



Fondo
CONACYT
CONAFOR



UJED
Universidad Juárez
del Estado de Durango



CONAFOR



CONACYT



iniap
Instituto Nacional de Investigaciónes
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Mejores prácticas de manejo y ecuaciones alométricas de biomasa de *Euphorbia* *antisiphilitica* Zucc., en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León y Zacatecas



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

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 *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León 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 *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., por la extracción de la cera. 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 *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León 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.....	8
2.1. Procedimientos legales para el aviso de aprovechamiento forestal no maderable de <i>Euphorbia antisyphilitica</i> Zucc.....	8
2.2. Leyes y normas	10
3. INVENTARIO FORESTAL CON FINES DE MANEJO	20
3.1. Técnicas de muestreo para la evaluación de las poblaciones naturales de la especie	20
4. MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO	24
4.1. Mejoras en las técnicas de aprovechamiento de la especie	24
4.2. Mejoras en las técnicas de extracción y beneficio del producto final	27
4.3. Reforestaciones con fines de enriquecimiento de rodales	30
5. ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE BIOMASA	34
5.1. Ecuaciones por estado	40
6. MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA ESPECIE	63
7. CONCLUSIONES.....	66
8. BIBLIOGRAFÍA.....	68
9. GLOSARIO	72
10. SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	73

1. INTRODUCCIÓN

La candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) es una especie endémica de las regiones semidesérticas de Chihuahua, Coahuila, Durango, Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas. Crece en laderas con suelo calcáreo, de origen aluvial, someros (menor a 25 cm), de textura franco-arenosa, poco profundos, pedregosos, con buen drenaje, ricos en carbonato de calcio y pobres en nitrógeno, con un pH entre 7.4 a 8.4. Es abundante en sitios con altitudes de 700 a 1200 m, con pendientes de 1 a 3 %, en donde contribuye a la prevención de la erosión edáfica (CONABIO, 2009). Esta planta es un arbusto perenne, con tallos cilíndricos, densamente compactos, erectos, recubiertos de cera, con apariencia de pequeñas velas, sin hojas y en temporada de lluvias se llena de flores pequeñas. Los arbustos llegan a tener un diámetro aproximado a 90 cm, la raíz es pequeña; aunque una planta de tamaño moderado puede desarrollar más de 100 tallos de color verde grisáceo, con dimensiones típicas de 30-60 cm de largo y de 0.1-1.0 cm de diámetro (Romahn, 1992; IC, 2008; Taller Nacional de Candelilla, 2008).

La cera de candelilla constituye un producto forestal no maderable de gran importancia económica para las comunidades rurales de las zonas áridas y semiáridas del noreste México, ya que en algunos casos es la única fuente de ingresos para las familias de las comunidades desérticas (Zamora-Martínez *et al.*, 2013). Aunque, esta especie presenta

una amplia distribución en México, su aprovechamiento es arraigado, principalmente en el Desierto Chihuahuense, conformado por los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas (Canales *et al.*, 2006; Arato *et al.*, 2014). De acuerdo con la SEMARNAT (2016), el estado de Coahuila es el de mayor producción a nivel nacional, con 782 toneladas de cera de candelilla que equivalen a una aportación de cerca de \$64,143,680.00 anuales.

El aprovechamiento de la candelilla se realiza en poblaciones silvestres, en donde los individuos se arrancan con la mano, lo cual destruye la estructura de la corona o cuello y una parte de las raíces, este procedimiento se realiza de manera tradicional, sin embargo, puede conducir al mal manejo del aprovechamiento y conservación de la especie. La reproducción de la *Euphorbia antisyphilitica* Zucc, es asexual, si se dejan las raíces, los individuos pueden rebrotar, específicamente si la recolección se efectúa durante la temporada de secas (Ochoa-Reyes *et al.*, 2010). Debido a la práctica de extracción de la planta la densidad de las poblaciones se ha visto disminuida considerablemente, razón por la cual es importante hacer propuestas de mejoras en el manejo de este recurso ya que se está perdiendo diversidad genética de la especie y calidad en cuanto a la producción de cera.

2. LEGISLACIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO FORESTAL DE LA ESPECIE

2.1. Procedimientos legales para el aviso de aprovechamiento forestal no maderable de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc.

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 y fecha de la autorización en materia de impacto ambiental. El procedimiento y requisitos para la obtención del código de identificación para el aprovechamiento de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., se muestran en la Figura 1.

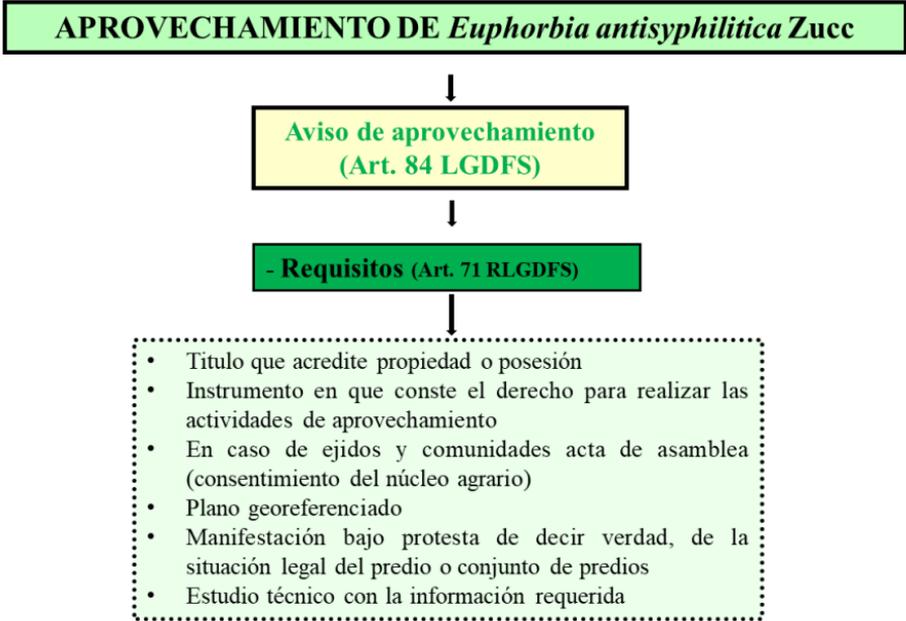


Figura 1. Requisitos que debe contener el aviso de aprovechamiento de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., en México.

2.2. Leyes y normas

Leyes vigentes

La legislación vigente que se describe a continuación regula el aprovechamiento de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc.

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, 12, 14, 18, 27, 30, 32, 33, 34,</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>38, 71, 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 interés públicos ante una Administración</p>	<p>1, 15, 15-A, 17-A, 19 y 43.</p>

Leyes y Reglamentos	Artículos
<p>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 *Euphorbia antisyphilitica* Zucc.

