



Fondo
CONACYT
CONAFOR



UJED
Universidad Juárez
del Estado de Durango



CONAFOR
Comisión Nacional Forestal



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

**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.**



Comisión Nacional Forestal

Coordinación General de Producción y Productividad
Gerencia de Manejo Forestal Comunitario
Unidad de Educación y Desarrollo Tecnológico
Periférico Poniente 5360
Colonia San Juan de Ocotán Zapopan, Jalisco C.P. 45019
Tel: 01 (33) 3777 7000

Proyecto apoyado a través del Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal CONACYT-CONAFOR:

2017-4-292674

Mejores prácticas de manejo y generación de tablas de volumen y biomasa para las principales especies forestales no maderables de importancia económica en los ecosistemas áridos y semiáridos de México.

Autores: Dr. Pablito Marcelo López Serrano¹, M.C. Adrián Hernández Ramos², Dr. Jorge Méndez González³, Dr. Martín Martínez Salvador⁴, Dr. Oscar Aguirre Calderón⁵, Dr. Benedicto Vargas Larreta⁶ y Dr. José Javier Corral Rivas¹.

¹Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ³Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ⁴Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) y ⁵Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), ⁶Instituto Tecnológico de El Salto (ITES).

Impreso en México
Primera edición, 2021.

Forma de citar:

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. CONAFOR-CONACYT. México.

PRESENTACIÓN

En la última década se ha visto reflejada la importancia del estudio, manejo y aprovechamiento de especies provenientes de zonas áridas y semiáridas de México, en especial las que poseen interés comercial, por ser pioneras en el sustento de las familias que habitan en estas regiones y realizan su aprovechamiento como una de las fuentes para mejorar su ingreso familiar. En este documento se hace referencia a la especie *Lippia graveolens* Kunth, por poseer propiedades para aceites esenciales. Dicho producto forestal no maderable representa el principal interés económico para empresas comercializadoras.

Dependencias gubernamentales como la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), instituciones educativas y de investigación como la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y el Instituto Tecnológico de El Salto (ITES), en su afán de contribuir a mejorar el manejo y aprovechamiento de los recursos forestales no maderables, han diseñado el presente documento denominado “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”, con

el fin de que se utilice como una herramienta técnica de apoyo para los técnicos y productores de zonas áridas, promoviendo su aprovechamiento con el mínimo impacto ambiental en zonas donde habita la especie. Al mismo tiempo se busca aprovechar el máximo potencial productivo (dadas las condiciones medioambientales), favoreciendo las condiciones de vida de los habitantes de las zonas áridas y semiáridas, aplicando criterios que logren la máxima productividad, prospere la regeneración y mantenga la conservación de dicha especie.

El interés colectivo para el desarrollo y generación de herramientas tecnológicas (como mejores prácticas de manejo y ecuaciones alométricas de biomasa) es un paso significativo para quienes trabajan activamente en el cuidado del medio ambiente y la conservación de los recursos aprovechando su máximo potencial productivo.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. LEGISLACIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO FORESTAL DE LA ESPECIE.....	9
2.1. Procedimientos legales para el aviso de aprovechamiento forestal no maderable del <i>Lippia graveolens</i> Kunth.....	9
2.2. Leyes y Normas.	11
3. INVENTARIO FORESTAL CON FINES DE MANEJO	17
3.1. Técnicas de muestreo para la evaluación de las poblaciones naturales de la especie	17
4. MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO	22
4.1. Mejoras en las técnicas de aprovechamiento de la especie.....	22
4.2. Mejoras en las técnicas de extracción y beneficio del producto final.....	24
4.3. Reforestaciones con fines de enriquecimiento de rodales.....	26
5. ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE BIOMASA	31
5.1. Ecuaciones por estado.....	38
6. MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA ESPECIE	64
7. CONCLUSIONES.....	67
8. BIBLIOGRAFÍA.....	69
9. GLOSARIO	72
10. SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	73

1. INTRODUCCIÓN

Los Productos Forestales No Maderables (PFNM) en México constituyen una colección de recursos biológicos que aportan una gran variedad de beneficios desde productos directos como: especias, hojas, frutas, nueces, semillas hasta extractos como; aceites, resinas y gomas dependiendo del área donde son recolectados (Quiroz *et al.*, 2016). El orégano es una hierba cultivada en el Mediterráneo con fines culinarios, desde tiempos remotos, la cual se introdujo en América por los primeros inmigrantes de dicha área. El *Origanum vulgare* (tipo europeo) es oficialmente la fuente de los “oréganos” y el *Lippia graveolens* y el *Lippia berlandieri* (tipos mexicanos) son una derivación del primero (Casillas-Alcalá, 1992).

En México se le da el nombre de orégano a más de 40 especies diferentes (Huerta, 1997), de las cuales la familia de las verbenáceas son las de mayor importancia de acuerdo con sus características aromáticas y su distribución. Estas especies se distribuyen en las zonas áridas y semiáridas del país, así como en algunas regiones tropicales como la península de Yucatán.

La mayoría de las especies conocidas como orégano se ubican en los géneros *Lantana* y *Lippia*, con dos y tres especies, respectivamente; de ellas, *Lippia graveolens* Kunth y *L. palmeri* son las más utilizadas. El orégano (*Lippia graveolens* Kunth), es el cuarto PFNM aprovechado y comercializado en México (Huerta, 1997), y es recurso de mayor importancia económica para el país (Orona *et al.*, 2017). Esta especie aromática se produce de manera silvestre en 24 estados de

México, entre ellos, Chihuahua, Durango, Tamaulipas y Coahuila, donde se localizan las principales áreas productoras de orégano, mismas que concentran el 50% de los permisos autorizados para el aprovechamiento. Le siguen en orden de importancia los estados de Jalisco, Zacatecas, Durango, Querétaro, Sinaloa, Hidalgo y Baja California Sur (Huerta, 1997; Villavicencio *et al.*, 2010, Orona *et al.*, 2017). El orégano genera a nivel nacional una producción anual de 6,500 Ton (Villavicencio *et al.*, 2010). De esta producción el 90 % se exporta, lo que representa una derrama económica y captación de divisas superior a 160 millones de pesos (Granados *et al.*, 2013). Los productos derivados del orégano son: la hoja seca, misma que se utiliza como conservador natural y potencializador de sabor en alimentos; el aceite volátil, que contiene ácidos fenólicos y aceites esenciales como timol y carvacrol de composición variable con propiedades antioxidantes, fungicidas, bactericidas además de citotóxicas útil en la industria de alimentos y farmacológica para la elaboración de diversos medicamentos para la salud humana y animal (Villavicencio *et al.*, 2009; Villavicencio *et al.*, 2010; Orona *et al.*, 2017). Debido a que esta especie tiene diversos usos, su aprovechamiento ha sido altamente demandante, propiciando muchas veces el deterioro del recurso sin posibilidades de recuperarse completamente (Cisneros, 2015). Dado que el orégano es un recurso silvestre de zonas con alto grado de marginación económica y social, es necesario que se realice un manejo adecuado de este recurso para apoyar al desarrollo sustentable de las regiones donde se produce. La

recolección de orégano genera beneficios de carácter precario y estacional (Martínez *et al.*, 2010). En muchas partes del país estos recursos son indispensables para los habitantes más pobres quienes son los actores principales en la extracción de los PFM, la cual es su única fuente de ingresos (Ramos, 2015). Para el orégano y en general para la mayoría de las especies forestales no maderables con autorización o aviso de aprovechamiento, las prácticas de manejo son deficientes y en ocasiones no se aplican o se aplican parcialmente.

2. LEGISLACIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO FORESTAL DE LA ESPECIE

2.1. Procedimientos legales para el aviso de aprovechamiento forestal no maderable del *Lippia graveolens* Kunth

De acuerdo con el artículo 84 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS, 2021), y el artículo 71 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (RLGDFS, 2020), este recurso forestal no maderable requiere de un aviso de aprovechamiento, que se obtiene mediante solicitud que se presenta ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), mediante un formato que contenga el nombre, denominación o razón social y domicilio del propietario o poseedor del predio o conjunto de predios y, en su caso, número de oficio de la autorización en materia de impacto ambiental. El procedimiento y requisitos para la autorización del aviso de aprovechamiento de *Lippia graveolens* Kunth, se muestran en la Figura 1.

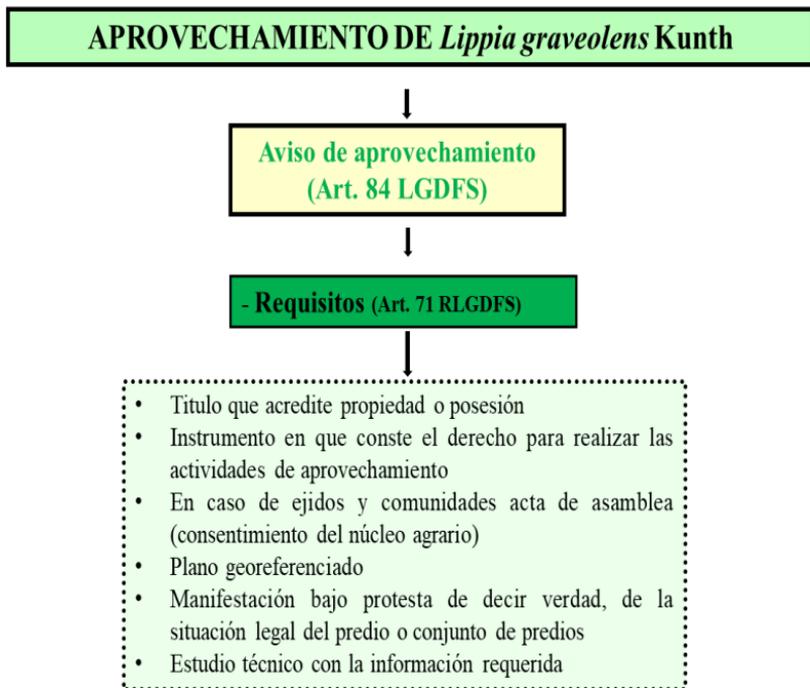


Figura 1. Requisitos que debe contener el aviso de aprovechamiento de *Lippia graveolens* Kunth en México.

