48	77.23	79.99	82.75	85.50
30	70.25	73.20	76.15	79.11	82.06	85.01	87.97	90.92	93.87
32	77.46	80.61	83.76	86.91	90.06	93.21	96.36	99.50	102.65
34	85.08	88.43	91.77	95.12	98.47	101.81	105.16	108.51	111.85
36	93.12	96.66	100.20	103.75	107.29	110.83	114.38	117.92	121.46
38	101.57	105.31	109.05	112.79	116.53	120.27	124.01	127.75	131.49
40	110.43	114.37	118.31	122.24	126.18	130.12	134.05	137.99	141.93
42	119.71	123.85	127.98	132.11	136.25	140.38	144.52	148.65	152.78
44	129.40	133.74	138.07	142.40	146.73	151.06	155.39	159.72	164.05
46	139.51	144.04	148.57	153.10	157.62	162.15	166.68	171.21	175.73
48	150.03	154.76	159.48	164.21	168.93	173.66	178.38	183.11	187.83
50	160.97	165.89	170.81	175.74	180.66	185.58	190.50	195.42	200.34
52	172.32	177.44	182.56	187.68	192.79	197.91	203.03	208.15	213.27
54	184.09	189.40	194.72	200.03	205.35	210.66	215.98	221.29	226.61
56	196.27	201.78	207.29	212.80	218.31	223.83	229.34	234.85	240.36
58	208.86	214.57	220.28	225.99	231.69	237.40	243.11	248.82	254.53
60	221.87	227.77	233.68	239.58	245.49	251.40	257.30	263.21	269.11

Continuación...

Diámetro promedio (cm)	Altura total (cm)							
	65	70	75	80	85	90	95	100
20	58.14	60.11	62.08	64.04	66.01	67.98	69.95	71.92
22	65.05	67.21	69.38	71.54	73.71	75.87	78.04	80.21
24	72.37	74.73	77.09	79.46	81.82	84.18	86.54	88.91
26	80.11	82.67	85.23	87.78	90.34	92.90	95.46	98.02
28	88.26	91.01	93.77	96.53	99.28	102.04	104.80	107.55
30	96.82	99.78	102.73	105.68	108.64	111.59	114.54	117.49
32	105.80	108.95	112.10	115.25	118.40	121.55	124.70	127.85
34	115.20	118.55	121.89	125.24	128.58	131.93	135.28	138.62
36	125.01	128.55	132.09	135.64	139.18	142.72	146.27	149.81
38	135.23	138.97	142.71	146.45	150.19	153.93	157.67	161.41
40	145.87	149.80	153.74	157.68	161.62	165.55	169.49	173.43
42	156.92	161.05	165.19	169.32	173.45	177.59	181.72	185.86
44	168.38	172.71	177.04	181.38	185.71	190.04	194.37	198.70
46	180.26	184.79	189.32	193.85	198.37	202.90	207.43	211.96
48	192.56	197.28	202.01	206.73	211.45	216.18	220.90	225.63
50	205.26	210.19	215.11	220.03	224.95	229.87	234.79	239.71
52	218.39	223.51	228.62	233.74	238.86	243.98	249.10	254.22
54	231.92	237.24	242.55	247.87	253.18	258.50	263.81	269.13
56	245.87	251.39	256.90	262.41	267.92	273.43	278.95	284.46
58	260.24	265.95	271.66	277.37	283.07	288.78	294.49	300.20
60	275.02	280.92	286.83	292.74	298.64	304.55	310.45	316.36

4.2. Estimación de peso seco de hoja en función de diámetro Promedio y altura total de orégano (*L. graveolens* Kunth)

Para estimar el peso seco de hoja de orégano se propusieron tres modelos lineales, sobresaliendo los modelos 1 y 3, obteniendo un ajuste estadístico muy similar, pero por la practicidad y facilidad se eligió el modelo 3, que solo contempla el diámetro promedio al cuadrado, con una R^2 ajustada de 0.373, un error estándar de 7.197 y un coeficiente de variación de 25.571. Los modelos propuestos y sus parámetros estadísticos se encuentran concentrados en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Estadísticos y parámetros de los modelos probados para estimar peso seco de hoja de orégano (*L. graveolens*) en Melchor Ocampo, Zacatecas.

