



DOI: [10.29298/rmcf.v16i92.1577](https://doi.org/10.29298/rmcf.v16i92.1577)

Artículo de investigación

## Rendimiento de biomasa y hoja seca de *Lippia graveolens* Kunth

### Biomass and dry leaf yield of *Lippia graveolens* Kunth

Héctor Darío González López<sup>1</sup>, Genaro Esteban García Mosqueda<sup>1</sup>, Adriana Antonio Bautista<sup>1</sup>, Francisco Cruz García<sup>1</sup>, Rosalinda Cervantes Martínez<sup>1</sup>, Dino Ulises González Uribe<sup>1\*</sup>

Fecha de recepción/Reception date: 27 de mayo de 2025

Fecha de aceptación/Acceptance date: 5 de noviembre de 2025

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.

\*Autor para correspondencia; correo-e: digon\_mx@yahoo.com

\*Corresponding author; e-mail: digon\_mx@yahoo.com

#### Resumen

El orégano mexicano (*Lippia graveolens*) es un producto forestal no maderable de interés alimenticio y uso farmacéutico. Se carece de información cuantitativa precisa sobre la cosecha en poblaciones naturales y su respuesta al aprovechamiento. El objetivo del presente estudio fue ajustar modelos de regresión para estimar peso fresco (*pfr*) y seco de la hoja (*pse*) para generar tablas de rendimiento de biomasa de hojas frescas y secas en poblaciones silvestres de Melchor Ocampo, Zacatecas. En campo, se midieron las variables morfométricas: altura (*h*, cm) y diámetro promedio de cobertura (*dpc*, cm) por planta, peso fresco (*pfr*, g) y seco de las hojas (*pse*, g). Para estimar el *pfr* y *pse* se ajustaron modelos de regresión seleccionados por la probabilidad de cometer el error tipo I ( $P<0.01$ ) en la regresión, el mayor valor de Coeficiente de determinación ajustado ( $R_{aj}^2$ ) y valores mínimos para la Raíz del cuadrado medio del error (*RCME*) y Coeficiente de variación (*CV*). En promedio, por planta el *pfr* fue de  $149.4 \pm 62.9$  g y el *pse* de  $31.1 \pm 13.8$  g. La densidad fue de 8 272 plantas  $\text{ha}^{-1}$ . El peso fresco se estimó con el modelo  $pfr = (22.063)(1.050)^{dpc}$  el cual resultó altamente significativo ( $P<0.01$ ) y presentó excelentes ajustes ( $R_{aj}^2=0.979$ ,  $RCME=0.064$ ,  $CV=1.29\%$ ). El modelo para el peso seco fue  $pse = (10.933)(1.027)^{dpc}$  con  $R_{aj}^2 = 0.909$ ,  $RCME=0.075$  y  $CV=2.21\%$ . Los modelos seleccionados mostraron que la variable morfométrica *dpc* de *L. graveolens* predice más de 90 % de la variación existente en el *pfr* y *pse* en el área de estudio.

**Palabras clave:** Análisis de correlación, modelo no lineal, modelos de regresión, orégano, tabla de rendimiento de hoja seca, variables morfométricas.

## Abstract

Mexican oregano (*Lippia graveolens*) is a non-timber forest product of nutritional interest and pharmaceutical use. There is a lack of precise quantitative information on harvesting in natural populations and their response to exploitation. The objective of this study was to adjust regression models for estimating the fresh leaf weight (*flw*) and dry leaf weight (*dlw*) in order to generate biomass yield tables for fresh and dry leaves in wild populations of *Melchor Ocampo, Zacatecas*. In the field, the following morphometric variables were measured: height (*h*, cm) and average canopy diameter (*acd*, cm) per plant, fresh leaf weight (*flw*, g) and dry leaf weight (*dlw*, g). To estimate the *flw* and *dlw*, regression models were adjusted by the probability of committing a type I error ( $P<0.01$ ) in the regression, the highest adjusted Coefficient of determination value ( $R_{aj}^2$ ), and minimum values for the Root mean square error (*RMSE*) and Coefficient of variation (*CV*). On average, the *flw* per plant was  $149.4\pm62.9$  g and the *dlw* was  $31.1\pm13.8$  g. The density was  $8\ 272$  plants  $\text{ha}^{-1}$ . The fresh weight was estimated using the  $flw = (22.063)(1.050)^{acd}$  model, which was highly significant ( $P<0.01$ ) and exhibited very good fits ( $R_{aj}^2=0.979$ ,  $RMSE=0.064$ ,  $CV=1.29\%$ ). The model utilized for the dry weight was  $dlw = (10.933)(1.027)^{acd}$ , with  $R_{aj}^2=0.909$ ,  $RMSE=0.075$  and  $CV=2.21\%$ . The selected models showed that the morphometric variable *acd* of *L. graveolens* predicts more than 90 % of the variation in *flw* and *dlw* in the study area.