2.2. Leyes y Normas.

Leyes vigentes

La legislación vigente que se describe a continuación regula el aprovechamiento de *Lippia graveolens* Kunth.

Leyes y Reglamentos	Artículos
<p>Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) Esta Ley hace referencia a temas del aprovechamiento sustentable y la preservación de este recurso forestal no maderable.</p>	<p>1, 3, 15, 84, 87 y 100.</p>
<p>Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) Legisla el fomento a la silvicultura, el manejo y regulación del aprovechamiento sustentable de los recursos forestales maderables y no maderables. Así como los documentos que se considerarán para acreditar la posesión o derecho para realizar las actividades mencionadas. Además de la ejecución, desarrollo y cumplimiento de los programas de manejo forestal y los estudios técnicos.</p>	<p>1, 3, 5, 7, 10, 21, 31, 39, 50, 53, 54, 55, 56, 59, 70, 84, 85, 91 y 97.</p>
<p>Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (Reglamento de la LGDFS)</p>	<p>1, 2, 4, 12, 14, 18, 27, 30, 32, 33, 34, 38, 71,</p>

Leyes y Reglamentos	Artículos
<p>Menciona los procedimientos y requisitos para las autorizaciones y avisos de aprovechamientos no maderables ante la Secretaría, quien resolverá las solicitudes de conformidad con lo dispuesto en la LGDFS y el presente Reglamento.</p>	<p>72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 98, 141, 164, 165 y 166.</p>
<p>Ley General de Vida Silvestre (LGVS) Legisla el aprovechamiento sustentable y conservación por parte de los propietarios de un predio, de la vida silvestre que se desarrolla libremente en su hábitat, incluyendo sus poblaciones menores e individuos que se encuentran bajo el control del hombre, así como las especies domésticas que, al quedar fuera de control del hombre, se establecen en el hábitat natural.</p>	<p>1, 3, 18, 19, 56, 83, 84 y 97.</p>
<p>Ley Agraria Estos artículos hacen mención a la personalidad jurídica de los núcleos de población ejidales o ejidos. Así como su organización económica y social para el aprovechamiento de las tierras de uso común.</p>	<p>9, 10, 73, 116 y 119.</p>
<p>Ley Federal de Procedimiento Administrativo (LFPA). Menciona los actos, procedimientos y resoluciones administrativas de orden e</p>	<p>1, 15, 15-A, 17-A, 19 y 43.</p>

Leyes y Reglamentos	Artículos
<p>interés públicos ante una Administración Pública Federal centralizada, sin perjuicio de lo dispuesto en los Tratados Internacionales de los que México sea parte. La Administración Pública Federal no podrá exigir más formalidades que las expresamente previstas en la ley. Se menciona de los requisitos de las promociones que realice el interesado o su representante legal.</p>	

Normas vigentes.

La Norma Oficial Mexicana vigente que se describe a continuación regula el aprovechamiento de *Lippia graveolens* Kunth.

Norma Oficial Mexicana **NOM-007-SEMARNAT-1997** que especifica los procedimientos y criterios para el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas.

Apartado	Especificaciones
Aprovechamiento	<p>Para realizar el aprovechamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas, el dueño o poseedor del predio correspondiente, deberá presentar una notificación por escrito ante la Delegación Federal o Secretaría en la entidad federativa correspondiente, misma que podrá ser anual o por un periodo máximo de 5 años.</p>
	<p>El aprovechamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas, quedará sujeto a los siguientes criterios y especificaciones técnicas:</p> <ol style="list-style-type: none"> I. Sólo se podrán aprovechar plantas en la etapa de madurez de cosecha, identificándolas, por el tamaño y las características vegetativas de cada especie.

Apartado	Especificaciones
	<p>II. Deberá dejarse distribuido uniformemente, en el área de aprovechamiento sin intervenir, como mínimo el 20% de las plantas en etapa de madurez de cosecha, para que lleguen a su madurez reproductiva y propiciar la regeneración por semilla.</p> <p>III. Para el aprovechamiento de ramas, la intensidad de las podas deberá ser de acuerdo con las características vegetativas y de regeneración de cada especie, no debiendo rebasar las dos terceras partes de la longitud de la parte ramificada de cada planta;</p>
Del almacenamiento	<p>Los responsables de los centros de almacenamiento deberán:</p> <p>I. Solicitar la inscripción de los mismos en el Registro Forestal Nacional, acreditando su personalidad.</p> <p>II. Informar trimestralmente dentro de los primeros 10 días hábiles de los meses de abril, julio, octubre y enero de cada año, a la Delegación Federal de la Secretaría en la entidad federativa</p>

Apartado	Especificaciones
	correspondiente, sobre las entradas y salidas del producto durante el trimestre inmediato anterior.
Transporte	El transporte de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas, desde el predio a los centros de almacenamiento o de transformación, se realizará al amparo de remisión o factura comercial, expedida por el dueño o poseedor del recurso, o el responsable del centro de almacenamiento, siempre y cuando dicho producto se transporte en cualquier vehículo automotor.

3. INVENTARIO FORESTAL CON FINES DE MANEJO

La planificación para el manejo de cualquier recurso requiere en primer lugar un conocimiento del mismo, de las restricciones posibles para su utilización y de los medios disponibles. Con ello se pueden evaluar, en pasos sucesivos, alternativas de manejo que conduzcan al logro de los objetivos planteados. La planificación forestal se inicia, por tanto, con una toma de datos a través de un inventario (Madrigal, 1994). Para hacer extensivo el aprovechamiento de las especies no maderables de zonas áridas y semiáridas de manera sustentable, es indispensable el desarrollo de un inventario que proporcione datos confiables de ubicación, existencias reales y magnitud del recurso, así como la estimación y monitoreo de la tasa de crecimiento anual, biomasa y la productividad (López, 2005).

3.1. Técnicas de muestreo para la evaluación de las poblaciones naturales de la especie

Los estudios técnicos para el aprovechamiento forestal de esta especie no maderable requieren del uso de técnicas de muestreo que permitan la estimación de la estructura poblacional y existencias reales. Para el inventario de *Lippia graveolens* Kunth se debe de entrar al contexto de las técnicas de muestreo para la evaluación de las poblaciones naturales de la especie, es necesario enfatizar primero los conceptos de catastro y división dasocrática. Donde en el primer concepto se busca recabar toda la información necesaria acerca de un área o superficie de estudio conjuntando la documentación legal y planos geográficos para ubicarla en un espacio municipal, regional,

estatal y nacional. Este procedimiento conlleva al análisis espacial de los vértices, linderos, superficies con apoyo de un Sistema de Información Geográfica (SIG), con reconocimiento en campo, si es necesario, para finalmente elaborar la cartografía temática del área de estudio. Por otra parte, el término de división dasocrática hace referencia a una unidad mínima de manejo que bien puede ser un rodal o un subrodal, entendiéndose a éstos como el área definida por características permanentes como el suelo, pendiente, parteaguas y arroyos. El rodal es la unidad básica de manejo y sobre todo de seguimiento a las variables forestales a través del tiempo y como tal, debe ser permanente a través de los ciclos de corta sucesivos, aun cuando haya cambios en la vegetación.

Por múltiples circunstancias, las técnicas de muestreo de *Lippia graveolens* Kunth, difieren entre estados, utilizándose principalmente el muestreo sistemático con una malla de puntos equidistantes a nivel predial o de unidad mínima de manejo y el muestreo con cuadrantes del punto central (Berlanga *et al.*, 1992).

Por la forma de crecimiento de los individuos y la aplicabilidad que representa el muestreo sistemático en la evaluación de especies de zonas áridas y semiáridas, al representar menor costo y ser el de menor grado de dificultad comparado con el resto de técnicas de muestreo, en este manual se recomienda utilizar la siguiente metodología de muestreo para *Lippia graveolens* Kunth:

- 1. Diseño de muestreo.** Un muestreo sistemático con base en cuadrículas o grillas (a nivel predial o de unidad mínima de manejo). El procedimiento que

- generalmente se emplea es el siguiente: 1) en la cartografía elaborada para el área de estudio y con apoyo de sistemas de información geográfica, se genera una malla de puntos regulares (cuadrículas o grillas) distribuidos a una distancia prefijada por el responsable de la planeación del muestreo considerando las características fisiográficas y topográficas del terreno.
2. **Número total de sitios a muestrear.** Dado que se tienen los puntos de muestreo definidos en el apartado anterior, el responsable de realizar el muestreo definirá el número de sitios a muestrear que servirá como un pre-muestreo para obtener los parámetros y estimadores que nos permitan determinar el tamaño de muestra en la fórmula o ecuación, tomando en cuenta que la normatividad requiere una confiabilidad mínima del 95% y un error de muestreo máximo de 10%.
 3. **Forma de los sitios.** La forma de los sitios recomendada es circular por tener ésta figura geométrica la conjunción de dos criterios básicos de muestreo: por un lado, la relación perímetro-superficie del sitio es mínima; de este modo, se consigue reducir los problemas que se presentan en los bordes de las parcelas para determinar si una planta debe ser incluido o no; por otro lado, el número de puntos de referencia (centro o esquinas) del sitio debe reducirse siempre y cuando esto no suponga un inconveniente para su replanteo (Gadow y Hui, 1999).
 4. **Tamaño de los sitios expresados en metros cuadrados.** Las dimensiones de los sitios circulares

recomendadas son 500 m^2 (radio = 12.6157 m) o de 1000 m^2 (radio = 17.8412 m). Entre más pequeño sea un sitio, más fácil y precisa será su delimitación.