	Modelos	R^2 aj.	Sxy	CV
1	$PSH = -4.177 + 0.04856 * H + 0.820 * D$	0.371	7.205	25.600
2	$PSH = 13.67 + 0.00594 * (H * D)$	0.245	7.896	28.055
3	$PSH = 12.76 + 0.01187 * D^2$	0.373	7.197	25.571

PSH= Peso seco de hoja (g), D= Diámetro promedio de cobertura de la planta, H= Altura total de la planta, R^2 aj.= Coeficiente de determinación ajustada, Sxy = Error estándar, CV (g) = Coeficiente de variación.

Villavicencio *et. al.*, (2017) realizaron un trabajo similar en donde ajustaron modelos no lineales para estimar biomasa foliar seca de *L. graveolens*, en el cual obtuvieron un mejor ajuste estadístico con el modelo de “Schumacher-Hall”, con una R^2 ajustada de 0.81, utilizando como variables independientes el diámetro de cobertura y la altura total del arbusto, mientras que para este trabajo el modelo elegido ($PSH = 12.76 + 0.01187 * D^2$) que sirvió para estimar peso seco de hoja (g) de *L. graveolens* solamente

utiliza como variable independiente el diámetro promedio al cuadrado, ya que se obtenía una mayor R^2 aj. al no considerar la variable altura total en el modelo.

La diferencia entre los valores de R^2 ajustada podría deberse a que Villavicencio et al., (2017) utilizaron una muestra de 706 individuos en 20 poblaciones naturales de tres municipios de Coahuila, mientras que para el presente trabajo las muestras fueron 155 y provenientes de una sola población.

En la Figura 6 se observar de forma gráfica la línea de regresión del modelo elegido ($PSH = 12.76 + 0.01187 * D^2$).

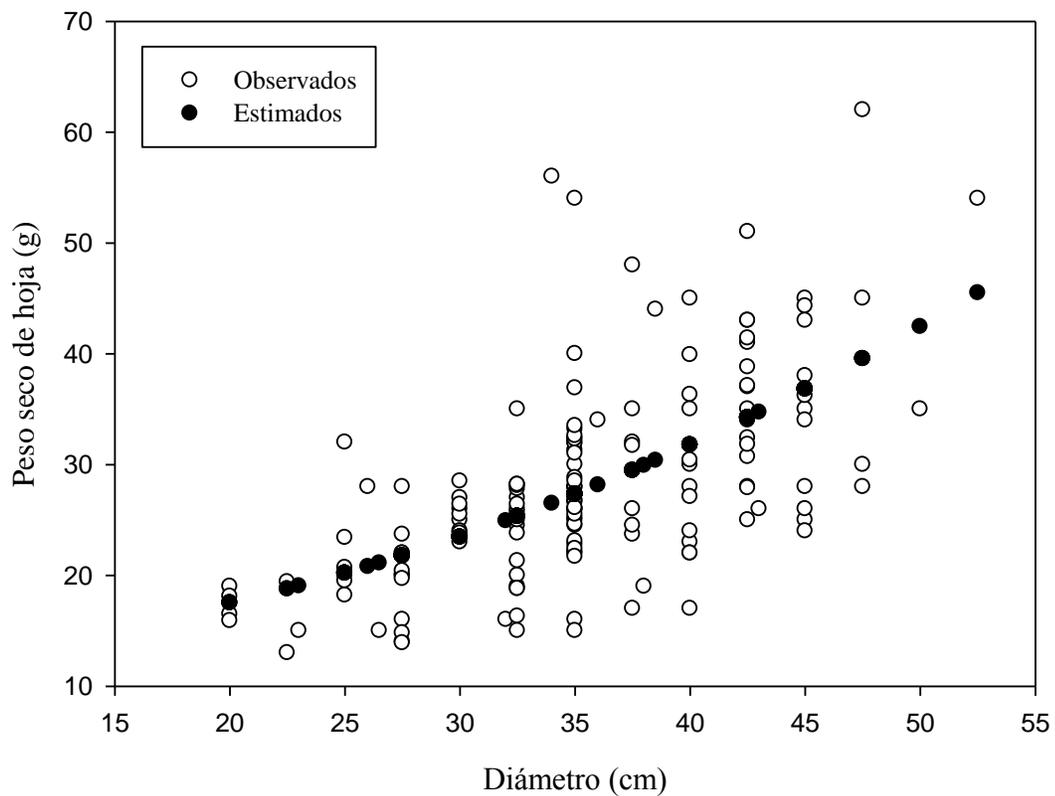


Figura 6. Respuesta del Peso seco de hoja (*L. Graveolens*) en función del diámetro promedio de cobertura de la planta en Melchor Ocampo, Zacatecas.