**Key words:** Correlation analysis, nonlinear model, regression models, oregano, dry leaf yield table, morphometric variables.

## Introducción

*Lippia graveolens* Kunth, conocido como orégano mexicano, es una planta del estrato arbustivo y herbáceo de alta importancia en México (Muñoz-Acevedo et al., 2007; Villavicencio-Gutiérrez et al., 2018). Es un producto forestal no maderable (PFNM) de interés alimenticio, farmacéutico, cosmético, económico y ecológico, entre otros (Cortés-Chitala et al., 2021; Díaz-de León et al., 2020). Su importancia ha aumentado debido al interés en su uso como antioxidante de origen natural (Muñoz-Acevedo et al., 2007; Cortés-Chitala et al., 2021).

En México, se producen anualmente en promedio 4 500 t de orégano (García-Pérez et al., 2012; Orona-Castillo et al., 2017; Villavicencio-Gutiérrez et al., 2018), ocupa el segundo lugar en producción mundial, seguido de Grecia y España (García-Pérez et al., 2012; Villavicencio-Gutiérrez et al., 2018).

En la actualidad, se carece de información cuantitativa precisa sobre la cosecha de hoja en sus poblaciones naturales; también se desconoce su respuesta a la alta intensidad de

aprovechamiento, lo cual es un elemento crítico para el desarrollo de planes de manejo y aprovechamiento de este PFNM (Comisión Nacional Forestal [Conafor], 2011). Ello motiva a generar un plan de manejo bajo un esquema sustentable para *L. graveolens*, cuyo punto inicial es la estimación de las existencias reales disponibles (Conafor, 2011; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat], 1997). Lo anterior puede realizarse con base en la evaluación directa de las plantas en pie para conocer su biomasa o peso fresco de las hojas, o bien aplicar metodologías de estimación a través de mediciones simples de la morfometría de los individuos para así conocer el peso fresco de las hojas (Flores-Garnica, 1994; López-Serrano et al., 2021; Villavicencio-Gutiérrez et al., 2018).

De esta forma se tendrá la posibilidad de obtener tablas de rendimiento (González-López et al., 2022) del peso de hoja y así determinar el respectivo peso seco, una vez eliminada el agua. Dichas tablas representan una herramienta útil para estimar la producción de hoja en *L. graveolens* (López-Serrano et al., 2021; Villavicencio-Gutiérrez et al., 2018). Su importancia se basa en la rapidez de obtención de los datos en campo y su eficiencia en costos, dado que únicamente se requieren mediciones morfométricas de variables, sin cosechar las plantas (Ares et al., 2002; López-Serrano et al., 2021; Semarnat, 1997).

Las estimaciones consisten en correlacionar la producción de hojas de orégano con variables morfométricas simples de medir en campo y ajustar modelos de regresión que estimen la biomasa en pie. Para el caso de *L. graveolens* puede ser el peso fresco y seco (Ares et al., 2002; López-Serrano et al., 2021). Los resultados son los promedios de la producción de hojas de orégano de las plantas de distintos tamaños, en función de una o más de sus variables morfométricas (López-Serrano et al., 2021; Villavicencio-Gutiérrez et al., 2018).

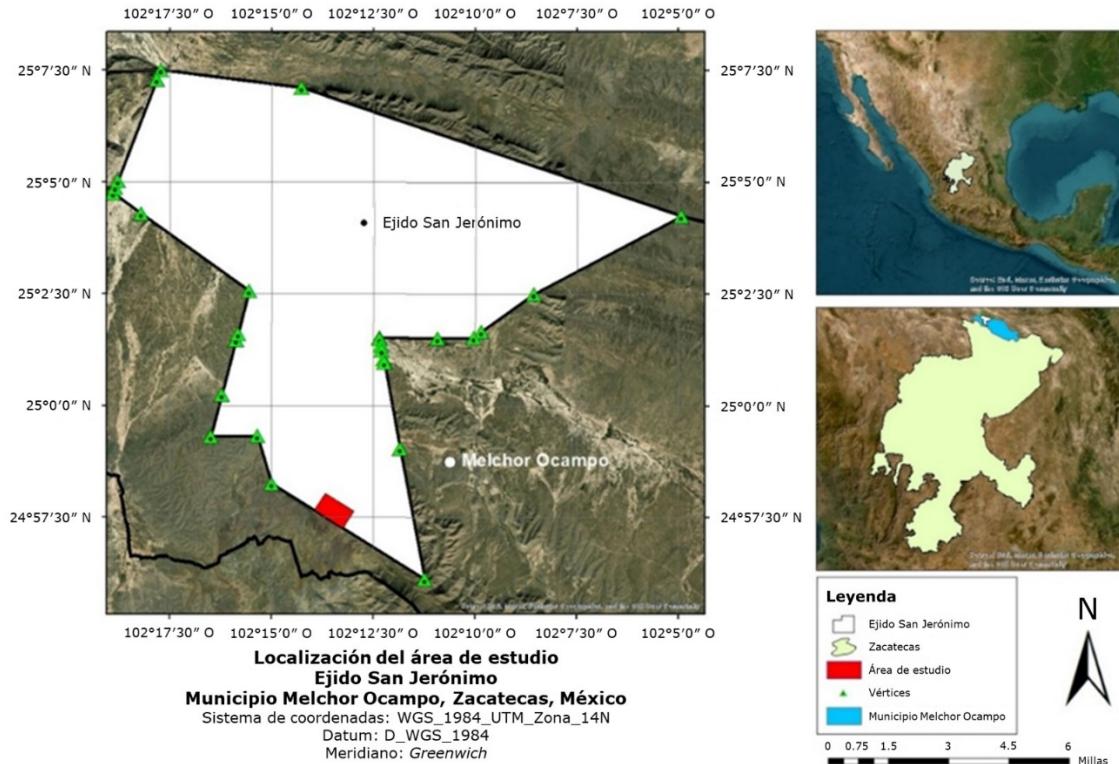
El objetivo del presente estudio fue ajustar modelos de regresión para estimar el peso fresco y seco de la hoja de *L. graveolens* para generar tablas de rendimiento con