5. **Intensidad de muestreo en porcentaje.** La intensidad o fracción de muestreo es la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total. Normalmente, en inventarios forestales se han utilizado intensidades de muestreo del orden de 1%, 0.5% y 0.1%, considerando factores como; superficie por inventariar, factores económicos, precisión requerida, etcétera. Por ello, podemos definir la intensidad de muestreo de acuerdo a la precisión con la que deseamos medir las características de la población de estudio y el costo que esto conlleva, recomendándose en base a la experiencia de los autores una intensidad de muestreo mayor de 1% y hasta el 3%.
6. **Información a medir.** En cada uno de los sitios se medirán las siguientes variables: Diámetro de cobertura Norte-Sur (D_{NS} , cm) y Diámetro de cobertura Este-Oeste (D_{EO} , cm) y Altura total (H , cm). En gabinete se obtendrá el diámetro promedio de cada una de las plantas evaluadas. Empleando la ecuación alométrica generada en el presente documento, se sustituye el valor de las variables indicadas y se obtiene el volumen o biomasa por individuo, por sitio o hectárea. Para ello, en el caso de estimaciones de biomasa o volumen promedio por sitio, se realiza la sumatoria de la biomasa o volumen total de cada sitio y se divide entre el número de ellos. Para estimaciones de biomasa o volumen

promedio por hectárea ($\text{Ha}^{-1} = 10,000 \text{ m}^2$), el volumen o biomasa promedio por sitio se multiplica por un factor de superficie que depende del tamaño del sitio y se obtiene el correspondiente a una hectárea (Berlanga *et al.*, 1992).

4. MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO

Las siguientes mejores prácticas se realizaron con base en el diagnóstico de cómo se aprovecha actualmente de manera sustentable la especie *Lippia graveolens* Kunth, en los estados de Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Tamaulipas y Zacatecas dentro del proyecto “Mejores prácticas de manejo y generación de tablas de volumen y biomasa para las principales especies forestales no maderables de importancia económica en los ecosistemas áridos y semiáridos de México”. Representan un planteamiento de un grupo de investigadores de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y el Instituto Tecnológico de El Salto (ITES).

4.1. Mejoras en las técnicas de aprovechamiento de la especie.

El aprovechamiento del orégano (*Lippia graveolens* Kunth) está sujeto al volumen irregular que se obtiene de las poblaciones naturales y al efecto que tiene la oferta y la demanda del producto. El aprovechamiento del orégano se realiza en poblaciones naturales, la regeneración de la especie es a partir de rebrotes de plantas que el recolector deja al hacer el corte; esta actividad la hacen normalmente cuando la planta cubre superficies aproximadas a 1 m^2 y antes de que la planta presente producción de semilla. Dado que la regeneración por

semilla se limita con esta actividad, es recomendable no aprovechar el 20% de los individuos del rodal con etapa de madurez reproductiva, para que sirvan de dispersores de semilla y aumentar la densidad de población de las plantas de orégano en las áreas de corta, los cuales deben de quedar distribuidos uniformemente en la superficie.

Actividades complementarias durante el aprovechamiento que permiten maximizar el uso del recurso y contribuyen a lograr la sostenibilidad:

- Promover la rotación de las áreas de corta, para ello, es necesario que los recolectores y los asesores técnicos delimiten las áreas y se le dé seguimiento al manejo forestal.
- Realizar la poda dejando mínimo un 35% de la planta con follaje para garantizar la probabilidad de regenerarse.
- La altura mínima de la planta después de la poda debe ser 25 cm.
- El corte debe ser uniforme, de tal forma que no queden tallos sin cortar ya que éstos engrosarán y, por lo tanto, la calidad en futuras cosechas disminuye considerablemente.
- Se seleccionan los individuos que tengan una altura aproximada de 60 cm, para evitar que la planta sea afectada al momento de la obtención de varetas.
- La temporada que se recomienda para llevar a cabo esta actividad es durante los meses de noviembre a marzo,

para contar con la suficiente humedad en el suelo y asegurar la sobrevivencia.

- Aprovechar solo en aquellos sitios que cuenten con renuevos o plantas juveniles alrededor, con el objetivo de garantizar una regeneración natural en el sitio.

4.2. Mejoras en las técnicas de extracción y beneficio del producto final

Generalmente, la extracción del orégano es realizada por los compradores o comercializadores y no por el propietario del predio, por ende, se realizan cortas indiscriminadas. Por lo que resulta necesario concientizar a los dueños del recurso respecto a un aprovechamiento sustentable. El secado tradicional de la hoja de orégano se realiza extendiendo este producto en una lona en el piso al aire libre en traspatios, solares y corrales durante uno o dos días soleados; en este periodo el material se “voltea” para promover un secado uniforme. Por las noches el follaje con ramas se cubre para evitar que el rocío moje el producto. Durante este proceso se tiene que evitar que la hoja se moje porque el producto puede mancharse y ponerse negro demeritando su calidad y precio. Posteriormente, se realiza el desvare que consiste en el vareo o apaleo de las ramas para desprender las hojas secas de orégano. El encostalado, consiste en juntar las hojas enteras o rotas en costales, durante este proceso se tiene que evitar contaminar el producto con tallos, hojas de otras plantas e impurezas como piedras, semillas de otras especies. El paso final es el almacenamiento, donde los costales tienen que ser colocados en un lugar seco, limpio, libre

de humedad, sin mezclarse con agroquímicos u otros productos que contaminen el olor del producto.

Considerando que la hoja es un producto que sirve de condimento y alimento, se debe de mejorar en el sector primario de esta cadena productiva los estándares de calidad del producto, considerando los siguientes aspectos para evitar la contaminación física, química o microbiológica del producto. En el proceso de secado y depuración de ramas y ramillas para la obtención de las hojas de orégano, es necesario implementar sistemas o prácticas que permitan obtener mayor calidad en el producto final, es decir que las hojas no contengan impurezas como piedras, excremento de mascotas, entre otras. Para ello se proponen las siguientes actividades complementarias para mejorar la extracción y beneficio del producto final:

- Podar máximo 2/3 partes de la planta. Es recomendable podar solo el 50%.
- Dejar al menos de un 20% a un 30 % de plantas que sean sobresalientes para que produzcan semilla y se diseminen en el predio para promover la regeneración de la especie.
- Uso de lonas de vinilo (uso industrial). De manera tradicional el vareo de ramas y ramillas se realiza en el suelo (piso de concreto o piso de tierra). La idea es utilizar las lonas industriales con mayor resistencia tendidos sobre el suelo a fin de disminuir la contaminación con tierra y piedras. Además de esta práctica es recomendable establecer áreas de secado

donde se implemente un cerco perimetral para evitar la entrada de mascotas.

- Clasificación de productos (calidad y tamaño de la hoja). Es necesario la implementación de un sistema manual o mecanizado para clasificar el producto, es decir, diferenciar el producto de primera, segunda y hasta un tercer nivel de calidad. Donde el producto de primera son hojas enteras totalmente limpias; producto de segunda, hojas con ramillas y de tercera, hojas quebradizas o en polvo. Esta clasificación permite acceder a nuevos canales de comercialización más estrictos, pero con mayor valor económico.

4.3. Reforestaciones con fines de enriquecimiento de rodales

El *Lippia graveolens* Kunth, puede desarrollarse bajo condiciones óptimas de humedad, y temperaturas de 15 a 20 °C, las semillas de *Lippia graveolens* Kunth, germinan después de una semana. En seguida, al emerger la plántula a la superficie, sus hojas rudimentarias suelen absorber luz y oxígeno. El crecimiento continúa y la planta alcanza una altura de unos 15 cm en el primer año de vida. En forma natural o silvestre alcanza unos 80 cm de altura en los primeros cinco años quedando apta para su aprovechamiento; lo que genera un arrosetamiento o amacollamiento, por lo que la altura promedio que alcanza la planta va de los 55 a los 80 cm en producción silvestre. Para el establecimiento de reforestaciones con fines de enriquecimiento de rodales de *Lippia graveolens* Kunth, se ha realizado una serie de recomendaciones prácticas que

aseguran un mejor resultado de las mismas y que pueden ser aplicadas en cualquier condición favorable de la especie (Castillo *et al.*, 2005; Castillo *et al.*, 2012), por lo que, se recomienda su uso, seguimiento y aplicación de acuerdo con los mapas de distribución potencial mostrados en el presente documento, que indican los lugares con mayor idoneidad climática para el desarrollo de la especie. Los pasos a seguir para la reforestación con fines de enriquecimiento de rodales de *Lippia graveolens* Kunth, se describen a continuación:

- 1. Recolección de germoplasma de buena calidad.** El germoplasma debe ser recolectado en la misma región donde se establecerá la reforestación, para lo cual se debe contar con los permisos correspondientes por parte de la SEMARNAT. El germoplasma puede ser semilla (sexual) o esquejes o varetas (asexual) provenientes de las poblaciones con mayor abundancia, para no poner en riesgo la permanencia de la especie. Actualmente no se realiza reproducción de orégano por semilla, debido a la dificultad para la colecta; por tal razón se reproduce mediante varetas. Esta actividad se realiza cortando varetas de 15 cm de largo; las varetas se deshojan de los primeros 10 cm y se colocan en el encase con sustrato, dejando en la parte aérea 5 cm con hojas verdes.
- 2. Producción de planta en vivero.** Se puede producir planta en envases de bolsa de polietileno de 13 x 25 cm, con sustrato natural, como tierra de monte mezclada con una pequeña cantidad de algún tipo de estiércol en proporción 4:1. También se pueden utilizar charolas de germinación de 200 cavidades, que se cubren con sustrato de peat moss,

vermiculita y agrolita, para posteriormente trasplantarse al envase definitivo. Otra opción es la reproducción en camas germinadoras, que tienen la misma función que las charolas de 200 cavidades. Las varetas pasarán durante un tiempo aproximado de 30 a 40 días en el vivero.