NOM-018-REC NAT-1999

Apartado	Especificaciones
Disposiciones generales del aprovechamiento	<p>Los interesados en aprovechar la hierba de candelilla deberán presentar por escrito en original y dos copias simples, ante la Delegación Federal de la Secretaría en la entidad correspondiente, un aviso de aprovechamiento de hierba de candelilla con fines comerciales el cual tendrá una validez hasta por cinco años y, a solicitud del interesado, podrá tener una vigencia menor. La Secretaría deberá acusar recibo del aviso de aprovechamiento de la hierba de candelilla con fines comerciales que el interesado presente. El aviso de aprovechamiento de la hierba de candelilla con fines comerciales deberá contener la siguiente información y documentos:</p> <p>a) Nombre, denominación o razón social y domicilio fiscal del interesado;</p>

Apartado	Especificaciones
	<p>b) Nombre, denominación o razón social y clave de inscripción en el Registro Forestal Nacional de la persona física o moral responsable de la elaboración del aviso de aprovechamiento de la hierba de candelilla con fines comerciales y de dirigir la ejecución del aprovechamiento;</p> <p>c) Denominación, en su caso, y ubicación del predio, así como la superficie a aprovechar;</p> <p>d) Producto a obtener, así como la superficie en hectáreas y la cantidad en kilogramos o toneladas por aprovechar anualmente;</p> <p>e) Estimación de la existencia real de la hierba de candelilla en la superficie por aprovechar;</p> <p>f) Diagnóstico general sobre la caracterización física, biológica y ecológica del predio;</p> <p>g) El periodo de recuperación al que quedarán sujetas las áreas intervenidas, el cual deberá realizarse bajo el comportamiento de reproducción</p>

Apartado	Especificaciones
	<p>y desarrollo de la hierba de candelilla;</p> <p>h) Labores y prácticas para fomentar la regeneración de la hierba de candelilla, a fin de garantizar la persistencia del recurso;</p> <p>i) Medidas de prevención y control de incendios, plagas y enfermedades forestales;</p> <p>j) Medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales negativos que pudiera ocasionar el aprovechamiento, incluyendo las del suelo y el agua durante las distintas etapas, así como por suspensión o terminación anticipada;</p> <p>k) En su caso, el número de oficio y fecha de expedición de la autorización de la manifestación de impacto ambiental o del informe preventivo;</p> <p>l) Copia simple del título de propiedad y original para su cotejo o copia certificada, inscrito en el Registro Público de</p>

Apartado	Especificaciones
	<p>la Propiedad de la entidad federativa de que se trate o en el Registro Agrario Nacional, según corresponda; o del instrumento en que conste el derecho para realizar las actividades de aprovechamiento, con una vigencia igual o mayor a la establecida en el aviso de aprovechamiento de la hierba de candelilla con fines comerciales. En caso de ejidos y comunidades, se deberá presentar además original o copia autógrafa del acta de asamblea inscrita en el Registro Agrario Nacional, donde conste el consentimiento para realizar el aprovechamiento, y;</p> <p>m) Plano o croquis de localización del predio y de las áreas que estarán bajo aprovechamiento.</p> <p>El aprovechamiento de la hierba de candelilla quedará sujeto a los siguientes criterios y especificaciones técnicas:</p> <p>a) La madurez de cosecha se identificará cuando los macollos</p>

Apartado	Especificaciones
	<p>o plantas han alcanzado un diámetro mayor de 25 cm y una altura mínima de 30 cm;</p> <p>b) Dejar distribuido en el área de aprovechamiento, sin intervenir como mínimo el 20% de la población en la etapa de madurez reproductiva para propiciar su regeneración;</p> <p>c) Cuando en las áreas bajo aprovechamiento no se presente la regeneración natural, se deberán realizar trabajos de reforestación con hierba de candelilla;</p> <p>d) El área aprovechada no deberá ser intervenida nuevamente si la población no ha alcanzado su madurez de cosecha;</p> <p>e) La Secretaría, por conducto de sus Delegaciones Federales con base en los avisos de aprovechamiento de la hierba de candelilla con fines comerciales e informes presentados, determinará las áreas de los predios en las que deberá suspenderse temporalmente el</p>

Apartado	Especificaciones
	<p>aprovechamiento, para permitir la recuperación del recurso.</p>
<p>Transporte y almacenamiento del cerote.</p>	<p>El titular del aviso de aprovechamiento de la hierba de candelilla con fines comerciales, acreditará el transporte y almacenamiento del cerote, con un aviso de aprovechamiento que éste expida a favor de la persona física encargada de realizar estas actividades, el que contará con los requisitos siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> I. Número progresivo, fecha de expedición y fecha de vencimiento; II. Nombre y clave del Registro Federal de Contribuyentes del titular del aviso de aprovechamiento de la hierba de candelilla con fines comerciales; III. Entidad federativa, municipio y denominación del predio del que procede el producto; IV. Cantidad en kilogramos o toneladas que ampara el aviso de aprovechamiento; V. Código de identificación proporcionado por la Secretaría, y

Apartado	Especificaciones
	VI. Firma del titular del aviso de aprovechamiento de la hierba de candelilla con fines comerciales.

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 *Euphorbia antisiphilitica* Zucc., 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 *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., 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 *Euphorbia antisyphilitica* Zucc:

- 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 m² (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%, dependiendo de varios factores; 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 al diagnóstico de cómo se aprovecha actualmente la especie de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León 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” y estas son propuestas por el grupo de investigadores de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

4.1. Mejoras en las técnicas de aprovechamiento de la especie

Para el aprovechamiento de la candelilla se requiere de un aviso de aprovechamiento y su aprovechamiento es similar, ya que en estos estados se extrae el mismo producto (cera). Por lo regular, la tasa de aprovechamiento de esta especie es muy variada, debido a las condiciones de densidad, tamaños, crecimiento y condiciones de sitio donde se desarrollan de forma natural; aunado a ello, la forma actual de manejo es

ineficiente, debido a que la planta no alcanza su crecimiento máximo en el turno que se le da a la especie.

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

- Establecer un periodo de aprovechamiento no menor a 5 años para alcanzar una recuperación total en densidad y biomasa dentro de la superficie aprovechada.
- La reproducción de la candelilla por semilla no es recomendable debido a la dificultad para su recolección, así como por su lento desarrollo. Sin embargo, la planta presenta características propias que facilitan su propagación vegetativa mediante tallos y raíces.
- Se propone realizar la extracción de la planta en forma parcial, no más del 80% del individuo aprovechable, para asegurar la regeneración a partir de la planta residual.
- Además, se debe de aprovechar solo la parte aérea de la planta, para que la raíz presente un mayor número de rebrotes y asegure una significativa recuperación en densidad de plantas y en biomasa en el menor tiempo posible, y lograr por lo tanto un manejo forestal sostenible.
- Es recomendable que el proceso de aprovechamiento de la planta de candelilla se lleve a cabo durante los meses secos o invernales, debido a que es la temporada en la que reduce su contenido de humedad y tiene mayor

producción de cera; es sugerible que dicha condición quede claramente establecida en normas y reglamentos.

- Se sugiere hacer un corte vertical que la divida en dos porciones iguales y cortar también la raíz (Figura 2). Lo anterior es para lograr arrancar solo la mitad de la misma dejando en su sitio la otra mitad. Para permitir una adecuada regeneración de la especie en un período de dos a tres años, dependiendo de las condiciones climáticas de la localidad. Pasado ese tiempo (2 a 3 años) se separará mediante el mismo sistema el 50% restante dejando en su sitio la porción regenerada y así sucesivamente.
- Aprovechar las plantas cuando hayan alcanzado un diámetro mayor de 25 cm y altura mínima de 30 cm; no intervenir el 30% (mínimo) de la población que se encuentre en la etapa de madurez reproductiva para propiciar la regeneración.



Figura 2. Corte vertical de la *Euphorbia antisiphilitica* Zucc.

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

El proceso tradicional de extracción de cera se realiza mediante su quema y se realiza aplicando ácido sulfúrico (Figura 3). La venta de cera por los productores se realiza en forma de cerote, siendo esta la forma más simple de procesamiento de la cera y que representa el menor valor agregado del producto, lo que se transforma en el menor ingreso económico para los recolectores de candelilla (Figura 4).