variables morfométricas en poblaciones silvestres ubicadas en el municipio Melchor Ocampo, Zacatecas, México.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

El área de estudio se localiza en el ejido San Jerónimo municipio Melchor Ocampo, donde se aprovechan poblaciones naturales de *L. graveolens*. Se ubica al norte del estado de Zacatecas ( $24^{\circ}59'6.00''$  N y  $102^{\circ}13'2.00''$  O), con una altitud promedio de 1 450 m (Figura 1). El área está dentro del Desierto Chihuahuense, pertenece a la región hidrológica RH36 Nazas Aguanaval, en la cuenca Laguna de Mayrán y Viesca y en la subcuenca Laguna de Viesca (Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad [SNIB], 2025a, 2025b). La vegetación dominante es el matorral desértico micrófilo y matorral desértico rosetófilo (SNIB, 2025c). Los suelos son de los tipos Litosol (dominante) y Solonchak (SNIB, 2025d). El clima predominante corresponde al muy árido, semicálido (BWhw), la temperatura oscila entre los 18 y 22 °C. La precipitación media anual es de 200 a 400 mm con lluvias en verano, equivalente a 5 y 10.2 % anual (SNIB, 2025e).



**Figura 1.** Localización del área de estudio.

## Muestreo y medición de variables

En el área de recolección de *L. graveolens* se ubicó un punto inicial de manera aleatoria, a partir del cual se marcaron distancias de 100 m para definir 22 sitios (Martínez-Bencardino, 2019; Valdivieso-Serrano, 2021). En cada sitio, se marcó un cuadrante de 25 m<sup>2</sup> (5×5 m) que se subdividió en cuatro cuadrantes de igual tamaño cada uno (Bonham, 2013). Se contaron las plantas presentes en el sitio; en los cuadrantes de 25 m<sup>2</sup> se recolectó una planta al azar y se midieron las variables morfométricas: (a) altura

de la planta ( $h$ , cm); (b) diámetro menor ( $dme$ , cm), medido al nivel de suelo, considerando la parte basal de la planta; y (c) diámetro mayor ( $dma$ , cm) de la cobertura arbustiva, que corresponde a la parte más ancha de la cobertura aérea de cada planta. Las variables anteriores se obtuvieron con un flexómetro marca *Arly*® modelo 5010; se estimó la media de los diámetros para calcular el diámetro promedio de cobertura ( $dpc$ , cm). Posteriormente, se recolectaron las plantas completas de cada cuadrante, se depositaron en bolsas de papel y se etiquetaron para su debida identificación y traslado a un centro de almacenamiento.

Las hojas de cada individuo recolectado se separaron y pesaron con una báscula digital (*Torrey*® L-EQ 5/10 con capacidad de 20 kg); esto representó el valor del peso fresco de la hoja ( $pfr$ , g). Después, las hojas de cada planta se colocaron sobre una lona de plástico y se expusieron al sol por una semana para su deshidratación; se consideró que las muestras estaban secas cuando las hojas al tacto estaban semiquebradizas. Terminado el proceso, se registró el valor del peso seco de las hojas ( $pse$ , g) con la misma báscula digital (Conafor, 2011; Orona-Castillo et al., 2017).

## Análisis estadístico

Se consideraron  $m=22$  sitios y en cada uno de ellos se recolectaron cuatro plantas, para un total de  $n=88$  plantas. Los análisis se realizaron en *Excel*®. Se hizo un análisis de exploración de datos para estimar la media muestral ( $\bar{x}$ ) y la desviación muestral ( $s$ ), el intervalo  $\bar{x} \pm s$  y los valores mínimo y máximo de cada variable evaluada. Se probó la normalidad de los datos con el estadístico *Kolmogorov-Smirnov* ( $KS>P$ ) (Cuadro 1) (Zar, 2014).