3. **Mantenimiento de planta en vivero.** La planta permanece en el vivero de 30 a 40 días, para posteriormente ser transportadas al campo para su establecimiento final. Las actividades principales son el suministro de agua mediante riego y el monitoreo para cuidar la sanidad de las plantas por posibles presencias de hongos; se debe monitorear la temperatura (entre 26° y 32°), así como la humedad relativa que debe oscilar entre 65% y 75%. Además, se debe monitorear la sanidad de la planta para prevenir daños por ataque de insectos o agentes externos. Otro aspecto importante es la nutrición de la planta; en caso de ser necesario se debe aplicar fertilizantes orgánicos o inorgánicos, según sea el objetivo para proveer de macro y micro elementos.
4. **Traslado de la planta al terreno.** Esta actividad es de suma importancia, debido a que, en la mayoría de las especies forestales, el transporte maltrata mucho la planta, sobre todo en aquellas que tienen envases de bolsa de polietileno; normalmente se utilizan camiones con redilas que protejan la planta del aire.
5. **Preparación del terreno para la reforestación.** Se recomienda realizar un barbecho para remover el suelo con el propósito de facilitar la penetración de las raíces al momento del trasplante. Se puede agregar algún abono

orgánico como estiércol de cabra o de caballo a razón de 5 toneladas por ha. Se establecen camas de siembra con el uso de un tractor agrícola; las camas son tipo surcos con un ancho de 50 cm y una altura de 30 cm; éstas deben estar separadas a una distancia de 60 cm entre cada cama. Para superficies pequeñas se pueden preparar con pala y pico si no se cuenta con maquinaria (Aguilar-Murillo *et al.*, 2013).

6. **Instalación del sistema de riego.** Es recomendable establecer riego por goteo para un uso más eficiente del agua; debido a que son zonas con poca disponibilidad, se utiliza manguera con “spaguettis” de goteo en cada planta, de ser necesario se puede aplicar riegos con fertilizantes. Otra opción es usar cinta de riego de flujo turbulento y compensación de presión, colocada con el orificio hacia arriba para evitar que se tape, este optimiza el riego y el consumo de agua de la planta.
7. **Establecimiento de la planta en el terreno.** Antes de establecer la planta se puede instalar un acolchado de plástico, que permite el control de las malas hierbas, reducción de la pérdida de agua por evaporación e incrementa la temperatura del terreno. Para este tipo de reforestación se recomienda perforar un hueco de 10 cm de diámetro donde se colocará cada planta, a una distancia de 40 cm entre plantas (Aguilar-Murillo *et al.*, 2013).
8. **Mantenimiento de la reforestación.** Aplicación de labores culturales como podas, deshierbes, control de malezas, plagas y enfermedades.
9. **Aprovechamiento de acuerdo con el ciclo de corta y turno biológico de la planta.** El aprovechamiento del

orégano en una reforestación con fines de enriquecimiento de rodales, se debe realizar mediante poda; ésta puede ser de formación, cortando las ramas apicales, lo cual permite el amacollamiento y evita que la planta florezca. El orégano es un cultivo al que durante todo el año pueden realizarse cortes para cosecha; sin embargo, la época de más demanda para los productores por los mercados internacionales es de agosto a enero, cuando existe mayor demanda de orégano fresco para exportación (Aguilar-Murillo *et al.*, 2013).

5. ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE BIOMASA

Los modelos de predicción presentados en este documento son ecuaciones alométricas que proporcionan estimaciones fiables de biomasa de *Lippia graveolens* Kunth. Representan una herramienta útil para la gestión forestal, ya que permiten la estimación de la biomasa total en kilogramos o por fracciones (componentes), con variables fáciles de medir en campo, como la altura y cobertura de la planta. El uso y aplicación de estas ecuaciones permiten estimar el valor de cada componente de manera indirecta antes del aprovechamiento de la planta, y dado que se trata de un método de cuantificación no destructivo, su impacto ecológico es prácticamente nulo.

El muestreo utilizado para el desarrollo de las ecuaciones alométricas de biomasa consistió en seleccionar aleatoriamente 150 individuos por estado (un total de 900 individuos por los seis estados), los cuales fueron muestreados considerando sus dimensiones estructurales (altura de la planta y diámetros de cobertura) siguiendo una distribución uniforme; es decir tratando que fuera la misma cantidad de individuos en todas las categorías de diámetro de cobertura y altura. Para cada individuo se midió la altura total (H, cm) y el diámetro de la cobertura (DC, cm). Una vez cortada la planta, se separaron las siguientes fracciones de biomasa: hojas y ramillas verdes. Cada fracción se pesó en verde utilizando una báscula con una precisión de ± 1 g, se tomaron muestras del 10 % del peso total de cada fracción. Las muestras se secaron en una estufa a una temperatura entre 103 °C, hasta que se registró un peso constante (ver Figuras 2-6). Para el desarrollo de las ecuaciones

se probaron diferentes combinaciones de variables predictivas o independientes (diámetro de cobertura (DC) y altura (H)). Se ajustaron diferentes modelos lineales y no lineales por el método mínimos cuadrados empleando el procedimiento MODEL del programa SAS/STAT® (SAS Institute Inc., 2009); y el método iterativo de Gauss-Newton. Posteriormente, se seleccionaron los mejores modelos por componente en peso verde (hojas secas, ramillas secas y peso total) y se ajustaron simultáneamente para garantizar la aditividad, característica que se recomienda en las ecuaciones desarrolladas para la estimación de biomasa de los distintos componentes, y que implica que la suma de las estimaciones de los diferentes componentes sea igual a la estimación de biomasa total del propio sistema.



Figura 2. Muestreo realizado en el estado de Baja California Sur. A) Planta completa muestreada, B) Identificación de componentes, C) Extracción de la planta, D) Medición de cobertura, E) Transporte de ramillas y F) Pesado de componentes.



Figura 3. Muestreo realizado en el estado de Chihuahua. A) Planta completa muestreada, B) Ubicación de la planta, C) Extracción de la planta, D) Medición de cobertura, E) Separación de componentes y F) Pesado de componentes.



Figura 4. Muestreo realizado en el estado de Coahuila y Zacatecas. A) Planta completa muestreada, B) Medición de altura, C) Medición de cobertura, D) Extracción de la planta, E) Separación de componentes y F) Muestra para secado.



Figura 5. Muestreo realizado en el estado de Durango. A) Planta completa muestreada, B) Ubicación de la planta, C) Medición de altura, D) Separación de componentes, E) Muestra para secado por componente.

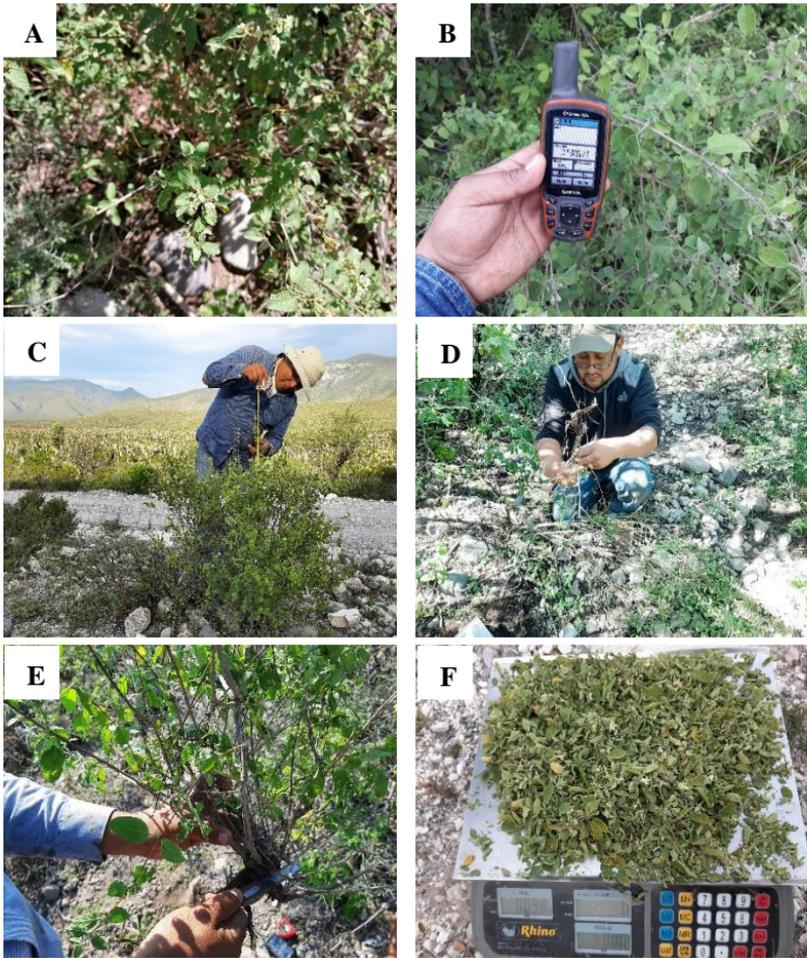


Figura 6. Muestreo realizado en el estado de Tamaulipas. A) Planta completa muestreada, B) Ubicación de la planta, C) Medición de altura, D) Separación de componentes, E) Extracción de la planta y F) Pesado de hojas verdes.

5.1. Ecuaciones por estado

Para el estado de Baja California Sur

En el Cuadro 1, se muestran las estadísticas descriptivas por componente (Hoja secas, ramillas secas y peso total) de los individuos muestreados para desarrollar las ecuaciones alométricas para la estimación de la biomasa por componente y/o total de la planta en el estado de Baja California Sur. En la Figura 7, se muestra la distribución de las dimensiones de la cobertura y la altura de las plantas muestreadas.

Cuadro 1. Resumen descriptivo de la muestra de *Lippia graveolens* Kunth colectada en el estado de Baja California Sur.

Variable	No. Obs	Media	Std	Min.	Max.
<i>DC (cm)</i>	150	54.7	32.3	15.0	240.0
<i>H (cm)</i>	150	85.7	36.3	26.0	200.0
<i>Hojas secas (kg)</i>	150	0.042	0.041	0.003	0.293
<i>Ramillas secas (kg)</i>	150	0.083	0.097	0.003	0.608
<i>Peso total (kg)</i>	150	0.125	0.132	0.006	0.901

Dónde: No. Obs= número de observaciones; Std= desviación estándar; Min= valor mínimo; Max= valor máximo.