Actividades complementarias para mejorar la extracción y beneficio del producto final:

- Evitar la extracción de la candelilla durante las primeras lluvias de verano, pues ejercen un efecto negativo sobre la producción de cera y favorecen el desarrollo de la planta de la cual debe utilizarse el 50%.
- Una vez extraída la candelilla, se recomienda almacenar la planta por un periodo de 10 a 20 días, con el objetivo de eliminar la humedad hasta en un 10 % y paralelamente, se logra obtener un mayor beneficio, puesto que la extracción de la cera se incrementa en un 30%.
- Se recomienda cambiar la solución de ácido sulfúrico, por otra menos tóxica, como es el caso de ácido cítrico, el cual hasta donde se tiene conocimiento, realiza las mismas funciones que el ácido sulfúrico para extraer la cera, además, se obtiene un producto con menos contaminantes.
- Se recomienda que los productores primarios realicen un proceso de refinado a la cera para eliminar impurezas que devalúan su valor, este proceso consta de operaciones de beneficio de corte químico-industrial transformando un producto rudimentario en la materia prima de las fábricas industriales avanzadas.



Figura 3. Obtención de la cera de la *Euphorbia antisiphilitica* Zucc.



Figura 4. Cerote para venta de *Euphorbia antisiphilitica* Zucc.

4.3. Reforestaciones con fines de enriquecimiento de rodales

La *Euphorbia antisiphilitica* Zucc., es una especie de fácil reproducción, principalmente de forma asexual, de manera que el establecimiento y manejo de reforestaciones de esta especie es una excelente opción para mantener la sustentabilidad de las áreas donde ha sido aprovechada forma intensiva. Las reforestaciones con fines de enriquecimiento de rodales, evitan que el productor tenga que hacer recorridos más largos para la colecta del recurso, lo cual tiene un impacto positivo principalmente en la eficiencia de su aprovechamiento, 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. Estos lugares poseen suelos regularmente poco profundos con

pendientes suaves o bien suelos planos ligeramente pedregosos con buenas condiciones de drenaje y libres de salinidad. Los pasos a seguir para la reforestación con fines de enriquecimiento de rodales de *Euphorbia antispyhilitica* Zucc., se describen a continuación:

- 1. Colecta de semillas, tallos y rizomas con tallos.** La colecta tanto de semilla como de tallos se debe hacer entre los meses de marzo y junio, ya que es el periodo en el que la germinación se puede presentar de formas mucho más rápida, en un periodo de entre 7 y 10 días después de la siembra (Villa *et al.*, 2010). La producción de planta de esta especie en vivero también se realiza por reproducción asexual, por lo que la colecta de material se dirige a muestras de tallos y raíces con sus brotes de tallos, el cual se hace en el mismo periodo que la colecta de semilla, ya que es cuando las condiciones de luz y temperatura favorecen su crecimiento.
- 2. Siembra.** La siembra se debe realizar en almácigos o recipientes de 10x20 cm, con un sustrato con buena filtración. Durante el periodo de emergencia de planta, los riegos deben ser ligeros y cada tercer día. Después se deben ir espaciando hasta hacerlos sólo una o dos veces por semana (Villa *et al.*, 2010). Esto se hace con el fin de que la planta pueda adaptarse fácilmente al terreno de plantación y las condiciones del mismo.
- 3. Trasplante.** Cuando la planta haya alcanzado unos 15 centímetros de altura se debe trasplantar a envases de 10x20 cm donde deberán permanecer hasta alcanzar los

30 centímetros de altura y un buen sistema radicular. El trasplante se debe realizar al final de la época de lluvias y durante el invierno. Si la planta se produjo por medio de esquejes, entonces puede permanecer en el envase hasta el momento de la plantación, que será unos 18 meses después de la producción.

- 4. Manejo de la planta en vivero.** Se deben realizar revisiones periódicas para eliminar la maleza presente, así como los individuos que presenten indicios de plaga o agentes patógenos. La planta debe permanecer en vivero hasta que alcancen unos 20 centímetros de altura, lo cual es entre los 12 y 18 meses después de la siembra.
- 5. Selección del sitio de reforestación.** Se deben considerar prioritarias aquellas áreas en donde antes o actualmente se han encontrado poblaciones naturales de la especie. Una reforestación de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., con fines de producción de cera nunca se debe establecer en lugares planos, ya que la planta retiene gran cantidad de agua y eso baja su producción de cera. Dentro de las principales características que debe tener el área para reforestación de la especie. Para disminuir las distancias de traslados, el tiempo de colecta y los costos de producción en general, las reforestaciones siempre deben establecerse en áreas cercanas y accesibles a las comunidades ejidales.
- 6. Preparación del sitio.** Las cepas deben estar a una distancia de 0.5 metros entre plantas y de 1 metro entre líneas; el diseño de la plantación puede ser en forma

lineal (Maldonado, 1979). Los perímetros de la reforestación siempre deben contar con un cercado que evite el acceso del ganado, de liebres y otro tipo de fauna que pudiera dañar a la planta (Castillo y Cano, 2005).

- 7. Establecimiento de la Reforestación.** Se recomienda establecer la reforestación después al final de la época de lluvias e inicio del otoño, ya que esto ayudará a la planta a que tenga una mejor adaptación a la época de sequía. Algunas labores complementarias son: la reposición de plantas muertas o dañadas, rehabilitación de microcuencas, control de plagas y enfermedades, mantenimiento del cercado, entre otras que pudieran presentarse de forma particular en cada sitio.

5. ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE BIOMASA

Los modelos de predicción presentados en este documento son ecuaciones alométricas que proporcionan estimaciones fiables de biomasa de *Euphorbia antispyhilitica* Zucc. 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 750 individuos por los cinco 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 midieron en pie la altura total (H, cm) y el diámetro de la cobertura (DC, cm). Una vez derribados, se separaron las siguientes fracciones de biomasa (dependiendo del aprovechamiento en cada estado): hierba verde y raíz. Cada fracción se pesó en verde utilizando una báscula con una precisión de ± 1 g (ver Figuras 5-8). 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 (hierba verdes y raíz) 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.

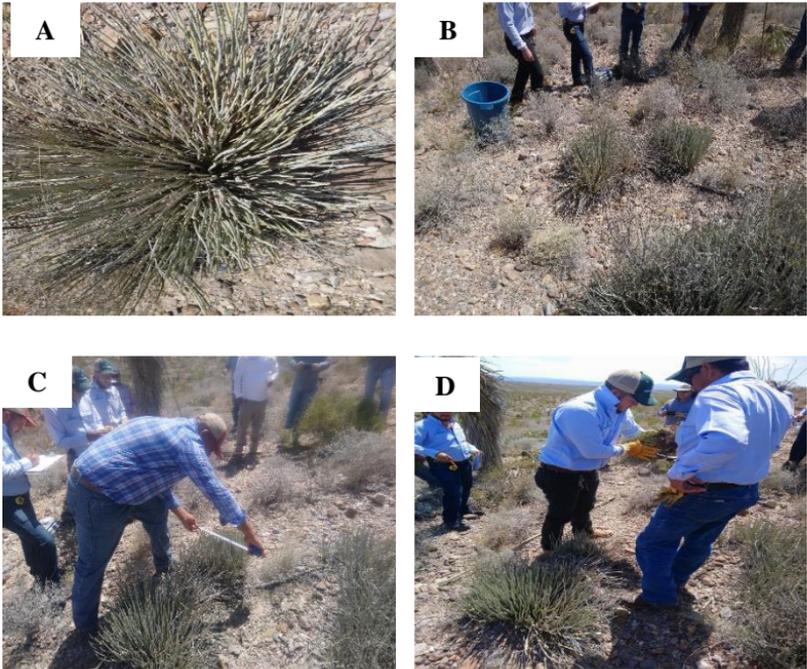


Figura 5. Muestreo realizado en el estado de Chihuahua. A) Planta completa muestreada, B) Ubicación de la planta, C) Medición de la cobertura y D) Peso de las ramillas verdes.