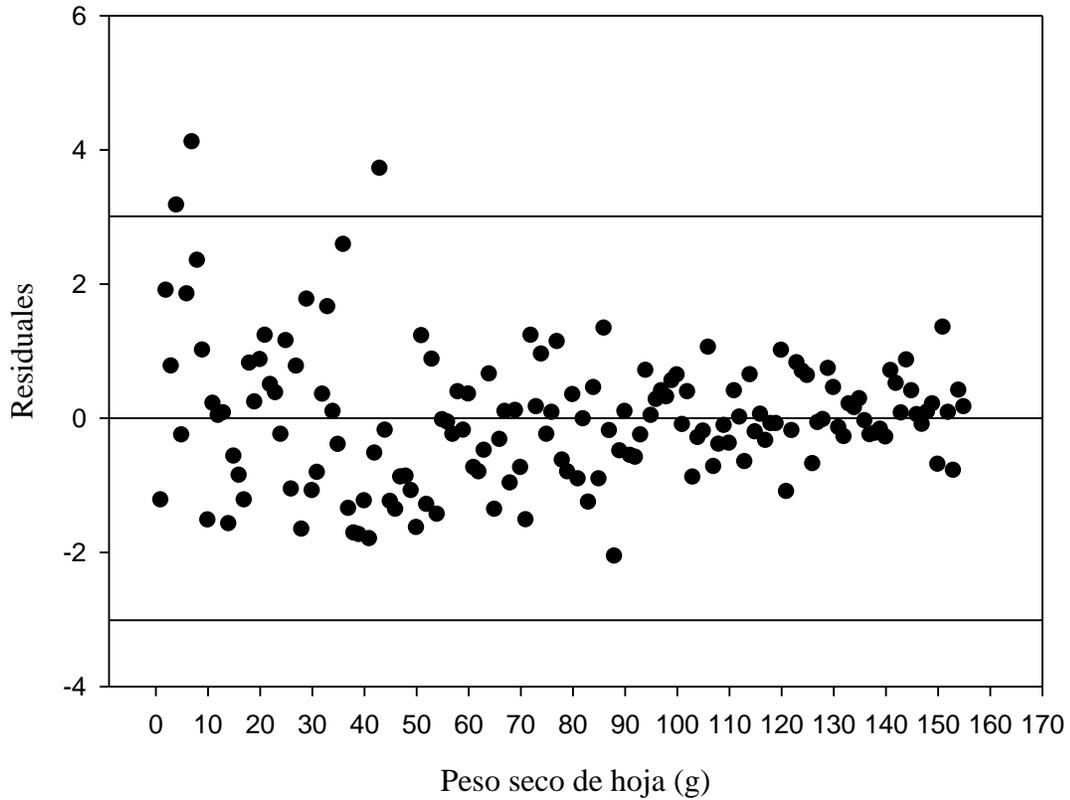


Figura 7. Residuales para estimar peso seco con tallo (*L. Graveolens*) en Melchor Ocampo, Zacatecas.

En la Figura 7 se observa que los valores residuales estudentizados del modelo elegido para estimar peso seco de hoja de orégano, son muy próximos a cero y que están distribuidos equitativamente es decir que existe casi la misma cantidad de valores subestimados que sobrestimados.