Las expresiones matemáticas, la estimación de los parámetros y los estadísticos de ajuste de las ecuaciones alométricas aditivas desarrolladas para estimación de peso seco por componente y total de *Lippia graveolens* Kunth colectada en el estado de Baja California Sur se muestra en los Cuadros 2 y 3.

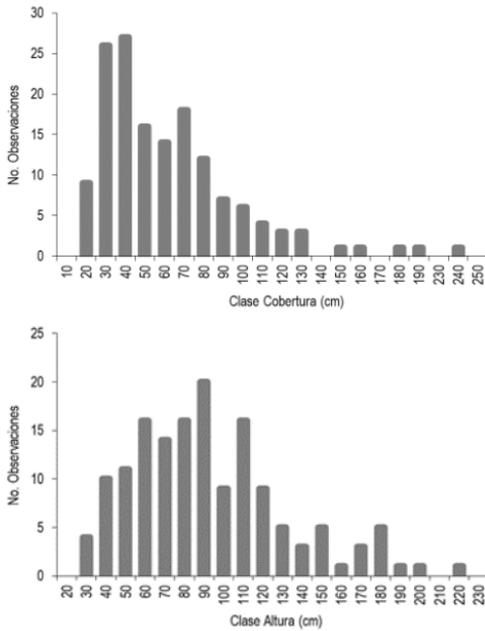


Figura 7. Distribución de la cobertura y altura de las plantas muestra en el estado de Baja California Sur.

Cuadro 2. Ecuaciones alométricas desarrolladas para la estimación del peso seco por componente y peso total de *Lippia graveolens* Kunth colectada en el estado de Baja California Sur.

Componente	Modelo	No.
Hoja seca	$Y_c = \exp (b_0 + b_1 \ln (DC))$	(1)
Ramilla seca	$Y_l = \exp (b_2 + b_3 \ln (DC * H))$	(2)
Peso total	$Y_t = \exp(b_0 + b_1 \ln(DC)) + \exp (b_2 + b_3 \ln (DC * H))$	(3)

Dónde: Y_i = peso seco de los componentes o total (kg), b_j =parámetro j para la estimación de los pesos, CD =diámetro de la cobertura de cada planta (cm), H =altura total de cada planta (cm), exp = exponente, ln = logaritmo natural.

Cuadro 3. Estimación de los parámetros, contrastes de significación aproximados y estadísticos de bondad de ajuste para las ecuaciones alométricas desarrolladas para la estimación de peso seco por componente y total de *Lippia graveolens* Kunth en el estado de Baja California Sur.

Componente	Parámetro	Estimación	Error estándar	t	Prob. > t	Aprox. R ²	REMC (kg)
Hoja seca	b ₀	-9.43409	0.3398	-27.77	<.0001	0.6595	0.0104
	b ₁	1.31956	0.0724	18.23	<.0001		
Ramilla seca	b ₂	-11.929	0.4791	-24.9	<.0001	0.7552	0.0385
	b ₃	1.049601	0.0489	21.48	<.0001		
Peso total						0.7890	0.0423

t = estadístico de t de Student; R² = Coeficiente de determinación; REMC = Raíz del Error Medio Cuadrático.

Para el estado de Chihuahua

En el Cuadro 4, se muestran las estadísticas descriptivas por componente (Hoja secas, ramillas secas y peso total) de los individuos muestreados para desarrollar las ecuaciones alométricas para la estimación de la biomasa por componente y/o total de la planta en el estado de Chihuahua. En la Figura 8, se muestra la distribución de las dimensiones de la cobertura y la altura de las plantas muestreadas.

Cuadro 4. Resumen descriptivo de la muestra de *Lippia graveolens* Kunth colectada en el estado de Chihuahua.

Variable	No. Obs	Media	Std	Min.	Max.
<i>DC (cm)</i>	150	99.3	32.8	30.5	198.5
<i>H (cm)</i>	150	104.7	31.8	38.0	175.0
<i>Hoja seca (kg)</i>	150	0.065	0.065	0.050	0.520
<i>Ramilla seca (kg)</i>	150	0.322	0.310	0.050	1.859
<i>Peso total</i>	150	0.387	0.344	0.100	2.018

Dónde: No. Obs= número de observaciones; Std= desviación estándar; Min= valor mínimo; Max= valor máximo.

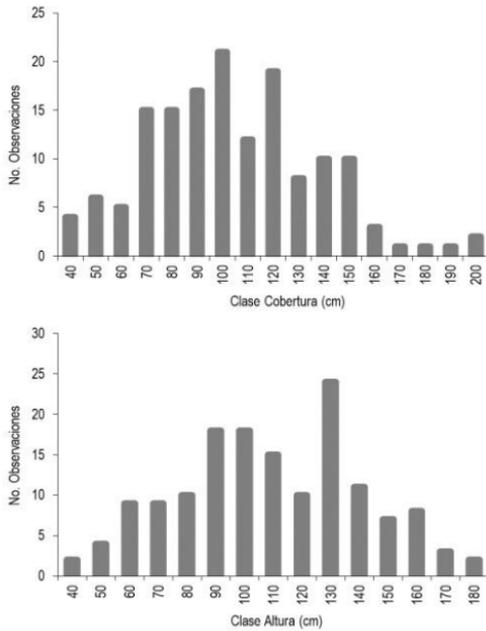


Figura 7. Distribución de la cobertura y altura de las plantas muestra en el estado de Chihuahua.

Las expresiones matemáticas, la estimación de los parámetros y los estadísticos de ajuste de las ecuaciones alométricas aditivas desarrolladas para estimación de peso seco por componente y total de *Lippia graveolens* Kunth colectada en el estado de Chihuahua se muestra en los Cuadros 5 y 6.

Cuadro 3. Ecuaciones alométricas desarrolladas para la estimación del peso seco por componente y peso total de *Lippia graveolens* Kunth colectada en el estado de Chihuahua.

Componente	Modelo	
Hoja seca	$Y_l = \exp (b_0 + b_1 \ln(DC))$	[1]
Ramilla seca	$Y_b = \exp (b_2 + b_3 \ln(DC * H))$	[2]
Peso total	$Y_{total} = \exp(b_0 + b_1 \ln(DC))$ $+ \exp (b_2$ $+ b_3 \ln(DC * H))$	[3]

Dónde: Y_k = peso seco del componente o total (kg), b_j =parámetro j para la estimación de los pesos, DC =diámetro de la cobertura de cada planta (cm), H =altura total de cada planta (cm), exp =exponente, ln =logaritmo natural.

Cuadro 6. Estimación de los parámetros, contrastes de significación aproximados, y estadísticos de bondad de ajuste para las ecuaciones alométricas desarrolladas para la estimación de peso seco por componente y total de *Lippia graveolens* Kunth en el estado de Chihuahua.

Componente	Parámetro	Estimación	Error estándar	t	Prob.		REMC (kg)
					Aprox	R ²	
Hoja seca	b ₀	-10.1356	0.572	-17.72	<.0001	0.7221	0.0224
	b ₁	1.615516	0.1184	13.64	<.0001		
Ramilla seca	b ₂	-12.2773	0.8812	-13.93	<.0001	0.6923	0.1152
	b ₃	1.172998	0.0904	12.98	<.0001		
Peso total						0.7309	0.1278

t = estadístico de t de Student; R² = Coeficiente de determinación; REMC = Raíz del Error Medio Cuadrático.

Para el estado de Coahuila

En el Cuadro 7, se muestran las estadísticas descriptivas por componente (Hoja secas, ramillas secas y peso total) de los individuos muestreados para desarrollar las ecuaciones alométricas para la estimación de la biomasa por componente y/o total de la planta en el estado de Coahuila. En la Figura 9, se muestra la distribución de las dimensiones de la cobertura y la altura de las plantas muestreadas.

Cuadro 7. Resumen descriptivo de la muestra de *Lippia graveolens* Kunth colectada en el estado de Coahuila.

Variable	No. Obs	Media	Std	Min.	Max.
<i>DC (cm)</i>	150	46.8	17.2	8.8	101.5
<i>H (cm)</i>	150	66.5	26.2	12.0	155.0
<i>Hoja seca (kg)</i>	150	0.029	0.026	0.001	0.183
<i>Ramilla seca (kg)</i>	150	0.112	0.110	0.001	0.562
<i>Peso total</i>	150	0.141	0.133	0.002	0.745

Dónde: No. Obs= número de observaciones; Std= desviación estándar; Min= valor mínimo; Max= valor máximo.

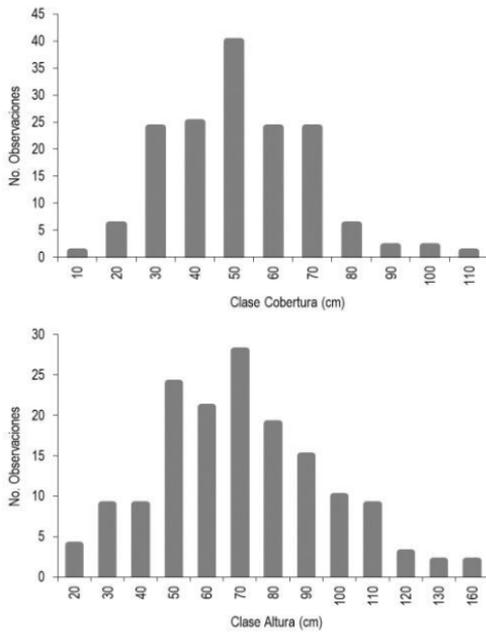


Figura 9. Distribución de la cobertura y altura de las plantas muestra en el estado de Coahuila.