Figura 6. Muestreo realizado en el estado de Coahuila y Zacatecas. A) Planta completa muestreada, B) Ubicación de la planta, C) Medición de cobertura, D) Medición de altura, E) y F) Extracción de la planta.

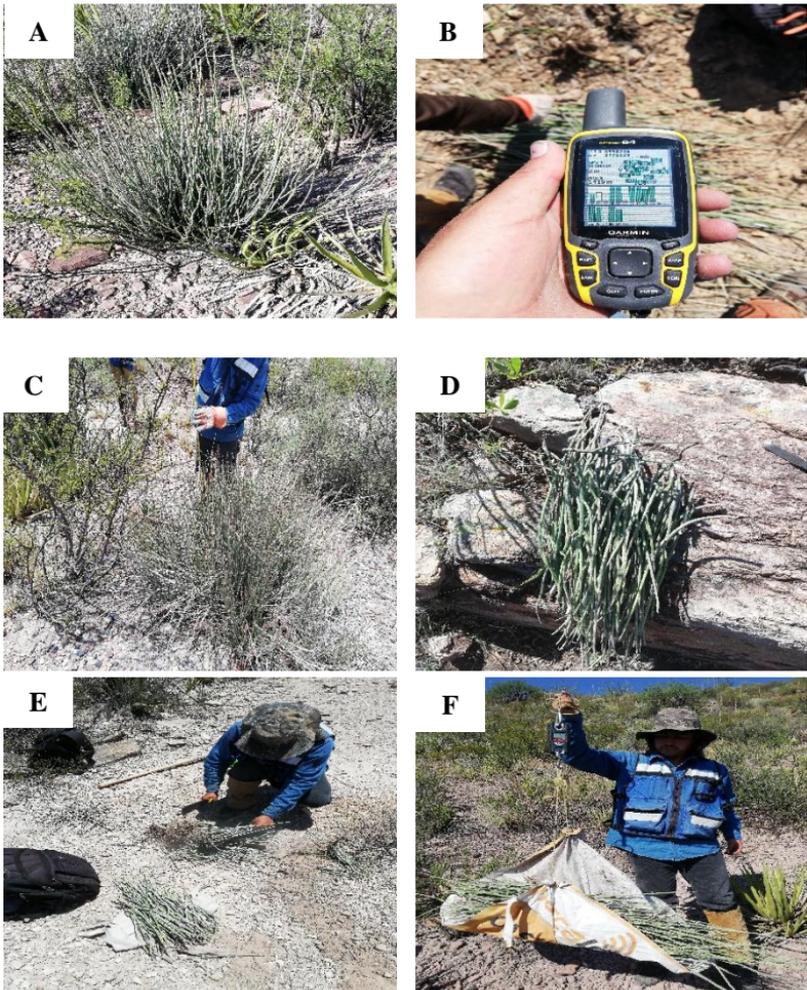


Figura 7. Muestreo realizado en el estado de Durango. A) Planta completa muestreada, B) Ubicación de la planta, C) Medición de cobertura, D) Extracción de las ramillas y E) Separación de las ramillas y F) Peso de las ramillas.

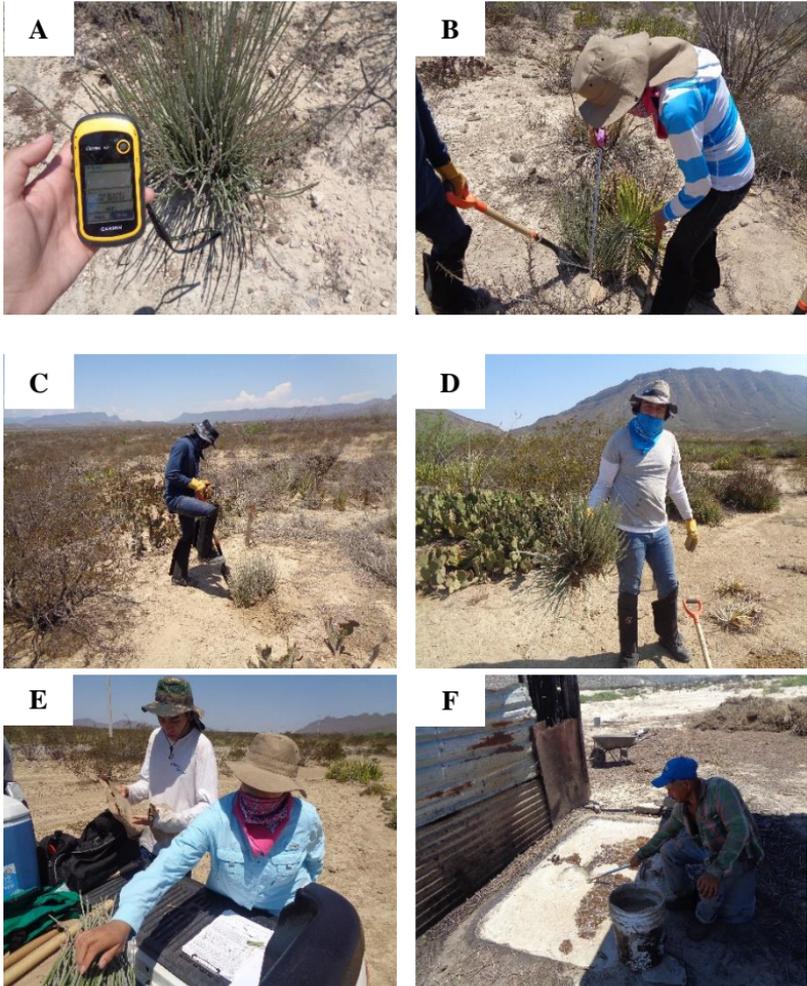


Figura 8. Muestreo realizado en el estado de Nuevo León. A) Planta completa muestreada, B) Medición de altura, C) Extracción de la planta, D) Planta extraída y E) Peso de las ramillas y F) Secado de las ramillas.

5.1. Ecuaciones por estado

Para el estado de Chihuahua

En el Cuadro 1, se muestran las estadísticas descriptivas de las variables y el componente de hierba verde de los individuos muestreados para desarrollar la ecuación alométrica para la estimación de la biomasa de la hierba verde de la planta en el estado de Chihuahua. En la Figura 9, se muestra la distribución de las dimensiones de la cobertura y la altura de las plantas muestreadas.

Cuadro 1. Resumen de estadísticas descriptivas de las plantas muestra *Euphorbia antisiphilitica* Zucc., colectada en el estado de Chihuahua.

Variable	No. Obs	Media	Std	Min.	Max.
<i>DC (cm)</i>	150	49.26	25.10	14.5	147.5
<i>H (cm)</i>	150	46.23	15.28	17.00	105.0
<i>Hierba verde (kg)</i>	150	1.846	2.350	0.09	12.89

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

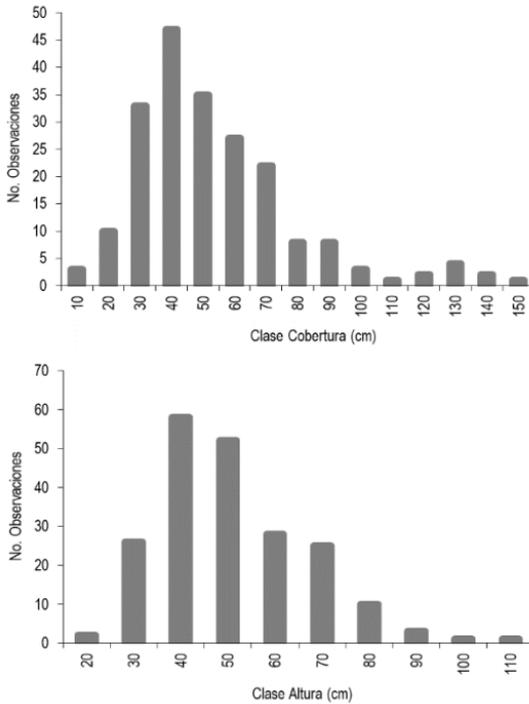


Figura 9. Distribución de la cobertura y altura de las plantas muestra en el estado de Chihuahua.