**Cuadro 1.** Prueba de normalidad para las variables morfométricas y peso de *Lippia graveolens* Kunth.

| Estimador | <i>h</i> | dpc    | pfr    | pse    |
|-----------|----------|--------|--------|--------|
| KS<P      | 0.2414   | 0.3039 | 0.3891 | 0.1431 |

KS = Estadístico Kolmogorov-Smirnov (KS>P); *h* = Altura; dpc = Diámetro promedio de cobertura; pfr = Peso fresco de las hojas; pse = Peso seco de las hojas.

Se calculó el Coeficiente de correlación lineal simple (*R*) de Pearson (*P*<0.01) entre los pares de variables que conformaron la matriz de datos de campo (Zar, 2014). Como la predicción del *pfr* (g) y *pse* (g) fueron parte esencial de esta investigación, se consideró el valor de correlación más alto con respecto a las variables *h* (cm) y *dpc* (cm). Una vez identificado el valor más alto de la correlación de *R*, las 88 plantas se agruparon en intervalos de dicha variable en las unidades de medición (cm) (González-López et al., 2022; Zar, 2014).

A partir del Método de mínimos cuadrados, se evaluaron 12 modelos de regresión, lineales y no lineales (Cuadro 2) (Zar, 2014) para predecir la producción de hoja en términos de su peso fresco (*pfr*, g) y el rendimiento de hoja, dado por su respectivo peso seco (*pse*, g). Se utilizaron como criterios de selección de modelos: la probabilidad de cometer el error tipo I (*P*<0.01) en la regresión, el mayor valor de Coeficiente de determinación ajustado ( $R_{aj}^2$ ), valores mínimos para la Raíz del cuadrado medio del error (RCME) y el Coeficiente de variación (CV) (Zar, 2014).

**Cuadro 2.** Modelos evaluados para estimar el peso de hoja fresca ( $pfr$ , g) y de rendimiento de hoja seca ( $pse$ , g) de *Lippia graveolens* Kunth.

| Núm. | Modelo               | Núm. | Modelo               |
|------|----------------------|------|----------------------|
| 1    | $pfr = a + b(h)$     | 7    | $pse = a + b(h)$     |
| 2    | $pfr = a + b(dpc)$   | 8    | $pse = a + b(dpc)$   |
| 3    | $pfr = (a)(b)^h$     | 9    | $pse = (a)(b)^h$     |
| 4    | $pfr = (a)(b)^{dpc}$ | 10   | $pse = (a)(b)^{dpc}$ |
| 5    | $pfr = (a)(h)^b$     | 11   | $pse = (a)(h)^b$     |
| 6    | $pfr = (a)(dpc)^b$   | 12   | $pfr = (a)(dpc)^b$   |

$pfr$  = Peso fresco de la hoja (g);  $pse$  = Peso seco de la hoja (g);  $a$  y  $b$  = Estimadores de los parámetros de la regresión;  $h$  = Altura de la planta (cm);  $dpc$  = Diámetro promedio de cobertura (cm).

Además, se hizo la prueba de significancia para los coeficientes de la regresión de los modelos (Cuadro 3) con el estadístico  $t$  de *Student*. En los modelos seleccionados se verificó la homocedasticidad (Breusch & Pagan, 1979; Maldonado-Ortiz et al., 2022). Posteriormente, se generaron las tablas de  $pfr$  de hojas y de rendimiento de hoja dado en términos de su  $pse$ .

**Cuadro 3.** Análisis de varianza para los modelos de *pfr* de la hoja (g) y *pse* de la hoja (g) para *Lippia graveolens* Kunth.

| Modelo | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>sa</i> | <i>sb</i> | <i>Pa&lt;0.01</i> | <i>Pb&lt;0.01</i> |
|--------|----------|----------|-----------|-----------|-------------------|-------------------|
| 1      | -444.234 | 8.510    | 108.642   | 1.529     | **                | **                |
| 2      | -128.999 | 7.416    | 34.604    | 0.876     | NS                | **                |
| 3      | 3.279    | 1.055    | 0.8168    | 0.012     | NS                | **                |
| 4      | 22.063   | 1.050    | 0.124     | 0.003     | **                | **                |
| 5      | 0.00001  | 47.552   | 3.468     | 0.815     | NS                | **                |
| 6      | 0.197    | 1.819    | 0.468     | 0.129     | NS                | **                |
| 7      | 30.580   | 0.871    | 14.371    | 0.202     | NS                | NS                |
| 8      | 0.828    | 0.781    | 4.192     | 0.106     | NS                | **                |
| 9      | 3.935    | 1.029    | 0.527     | 0.007     | NS                | NS                |
| 10     | 10.933   | 1.027    | 0.145     | 0.003     | **                | **                |
| 11     | 0.004    | 2.096    | 2.167     | 0.509     | NS                | NS                |
| 12     | 0.814    | 0.995    | 0.417     | 0.115     | NS                | **                |

*a* = Intercepto; *b* = Pendiente; *sa* = Error estándar para *a*; *sb* = Error estándar para *b*; \*\* = Altamente significativo; NS = No significativo; *Pa<0.01* = Probabilidad que *a* no sea cero; *Pb<0.01* = Probabilidad que *b* no sea cero.