Las expresiones matemáticas, la estimación de los parámetros y los estadísticos de ajuste de las ecuaciones alométricas aditivas desarrolladas para estimación de peso seco por componente y total de *Lippia graveolens* Kunth colectada en el estado de Coahuila se muestra en los Cuadros 8 y 9.

Cuadro 8. Ecuaciones alométricas desarrolladas para la estimación del peso seco por componente y peso total de *Lippia graveolens* Kunth colectada en el estado de Coahuila.

Componente	Modelo	
Hoja seca	$Y_l = \exp(b_0 + b_1 \ln(DC * H))$	[1]
Ramilla seca	$Y_b = \exp(b_2 + b_3 \ln(DC))$	[2]
Total, seco	$Y_{total} = \exp(b_0 + b_1 \ln(DC * H))$ $+ \exp(b_2$ $+ b_3 \ln(DC))$	[3]

Dónde: Y_i = peso seco del componente o total (kg), b_j =parámetro j para la estimación de los pesos, DC =diámetro de la cobertura de cada planta (cm), H =altura total de cada planta (cm), exp =exponente, ln =logaritmo natural.

Cuadro 9. Estimación de los parámetros, contrastes de significación aproximados, y estadísticos de bondad de ajuste para las ecuaciones alométricas desarrolladas para la estimación de peso seco por componente y total de *Lippia graveolens* Kunth en el estado de Coahuila.

Componente	Parámetros	Estimación	Error	t	Prob.	R ²	REMC (kg)
			estándar aprox.		> t		
Hoja seca	b ₀	-12.1097	0.4525	-26.76	<.0001	0.6564	0.0153
	b ₁	1.043709	0.0573	18.2	<.0001		
Ramilla seca	b ₂	-12.5964	0.346	-36.41	<.0001	0.6919	0.0609
	b ₃	2.620882	0.0829	31.61	<.0001		
Total						0.7527	0.0663

t = estadístico de t de Student; R² = Coeficiente de determinación; REMC = Raíz del Error Medio Cuadrático.

Para el estado de Durango

En el Cuadro 10, se muestran las estadísticas descriptivas de las variables y del componente de hoja seca de los individuos muestreados para desarrollar la ecuación alométrica para la estimación de la biomasa de hoja seca de la planta en el estado de Durango. En la Figura 10, se muestra la distribución de las dimensiones de la cobertura y la altura de las plantas muestreadas.

Cuadro 10. Resumen descriptivo de la muestra de *Lippia graveolens* Kunth colectada en el estado de Durango.

Variable	No. Obs	Media	Std	Min.	Max.
<i>DC (cm)</i>	150	89.8	29.1	49.0	141.0
<i>H (cm)</i>	150	108.3	42.1	30.0	150.0
<i>Hoja seca (kg)</i>	150	0.268	0.109	0.120	0.410

Dónde: No. Obs= número de observaciones; Std= desviación estándar; Min= valor mínimo; Max= valor máximo.

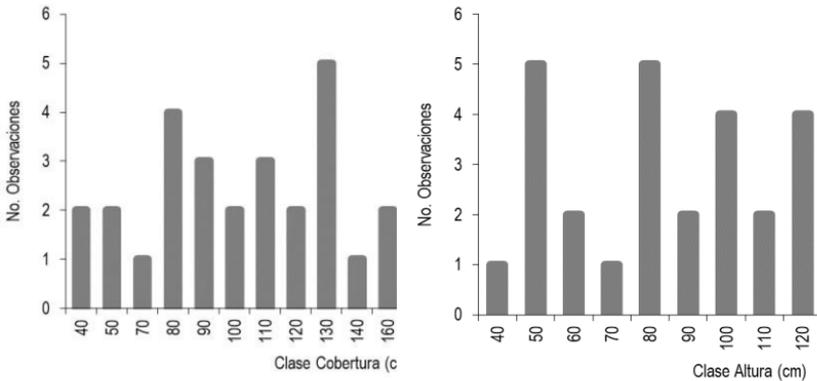


Figura 10. Distribución de la cobertura y altura de las plantas muestra en el estado de Durango.

La expresión matemática, la estimación de los parámetros y los estadísticos de ajuste de la ecuación alométrica desarrollada para la estimación del peso seco de la hoja de *Lippia graveolens* Kunth colectada en el estado de Durango se muestra en los Cuadros 11 y 12.

Cuadro 11. Ecuación alométrica desarrollada para la estimación del peso seco de la hoja de *Lippia graveolens* Kunth colectada en el estado de Durango.

Componente	Modelo
Hoja seca	$Y_l = \exp(b_0 + b_1 \ln(DC))$

Dónde: Y_k = peso seco del componente o total (kg), b_j =parámetro j para la estimación de los pesos, DC =diámetro de la cobertura de cada planta (cm), H =altura total de cada planta (cm), \exp =exponente, \ln =logaritmo natural.

Cuadro 12. Estimación de los parámetros, contrastes de significación aproximados, y estadísticos de bondad de ajuste para las ecuaciones alométricas desarrolladas para la estimación de peso seco de la hoja de *Lippia graveolens* Kunth en el estado de Durango.

Componente	Parámetro	Estimación	Error estándar aprox.	t	Prob. Aprox. > t	R ²	REMC (kg)
Hoja seca	b ₀	-5.87306	1.1229	-5.23	0.0004	0.67	0.0654
	b ₁	1.013638	0.242	4.19	0.0019		

t = estadístico de t de Student; R² = Coeficiente de determinación; REMC = Raíz del Error Medio Cuadrático.

Para el estado de Tamaulipas

En el Cuadro 13, se muestran las estadísticas descriptivas de las variables y del componente de hoja seca de los individuos muestreados para desarrollar la ecuación alométrica para la estimación de la biomasa de la hoja seca de la planta en el estado de Tamaulipas. En la Figura 11, se muestra la distribución de las dimensiones de la cobertura y la altura de las plantas muestreadas.

Cuadro 13. Resumen descriptivo de la muestra de *Lippia graveolens* Kunth colectada en el estado de Tamaulipas.

Variable	No. Obs	Media	Std	Min.	Max.
<i>D (cm)</i>	34	89.3	41.1	37.5	235.0
<i>H (cm)</i>	34	111.4	35.1	64.0	205.0
<i>Hoja seca (kg)</i>	34	0.075	0.129	0.008	0.755

Dónde: No. Obs= número de observaciones; Std= desviación estándar; Min= valor mínimo; Max= valor máximo.

La expresión matemática, la estimación de los parámetros y los estadísticos de ajuste de la ecuación alométrica desarrollada para la estimación de peso seco de la hoja de *Lippia graveolens* Kunth colectada en el estado de Tamaulipas se muestra en los Cuadros 14 y 15.

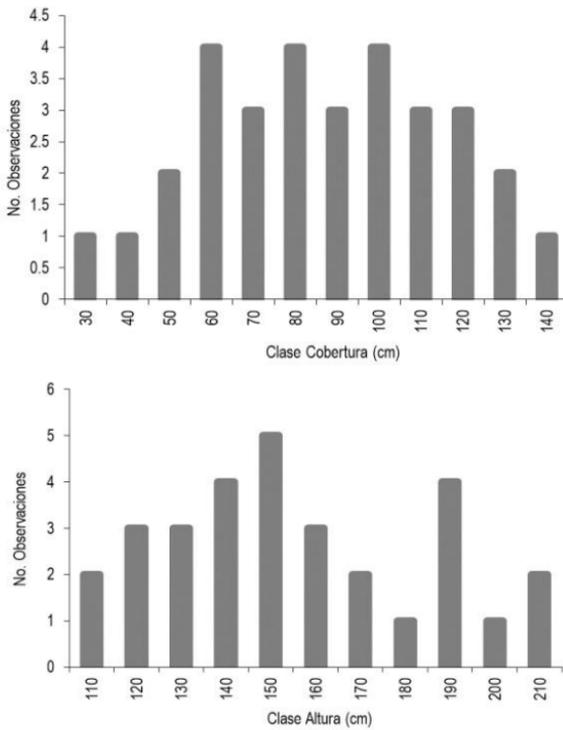


Figura 11. Distribución de la cobertura y altura de las plantas muestra en el estado de Tamaulipas.

Cuadro 14. Ecuación alométrica desarrollada para la estimación del peso seco de la hoja de *Lippia graveolens* Kunth colectada en el estado de Tamaulipas.

Componente	Modelo
Hoja seca	$Y_l = \exp(b_0 + b_1 \ln(DC))$

Dónde: Y_l = peso seco del componente o total (kg), b_j =parámetro j para la estimación de los pesos, DC =diámetro de la cobertura de cada planta (cm), H =altura total de cada planta (cm), exp =exponente, ln =logaritmo natural.

Cuadro 15. Estimación de los parámetros, contrastes de significación aproximados, y estadísticos de bondad de ajuste para la ecuación alométrica desarrollada para la estimación de peso seco de la hoja de *Lippia graveolens* Kunth en el estado de Tamaulipas.

Componente	Parámetro	Estimación	Error estándar	t	Prob.	
					Aprox	R ²
Hoja seca	b ₀	-17.8782	1.1208	-15.95	<.0001	0.9084
	b ₁	3.215424	0.2097	15.34	<.0001	0.0396

t = estadístico de t de Student; R² = Coeficiente de determinación; REMC = Raíz del Error Medio Cuadrático.

Para el estado de Zacatecas

En el Cuadro 16, se muestran las estadísticas descriptivas por componente (Hoja secas, ramillas secas y peso total) de los individuos muestreados para desarrollar las ecuaciones alométricas para la estimación de la biomasa por componente y/o total de la planta en el estado de Zacatecas. En la Figura 12, se muestra la distribución de las dimensiones de la cobertura y la altura de las plantas muestreadas.

Cuadro 16. Resumen descriptivo de la muestra de *Lippia graveolens* Kunth colectada en el estado de Zacatecas.