La expresión matemática, la estimación de los parámetros y los estadísticos de ajuste de la ecuación alométrica desarrollada para la estimación de peso verde de la hierba de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., en el estado de Chihuahua se muestra en los Cuadros 2 y 3.

Cuadro 2. Ecuación alométrica desarrollada para la estimación del peso verde de las hierba de *Euphorbia antisiphilitica* Zucc., en el estado de Chihuahua.

Componente	Modelo	No.
Hierba verde	$W_l = \exp(b_0 + b_1 \ln(DC))$	(1)

Dónde: W_i = peso verde de los componentes o total (kg), b_j =parámetro j para la estimación de los pesos, DC =diámetro de cobertura de cada planta (cm), H =altura total de cada planta (cm).

Cuadro 3. Estimación de los parámetros, contrastes de significación aproximados, y estadísticos de bondad de ajuste para la ecuación alométrica desarrollada para la estimación de peso verde de la hierba de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., en el estado de Chihuahua.

Componente	Parámetro	Estimación	Error estándar aprox.	t	Prob. > t	R ²	REMC (kg)
Hierba verde	b ₀	-6.82537	0.3616	-19	<.0001	0.75	1.1834
	b ₁	1.865471	0.0789	23.7	<.0001		

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

Para el estado de Coahuila

En el Cuadro 4, se muestran las estadísticas descriptivas de las variables y el componente de hierba verde de los individuos muestreados para desarrollar la ecuación alométrica para la estimación de la biomasa de la hierba verde de la planta en el estado Coahuila. En la Figura 10, se muestra la distribución de las dimensiones de la cobertura y la altura de las plantas muestreadas.

Cuadro 4. Resumen de estadísticas descriptivas de las plantas muestra *Euphorbia antisiphilitica* Zucc., colectada en el estado de Coahuila.

Variable	No. Obs	Media	Std	Min	Max
<i>DC (cm)</i>	150	34.89	20.33	3.5	113
<i>H (cm)</i>	150	45.79	16.39	15	103
<i>Hierba verde (kg)</i>	150	1.30	1.63	0.01	9.27

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

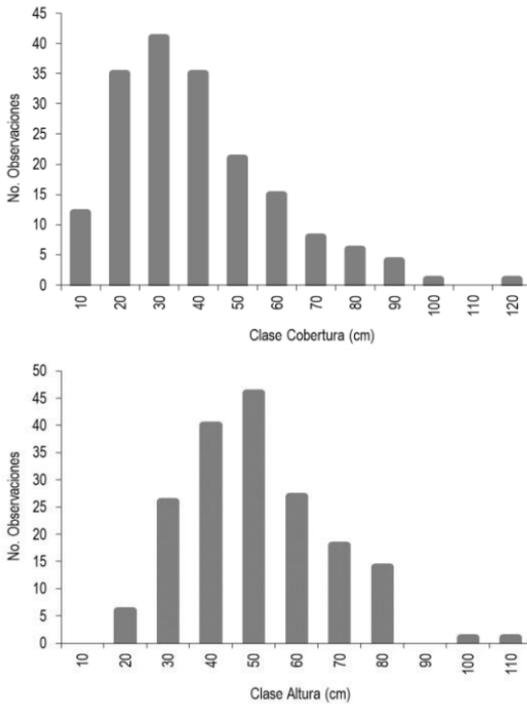


Figura 10. Distribución de la cobertura y altura de las plantas muestra en el estado de Coahuila.

La expresión matemática, la estimación de los parámetros y los estadísticos de ajuste de la ecuación alométrica desarrollada para la estimación de peso verde de la hierba de *Euphorbia antisiphilitica* Zucc., en el estado de Coahuila se muestra en los Cuadros 5 y 6.

Cuadro 5. Ecuaciones alométricas desarrolladas para la estimación del peso verde de las ramillas para *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., en el estado de Coahuila.

Componente	Modelo	No.
Hierba verde	$W_l = b_0 D^{b_1}$	(1)

Dónde: W_l = peso verde de los componentes o total (kg), b_j =parámetro j para la estimación de los pesos, DC =diámetro de cobertura de cada planta (cm).

Cuadro 6. Estimación de los parámetros, contrastes de significación aproximados, y estadísticos de bondad de ajuste para la ecuación alométrica desarrollada para la estimación de peso verde de la hierba de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., en el estado de Coahuila.

Componente	Parámetro	Estimación	Error		R ²	REMC (kg)
			estándar aprox.	t		
Hierba verde	b0	0.000523	0.000099	5.28	<.0001	0.71
	b1	2.113735	0.0609	34.72	<.0001	0.8774

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

Para el estado de Durango

En el Cuadro 7 se muestran las estadísticas descriptivas 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 Durango. En la Figura 11, se muestra la distribución de las dimensiones de la cobertura y la altura de las plantas muestreadas.

Cuadro 7. Resumen de estadísticas descriptivas de las plantas muestra *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., colectada en el estado de Durango.

Variable	No. Obs	Media	Std	Min.	Max.
<i>DC (cm)</i>	150	80.77	32.79	15.00	182.00
<i>H (cm)</i>	150	81.77	25.12	38.00	163.00
<i>Raíz (kg)</i>	150	0.66	0.58	0.03	3.30
<i>Hierba verde (kg)</i>	150	3.46	2.85	0.15	20.40
<i>Peso total (kg)</i>	150	4.09	3.20	0.00	21.70

Dónde: No. Obs= número de observaciones; Std= desviación estándar;

Min= valor mínimo; Max= valor máximo.

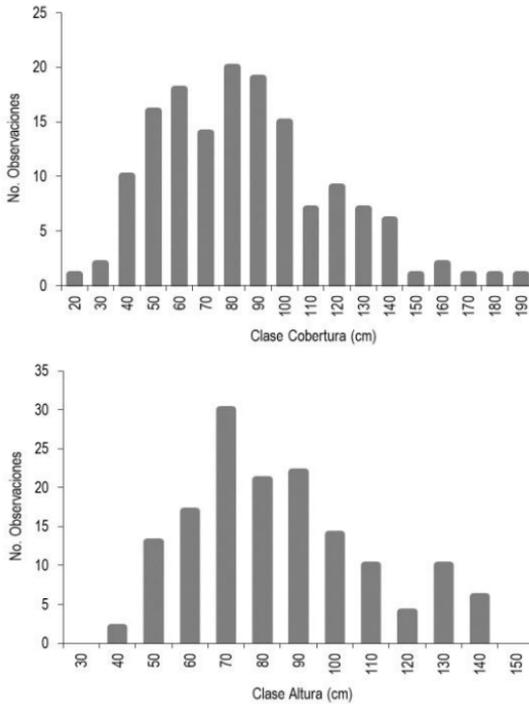


Figura 11. Distribución de la cobertura y altura de las plantas muestra en el estado de Durango.

Las expresiones matemáticas, la estimación de los parámetros y los estadísticos de ajuste de las ecuaciones alométricas aditivas desarrolladas para estimación de peso verde por componente y total de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., en el estado de Durango se muestra en los Cuadros 8 y 9.

Cuadro 8. Ecuaciones alométricas desarrolladas para la estimación del peso verde por componente y total de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., en el estado de Durango.

Componente	Modelo	No.
Raíz	$W_c = \exp(b_0 + b_1 \ln(DC))$	(1)
Hierba verde	$W_l = \exp(b_2 + b_3 \ln(DC))$	(2)
Total	$W_t = \exp(b_0 + b_1 \ln(DC)) + \exp(b_2 + b_3 \ln(DC))$	(3)

Dónde: W_k = peso verde de los componentes o total (kg), b_j =parámetro j para la estimación de los pesos, DC =diámetro de cobertura 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 verde por componente y total de *Euphorbia antispyhilitica* Zucc., en el estado de Durango.

Componente	Parámetro	Estimación	Error estándar aprox.	t	Prob.		
					Aprox	R ² REMC (kg)	
Raíz	b ₀	-6.88184	0.592	-12	<.0001	0.61	0.2468
	b ₁	1.428495	0.1221	11.7	<.0001		
Hierba verde	b ₂	-5.2143	0.5432	-9.6	<.0001	0.63	1.353
	b ₃	1.446908	0.1165	12.4	<.0001		
Peso total						0.67	1.4483

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

Para el estado de Nuevo León

En el Cuadro 10, se muestran las estadísticas descriptivas de las variables y el componente de hierba verde de los individuos muestreados para desarrollar la ecuación alométrica para la estimación de la biomasa de la hierba verde de la planta en el estado de Nuevo León. En la Figura 12, se muestra la distribución de las dimensiones de la cobertura y la altura de las plantas muestreadas.

Cuadro 10. Resumen de estadísticas descriptivas de las plantas muestra *Euphorbia antispyhilitica* Zucc., colectada en el estado de Nuevo León.

Variable	No. Obs	Media	Std	Min.	Max.
<i>DC (cm)</i>	150	39.2	10.09	22.00	71.00
<i>H (cm)</i>	150	52.0	10.13	32.00	83.00
<i>Hierba verde (kg)</i>	150	.400	0.260	0.056	1.484

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

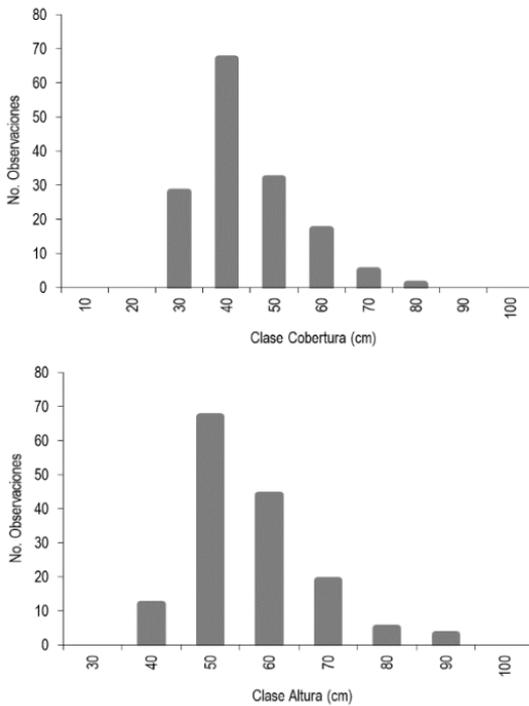


Figura 12. Distribución de la cobertura y altura de las plantas muestra en el estado de Nuevo León.

La expresión matemática, la estimación de los parámetros y los estadísticos de ajuste de la ecuación alométrica desarrollada para la estimación de peso verde de la hierba de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., en el estado de Nuevo León se muestra en los Cuadros 11 y 12.

Cuadro 11. Ecuación alométrica desarrollada para la estimación del peso verde de hierba de *Euphorbia antisiphilitica* Zucc., en el estado de Nuevo León.

Componente	Modelo	No.
Hierba verde	$W_l = \exp (b_0 + b_1 \ln(DC))$	(1)

Dónde: W_l = peso verde de los componentes o total (kg), b_j =parámetro j para la estimación de los pesos, DC =diámetro de cobertura 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 la ecuación alométrica desarrollada para la estimación de peso verde de la hierba de *Euphorbia antisiphilitica* Zucc., en el estado de Nuevo León.

Componente	Parámetro	Estimación	Error estándar	t	Aprox	Prob.	R ²	REMC (kg)
			aprox.		> t			
Hierba verde (kg)	<i>b0</i>	-5.13569	0.3638	-14	<.0001	0.63	0.6242	
	<i>b1</i>	1.106859	0.0955	11.6	<.0001			

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

Para el estado de Zacatecas

En el Cuadro 13, se muestran las estadísticas descriptivas de las variables y el componente de hierba verde de los individuos muestreados para desarrollar la ecuación alométrica para la estimación de la biomasa de la hierba verde de la *Euphorbia antisiphilitica* Zucc., en el estado de Zacatecas. En la Figura 13, se muestra la distribución de las dimensiones de la cobertura y la altura de las plantas muestreadas.

Cuadro 13. Resumen de estadísticas descriptivas de las plantas muestra.

Variable	No. Obs	Media	Std	Min.	Max.
<i>DC (cm)</i>	150	29.66	18.68	4.5	125
<i>H (cm)</i>	150	54.22	18.52	25	115
<i>Hierba verde (kg)</i>	150	0.814	1.007	0.04	6.33

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

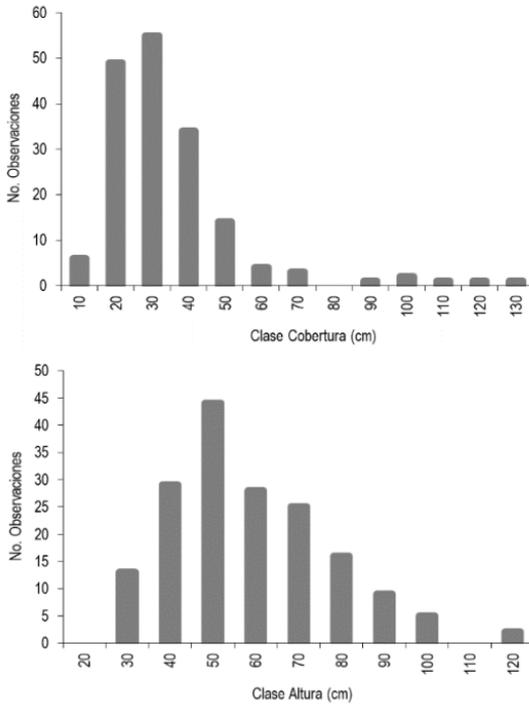


Figura 13. Distribución de la cobertura y altura de las plantas muestra en el estado de Zacatecas.

La expresión matemática, la estimación de los parámetros y los estadísticos de ajuste de la ecuación alométrica desarrollada para la estimación de peso verde de la hierba de *Euphorbia antisiphilitica* Zucc., en el estado de Zacatecas se muestra en los Cuadros 14 y 15.

Cuadro 14. Ecuación alométrica desarrolladas para la estimación del peso verde de la hierba de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., en el estado de Zacatecas.

Componente	Modelo	No.
Hierba verde	$W_l = b_0 + DC^2 b_1 + H^2 b_2$	(1)

Dónde: W_i = peso verde del componente o total (kg), b_j =parámetro j para la estimación de los pesos, DC =diámetro de cobertura de cada planta (cm), H =altura total de cada planta (cm).

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 verde de la hierba de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., en el estado de Zacatecas.

Componente	Parámetro	Estimación	Error estándar	t	Prob.	
					Aprox	R ² REMC (kg)
Hierba verde	b ₀	0.00024	0.000098	2.46	0.0148	0.78
	b ₁	1.405601	0.0565	24.9	<.0001	
	b ₂	0.798109	0.1035	7.71	<.0001	

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

Ejemplo práctico de la aplicación de las ecuaciones alométricas:

Para estimar la biomasa de la hierba verde para *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., en el estado de Zacatecas, sería como se explica a continuación.

Supongamos que una planta de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., tiene una altura total (H) de 100 cm y una cobertura (DC) de 120 cm; y si quisiéramos saber la biomasa de la hierba, se aplicaría la ecuación como se muestra de la siguiente manera:

Información dasométrica: $H=100\text{ cm}$; $DC=120\text{ cm}$

Ecuación para estimar la biomasa de la hierba verde:

$W_l = b_0 + DC^2 b_1 + H^2 b_2$, se sustituyen las variables con los valores del Cuadro 15 para el caso del estado de Zacatecas;

$$W_l = (0.00024 + ((120 * 120) * (1.405601)) + (1.106859 * (100 * 100)))$$

$W_l = 2.82\text{ kg}$; de biomasa de la hierba verde dadas esas condiciones de la planta.

En el Cuadro 16 se muestra los predios por estado donde se llevó a cabo el muestreo.

Cuadro 16. Municipios y predios en donde se llevó a cabo el muestreo en los estados.

Estado	Municipio	Predio
Chihuahua	Coyame	El Táscate
		San Pedro
		Fco. Portillo

Estado	Municipio	Predio	
Coahuila		Canon De La Barrera	
	Aldama	Chorreras	
	Ramos Arizpe	Mala Noche y Arracadas Talia	
	General Cepeda	Mayran Santa Rita	
	Cuatro Ciénegas	N.C.P.A. Gabino Vázquez	
		N.C.P.A. Seis De Enero Unión y Progreso	
	San Pedro	Margaritas del Norte	
	Parras	Parras	
	Francisco I Madero	N.C.P.E. General Felipe Ángeles	
	Durango	Mezquital	troncón y agua zarca Sta. Isabel del resbalón
Rodeo		Los amoles Cuesta De Palmitos Animas	
		San Luis del cordero	El Tepalcateo San Luis del cordero
			Cuencamé
Simón Bolívar		18 de marzo Francisco Zarco Ej. José Isabel Robles Oriente Agua Naval	
		Tlahualilo	N.C.P.A. Nuevo San Pedro Nuevo San Pedro N.C.P.A. Alma Campesina Alma Campesina
San Juan de Guadalupe			Santo Niño Fracción Oriente
		Nazas	Eufemio Zapata Benito Juárez J. Gpe. Rodríguez Paso nacional E. Benito Juárez

Estado	Municipio	Predio
		10 de abril Sta. Teresa de la Uña E. Nazas
	Cuencamé	Cuutillos E. Severino Cenicero Velardeña
	San Juan de Guadalupe	San José de Barrones Agua Nueva
Nuevo León	Mina	Potrerrillos Carricitos El Milagro San Antonio de Arista Mina
	García	El Milagro
	Doctor Arroyo	El Refugio de Cedillo
Zacatecas	Mazapil	Nuevo Tampico Apizolaya y Sus Anexos Telmo y La Soledad y Medina Ejido La Pendencia San Juan de los Charcos Tampico Ejido Cañada Blanca
	Melchor Ocampo	Matamoros San Miguel

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 *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. 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 14 muestra el mapa del área de distribución potencial de *Euphorbia antisiphilitica* Zucc., 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 de 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.

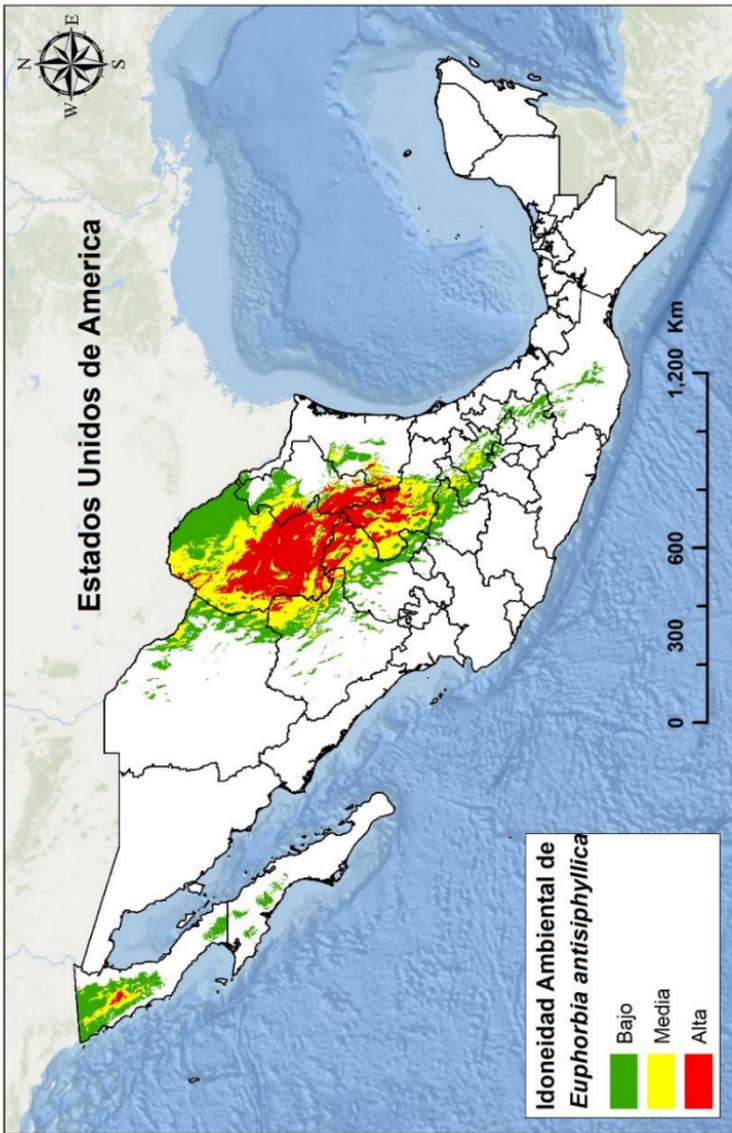


Figura 14. Clases de idoneidad ambiental para *Euphorbia antisiphylitica* Zucc., generadas a partir de modelos de distribución potencial.

7. CONCLUSIONES

- Las poblaciones de candelilla durante décadas se han encontrado sujetos a el aprovechamiento tradicional de las comunidades que hacen uso de ellos, sin embargo, la creciente demanda de la industria por la materia prima que generan estos recursos, pone en riesgo la subsistencia de sus poblaciones por lo que es necesario integrar los conocimientos técnicos más recientes para generar nuevas NOMs que garanticen su subsistencia.
- A pesar de que el aprovechamiento de la cera de candelilla es una de las actividades que remunera de manera económica a los pobladores del Desierto Chihuahuense, no ha pasado de ser una industria extractiva, donde la constante presión sobre el recurso, aunado con las condiciones climáticas de la región hacen lenta y difícil la regeneración de la candelilla. Esto ha venido agotando de manera paulatina su reproducción natural sin que a la fecha se hayan adoptado métodos más eficientes de extracción que permitan la conservación del recurso.
- Las ecuaciones alométricas de biomasa de *Euphorbia antisiphilitica* Zucc., generadas por estado, constituyen una herramienta útil para estimar con precisión la biomasa verde de la especie en los avisos de aprovechamiento, asegurando un menor sesgo en las estimaciones totales.
- El mapa de distribución potencial del *Euphorbia antisiphilitica* Zucc., presentado en este documento