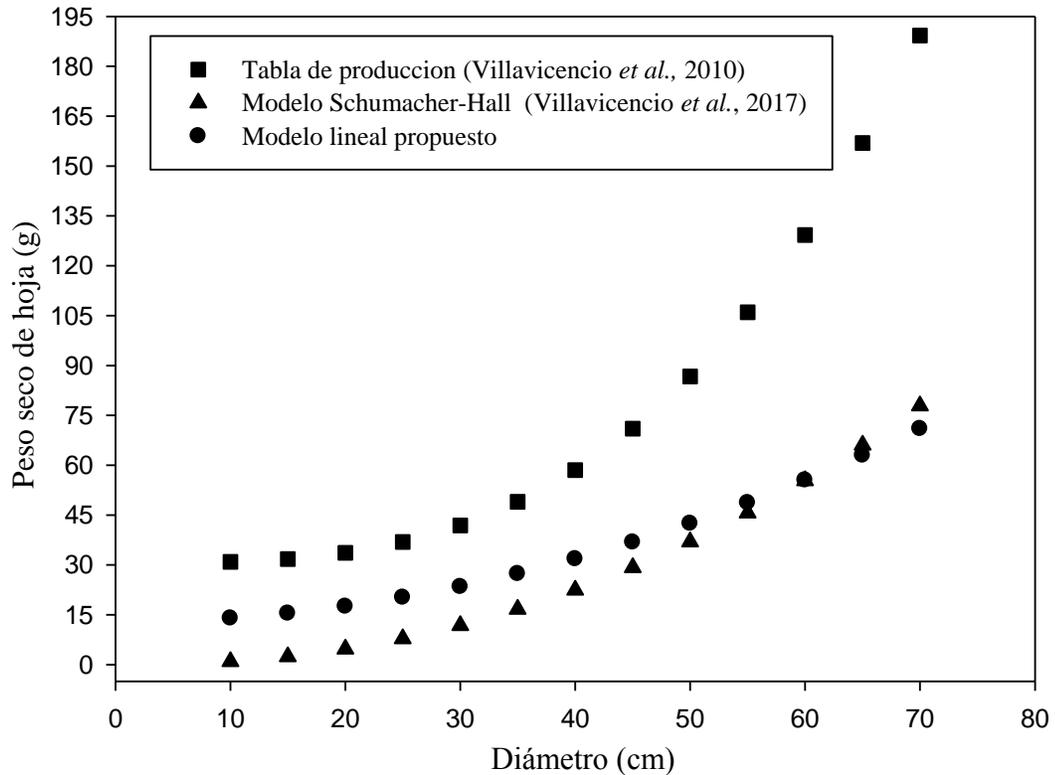


Figura 8. Comparación del modelo lineal propuesto, Schumacher-Hall y tabla de producción para estimar hoja seca de (*L. Graveolens*).

En la Figura 8 se compara el modelo lineal propuesto para estimar peso seco de la hoja de *L. Graveolens* en Melchor Ocampo Zacatecas ($PSH = 12.76 + 0.01187 \cdot D^2$) contra el modelo no lineal “Schumacher-Hall” propuesto por Villavicencio *et al.*, (2017) que estimaron biomasa foliar seca para la misma especie en los municipios de Parras de la Fuente, General Cepeda y Ramos Arizpe, Coahuila. Villavicencio *et al.*, (2010) que realizaron una tabla de producción de hoja seca (g) de orégano rodales naturales del municipio de Parras de la Fuente, Coahuila, México.

Se observa que el modelo propuesto para el presente estudio y el modelo Schumacher-Hall, tiene un tendencia similar y que a partir de los diámetros de 45 cm en adelante los modelos estiman un peso relativamente igual a diferencia de la tabla de producción

mostrando mayor producción que los dos modelos, esta diferencia puede deberse a que los modelos fueron realizados para uso local y por lo tanto solo puede utilizarse en las regiones para la cual fueron hechas, las diferencias también pueden atribuirse a que los individuos utilizados para realizar o ajustar las ecuaciones son de diferentes regiones, por lo tanto presentan diferentes condiciones de crecimiento, desarrollo, de genética; las subpoblaciones locales, el clima y los suelos, también son factores que definen directamente la morfología de la planta y la cantidad de biomasa producida (Álvarez, 2008)