## Resultados y Discusión

### Análisis estadístico

El promedio para *pfr* de hoja fue de  $149.4 \pm 62.9$  g por planta $^{-1}$ , y el *pse* de hoja fue de  $31.1 \pm 13.8$  g planta $^{-1}$  (Cuadro 4). En promedio, el rendimiento de hoja seca fue de 22.18 %. La densidad promedio fue de 8 272 plantas ha $^{-1}$ . Las medidas promedio de *h*, *dpc* y

pse de hoja fueron similares a las registradas en Zacatecas por López-Serrano et al. (2021). Los valores obtenidos cumplen con las normas que recomiendan aprovechar plantas con más de 30 cm de altura (Semarnat, 1997) y con diámetros de cobertura mayores a 50 cm (Conafor, 2011). Los resultados de este estudio se ajustan a dichos criterios.

**Cuadro 4.** Estimadores para las variables morfométricas y del peso de biomasa para *Lippia graveolens* Kunth.

| Estimador       | <i>h</i>  | <i>dpc</i> | <i>pfr</i> | <i>pse</i> |
|-----------------|-----------|------------|------------|------------|
| $\bar{x} \pm s$ | 69.7±15.8 | 38.1±7.2   | 149.4±62.9 | 31.1±13.8  |
| Mínimo          | 37        | 22.5       | 46         | 11         |
| Máximo          | 115       | 52.5       | 342        | 79         |
| CV (%)          | 22.67     | 18.90      | 42.10      | 44.37      |

*h* = Altura de la planta (cm); *dpc* = Diámetro promedio de cobertura (cm); *pfr* = Peso fresco de la hoja (g); *pse* = Peso seco de la hoja (g);  $\bar{x}$  = Media muestral; *s* = Desviación muestral; *CV* = Coeficiente de variación.

En el proceso de secado de las hojas de *L. graveolens* se cuantificó un descenso del peso inicial de 79 %. Valores citados para Zacatecas en *pse* (López-Serrano et al., 2021) indican que la variación es baja; sin embargo, estudios similares no registran el *pfr* (Flores-Garnica, 1994; Villavicencio-Gutiérrez et al., 2018). La metodología utilizada busca promover el aprovechamiento sostenible de *L. graveolens*. Se aplicó conforme a la normatividad vigente, ya que se midieron únicamente las plantas con más de 30 cm de *h* y *dpc* mayores a 50 cm (Conafor, 2011), y se dejó al menos 20 % de los ejemplares presentes sin recolectar (Semarnat, 1997). Este manejo permite que las plantas alcancen su madurez, se regeneren de forma natural y contribuyan a prevenir la erosión del suelo en su hábitat. En conjunto, esas acciones respaldan el uso de métodos basados

en mediciones morfométricas y favorecen la conservación y sustentabilidad del recurso (López-Serrano et al., 2021; Semarnat, 1997).

## Correlación entre variables evaluadas

Los pares de variables con significancia estadística al 99 % ( $P<0.01$ ) fueron para *pfr* y *dpc* con  $R=0.753$ , *pse* y *dpc* con  $R=0.472$ , ello permitió ordenar en seis intervalos de 25-50 cm para la variable independiente *dpc*. En estudios similares se determinaron relaciones del *pse* con las variables *h* y *dpc* (Flores-Garnica, 1994; López-Serrano et al., 2021; Villavicencio-Gutiérrez et al., 2018).

Estos resultados son importantes para estimar el rendimiento de biomasa y hoja seca de la especie (Flores-Garnica, 1994; Villavicencio-Gutiérrez et al., 2018). Los valores de correlación apoyan la obtención de tablas de rendimiento; sin embargo, dicho análisis no siempre se efectúa (Flores-Garnica, 1994); no obstante que sus estimaciones evitan la recolecta excesiva de las plantas para un aprovechamiento racional de las mismas (Ares et al., 2002; Semarnat, 1997).

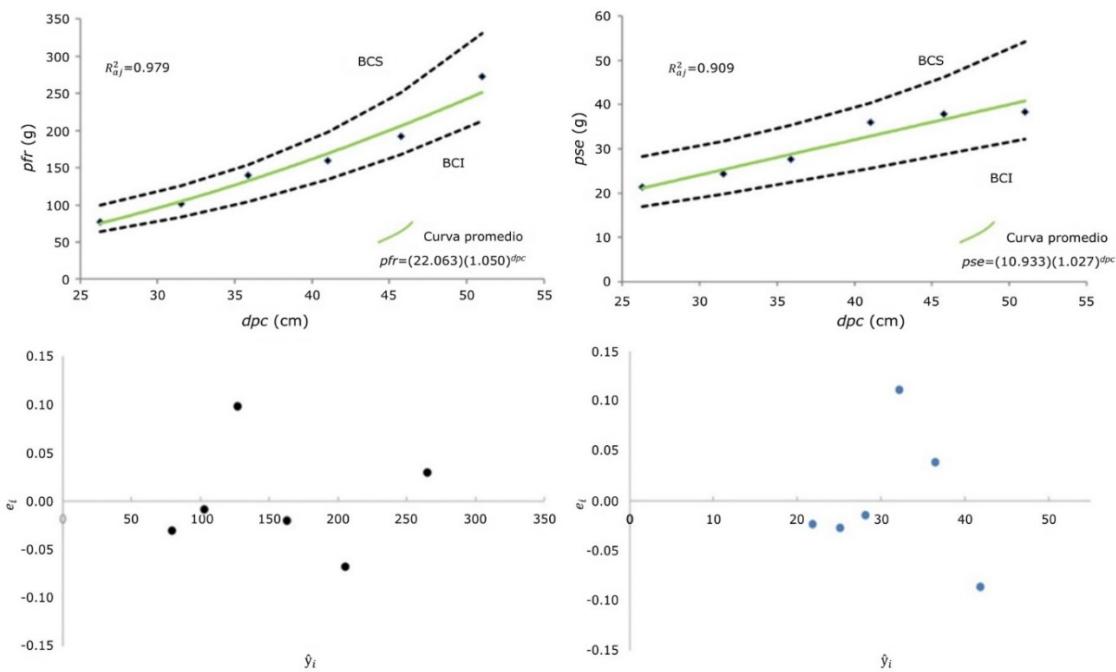
## Tabla de rendimiento de biomasa verde de la hoja (*pfr*) y fibra seca (*pse*) para *Lippia graveolens*

En el Cuadro 3 se presentaron los valores ajustados para predecir el rendimiento del *pfr* y *pse* de la hoja; también se incluye el resultado de la prueba de significancia para los coeficientes de la regresión de los modelos con el estadístico *t* de *Student*. En el Cuadro 5 se muestran los valores de los criterios de selección de modelos. Para el *pfr* el mejor correspondió al modelo 4 no lineal ( $pfr = (22.063)(1.050)^{dpc}$ ), para el *pse* fue el modelo 10 ( $pse = (10.933)(1.027)^{dpc}$ ), respectivamente. Los modelos seleccionados y su comportamiento gráfico se muestran en la Figura 2, en donde se observan las bandas de confianza (99 %) para los datos de campo y los intervalos para la regresión promedio.

**Cuadro 5.** Ajuste de los modelos de regresión para *pfr* y *pse* de la hoja en función de variables morfométricas de *Lippia graveolens* Kunth.

| <b>Modelo</b> | <b>P&lt;0.01</b> | <b>R<sup>2</sup><sub>aj</sub></b> | <b>RCME</b> | <b>CV (%)</b> | <b>BP&lt;0.01</b> |
|---------------|------------------|-----------------------------------|-------------|---------------|-------------------|
| 1             | **               | 0.857                             | 26.400      | 16.80         | NS                |
| 2             | **               | 0.934                             | 17.951      | 11.42         | NS                |
| 3             | **               | 0.805                             | 0.198       | 3.99          | NS                |
| 4             | **               | 0.979                             | 0.064       | 1.29          | **                |
| 5             | **               | 0.811                             | 0.196       | 3.93          | NS                |
| 6             | **               | 0.975                             | 0.070       | 1.42          | NS                |
| 7             | NS               | 0.778                             | 3.492       | 11.28         | NS                |
| 8             | **               | 0.914                             | 2.174       | 7.03          | NS                |
| 9             | NS               | 0.738                             | 0.128       | 3.76          | NS                |
| 10            | **               | 0.909                             | 0.077       | 2.21          | **                |
| 11            | NS               | 0.761                             | 0.122       | 3.59          | NS                |
| 12            | **               | 0.934                             | 0.062       | 1.84          | **                |

$R^2_{aj}$  = Coeficiente de determinación ajustado; *RCME* = Raíz del cuadrado medio del error; *CV* = Coeficiente de variación; \*\**P*<0.01 en la regresión; \*\*Prueba de *Breusch-Pagan* (*BP*<0.01); NS = No significativo.



$BCI$  = Banda de confianza inferior;  $BCS$  = Banda de confianza superior;  $dpc$  = Diámetro promedio de cobertura de la planta (cm);  $pfr$  = Peso fresco de la hoja (g);  $pse$  = Peso seco de la hoja (g);  $e_i$  = Residuales.

**Figura 2.** Modelos seleccionados con bandas de confianza ( $P<0.01$ ) y gráficos de residuales.

Los resultados son similares a un estudio de biomasa foliar seca de la misma especie, en el estado de Coahuila, en el cual se ajustaron modelos de regresión sin registrar los coeficientes, por lo que no fue posible la comparación de los rendimientos (Flores-Garnica, 1994; Villavicencio-Gutiérrez et al., 2018). La similitud consiste en que los mejores ajustes también son con modelos no lineales entre la variable *pse* de la hoja con el diámetro de cobertura; con la variable *h* el ajuste fue bajo ( $R=0.08$ ) (López-Serrano et al., 2021; Villavicencio-Gutiérrez et al., 2018). Adicionalmente, en el presente estudio, se obtuvo un buen ajuste entre el *pfr* de la hoja y el *dpc* ( $R=0.979$ ).

En los modelos seleccionados, se verificó que los residuales cumplieran con la homocedasticidad ( $P<0.01$ ) (Breusch & Pagan, 1979; Maldonado-Ortiz et al., 2022). En investigaciones realizadas con *L. graveolens* en el estado de Coahuila, otros modelos ajustados tuvieron el problema de heterocedasticidad (Villavicencio-Gutiérrez et al., 2018).

Los criterios de selección de modelos y el cumplimiento de la homocedasticidad permitieron obtener las tablas de rendimiento de *pfr* y *pse* de la hoja en gramos (Cuadro 6) para *L. graveolens*.

**Cuadro 6.** Tablas de rendimiento para *pfr* y *pse* de la hoja en gramos para *Lippia graveolens* Kunth en función del *dpc* en cm.

| <b><i>dpc</i><br/>(cm)</b> | <b>Peso fresco de la hoja<br/>(<i>pfr</i>, g)</b> | <b>Peso seco de la hoja<br/>(<i>pse</i>, g)</b> |
|----------------------------|---|---|
| 25                         | 74.6  | 21.1  |
| 30                         | 95.2  | 24.1  |
| 35                         | 121.5   | 27.5  |
| 40                         | 155.0   | 31.3  |
| 45                         | 197.7   | 35.7  |
| 50                         | 252.3   | 40.8  |

*dpc* = Diámetro promedio de cobertura de la planta (cm).

## Conclusiones

La variable morfométrica e independiente diámetro promedio de cobertura (*dpc*) de *Lippia graveolens* explica al rendimiento de la hoja expresado en términos de su respectivo peso fresco de la hoja (*pfr*) y seco (*pse*) en 97.9 y 90.9 %, respectivamente.

El modelo seleccionado para estimar el peso fresco de la hoja es  $pfr = (22.063)(1.050)^{dpc}$  y para el peso seco de la hoja es  $pse = (10.933)(1.027)^{dpc}$ . Con estos modelos no lineales se tiene la confiabilidad a 99 % de que las tablas de rendimiento para hoja representan adecuadamente a las variables de interés, lo cual se orienta a realizar un aprovechamiento sostenible de *L. graveolens*, así como su conservación, protección y restauración en el hábitat natural de sus poblaciones silvestres en Melchor Ocampo, Zacatecas, México.

### **Conflicto de intereses**

Los autores manifiestan no tener conflicto de interés.

### **Contribución por autor**

Héctor Darío González López y Dino Ulises González Uribe: planeación y desarrollo de la investigación, muestreo en campo, captura de datos, análisis y exploración de datos, redacción y revisión de la estructura final del manuscrito; Genaro Esteban García Mosqueda y Rosalinda Cervantes Martínez: revisión y corrección final del manuscrito; Adriana Antonio Bautista y Francisco Cruz García: muestreo en campo, captura de datos y revisión de la estructura final del manuscrito. Todos los autores participaron en la aprobación de la versión final del documento.

## Referencias

- Ares, A., Boniche, J., Quesada, J. P., Yost, R., Molina, E., & Smyth, T. J. (2002). Estimación de biomasa por métodos alométricos, nutrientes y carbono en plantaciones de palmito en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 26(2), 19-30. <https://doi.org/10.15517/rac.v26i2.61783>
- Bonham, C. D. (2013). *Measurements for terrestrial vegetation* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Ltd. <https://repository.poltekkesjkt2.ac.id/index.php?p=fstream-pdf&fid=5282&bid=5103>
- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1979). A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. *Econometrica*, 47(5), 1287-1294. <https://doi.org/10.2307/1911963>
- Comisión Nacional Forestal. (2011). *Paquete tecnológico para la producción de orégano (Lippia spp.)*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/OREGANO.pdf>
- Cortés-Chitala, M. del C., Flores-Martínez, H., Orozco-Ávila, I., León-Campos, C., Suárez-Jacobo, Á., Estarrón-Espinosa, M., & López-Muraira, I. (2021). Identification and quantification of phenolic compounds from Mexican oregano (*Lippia graveolens* HBK) hydroethanolic extracts and evaluation of its antioxidant capacity. *Molecules*, 26(3), 702. <https://doi.org/10.3390/molecules26030702>
- Díaz-de León, C. I., González-Álvarez, M., Guzmán-Lucio, M. A., Núñez-Guzmán, G. R., & Moreno-Limón, S. (2020). El orégano de los géneros *Lippia* (Verbenaceae) y *Poliomintha* (Lamiaceae) en el Estado de Nuevo León, México. *Polibotánica*, (50), 1-18. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.50.1>
- Flores-Garnica, J. G. (1994). Ensayo de predicción del rendimiento de orégano (*Lippia berlandieri* Shawer) en la Zona Norte de Jalisco. *Revista Ciencia Forestal en México*, 19(76), 15-26. <https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/1031>

García-Pérez, E., Castro-Álvarez, F. F., Gutiérrez-Uribe, J. A., & García-Lara, S. (2012). Revisión de la producción, composición fitoquímica y propiedades nutracéuticas del orégano mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(2), 339-353.  
<https://doi.org/10.29312/remexca.v3i2.1467>

González-López, H. D., Valencia-Manz, S., & González-Uribe, D. U. (2022). Tabla de rendimiento de biomasa para *Euphorbia antisyphilitica* al norte de Zacatecas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(3), 443-453.  
<https://doi.org/10.29312/remexca.v13i3.2908>

López-Serrano, P. M., Hernández-Ramos, A., Méndez-González, J., Martínez-Salvador, M., Aguirre-Calderón, O., Vargas-Larreta, B., & Corral-Rivas, J. J. (2021). *Mejores prácticas de manejo y ecuaciones alométricas de biomasa de Lippia graveolens Kunth, en los estados de Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Tamaulipas y Zacatecas* [Proyecto: 2017-4-292674]. Comisión Nacional Forestal y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/707154/Mejores\\_practicas\\_de\\_Lippia\\_graveolens.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/707154/Mejores_practicas_de_Lippia_graveolens.pdf)

Maldonado-Ortiz, M., López-Serrano, P. M., Valdez-Cepeda, R. D., Mata-González, R., García-González, F., & Martínez-Salvador, M. (2022). Ecuaciones para estimar biomasa total de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) en Chihuahua. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(72), 173-200. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i72.1231>

Martínez-Bencardino, C. (2019). *Estadística y Muestreo* (14a ed.). ECOE Ediciones.  
[https://books.google.com.mx/books?id=8\\_yFEQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=8_yFEQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Muñoz-Acevedo, A., Castañeda, M. L., Blanco, K. M., Cárdenas, C. Y., Reyes, J. A., Kouznetsov, V., & Stashenko, E. E. (2007). Composición y capacidad antioxidante de especies aromáticas y medicinales con alto contenido de timol y carvacrol. *Scientia et*

Technica, 13(33), 125-128.

<https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6141/3231>

Orona-Castillo, I., Salvador-Almazán, A. J., Espinoza-Arellano, J. de J., & Vázquez, C. (2017). Recolección y comercialización del orégano (*Lippia spp*) en el semi-desierto mexicano, un caso de estudio: Reserva Ecológica Municipal Sierra y Cañón de Jimulco, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 41, 684-695.

<https://www.redalyc.org/journal/141/14153918003/14153918003.pdf>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (1997). *NORMA Oficial Mexicana NOM-007-RECNAT-1997 Que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas*. Diario Oficial de la Federación.

<https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3306/1/nom-007-semarnat-1997.pdf>

Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. (2025a). *Cuencas Hidrológicas (CNA)* [Conjuntos de datos]. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

[http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis\\_root/hidro/chidro/cue250kgw](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/hidro/chidro/cue250kgw)

Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. (2025b). *Subcuencas Hidrológicas* [Conjuntos de datos]. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

[http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis\\_root/hidro/chidro/subcu1mgw](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/hidro/chidro/subcu1mgw)

Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. (2025c). *Uso del suelo y vegetación, escala 1:250 000, serie V (Continuo Nacional)* [Conjuntos de datos]. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

[http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis\\_root/usv/inegi/usv250s5ugw](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/usv/inegi/usv250s5ugw)

Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. (2025d). *Conjunto de datos vectoriales edafológico, escala 1:250000 Serie II. (Continuo Nacional)* [Conjuntos de datos]. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

[http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis\\_root/edafo/tsuelo/eda250s2gw](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/edafo/tsuelo/eda250s2gw)

Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. (2025e). *Climas* [Conjuntos de datos]. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis\\_root/clima/climas/clima1mgw](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/clima/climas/clima1mgw)

Valdivieso-Serrano, L. (2021). *Notas de técnicas de muestreo*. Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://repositorio.pucp.edu.pe/items/090e83b7-34b9-4d7c-ab28-9acb6bb0b9ab>

Villavicencio-Gutiérrez, E. E., Hernández-Ramos, A., Aguilar-González, C. N., & García-Cuevas, X. (2018). Estimación de la biomasa foliar seca de *Lippia graveolens* Kunth del sureste de Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45), 187-205. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.139>

Zar, J. H. (2014). *Biostatistical analysis* (5th ed.). Pearson Education Limited. <https://lib.zu.edu.pk/ebookdata/Biostatistics/Biostatistical%20Analysis-by%20Jerrold%20H%20Zar.pdf>



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.