representa un esquema grafico 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 G., C. N. 2012. Informe final: “Estudio de la factibilidad de la implementación del nuevo proceso de extracción de cera de candelilla a base de ácido cítrico y factores que influyen en su apropiación, UAC-Facultad de Ciencias Químicas, Saltillo, Coahuila. 24 p.
- Arato M., S. Speelman y G. V. Huylenbroeck. 2014. The contribution of non-timber forest products towards sustainable rural development: the case of Candelilla wax from the Chihuahua Desert in Mexico. *Natural Resources Forum*, 28: 141-153.
- Bartolomé Hernández, Herlin Antelmo. (2017). Sobrevivencia en tres plantaciones de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) en diferentes condiciones en el Noreste de Coahuila. Saltillo, Coahuila: UAAAN.
- Berlanga R., C. A., L. A. González L. y H. Franco L. 1992. 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.
- Caillez, F. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. Roma, IT, FAO. v. 1, 33 p.
- Canales G. E., V. Canales M. y E. M. Zamarrón R. 2006. Candelilla, del desierto mexicano hacia el mundo. CONABIO. *Biodiversitas*, 69:1-5.
- Cano P. A. y Hernández R. A. 2018. Selección de terrenos con aptitud para plantaciones forestales comerciales de candelilla en Coahuila. Tecnologías generadas, validadas, transferidas o adoptadas en los estados de Tamaulipas, San Luís Potosí, Coahuila y Nuevo León en el año de 2018. INIFAP-CIRNE. En Prensa.
- Castillo Q., D. 1995. Establecimiento de plantaciones de cortadillo en la región ixtlera del sur del municipio de Saltillo, Coah. Resumen. En: Memoria del Taller de identificación de proyectos productivos para el Programa de Desarrollo Regional Sustentable de las Zonas Ixtleras y Candelilleras. CONAZA. Universidad

- Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. 153 p.
- Castillo Q.D. y Cano P.A. 2005. Guía técnica para el establecimiento de plantaciones de cortadillo (*Nolina cespitifera Trel.*) para la producción de fibras duras en el estado de Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 16. Coahuila, México. 23 p.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), 2012a. Cera de candelilla: extracción y aplicaciones.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), 2012b. Técnicas de producción de plantas de candelilla por semilla, estacas e hijuelos.
- CONABIO. 2009. Evaluación del estatus de *Euphorbia antisyphilitica* en México dentro de los apéndices de la CITES. Decimoctava reunión del Comité de Flora. Buenos Aires (Argentina), 17-21 de marzo del 2009. PC18 Inf.10 CITES.
- De la Garza P., F. E. y C. A. Berlanga R. 1993. Metodología para la evaluación y manejo de candelilla en condiciones naturales. Campo Experimental "La Sauceda". INIFAP. Folleto Técnico Núm. 5. Saltillo, Coahuila, México. 46 p.
- Esquivel W., M. 1979. La candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc). Tesis. Facultad de Biología. UANL. Monterrey, Nuevo León, México. 108 P.
- Furnival GM.1961. An index for comparing equations used in constructing volume tables. Forest Science 7(4): 337-341.
- Gadow, K. and Hui, G. 1999. Modelling forest development (Vol. 57). Springer Science & Business Media.
- Hernández G., G. 2013. Las posibilidades de industrialización sustentable de la Candelilla en el desierto de Chihuahua. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Instituto Politécnico Nacional. Michoacán. 124 p.
- Hernández-Ramos, A., A. Cano-Pineda, C. Flores-López y J. Hernández-Ramos. 2017. Comparación de los estimadores de dos métodos de muestreo en poblaciones naturales de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc). Rev. Mitigación del Daño Ambiental, Agroalimentario y Forestal de México, 3(3): 75-84.3

- Husch, B.; Miller, Charles J.; Beers, Thomas W. 1982 Forest Mensuration 3^a Ed. John Wiley & Sons, 402 p.
- Instituto de la Candelilla (IC). 2008. La planta de candelilla. <http://www.candelilla.org/es/>. (11 de julio de 2019).
- Instituto de la Candelilla. (2013). Desarrollo Sostenible. 14 de septiembre de 2019, de Instituto de la Candelilla Sitio web: https://www.candelilla.org/?page_id=540&lang=es
- Kleinn, C. y D. Morales. 2002. Consideraciones metodológicas al establecer parcelas permanentes de observación en bosque natural o plantaciones forestales. *Revista Forestal Centroamericana* 39-40: 6-12.
- LGDFS. 2021. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada 26-04-2021.
- Loetsch, F., Zöhrer, F. y Haller, K. E. 1973. Forest Inventory. Volume II. BLV Verlags gesell schaft mbH, München. 469 pp.
- 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. y Lara G., G. J. 2003. Potencial productivo de áreas de temporal en el estado de Coahuila. Una propuesta de conversión productiva. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Publicación Especial Núm. 1. Coahuila, México. 89p.
- Ochoa-Reyes, E., S. Saucedo-Pompa, H. de la Garza, D. G. Martínez, R. Rodríguez y C. N. Aguilar-González. 2010. Extracción tradicional de cera *Euphorbia antispyhilitica*. *Acta Química Botánica*, 2(3): 1-13.
- Ortiz, T.C. 1990. Índices agroclimáticos y su aplicación en la agricultura. Metodología de la Investigación en RASPA. CENIDRASPA. Gómez Palacio, Dgo. p. 35-60.
- Parresol BR. 1999. Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons. *Forest Science* 45(4): 573–593.

- RLGDFS. 2020 reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada 09-12-2020.
- Romahn V., C. F. 1992. Los Recursos Forestales no Maderables de México: una Revisión. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 131 p.
- Ruiz C., J. A.; Medina G., G.; González A., I. J.; Ortiz T., C.; Flores L., H. E.; Martínez P., R. A. y Bierly M., K. F. 1999. Requerimientos Agroecológicos de Cultivos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Campo Experimental Centro de Jalisco. Libro Técnico Núm. 3. Conexión Gráfica, Guadalajara, Jalisco, México. 324 p.
- Salas C. 2002. Ajuste y validación de ecuaciones de volumen para un relicto del bosque de Roble-Laurel-Lingue. *Bosque* 23(2): 81-92.
- SAS Institute. 2009. SAS Proprietary Software Version 9.3. SAS Institute, Cary, NC.
- Segura M, H Andrade. 2008. ¿Cómo hacerlo? ¿Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes? *Agroforestería de las Américas* 46: 89-96.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2016. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2016. SEMARNAT. Ciudad de México. 228 p.
- Taller Nacional de Candelilla. 2008. Conservación, uso y comercio de la candelilla. Taller nacional. 11: 1-3. http://www.conabio.gob.mx/institucion/boletines/pdf/BP011-Taller%20candelilla-DEF_18dic08.pdf. (11 de julio de 2019).
- Villa-Castorena, M., Catalán-Valencia, E. A., Inzunza-Ibarra, M. A., González-López, M. de L., & Arreola-Ávila, J. G. (2010). Producción de plántulas de Candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc.) mediante estacas. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 16(1), 37-47.
- Zamora-Martínez, M. C., C. Méndez E., R. Pérez M. y E. N. Cortés B. 2013. *Euphorbia antisiphilitica* Zucc.: recurso forestal no maderable de alto valor económico. CENID-COMEF, INIFAP. Folleto Técnico Núm. 12. D. F. México. 64 pp.

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.

Especie. Unidad básica de clasificación de los organismos; incluye a todos los individuos que se parecen entre sí más que a otros y que producen descendencia fértil.

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 pérdidas o dañadas.

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.

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	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	Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
LGVS	Ley General de Vida Silvestre.
NOMs	Normas.
RLGDFS	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