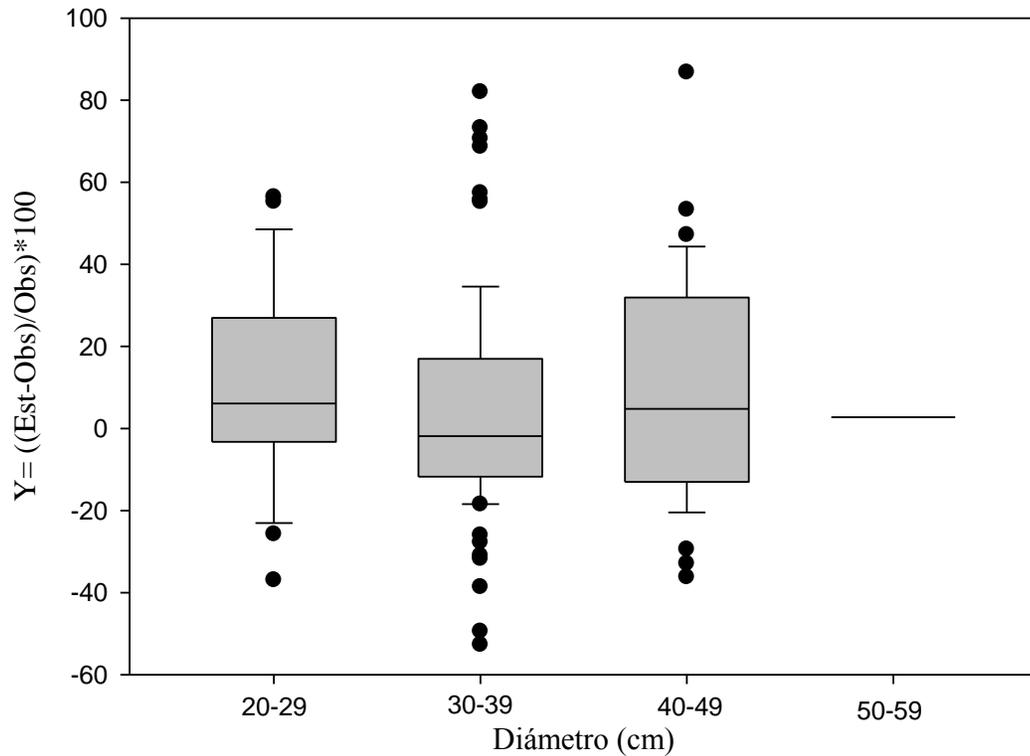


Figura 9. Error porcentual de estimación de peso seco de hoja en diferentes rangos de diámetro de *L. Graveolens* en Melchor Ocampo, Zacatecas.

De acuerdo con la Figura 9 el modelo que se eligió para estimar peso seco de la hoja de orégano, muestra que en el rango de diámetro 30 - 39 (cm) es donde se presenta una mejor estimación con un promedio del error del 3 %, ya que en los demás rangos de diámetro el modelo tiene una mayor sobrestimación del peso seco de la hoja de orégano en el cual en la categoría de 20 -29 (cm) tiene el mayor promedio de error de 9.1 %.

La tabla de estimación de peso seco de la hoja (g) *L. graveolens* construido con el modelo elegido se presenta en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Estimación de peso seco de hoja (g) de orégano (*L. graveolens*) en Melchor Ocampo, Zacatecas.

Diámetro promedio (cm)	PSH (g)	Diámetro promedio (cm)	PSH (g)
20	17.51	40	31.76
22	18.51	42	33.70
24	19.60	44	35.74
26	20.79	48	40.11
28	22.07	50	42.44
30	23.44	52	44.86
32	24.92	54	47.38
34	26.48	56	49.99
36	28.15	58	52.70
38	29.90	60	55.50

4.3. Rendimiento de hoja seca (g) de orégano (*L. graveolens*).

Se obtuvo un peso en verde total de 19.67 kg en el ejido San Jerónimo Melchor Ocampo, Zacatecas y un peso seco de la hoja total de 4.36 kg, con estos valores se obtuvo un coeficiente de rendimiento de 0.2218 (22.18 %). El Cuadro 6 muestra la tabla de rendimiento de hoja seca de orégano, esta tabla se construyó multiplicando el coeficiente de rendimiento por cada valor obtenido con el modelo de estimación de peso verde. Benedetto, (2015) obtuvo un rendimiento del 13 % de hoja seca de Orégano (*Origanum vulgare* L.). La diferencia en el rendimiento respecto a este trabajo podría deberse a que esta especie se encuentra en zonas templadas con suelos húmedos y bien drenados a diferencia de *L. graveolens* que su hábitat natural es en zonas áridas y suelos someros.