Variable	No. Obs	Media	Std	Min.	Max.
<i>D (cm)</i>	150	49.9	20.5	10.5	125.0
<i>H (cm)</i>	150	87.9	37.5	27.0	250.0
<i>Hoja seca (kg)</i>	150	0.030	0.026	0.045	0.184
<i>Ramilla seca (kg)</i>	150	0.114	0.125	0.120	0.825
<i>Peso total (kg)</i>	150	0.145	0.147	0.100	1.009

Dónde: No. Obs= número de observaciones; Std= desviación estándar; Min= valor mínimo; Max= valor máximo.

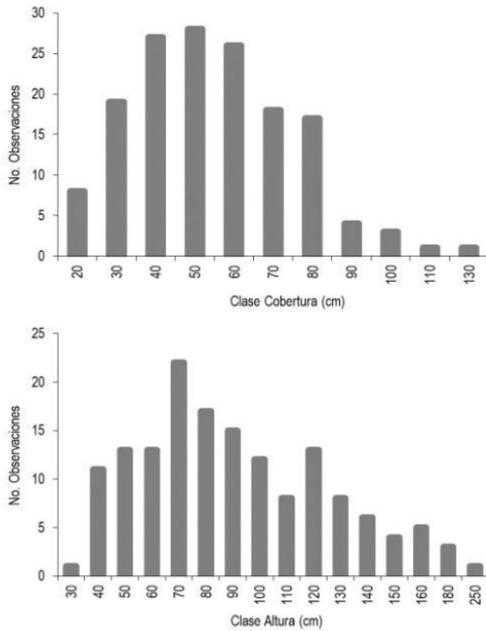


Figura 12. Distribución de la cobertura y altura de las plantas muestra en el estado de Zacatecas.

Las expresiones matemáticas, la estimación de los parámetros y los estadísticos de ajuste de las ecuaciones alométricas aditivas desarrolladas para estimación de peso seco componente y total de *Lippia graveolens* Kunth colectada en el estado de Zacatecas se muestra en los Cuadros 17 y 18.

Cuadro 17. Ecuaciones alométricas desarrolladas para la estimación del peso seco por componente y peso total de *Lippia graveolens* Kunth colectada en el estado de Zacatecas.

Componente	Modelo	
Hoja seca	$Y_l = \exp(b_0 + b_1 \ln(DC * H))$	[1]
Ramilla seca	$Y_b = \exp(b_2 + b_3 \ln(DC))$	[2]
Peso total	$Y_{total} = \exp(b_0 + b_1 \ln(DC * H))$ $+ \exp(b_2$ $+ b_3 \ln(DC))$	[3]

Dónde: Y_k = peso seco del componente o total (kg), b_j =parámetro j para la estimación de los pesos, DC =diámetro de la cobertura de cada planta (cm), H =altura total de cada planta (cm), exp =exponente, ln =logaritmo natural.

Cuadro 18. Estimación de los parámetros, contrastes de significación aproximados, y estadísticos de bondad de ajuste para las ecuaciones alométricas desarrolladas para la estimación de peso seco por componente y total de *Lippia graveolens* Kunth en el estado de Zacatecas.

Componente	Parámetros	Estimación	Error estándar	t	Prob.	
					Aprox.	R ²
Hoja seca	b ₀	-12.0215	0.4202	-28.61	<.0001	0.7187
	b ₁	1.000976	0.0491	20.37	<.0001	0.0122
Ramilla seca	b ₂	-11.2858	0.3466	-32.56	<.0001	0.6144
	b ₃	2.254145	0.0837	26.92	<.0001	0.0691
Peso total						0.6791

t = estadístico de t de Student; R² = Coeficiente de determinación; REMC = Razón del Error Medio Cuadrático.

Ejemplo práctico de la aplicación de las ecuaciones alométricas:

Para estimar la biomasa de hoja (hoja seca) de orégano en el estado de Durango, sería como se explica a continuación. Supongamos que una planta orégano tiene una cobertura (DC) de 130 cm y una altura de 150 cm; y si quisiéramos saber la biomasa de la hoja seca, se aplicaría la ecuación de hoja seca, como se muestra de la siguiente manera:

Información dasométrica: $H = 150 \text{ cm}$; $DC = 130 \text{ cm}$

Ecuación para estimar la biomasa de hoja seca:

$$Y_l = \exp(b_0 + b_1 \ln(DC))$$

se sustituyen las variables con los valores del Cuadro 12 para el caso del estado de Durango;

$$Y_l = \exp(-5.87306 + 1.013638 \ln((130)))$$

$Y_l = 0.39096 \text{ kg}$; de biomasa de hoja seca dadas las condiciones de la planta.

En el Cuadro 19 se muestra los predios por estado donde se llevó a cabo el muestreo.

Cuadro 19. Municipios y predios en donde se llevó a cabo el muestreo en los estados de Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Tamaulipas y Zacatecas.

Estado	Municipio	Predio
Baja California Sur	La Paz	Ejido La Trinidad
		Mesa del Molino
	Los Cabos	Ejido Santiago La Cantería
Chihuahua	Saucillo	Las Mercedes
		Las Varas 2
Coahuila	Parras	San Rafael de los Taray
		El Amparo
	Ramos Arizpe	El Sacrificio
	General Cepeda	Dos de Abril Las Cuatas
Durango	Mezquital	El Troncón
		Acatita
		San Fco. Del Malpaís
	Nombre de Dios	El Venado
	Rodeo	Santa Isabel del Resbalón
		Las animas
		Amoles
		Benito Juárez
		10 de abril
		Nazas
Las Adjuntas		
J. Guadalupe Rodríguez		
San Luis del Cordero	San Luis del Cordero	
	El Tepalcateño	
Cuencamé	Cuatillos	
	Velardeña	
Tamaulipas	Jiménez	Ejido La Independencia
		P.P. San Fernando

Estado	Municipio	Predio
		Ejido Nogales
		Ejido Padrón y Juárez - La Puente
	Ocampo	N.C.P.A. Lorenzo Vargas Ejido El Chamal Viejo
	Antiguo Morelos	Ejido San Isidro del Poniente Ejido México Libre-La Roncha Ejido Emiliano Zapata Ejido Las Flores
	Jaumave	Ejido San Lorencito Ejido Francisco I. Madero Ejido El Carrizo Ejido El Higüero Ejido Gustavo Cáceres- La Granja Ejido José María Morelos-El Nopal Ejido San Juanito Ejido Matías García- Pedro de los Saldaña P.P. Innominado Ejido Jaumave Ejido Rancho Nuevo Ejido San José de Salamanca Ejido San Vicente Ejido La Reforma
	Llera	N.C.P. Las Tortugas
	Palmillas	P.P. Innominado
	Miquihuana	Ejido La Perdida

Estado	Municipio	Predio
	Bustamante	Ejido Joya de Herrera
		P.P. El colorado
		Ejido San Pablo
	Tula	Ejido Miguel Hidalgo
		Ejido Magdaleno
		Cedillo-El Coronel
		Ejido El Gavial
	Casas	Compañía Ganadera
		San Francisco
		P.P. Rancho el veinte
		P.P. El Carrizo
		P.P. El Cristalino
	Güémez	Ejido Villa de Güémez
Zacatecas	Valparaíso	San Rafael de las Tablas
	Mazapil	Francisco Villa
		La Pendencia
		San Juan de los Charcos
		El Tigre

6. MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA ESPECIE

Los modelos de distribución potencial de las especies son de gran relevancia en la actualidad ya que emplean información característica del sitio y registros de su presencia. El principio de máxima entropía trata de encontrar aquellas zonas del terreno en las cuales se encuentran las condiciones óptimas para que las especies sobrevivan, mostrando una aproximación de su distribución que es útil en áreas de la conservación como la biología y la biogeografía (Phillips *et al.*, 2006). La importancia de los modelos de nicho ecológico, así como los mapas de distribución y su proyección al espacio geográfico son importantes en ecología, puesto que por medio de estas herramientas es posible conocer los requerimientos ecológicos de las especies (Leal-Nares *et al.*, 2012), y otras zonas con condiciones climáticas similares que puedan favorecer su establecimiento. Lo anterior puede ser aplicado tanto a especies de zonas boscosas, tropicales o zonas áridas, en especial especies endémicas o en algún grado de riesgo. Sin embargo, la aplicación de los modelos de distribución en el manejo de especies de importancia económica es de gran relevancia, por ubicar áreas o regiones con diferentes grados de potencial productivo, en este caso las áreas de mayor potencial son las más atractivas para el establecimiento de áreas de conservación y plantaciones forestales o programas de reforestación de *Lippia graveolens* Kunth. A pesar de que los modelos de distribución pueden ser muy robustos en la ubicación de sitios potenciales, se recomienda considerar terrenos con condiciones

de suelo y relieve similares a zonas donde la especie se desarrolla de manera natural.

La Figura 13 muestra el mapa del área de distribución potencial de *Lippia graveolens* Kunth, el cual fue construido por los autores de este documento utilizando variables bioclimáticas como predictores, lo que resulta en áreas que son climáticamente adecuadas para el desarrollo la especie. El mapa cuenta con una escala de idoneidad que va desde 0 a 1 (cero es inexistencia de condiciones adecuadas para la especie y 1 es presencia de condiciones óptimas). Posteriormente, se reclasificaron estos valores mediante el procedimiento estadístico de Método de Cuantiles Relativos (INEGI, 2010), para obtener las regiones de clases de idoneidad ambiental de potencial Bajo, Media y Alta. Entendiéndose por “Alta” aquellas áreas donde existen las mejores condiciones climáticas para la especie.