Cuadro 6. Tabla de rendimiento de hoja seca (g) de orégano *L. graveolens*. para el Ejido de san Jerónimo Melchor Ocampo, Zacatecas.

Diámetro promedio (cm)	Altura total (cm)								
	20	25	30	35	40	45	50	55	60
20	8.97	9.40	9.84	10.28	10.71	11.15	11.59	12.02	12.46
22	10.10	10.59	11.07	11.55	12.03	12.51	12.99	13.47	13.95
24	11.34	11.86	12.38	12.91	13.43	13.96	14.48	15.00	15.53
26	12.66	13.23	13.79	14.36	14.93	15.50	16.06	16.63	17.20
28	14.07	14.69	15.30	15.91	16.52	17.13	17.74	18.35	18.96
30	15.58	16.24	16.89	17.55	18.20	18.86	19.51	20.17	20.82
32	17.18	17.88	18.58	19.28	19.97	20.67	21.37	22.07	22.77
34	18.87	19.61	20.36	21.10	21.84	22.58	23.32	24.07	24.81
36	20.65	21.44	22.22	23.01	23.80	24.58	25.37	26.15	26.94

38	22.53	23.36	24.19	25.02	25.85	26.68	27.51	28.33	29.16
40	24.49	25.37	26.24	27.11	27.99	28.86	29.73	30.61	31.48
42	26.55	27.47	28.39	29.30	30.22	31.14	32.05	32.97	33.89
44	28.70	29.66	30.62	31.58	32.54	33.50	34.47	35.43	36.39
46	30.94	31.95	32.95	33.96	34.96	35.97	36.97	37.97	38.98
48	33.28	34.33	35.37	36.42	37.47	38.52	39.57	40.61	41.66
50	35.70	36.79	37.89	38.98	40.07	41.16	42.25	43.34	44.44
52	38.22	39.36	40.49	41.63	42.76	43.90	45.03	46.17	47.30
54	40.83	42.01	43.19	44.37	45.55	46.72	47.90	49.08	50.26
56	43.53	44.75	45.98	47.20	48.42	49.64	50.87	52.09	53.31
58	46.32	47.59	48.86	50.12	51.39	52.66	53.92	55.19	56.45
60	49.21	50.52	51.83	53.14	54.45	55.76	57.07	58.38	59.69

Continuación...

Diámetro promedio (cm)	Altura total (cm)							
	65	70	75	80	85	90	95	100
20	12.90	13.33	13.77	14.21	14.64	15.08	15.51	15.95
22	14.43	14.91	15.39	15.87	16.35	16.83	17.31	17.79
24	16.05	16.58	17.10	17.62	18.15	18.67	19.20	19.72
26	17.77	18.34	18.90	19.47	20.04	20.61	21.17	21.74
28	19.58	20.19	20.80	21.41	22.02	22.63	23.24	23.85
30	21.48	22.13	22.79	23.44	24.10	24.75	25.41	26.06
32	23.47	24.17	24.86	25.56	26.26	26.96	27.66	28.36
34	25.55	26.29	27.04	27.78	28.52	29.26	30.00	30.75
36	27.73	28.51	29.30	30.08	30.87	31.66	32.44	33.23

38	29.99	30.82	31.65	32.48	33.31	34.14	34.97	35.80
40	32.35	33.23	34.10	34.97	35.85	36.72	37.59	38.47
42	34.80	35.72	36.64	37.56	38.47	39.39	40.31	41.22
44	37.35	38.31	39.27	40.23	41.19	42.15	43.11	44.07
46	39.98	40.99	41.99	42.99	44.00	45.00	46.01	47.01
48	42.71	43.76	44.80	45.85	46.90	47.95	49.00	50.04
50	45.53	46.62	47.71	48.80	49.89	50.99	52.08	53.17
52	48.44	49.57	50.71	51.84	52.98	54.11	55.25	56.38
54	51.44	52.62	53.80	54.98	56.16	57.34	58.51	59.69
56	54.53	55.76	56.98	58.20	59.43	60.65	61.87	63.09
58	57.72	58.99	60.25	61.52	62.79	64.05	65.32	66.58
60	61.00	62.31	63.62	64.93	66.24	67.55	68.86	70.17

V. CONCLUSIONES

Mediante el modelos $PV = 11.83 + 0.05178*D^2 + 0.01969*(H*D)$, fue posible estimar la biomasa verde del *Lippia graveolens* y se elaboró una tabla de doble entrada para estimar biomasa verde en función del diámetro promedio de la planta (cm) y la altura total (cm). Para estimar la biomasa seca, se eligió el modelo $PSH = 12.76 + 0.01187*D^2$ con el cual se elaboró una tabla de estimación en función de diámetro promedio

La tabla de rendimiento de hoja seca de *Lippia graveolens*, se generó en base al coeficiente de rendimiento 0.2218 (22.18 %) y los valores estimados de peso verde por el modelo elegido.

VI. RECOMENDACIONES

El modelo de regresión generado en este estudio se puede emplear a nivel local y en condiciones climáticas y fisiográficas similares.

Para futuros estudios se recomienda aumentar el tamaño de muestra y evaluar diferentes poblaciones, preferentemente en poblaciones que no se encuentren en aprovechamiento, ya que el presente trabajo solo se consideró una población sometida a aprovechamiento

Considerar variables fisiográficas para relacionar la producción de biomasa de *L. graveolens*.

VII. LITERATURA CITADA

- Álvarez, G. 2008. Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Tesis de Magister. Turrialba, Costa Rica. 80 p.
- Arcila L. C., G. Loarca P., Lecona Uribe S. y González de Mejía, E. 2004. El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. Archivos latinoamericanos de nutrición. Vol. 54.
- Ares A., J. Boniche., J. P. Quesada., R. Yost., E. Molina y T. J. Smyth. 2007. Estimación de biomasa por métodos alométricos, nutrimentos y carbono en plantaciones de palmito en Costa Rica. Agronomía Costarricense 26(2): 19-30.
- Arroyo-Maya, I.J. y H.Y. Hernández-Unzón. 2007. Determinación de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de extractos de orégano mexicano (*Lippia* spp.) seco y fresco. Memorias del IX Congreso de ciencias de los alimentos y V Foro de ciencias y tecnología de alimentos. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.
- Benedetto M. V. 2015. Experiencia de producción y secado de orégano: una propuesta de diversificación en las huertas familiares. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Informe. Santa Fe, Argentina. 3 p. En línea (Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/experiencia-de-produccion-y-secado-de-oregano-una-propuesta-de-diversificacion-en-las-huertas-familiares>)
- Caballero D. M. 1972. Tablas y tarifas de volúmenes. (Análisis de algunas metodologías existentes y su aplicación a las condiciones de los bosques

- mexicanos). Folleto técnico No. 7. Dirección General del Inventario Nacional Forestal. México. D. F. 55 p.
- Canal D, N. 2008. Distribuciones de probabilidad. El teorema central del límite. Revista SEDEN. España. Cap. 8, 119 p.
- CONAFOR. 2008. Proyecto CONAFOR Ficha Técnica PFM: Orégano. Comisión Nacional Forestal.
- CONAFOR. 2011. Paquete tecnológico para la producción de orégano (*lippia spp.*). CONAFOR. México. 54 p.
- CONAFOR. 2012 Inventario Nacional Forestal y de Suelos de México 2004-2009. Coordinación General de Planeación e Información a través de la Gerencia de Inventario Forestal y Geomática. Zapopan, Jalisco, México.
- Cox. G. W. 1972. Laboratory Manual of General Ecology. Second edition USA.
- De la peña Gustavo e Illsley C. 2001. Los productos forestales no maderables: su potencial económico, social y de conservación. La jornada ecológica. México D.F.
- FAO. 1995. Memoria - Consulta de expertos sobre productos forestales no madereros para América Latina y el Caribe. En línea (Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/t2354s/t2354s00.HTM>).
- FAO. 2010. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales. Informe principal. Estudio FAO: Montes 163. Roma, Italia.
- Iglesias M. del R., y A. Haydée B. 2010. Estimación de la biomasa aérea de seis leguminosas leñosas del Chaco Árido (Argentina). Ecología Austral. Córdoba, Argentina. 20:71-79.

- INEGI- CONAGUA. 2007. Cuenca Hidrológica de México. Escala 1:250 000.
- INEGI. 2008. Cartas Climatológicas, Estados Unidos Mexicanos, 1:1 000 000
- INEGI. 2010. Subcuencas Hidrológicas de México. 2a. Escala 1:50000.
- INEGI 2011. Uso de suelo y Vegetación, Estados Unidos Mexicanos, 1:250 000
- INEGI 2014. Perfiles de Suelos, Estados Unidos Mexicanos, 1:1 000 000
- Huerta, C. 1997. Orégano mexicano: oro vegetal. CONABIO Biodiversidad 15:8-13.
- Kintzios S. E., 2002. Profile of the multifaceted prince of the herbs. 1st ed. Spiridon.
USA.
- Lema T. A. 1979. Introducción a la dasometría. Universidad Nacional de Colombia,
sede Medellín. Medellín, Colombia. 191p.
- 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.
- Najera L. J. 1999. Ecuaciones para estimar biomasa, volumen y crecimiento en
biomasa y captura de carbono en diez especies típicas del matorral espinoso
tamaulipeco del noreste de México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma
de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México. 12 p.
- Martínez S. M., 2013. Ecología y uso de especies forestales de interés comercial de las
zonas áridas de México. Instituto Nacional de investigaciones Forestales,
agrícolas y pecuarias. México, D.F. Núm. 05,

- 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
- Montani T. y C. Busso. 2004. *Métodos de estudio de la vegetación*. Ecología. Departamento de Agronomía. U.N.S.
- Montero G., R. Ruiz-Peinado., y M. Muñoz. 2015. Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. 264 p.
- Muñoz F. 1996. *Plantas medicinales y aromáticas, estudio, cultivo y procesado*. Ed. Mundi-prensa.
- Muñoz A. A., M. L. Castaneda., K. M. Blanco., C. Y. Cárdenas., J. A. Reyes., V. Kouznetsov., y E. E. Stashenko. 2007. Composición y capacidad antioxidante de especies aromáticas y medicinales con alto contenido de timol y carvacrol. *Scientia Et Technica*. 33:125-128.
- Olhagaray E., Serrato, R., Del Río, F. y Casas, A. 2005. Cuantificación de orégano (*Lippia berlandieri* Schawer) en diez localidades del municipio de Nazas, Durango, México. 2.^a Reunión Nacional sobre Orégano. Centro de Investigación para los Recursos Naturales, Salaires, Chihuahua, México, 25-26.
- Oñatibia G. L., M. R. Aguilar., P. A. Cipriotti., y F. Troiano. 2010. Planta individual y biomasa poblacional de arbustos dominantes en campos de pastoreo patagónico. *Ecología Austral*. Córdoba, Argentina. 20:269-279.

- Salas R. J. y A. Infante. 2006. Producción primaria neta aérea en algunos ecosistemas y estimaciones de biomasa en plantaciones forestales. *Revista Forestal Latinoamericana*. Venezuela. 40:47-70.
- Segura, M. y H. J. Andrade. 2008. ¿Cómo hacerlo? ¿Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes?. *Agroforestería de las Américas*. 46:89-96.
- Sánchez, O., Medellín, R., Aldama, A., Goettsch, B., Soberón, J. y Tambutil, M. 2007. *Métodos de Evaluación de Riesgo de Extinción de las especies silvestres en México (MER)*. Instituto Nacional de Ecología. México.
- Romahn V. C. F., H. Ramírez M. y J. L. Trevino G. 1994. *Dendrometría*. UACH. Chapingo, Edo. de Mexico. D.F. 354 p.
- 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 No. 2. INIFAP. CIRNE. México. 42 p.
- Villavicencio-Gutierrez E. E., A. Hernandez-Ramos., C. N. Aguilar-Gonzalez., X. García-Cuevas. 2017. Estimación de biomasa foliar seca de *Lippia graveolens* Kunth del sureste de Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. Coahuila, México. Vol. 9(45).