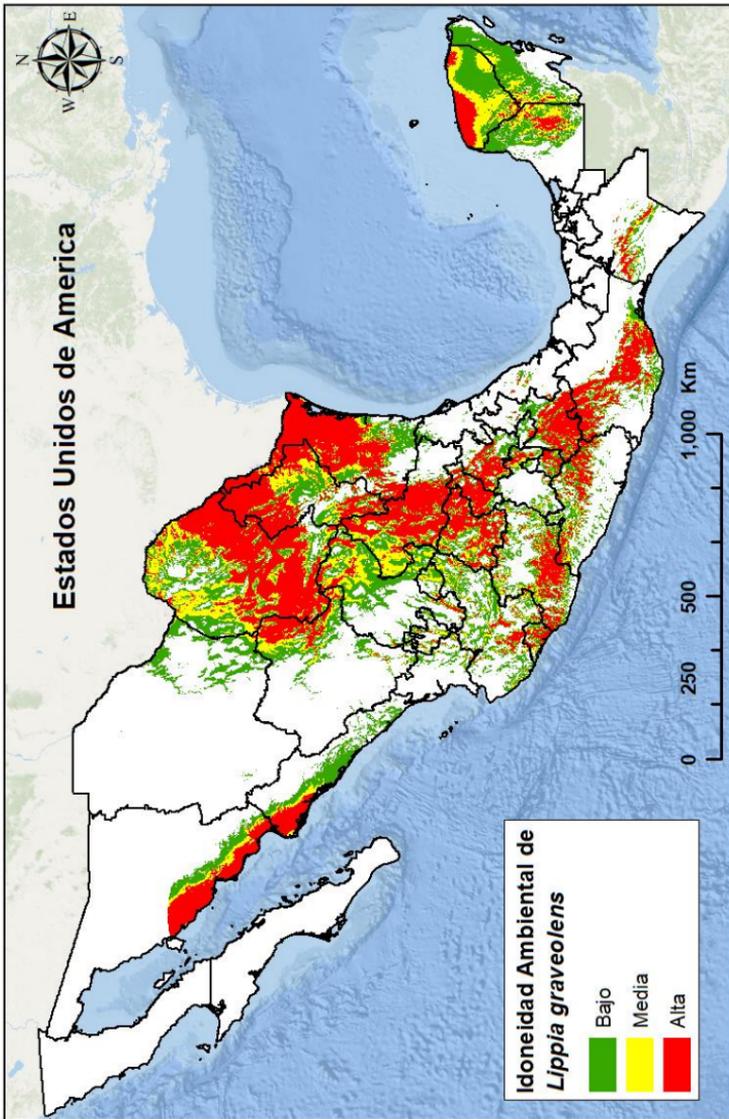


Figura 13. Clases de idoneidad ambiental para *Lippia graveolens* Kunth generadas a partir de modelos de distribución potencial.

7. CONCLUSIONES

El aprovechamiento del orégano es una actividad económica importante para las familias de las zonas rurales; sin embargo, las poblaciones naturales están degradadas y es necesario integrar los conocimientos técnicos actualizados en establecimiento de plantaciones forestales comerciales, producción sustentable, cuidado de la diversidad genética de las especies.

Incluir un apartado dentro de los programas de manejo simplificados para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables donde se desarrolle la descripción de la metodología del inventario forestal que atiendan las mismas especificaciones que se mencionan en la NOM-152-SEMARNAT-2006 para los recursos forestales maderables.

Dentro del proceso de muestreo destructivo, es necesario mencionar que los bajos rendimientos o producción de follaje de las plantas de orégano, se debe en gran medida a la ausencia de lluvias en el presente año. En general, muchas especies forestales no maderables comerciales que se desarrollan en el estado de Tamaulipas no obtuvieron el desarrollo deseable. Es por ello que es recomendable realizar una segunda evaluación o muestreo para la obtención de rendimientos en un año con presencia de lluvias abundantes para realizar una mejor comparación de producción de follaje.

Las ecuaciones alométricas de biomasa de *Lippia graveolens* Kunth, generadas por estado, constituyen una herramienta útil para estimar con precisión la biomasa de la especie en los

avisos de aprovechamiento, asegurando un menor sesgo en las estimaciones totales.

El mapa de distribución potencial del *Lippia graveolens* Kunth, presentado en este documento representa un esquema gráfico de áreas o regiones con diferente grado de potencial productivo, para el establecimiento de áreas de conservación y programas de reforestación de la especie.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Murillo, X., Valle-Meza, G. González-Rosales, G., Murillo-Amador, B. 2013. Guía de cultivo de orégano. Edit. Centro de Investigaciones de Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México. 106 p.
- Berlanga R., C. A., L. A. González L. y H. Franco L. 1992a. Metodología para la evaluación y manejo de lechuguilla en condiciones naturales. Campo Experimental "La Sauceda". CIRNE. INIFAP. Folleto Técnico Núm. 1. Saltillo, Coahuila, México. 22 p.
- Casillas-Alcalá, C. 1992. El orégano en México: panorama del primer exportador mundial, Tlaquepaque, Jalisco: ITESO
- Gadow, K. and Hui, G. 1999. Modelling forest development (Vol. 57). Springer Science & Business Media.
- Granados-Sánchez, D., M. Martínez-Salvador, G. F. López-Ríos, A. Borja-De la Rosa y G. A. Rodríguez-Yam. 2013. Ecología, aprovechamiento y comercialización del orégano (*Lippia graveolens* Kunth.) en Mapimí, Durango. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 19(2): 305-321.
- Huerta, C. 1997. Orégano mexicano: oro vegetal. CONABIO. Biodiversitas, 15:8-13.
<https://www.biodiversidad.gob.mx/Biodiversitas/Articulos/biodiv15art2.pdf> Consultado en julio de 2019.
- LGDFS. 2021. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada 26-04-2021.
- López B. L. A. 2005. El sotol en Coahuila, potencialidades y limitaciones. Capítulo 3. In: Contreras D., C. e I. Ortega R. 2005. Bebidas y Regiones: Historia e impacto de la cultura etílica en México. Plaza y Valdés, S.A de C.V. 200p.
- Madrigal Collazo, A. 1994. Ordenación de montes arbolados.
- Martínez B., O. U., G. Medina G., C. Loredó O., M. Espinosa R., M. M. Silva S., H. de la Fuente S., R. Gutiérrez L., S. Beltrán L. y F. Moreno S. 2010. Propuesta de ordenamiento productivo de las regiones áridas y semiáridas del estado de Coahuila. Centro de

Investigación Regional Noreste. Campo Experimental Saltillo. CIRNE-INIFAP. Saltillo, Coahuila, México. Publicación Especial No. 15. 81 p.

- Orona C., I., A. J. Salvador A., J. J. Espinoza A. y C. Vázquez. 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.
- Quiroz V., J. C., M. Reyes L., J. G. García O., A. Salazar B., B. E. Bazán C. y J. L. Hernández M. 2016. Factores climáticos, geográficos y fisiográficos que contribuyen a la distribución potencial del orégano (*Lippia* spp.) en México. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. 69: 21-25.
- Ramos B., G. E. 2015. Análisis de la viabilidad del aprovechamiento de especies forestales no maderables en el Ejido San Miguel, Municipio de Ramos Arizpe, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Departamento Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo Coahuila, México. 77 p.
- RLGDFS. 2020 reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada 09-12-2020.
- SAS Institute. 2009. SAS Proprietary Software Version 9.3. SAS Institute, Cary, NC.
- Villavicencio G., E. E., A. Cano P. y X. García C. 2010. Metodología para determinar las existencias de orégano (*Lippia graveolens* Kunth) en rodales naturales de Parras de La Fuente, Coahuila. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 42. ISBN: 978-607-425-295-8. Saltillo, Coahuila. 42 pp.
- Villavicencio G., E. E., R. Casique V., I. H. Almeyda L. y A. Cano P. 2009. Características fisicoquímicas de la hoja seca de orégano en poblaciones naturales de tres municipios del estado de Coahuila. IV RNIAF. Saltillo, Coahuila, México. 345 p.

Villavicencio-Gutiérrez, E. E., A. Hernández-Ramos, C. N. Aguilar-González y X. García-Cuevas. 2018. Estimación de la biomasa foliar seca de *Lippia graveolens* Kunth del sureste de Coahuila. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 9(45): 187-207.

9. GLOSARIO

Ecuación alométrica. Fórmula matemática que representa la relación entre la biomasa y el diámetro o la altura de la planta y permite realizar predicciones con bajos requerimientos de datos.

Manejo forestal sustentable. Es el proceso que comprende el conjunto de acciones y procedimientos que tienen por objeto la ordenación, el cultivo, la protección, la conservación, la restauración y el aprovechamiento de los recursos y servicios ambientales de un ecosistema forestal, considerando los principios ecológicos, respetando la integralidad funcional e interdependencia de recursos y sin que disminuya o ponga en riesgo la capacidad productiva de los ecosistemas y recursos existentes en la misma.

Norma Oficial Mexicana. La regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes, que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación.

Regeneración. Capacidad natural del bosque para reproducirse o capacidad de un organismo vivo para recuperar por sí mismo sus partes perdidas o dañadas.

Reforestación. Establecimiento inducido de vegetación forestal en terrenos forestales

Rodalización. Proceso que consiste básicamente en definir los rodales que tiene en un área, entendiendo como rodal el espacio continuo en el que la disposición de la vegetación dominante responde a unas mismas características en cuanto a su grado de cubierta, composición específica, regularidad, tamaño de los individuos, densidad y patrón de distribución de estos caracteres.

10. SIGLAS Y ACRÓNIMOS

CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal.
INIFAP y Pecuarias.	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
ITES	Instituto Tecnológico de El Salto.
LFPA	Ley Federal de Procedimiento Administrativo.
LGDFS	Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
LGEEPA Ambiente.	Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
LGVS	Ley General de Vida Silvestre.
NOMs	Normas.
RLGDFS Sustentable.	Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
UAAAN	Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
UACH	Universidad Autónoma de Chihuahua.
UANL	Universidad Autónoma de Nuevo León.
UJED	Universidad Juárez del Estado de Durango.



Fondo
CONACYT
CONAFOR

**Fondo Sectorial para la
Investigación, el Desarrollo y la
Innovación Tecnológica Forestal**



CONAFOR
COMISIÓN NACIONAL FORESTAL



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología