

GUÍA INFORMATIVA PARA LA
**ELABORACIÓN DE
ESTUDIOS TÉCNICOS
DE APROVECHAMIENTO
SUSTENTABLE DE CANDELILLA**
EN EL MARCO DE LAS DISPOSICIONES DE LA CITES



CONABIO



Primera edición, agosto 2022

Forma de citar: CONABIO (2022). Guía informativa para la elaboración de estudios técnicos de aprovechamiento sustentable de candelilla en el marco de las disposiciones de la CITES. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México.

Autores: Laura Hernández Rosas¹, Jaqueline Jeniffer Noguez Lugo¹, Paola Mosig Reidl¹, Luis Guillermo Muñoz Lacy¹, Hesiquio Benítez Díaz¹.

Agradecimientos: Los autores agradecemos las contribuciones del M. en C. Emmanuel Rivera Téllez, la Biól. Gabriela López Segurajauregui y el Dr. Ignacio Méndez Gómez Humarán a través de la "Evaluación del estado de conservación y potencial de aprovechamiento sustentable de la candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) en zonas bajo aprovechamiento", que se utilizó para recomendar el método de muestreo a utilizar para la especie. Asimismo, agradecemos al Comité Técnico de Recursos Forestales No Maderables de Coahuila, así como a la Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos (DGGFS), a la Dirección General de Vida Silvestre (DGVs), a la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), a la Procuraduría Federal para la Protección al Ambiente (PROFEPA), y a las Delegaciones de la SEMARNAT en los estados de Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León, Tamaulipas y Zacatecas por la revisión y validación de la Guía.

Colaboradores: Marco Antonio Granillo Chapa, José Guadalupe Gutiérrez Villagómez².

Cuidado de edición, diseño y formación: Humberto Dijard Téllez.

Fotografías: Jesús Asunción Pérez Morales, Eder Jonatan Saldaña Martínez, Eddy Floriberto Roblero Pérez, Marco Antonio Granillo Chapa.

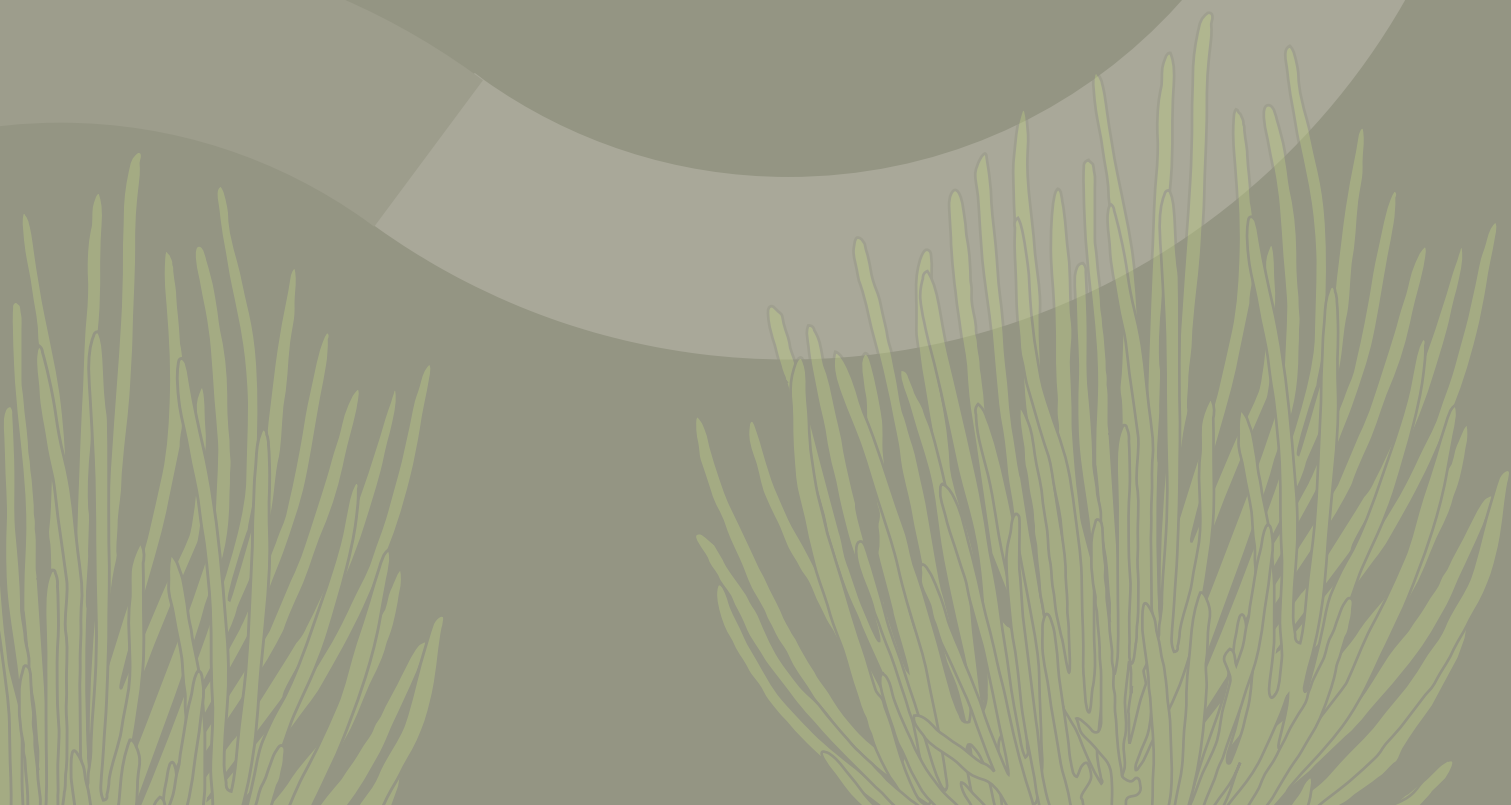
D.R. © 2022, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)
Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal, Tlalpan 14010, Ciudad de México
www.gob.mx/conabio | www.biodiversidad.gob.mx | Tel. 55 5004 5000

1 Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
2 Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales

ÍNDICE

1. VISIÓN GENERAL	6
2. ANTECEDENTES.....	6
2.1. La historia de la candelilla en la CITES.....	6
2.1.1. Exportaciones de candelilla.....	7
2.1.2. Dictámenes de Extracción no Perjudicial.....	8
2.2. Justificación y Oportunidades de mejora en los Estudios Técnicos.....	9
3. INTRODUCCIÓN	10
3.1. Características de la especie	10
3.2. Estado de conservación de las poblaciones.....	10
3.3. Valor comercial de la candelilla.....	12
4. PROCESO PARA REALIZAR UN ESTUDIO TÉCNICO	13
A. Identificación del área aprovechable.....	15
4.1. Identificación del área aprovechable	16
4.2. Descripción de las características físicas, biológicas y ecológicas del predio.....	16
4.3. Especies de flora y fauna.....	16
4.4. Rodalización/estratificación.....	16
B. Evaluación de poblaciones de candelilla.....	19
4.5. Método de muestreo.....	20
4.5.1. Tipos de muestreo: Descripción y justificación del método de muestreo.....	20
4.5.2. Unidad de Muestreo (UM): Descripción de la forma y tamaño de los sitios.....	22
4.5.3. Estimación del tamaño de muestra: Descripción y justificación del método para la obtención del tamaño de muestra	22
4.6. Mediciones en campo.....	24
4.6.1. Variables: Datos por planta, diferenciados por sitio.....	24
4.6.2. Estimaciones a partir de los datos de campo.....	24
4.6.3. Criterios para la toma de datos sobre las plantas de candelilla	25
C. Estimación de volúmen aprovechable sustentable.....	29
4.7. Estimación de volumen total (biomasa).....	30
4.8. Estimación de volumen aprovechable.....	30
D. Medidas adicionales de manejo.....	33
4.9. Definición y justificación del periodo de recuperación.....	34
4.10. Labores de fomento y prácticas de cultivo	34
4.11. Medidas de prevención y mitigación.....	34
5. LISTA DE REQUISITOS PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS TÉCNICOS Y ENTREGA DE AVISOS DE APROVECHAMIENTO.....	36
6. LITERATURA CITADA	39

GUÍA INFORMATIVA PARA LA
**ELABORACIÓN DE
ESTUDIOS TÉCNICOS
DE APROVECHAMIENTO
SUSTENTABLE DE CANDELILLA**
EN EL MARCO DE LAS DISPOSICIONES DE LA CITES



1. VISIÓN GENERAL

La candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) es una planta con un alto valor comercial, de la que se extrae cera o cerote con características fisicoquímicas únicas con una gran cantidad de usos industriales, como la fabricación de cosméticos entre otros. México es el único país en el mundo que produce cera de candelilla; y la gran mayoría de ésta se exporta para su transformación principalmente a Estados Unidos, Japón y la Unión Europea.

La producción de cerote es una de las actividades económicas más importantes para los campesinos en las zonas áridas del norte de México, representando una de las principales fuentes de ingreso en la región.

La candelilla se encuentra incluida en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), por lo que, su comercio internacional está regulado. Por ello, es necesario demostrar que el aprovechamiento y exportación de la candelilla son sustentables y se realizan en apego a la legislación nacional y las disposiciones de la Convención (**Anexo 1**).

2. ANTECEDENTES

2.1. LA HISTORIA DE LA CANDELILLA EN LA CITES

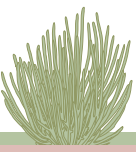
La candelilla fue enlistada en el Apéndice II de la CITES desde 1975, junto con el resto del género *Euphorbia* spp. Sin embargo, no fue hasta 1991 que México se adhirió a la Convención y comenzó a implementar las disposiciones de la CITES.

Debido a los altos volúmenes de cera de candelilla exportados y registrados ante la CITES entre 2001 y 2002, el Comité de Flora, en su 14ª reunión (Windhoek 2004), sugirió incluir a la especie en el proceso de Examen de Comercio Significativo (ECS), que puede derivar en una suspensión del comercio internacional si el país no demuestra con fundamentos técnicos que dichas exportaciones no amenazan la sobrevivencia de la especie en el medio silvestre. En respuesta, durante la 15ª reunión del Comité de Flora (Ginebra 2005), México -a través de la CONABIO- incluyó a la candelilla en el proceso de Revisión Periódica que consiste en el análisis de la situación de la especie para identificar la necesidad de enmendar su estatus en la CITES. En la 17ª reunión de Comité de Flora (Ginebra 2008), la especie nuevamente fue



candidata para el ECS; no obstante, se eliminó del proceso ya que estaba siendo objeto de una Revisión Periódica. Para atender lo anterior, ese mismo año la CONABIO organizó el "Taller Nacional sobre la Conservación, Uso y Comercio Sustentable de la Candelilla en el marco de la CITES", con el apoyo de autoridades estatales y federales. Con base en los resultados de éste, las Autoridades CITES de México presentaron información en la siguiente reunión del Comité de Flora (18ª), concluyendo que se debía mantener a la especie en el Apéndice II y que no era justificable una suspensión comercial de la candelilla para México.

Por otro lado, debido al reforzamiento de la implementación de la CITES en Europa, desde 2008 fue notable el incremento en el número de embarques confiscados, de los que se consignó cera y productos de candelilla que no contaban con permisos CITES de exportación, re-exportación e importación. En lo relativo a las exportaciones de cera, se reforzó el proceso de emisión de Dictámenes de Extracción no Perjudicial por parte de México, mientras que en el caso de los productos que contenían cera de candelilla, tramitar permisos CITES para su re-exportación



Área de aprovechamiento de candelilla. Ejido Boquillas del Refugio. Municipio de Parras, Coahuila de Zaragoza.

e importación implicaba una carga innecesaria para las autoridades y la industria de cosméticos, entre otras. Con el fin de reducir la carga burocrática, y para regular únicamente el comercio de la materia prima, que es el que tiene un impacto directo sobre las poblaciones silvestres de la especie, en el 2010 durante la 15ª Reunión de la Conferencia de las Partes de la CITES (CoP15), México logró exentar de las disposiciones de la Convención los productos terminados y empacados para su venta individual.

2.1.1. EXPORTACIONES DE CANDELILLA

La producción de la cera de candelilla tuvo su auge durante la 2ª Guerra Mundial, cuando se utilizaba para impermeabilizar y proteger de los mosquitos las telas de las tiendas de campaña, así como para cubrir y prevenir el deterioro de algunas partes de los aviones y para la fabricación de explosivos (Canales *et al.* 2006). De la Garza y Berlanga (1993) documentaron que fue ese momento en el que llegó a su demanda máxima (5 mil toneladas/año); sin embargo, como la producción superó la demanda, la cera se fue almacenando, por lo que se decretaron vedas temporales para lograr reducir las existencias que se encontra-

ban almacenadas. En 1974, Brasil perdió su cosecha de carnauba, y fue en ese momento en que México se posicionó de nuevo en el mercado internacional de la candelilla.

La implementación de la CITES a nivel nacional en relación con la candelilla, no ha sido una tarea fácil, y ha tomado varios años coordinar a las Autoridades relevantes en los procesos de gestión y conservación de la especie, así como a los exportadores y productores para el cumplimiento de las disposiciones de la Convención. No obstante, la presión de la comunidad internacional ha permeado en este proceso de implementación. A principios del milenio, varios países reforzaron sus fronteras, por lo que México tuvo que incrementar sus esfuerzos para garantizar que las exportaciones de especies incluidas en la CITES fueran acompañadas de su respectivo permiso de exportación, y de esta forma, evitar la salida ilegal del recurso. Fue en el año 2001 en que comenzó la regularización de la emisión de permisos CITES para la exportación de cera de candelilla. A partir del 2010, cada embarque de cera de candelilla lleva un permiso CITES y se exporta desde México de manera legal un promedio 1,795.5 toneladas de cera anual.

2.1.2. DICTÁMENES DE EXTRACCIÓN NO PERJUDICIAL

Uno de los requisitos para expedir permisos CITES de exportación de especies listadas en la CITES, es la emisión de dictámenes de extracción no perjudicial (DEnP, o NDF por sus siglas en inglés – *Non Detriment Findings*), de conformidad con el Artículo III y IV de la Convención. La CONABIO, en su carácter de Autoridad Científica de la CITES en México, emite dichos dictámenes bajo solicitud de la Autoridad Administrativa (SEMARNAT; **figura 1**). Estos se realizan con base en el análisis de la información de los Estudios Técnicos para el aprovechamiento sustentable de candelilla de distintos predios en el norte del país.

Para poder emitir un DEnP para una solicitud, se tuvo que haber realizado un análisis a través del cual se concluya que el aprovechamiento del que fue objeto la especie fue sustentable, y por lo tanto su exportación no afectará a sus poblaciones silvestres. La única forma de poder efectuar este análisis es mediante la revisión de los Estudios Técnicos (ET) que presentan los prestadores de servicios técnicos forestales a la Representación SEMARNAT correspondiente, junto con el Aviso de Aprovechamiento para candelilla.

Sin embargo, anteriormente los Estudios Técnicos no eran revisados por la CONABIO sino hasta después de autorizado el aprovechamiento y cuando la hierba de candelilla ya había sido cosechada y procesada para exportar la cera. Debido a las inconsistencias encontradas en los ET ya autorizados, se empezaron a dictaminar DEnP negativos, y por tanto a rechazar algunas solicitudes de exportación; no obstante, el procedimiento no era coherente porque el aprovechamiento ya se había realizado y las poblaciones ya habían sido afectadas.

Con el fin de agilizar y fortalecer la emisión de DEnP, en 2015 se emitió un comunicado oficial por parte de la Subsecretaría de Gestión para la Protección al Ambiente (SEMARNAT), en el cual se solicitó a las Representaciones estatales de la SEMARNAT pedir a la CONABIO su opinión sobre los Estudios Técnicos, previo a su autorización (**figura 2**). Esto, con el fin de avalar que el manejo de la especie es sustentable previo a su aprovechamiento, y de esta manera se cumpla con la CITES al momento de la exportación; promoviendo así la conservación de la especie, y con ello el bienestar de las comunidades locales que dependen del recurso para su subsistencia.

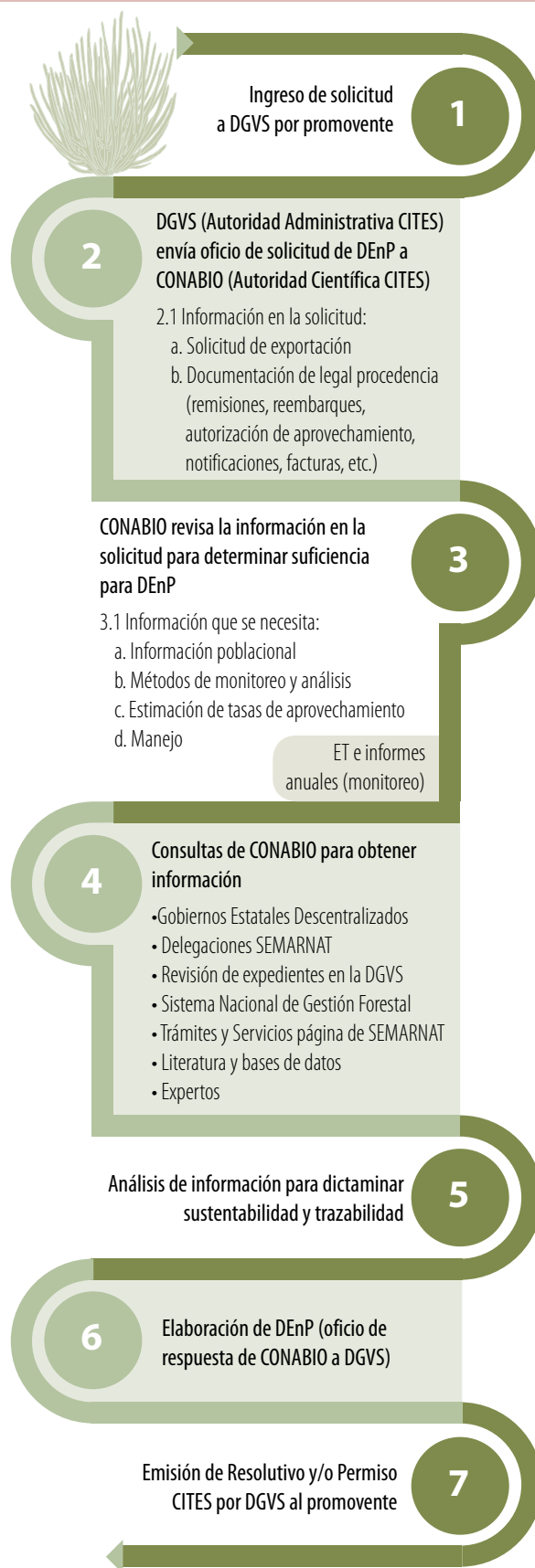


Figura 1. Proceso general para la formulación de DEnP por parte de la CONABIO

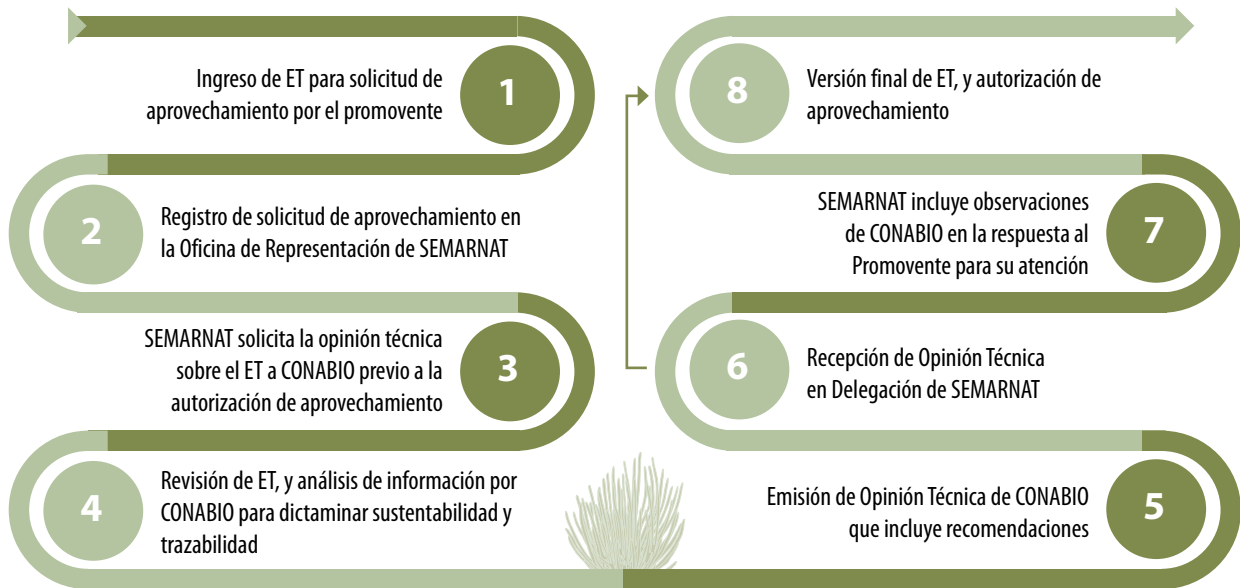


Figura 2. Proceso actual para la emisión de Opiniones Técnicas previas a la autorización de aprovechamiento por parte de la Oficina de Representación de la SEMARNAT correspondiente, y vinculadas al DEnP.

Actualmente, casi todos los predios de los estados que producen cera de candelilla cuentan con autorizaciones de aprovechamiento cuyos ET fueron revisados por la CONABIO; por lo que es más eficiente la emisión de DeNP, y por lo tanto de permisos CITES, cuando la cera proviene de esos predios.

2.2. JUSTIFICACIÓN Y OPORTUNIDADES DE MEJORA EN LOS ESTUDIOS TÉCNICOS

Ha sido evidente la mejora en la calidad de los ET que actualmente se presentan ante las Delegaciones de la SEMARNAT en los estados de distribución; sin embargo, el propósito de generar esta herramienta que sirva de guía para atender esos detalles que aún deben ser atendidos en el proceso, hasta lograr mejorar el desarrollo completo de las actividades de manejo de la candelilla y garantizar su aprovechamiento sustentable, tales como:

- a) Confusión en la descripción de métodos de muestreo: se indica que se usó un método determinado y no coincide con lo descrito sucesivamente.
- b) No se explica de una forma clara o completa el proceso y objetivo de la rodalización (no siempre es congruente con los métodos de estimación o con los planes de corta).
- c) Estimación de tamaños de muestra que no son representativos o con cálculos inadecuados para poblaciones de candelilla.
- d) Datos de campo con inconsistencias (hojas de datos duplicadas entre ejidos o entre sitios de mues-

treo, patrones de datos anormales, entre otros).

- e) No se considera la estructura de tamaños para proponer y/o ajustar hacia un aprovechamiento sustentable, ni se consideran los aprovechamientos anteriores en los rodales propuestos para solicitar el nuevo aprovechamiento.
- f) Errores en las estimaciones de biomasa y existencias (incluso la combinación de métodos y algoritmos no adecuados).
- g) Incongruencias entre los procesos para estimar existencias de biomasa totales y aprovechables entre los archivos digitales (hojas de cálculo) y lo descrito en el ET.

Cabe destacar que, cuando se realizan Estudios técnicos con inconsistencias, se puede producir un aprovechamiento excesivo que no permite la recuperación de las poblaciones silvestres, y se produce una reducción o poca recuperación de las mismas. La falta de candelilla en un predio, otrora abundante, puede llevar a los cosechadores a la "renta" de áreas de recolecta en ejidos vecinos o pago por derecho de explotación del recurso (Cervantes-Ramírez, 2002).

Para la elaboración de la Guía Informativa, se han tomado en cuenta trabajos y materiales realizados previamente sobre el manejo de la candelilla. En 1993, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) junto con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), publicaron la "Metodología para la evaluación de candelilla en condiciones naturales" (De la Garza

y Berlanga, 1993), basada en los estudios de Camacho (1990), y que, hasta la fecha, han sido la principal orientación para la elaboración de Estudios Técnicos. Sin embargo, a pesar de la relevancia y utilidad que han tenido estas publicaciones entre los técnicos forestales, es necesario contar con una herramienta actualizada que incorpore métodos ajustados con base en información generada recientemente.

Es así como surgió la necesidad de realizar esta Guía Informativa, que provee orientación detallada para la identificación del área de aprovechamiento de la candelilla, los métodos para muestrearla, y la estimación de la biomasa existente y disponible para su aprovechamiento sustentable.

3. INTRODUCCIÓN

3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

La candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) es una planta arbustiva perenne que se distribuye principalmente en las zonas áridas y semiáridas del norte del país, en los estados de Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León, Tamaulipas y Zacatecas; también puede encontrarse en algunas regiones de San Luis Potosí y Puebla, y el sur de Estados Unidos. Se desarrolla particularmente en el matorral xerófilo, y principalmente se asocia a la vegetación rosetófila (Zamora, *et al.* 2012). En estas zonas, predominan temperaturas muy elevadas -por encima de los 30°C-, por lo que esta especie ha desarrollado formas y características que le permiten sobrevivir en condiciones limitantes de agua y humedad ambiental. Una de estas características de adaptación a las condiciones extremas, es la presencia de una cera que le permite conservar la poca humedad que capta por precipitación o por escurrimientos, y de esta manera puede protegerse del calor (Scora *et al.*, 1995).

La candelilla se reproduce sexual (por semillas) y asexualmente (rizomas o tallos subterráneos). Su reproducción asexual, o clonal, es la más común: los rizomas emergen a la superficie y pueden dar origen a nuevas plantas. lo que explica que la especie se distribuya en manchones y de forma heterogénea (De la Cruz, 1958; Chapa, 1959; Esquivel, 1979; Ávila, 2007). De acuerdo con, el estudio realizado por Martínez-Ballesté y Mandujano (2013), las plantas que presentan una altura mayor a 80 cm aportan una mayor producción de flores, beneficiando la reproducción sexual sobre la reproducción clonal, sugiriendo la importancia de mantener plantas de estos tamaños en el medio silvestre.

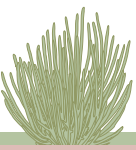


Taxonomía de la especie:

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnolopsida
Orden:	Euphorbiales
Familia:	Euphorbiaceae
Género:	<i>Euphorbia</i>
Especie:	<i>Euphorbia antisiphilitica</i> Zucc.
Sinónimos:	<i>Euphorbia cerifera</i> Alcocer <i>Euphorbia occulta</i> Klotzsch
Nombre común:	Candelilla

3.2 ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS POBLACIONES

Hasta el momento, la candelilla no se encuentra en la lista de especies en riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2010), ni ha sido evaluada para la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de



Área de aprovechamiento de candelilla en el ejido Porvenir de Jalpa. Municipio General Cepeda, Coahuila de Zaragoza.

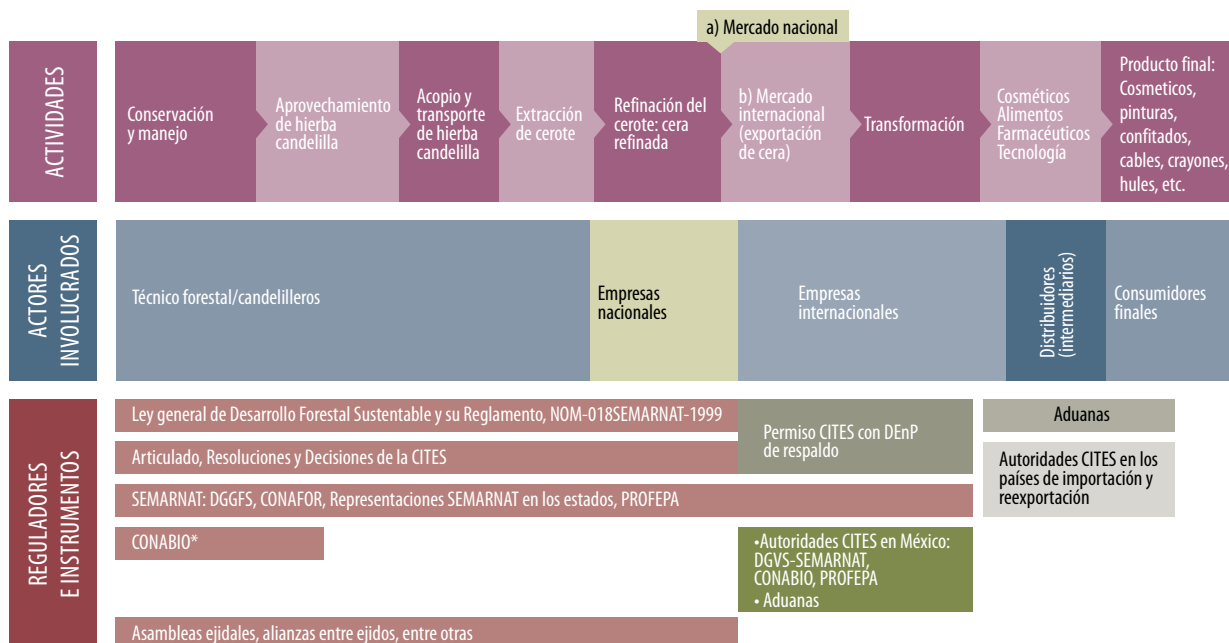
la Naturaleza (IUCN). Sin embargo, es una especie sujeta a presión por el aprovechamiento, debido a que es uno de los recursos forestales no maderables más importante del bioma del desierto Chihuahuense.

En algunos lugares con historial de extracción se ha observado una disminución en la densidad de plantas de la especie por unidad de superficie, por lo que es relevante determinar si la especie se encuentra sobreexplotada. Durante 2015-2017 la CONABIO coordinó el proyecto “Evaluación del estado de conservación y potencial de aprovechamiento sustentable de la candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) en zonas bajo aprovechamiento, en Coahuila”; cuyos objetivos fueron: 1) Estimar la distribución, abundancia, estructura poblacional y biomasa aérea fresca de la candelilla, como un indicador de la cantidad de cerote que se puede aprovechar en un determinado sitio; 2) estimar el potencial de extracción sustentable de hierba de candelilla, y 3) describir la dimensión social en torno al aprovechamiento de la candelilla.

El proyecto se realizó entre 2015 y 2017, y se muestrearon 56 predios en 10 municipios en el estado de Coahuila. Derivado del análisis de la información generada, se determinó que el estado de conservación de la hierba de candelilla en los predios muestreados es, de manera general, regular, donde solo el 16% de los predios muestreados presentaban un estado de conservación bueno, y 34% de ellos, un estado bajo. Esto quiere decir que las prácticas que involucran la cosecha de candelilla, desde el planteamiento de los estudios justificativos hasta su implementación, contienen acciones y medidas que afectan a las poblaciones, su recuperación y su permanencia. Otros resultados del proyecto incluyeron la obtención de parámetros biológicos de referencia de la candelilla (medidas, distribución, densidad, biomasa, variabilidad, etc.) que sirven de referencia para los análisis sobre la sustentabilidad de los aprovechamientos.

Las regulaciones existentes bien aplicadas, así como las sugeridas en esta guía, asegurarán que el recurso pueda ser aprovechado adecuadamente, sin deteriorar a mediano y largo plazo las poblaciones.

Guía informativa para la elaboración de estudios técnicos de aprovechamiento sustentable de candelilla en el marco de las disposiciones de la CITES



*La consulta a CONABIO previa a la autorización de aprovechamiento, agiliza la emisión del Dictamen de Extracción No Perjudicial (DEnP) para exportación, de conformidad con la CITES.

Figura 3. Cadena productiva de la cera de candelilla, donde se muestra desde su conservación y manejo, la recolección de la hierba de candelilla hasta el producto final, así como los operadores que integran la cadena, los apoyos o servicios que contribuyen en ésta, como instituciones que de acuerdo a sus atribuciones promueven el cumplimiento de la legislación nacional bajo la cual se sustenta su aprovechamiento.

3.3 VALOR COMERCIAL DE LA CANDELILLA

La cera de candelilla es uno de los principales productos forestales no maderables en México, y cuenta con un gran valor económico (CONAFOR, 2006). Su cosecha es una de las actividades más importantes en el norte del país, representando una crucial fuente de ingresos para las comunidades rurales que ahí habitan. Su importancia radica en la presencia de la cera que se obtiene mediante un proceso de extracción, la cual se utiliza para múltiples fines; como para la fabricación de cosméticos, para recubrir alimentos, hacer confitados, tintas, adhesivos, lubricantes, entre otros.

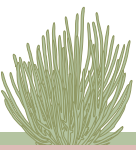
En México, la cera de *E. antisiphilitica* se conoce desde 1912, y fue en 1936 cuando su extracción comenzó a generar problemas de tipo socio-económico, comercial, cultural y agronómico (Esquivel, 1979), debido al incremento de su demanda. Al no contar con técnicas de recolecta que pudieran garantizar su manejo sustentable, sus poblaciones silvestres se empezaron a ver fuertemente afectadas.

La magnitud de la extracción de plantas silvestres para su aprovechamiento, aunada al sistema tradicional que se emplea para realizarla, que consiste en arrancar la planta completa con todo y raíz, ha ocasionado que algunas de sus poblaciones naturales

hayan desaparecido (De la Garza y Berlanga, 1993; Canales *et al.* 2006); por lo que los colectores se han visto obligados a buscar poblaciones con potencial de aprovechamiento en sitios más alejados, lo cual les afecta negativamente al tener que invertir más recursos y tiempo para llegar a dichas poblaciones (De la Garza y Berlanga, 1993).

La candelilla se comercializa principalmente como materia prima (cerote); la mayor parte de su producción se exporta a Estados Unidos de América, la Unión Europea y Japón, y sólo 2% de dicha producción es utilizada por la industria nacional.

La extracción de cera de candelilla como actividad económica, sigue siendo una actividad relevante por la existencia de un mercado internacional que demanda varias toneladas de cera al año. La cadena productiva de la candelilla que se ha creado, inicia en los predios con los técnicos forestales que elaboran Estudios técnicos y/o Avisos de aprovechamiento, y continúa con los recolectores y extractores de cerote, quienes venden su producción a empresarios nacionales, y estos a su vez la venden a empresarios en el mercado internacional, quienes transforman y comercializan los productos terminados. A lo largo de esta cadena productiva se encuentran involucrados diferentes actores en los procesos de manejo, gestión, recolección, producción, regulación y comercio (**figura 3**).



4. PROCESO PARA REALIZAR UN ESTUDIO TÉCNICO

Como lo indica el Reglamento de la LGDFS, la presentación del Aviso de aprovechamiento para recursos forestales no maderables, como la candelilla, incluye un Estudio técnico (ET) en el que se muestren las estimaciones de las existencias reales de la planta y a partir de dicha estimación se realizará un plan de aprovechamiento, tomando en cuenta los criterios y especificaciones técnicas establecidos en la NOM-018-SEMAR-NAT-1999. Para realizar estas estimaciones se requiere

seguir un método de muestreo que sea adecuado para las características de la especie (como por ejemplo su distribución espacial), y que sea representativo para evitar subestimar o sobrestimar la cantidad de hierba a aprovechar, por lo que esta Guía informativa, en su carácter orientativo, proporciona herramientas y recomendaciones técnicas para muestrear candelilla y estimar la biomasa aprovechable y sustentable.

En la **figura 4**, se muestra el **proceso general** para estimar la biomasa aprovechable. Este proceso resume lo que se requiere para la realización de un Estudio Técnico, que acompaña al Aviso de aprovechamiento. Esta Guía Informativa se enfocará en los siguientes pasos (A, B y C) de dicho proceso.

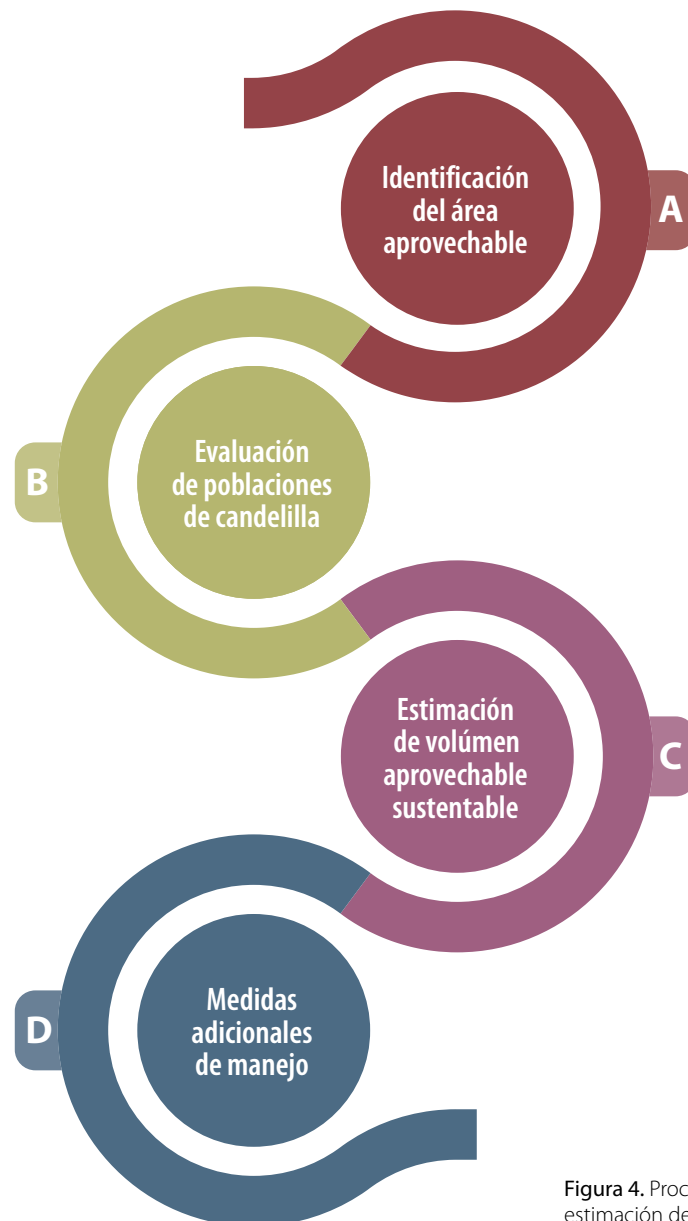


Figura 4. Proceso general para la estimación de volumen aprovechable.



Identificación
del área
aprovechable

A

Evaluación
de poblaciones
de candelilla

B

Estimación
de volúmen
aprovechable
sustentable

C

Medidas adicionales
de manejo

D

A. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE APROVECHAMIENTO Y RODALIZACIÓN

4.1. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA APROVECHABLE

Para identificar el área potencial de aprovechamiento, es necesario conocer el predio y ubicar las zonas donde se distribuye la hierba de candelilla, así como tomar en cuenta la experiencia de los ejidatarios o propietarios de la tierra. Una vez que se hayan identificado esas zonas, se deben registrar las coordenadas, para posteriormente trazar los polígonos con la ayuda de algún Sistema de Información Geográfica. A su vez, esta área puede ser segmentada en rodales o estratos de aprovechamiento (ver punto 4).

4.2. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, BIOLÓGICAS Y ECOLÓGICAS DEL PREDIO

Describir características como: topografía, geología, tipo de suelo, hidrología, clima, tipo de vegetación, ecología del predio.

4.3. ESPECIES DE FLORA Y FAUNA

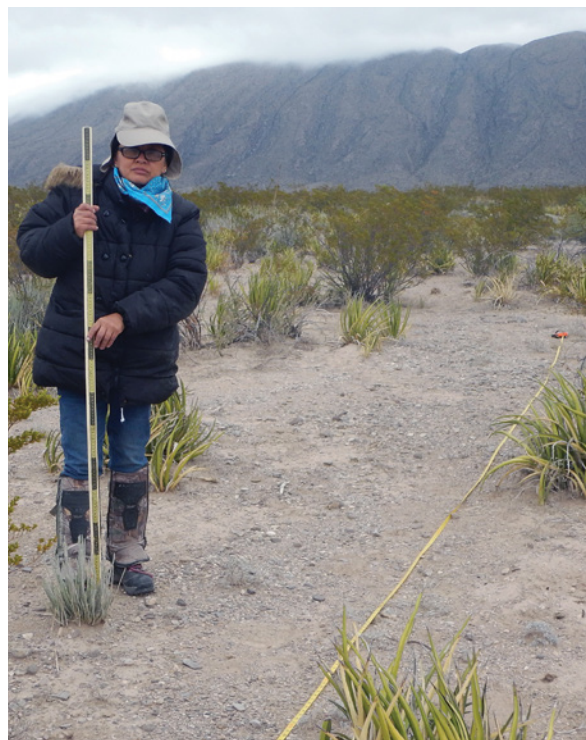
Incluir el nombre científico y común de las especies de flora y fauna presentes en el área de aprovechamiento, así como las condiciones ambientales que ahí se presentan y si son propicias para el desarrollo de dichas especies.

Incluir el listado de las especies que se encuentren en la NOM-059-SEMARNAT-2010, y las acciones para prevenir el impacto a éstas.

4.4. RODALIZACIÓN / ESTRATIFICACIÓN

¿Es necesario dividir el área de aprovechamiento en rodales? No. Sin embargo, es importante definir cuándo se debería y no debería establecer rodales. Rodalizar nos permite tener un mayor control, mejorar la estimación de existencias, y organizar los planes de cosecha (González Murguía, *et al.* 2004).

En general, es recomendable realizar rodales que se analizarán de forma independiente o estratificada, cuando las áreas de aprovechamiento son



Medición de altura de plantas de candelilla.



Flora asociada a plantas de candelilla.

relativamente grandes (el Comité Técnico de Recursos Forestales No Maderables de Coahuila, recomienda no realizar rodales mayores a 1,000 ha) ya que entre menor sea el área, más confiables son las estimaciones. De igual forma, es recomendable rodalizar cuando las diferencias en la distribución y densidad de la candelilla son muy marcadas, incluso debe considerar la similitud de características que presenta un área con respecto al suelo, la topografía, exposición, presencia de arroyos y barrancas, composición florística, estructura de la vegetación (González Murguía, *et al.* 2004), o incluso en la facilidad de acceso. Algunos técnicos forestales incluso han incorporado análisis previos de productividad y biomasa a partir de un pre-muestreo o de concentración vegetal por análisis satelitales,



Plantas de candelilla en pendientes. Ejido El Amparo, municipio de Parras, Coahuila de Zaragoza.

para rodalizar conforme a la cantidad de biomasa y/o características del terreno. En cambio, si las áreas a aprovechar son relativamente pequeñas, con una densidad relativamente homogénea de la candelilla, productividad similar y sin grandes alteraciones topográficas, no es necesario dividir las áreas excepto para el establecimiento de anualidades o manejos internos.

En el Estudio Técnico (ET) es necesario especificar y aportar de forma clara lo siguiente:

- Indicar la superficie total del predio que coincida con la documentación legal del predio.
- Indicar el área de aprovechamiento (total, y por rodal).
- Describir detalladamente la justificación, criterios y procesos para la rodalización o no rodalización, así como su relación con las estimaciones de biomasa y anualidades.

De igual forma, es necesario para que las autoridades agilicen el proceso de revisión, incluir las coordenadas de la poligonal del predio y de los rodales como anexos del Estudio técnico, como en copias digitales (Hojas de cálculo y/o archivos para lectura en Sistemas de Información Geográfica – SIG).

Nota: el tamaño adecuado de los rodales para aprovechamiento de candelilla dependerá de las condiciones que existan en el área y si las áreas son o no uniformes (ver sección B de esta Guía).



Identificación
del área
aprovechable

A

Evaluación
de poblaciones
de candelilla

B

Estimación
de volúmen
aprovechable
sustentable

C

Medidas adicionales
de manejo

D

B. EVALUACIÓN DE POBLACIONES DE CANDELILLA

La candelilla se distribuye principalmente en matorral rosetófilo, y debido a su condición clonal, se puede encontrar con una distribución espacial a manera de parches. Tomando en cuenta estas características, así como las extensas áreas en donde se aprovecha, la Autoridad Científica de la CITES ha considerado algunos métodos, como los más adecuados y efectivos para el muestreo de candelilla y para sus estimaciones de aprovechamiento. Esto, con base en revisiones bibliográficas, consultas con expertos y Estudios técnicos.

4.5. MÉTODO DE MUESTREO

Existen diferentes Métodos de muestreo, que pueden ser aplicados a la candelilla; los métodos más usados son: el muestreo estratificado aleatorio o sistemático y el muestreo aleatorio simple. La aplicación de cada cual dependerá de las características y tamaño del predio, y deberá estar justificado con base en éstas.

4.5.1. TIPOS DE MUESTREO: DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL MÉTODO DE MUESTREO

a) Muestreo estratificado:

En los casos en los que el área de aprovechamiento presente condiciones heterogéneas (**figura 5**), que es lo más común al tratarse de superficies “grandes” que se someten a aprovechamiento (ver sección 4.4), es recomendable realizar un muestreo estratificado, ya que permitirá captar de mejor manera la variación de las poblaciones, y los límites del error serán más pequeños que si se utilizara un muestreo aleatorio simple (Scheaffer, 2006). Para realizar este muestreo, se debe estratificar el área de acuerdo con las condiciones que ahí se presenten, de tal modo que cada estrato tenga características similares al interior y características diferentes entre ellos (Sheaffer 2006).

Para realizar este tipo de muestreo, es importante considerar la relación entre el tamaño de cada estrato y el número de unidades de muestreo posibles que puedan contener, ya que, si en el estrato pueden encontrarse más de 10 mil unidades, el muestreo dejaría de ser representativo porque se consideraría como una muestra infinita (Zar, 2010). Por ejemplo, si la unidad de muestreo mide 1,000 m², el estrato no deberá tener un área mayor a 1,000 ha.



Formación de un sitio de muestreo con radio fijo. Ejido San José del Aguaje, municipio de Viesca, Coahuila de Zaragoza

Por otro lado, la distribución espacial de las unidades de muestreo dentro de cada estrato puede ser: sistemática equidistante (**figura 6**) o simple aleatoria (**figura 7**), o una combinación de ambos (por ejemplo, el primer punto puede ser aleatorio y los demás distribuidos sistemáticamente).

Nota: es importante que el técnico indique cuál fue el criterio que utilizó para seleccionar el primer sitio de muestreo.

b) Muestreo aleatorio:

En caso de que las condiciones del área de aprovechamiento seleccionada sean homogéneas, es conveniente realizar un muestreo aleatorio simple, como se recomiendan en De la Garza y Berlanga (1993).

Es importante que en el ET se incluya:

- Las coordenadas y los archivos shapefile de las Unidades de Muestreo, diferenciando entre las unidades de premuestreo y muestreo definitivo.
- Describir cómo fueron distribuidos, es decir, qué método fue utilizado para la aleatorización de puntos (o coordenadas) donde se colocaron las unidades.
- Incluir un plano georreferenciado (físico o digital) en el que se muestre la ubicación de: a) los sitios del premuestreo, b) los sitios del muestreo definitivo o complementario cuando este exista, c) las áreas que se propone aprovechar y sus anualidades (si estas fueron “acotadas” después del muestreo, y diferentes a las de la rodalización inicial).

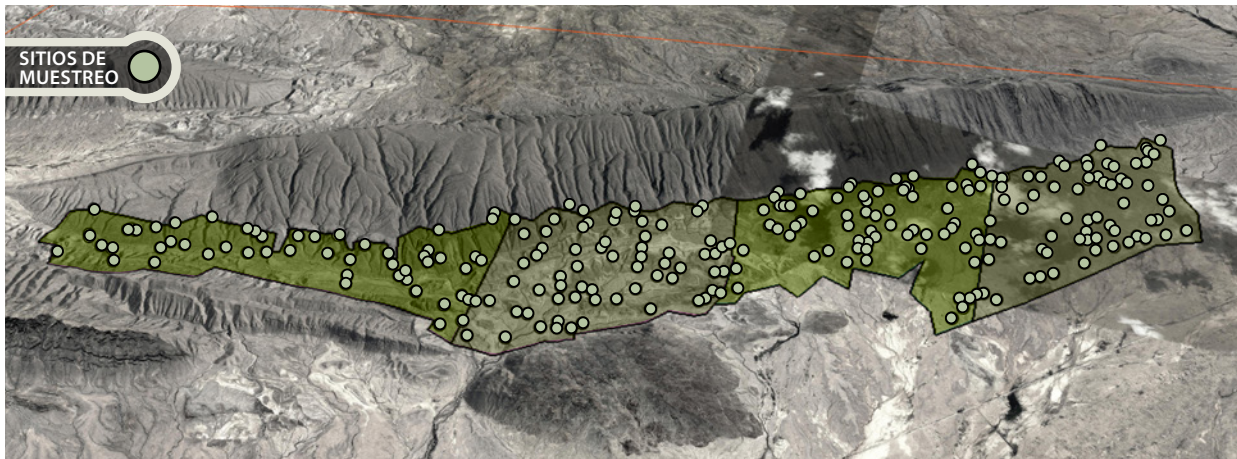
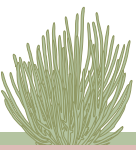


Figura 5. Ejemplo de esquema de muestreo "aleatorio estratificado" sobre las áreas establecidas de aprovechamiento (cada polígono representa un estrato).

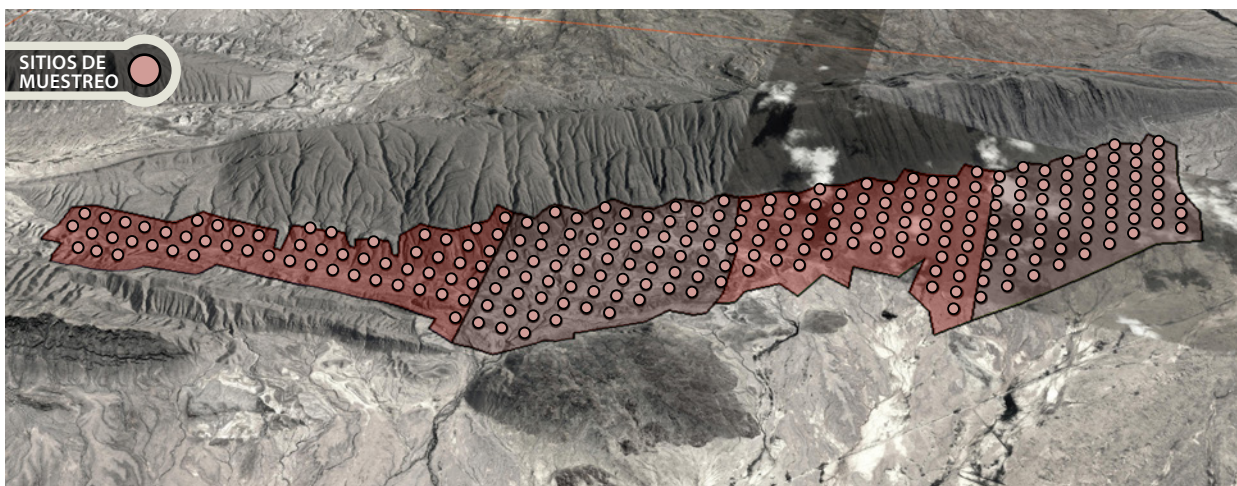


Figura 6. Ejemplo de esquema de muestreo "sistemático equidistante estratificado" (cada polígono representa un estrato).

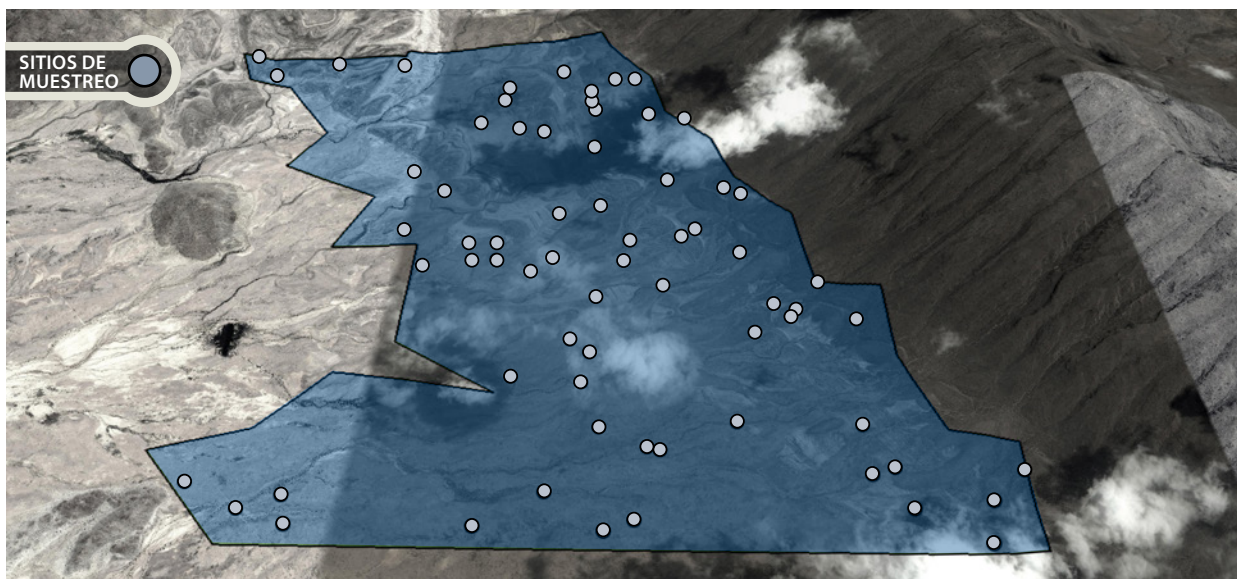


Figura 7. Ejemplo de esquema de muestreo "aleatorio simple" (sin estratos).

Mapas generados sobre QGIS con capa de Google Earth, elaborado por la CONABIO utilizando archivos Shapefile proporcionados por Marco Granillo, para el Ejido Piedritas, Ocampo, Coahuila.

4.5.2. UNIDAD DE MUESTREO (UM): DESCRIPCIÓN DE LA FORMA Y TAMAÑO DE LOS SITIOS

Las unidades de muestreo UM (o sitios de muestreos) son las áreas definidas donde se tomarán las medidas de cada planta. Estas pueden ser de diferentes formas (por ejemplo: círculos, cuadros, transectos) y tamaños. En cualquiera de los casos, se deberá describir la mecánica de delimitación de los sitios y la ubicación de cada uno de ellos.

RECOMENDACIÓN:

TAMAÑO: De acuerdo con el proyecto “Evaluación del estado de conservación y potencial de aprovechamiento sustentable de la candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) en zonas bajo aprovechamiento, en Coahuila”, las UM más precisas son los círculos con 400 m² de área (radio de 11.28 m), ya que la forma geométrica del círculo reduce el efecto de borde como el que se presenta al utilizar cuadros y que puede subestimar o sobreestimar el tamaño de muestra. Por otro lado, se considera que un tamaño de 400 m² es lo bastante grande como para captar suficiente variación en los tamaños de las plantas, a diferencia, por ejemplo, de los círculos de 100 m², y a la vez permite mantener definidos los límites de su circunferencia para no perder precisión, como pudiera ocurrir en los círculos de 1,000 m². Se debe tomar en cuenta que el tamaño del sitio de muestreo influirá en el número de sitios a muestrear.

MEDICIÓN: Para que las mediciones dentro del círculo sean más precisas, es recomendable marcar una cruz cuyo centro será el centro del círculo (con 11.28 m de radio para el caso de los círculos de 400 m², y con un radio de 17.84 m de radio en el caso de los círculos de 1,000 m²), y a partir de ese centro, anclar varias cuerdas con la medida del radio ya indicado, para ser utilizadas como líneas de apoyo y delimitar los espacios que se vayan a medir y evitar conteos dobles u omisiones (figura 8):

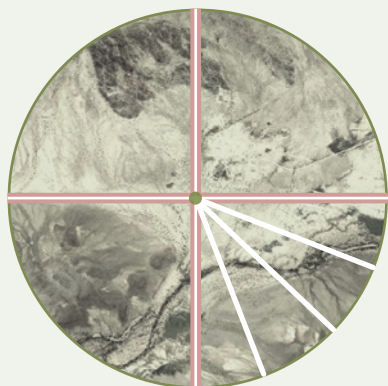


Figura 8. Representación de círculo de 400m², con una cruz en el centro para facilitar el área de medición, y líneas que representan las cuerdas para dividir el área que se va midiendo.

NOTA: Compensación por pendiente. Cuando se realizan sitios en pendientes, es importante considerar que la inclinación (en grados) debe “compensarse” modificando la longitud de las cuerdas.

Por ejemplo, el radio de la cuerda puede aumentar en inclinaciones de 45°, 4.6 m en sitios de 400 m², o 7.39 m en sitios de 1,000 m². Para obtener el largo de la cuerda a utilizar en donde hay cierta inclinación (en grados), se calcula con la fórmula siguiente:

$$\text{Longitud cuerda (H)} = \frac{\text{(radio seleccionado (r))}}{\text{(Coseno del ángulo (cos a))}}$$

Donde H = hipotenusa o largo de la cuerda compensada
r = radio del sitio (dependiendo del tamaño del sitio seleccionado)
Cosa = Coseno del ángulo / pendiente a compensar.

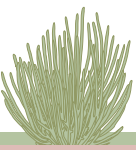
Cabe destacar que, si se realizan los cálculos en Excel, es necesario primero convertir el ángulo a “radianes” (usar fórmula automática), y calcular el coseno de los radianes obtenidos (esto es por compatibilidad del programa).

Por lo anterior, se deberá justificar de manera clara, la determinación de la superficie de los sitios de muestreo utilizados en cada estudio técnico, así como los ajustes necesarios.

4.5.3. ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA: DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA

Para estimar un tamaño de muestra que sea representativo y permita realizar las estimaciones de biomasa y aprovechamiento de forma confiable, es necesario implementar un muestreo exploratorio, con el cuál podremos determinar el tamaño mínimo necesario (por rodal o por área de aprovechamiento). En muchos casos, esto permitirá reducir el esfuerzo de muestreo, o aumentarlo exactamente a un número adecuado, dadas las condiciones de la población de candelilla en el área. De acuerdo con el teorema de límite central, poder describir la distribución de la media de la muestra aleatoria de la población de candelilla que presente una varianza finita y obtener el tamaño de muestra óptimo para la población que se desea muestrear, será necesario un mínimo de 30 sitios por rodal o estrato.

La ecuación que se utilice para estimar el tamaño de muestra dependerá del tipo de muestreo que se haya empleado. Los algoritmos a utilizar para calcular el tamaño de muestra pueden variar, dependiendo el enfoque de quienes describieron las fórmulas, las variables que se incluyen, y las adecuaciones posteriores. Sin embargo, cada elección de metodología debe incluir su justificación, las variables consideradas.



RECOMENDACIÓN:

A) Para muestras estratificadas

El Comité Técnico de Recursos Forestales No Maderables de Coahuila identificó la ecuación de Sheaffer (2006), como adecuada para muestras estratificadas (con la presencia de 2 a más rodales, definidos bajos los criterios de la sección 4).

$$n = \frac{(\sum_{h=1}^L N_h S_h)^2}{N^2 D + \sum_{h=1}^L N_h S_h^2}$$

Donde n = número de sitios a muestrear
 N_h = número total de unidades de premuestreo en cada estrato
 S_h = desviación estándar
 N = número total de unidades de premuestreo en todos los estratos
 D = El cuadrado del Error entre el cuadrado del valor de t de Student.

Este algoritmo nos determina el número de sitios TOTALES a muestrear, considerando la varianza y error de cada rodal o estrato.

Posteriormente, para estimar el número de sitios que deben muestrearse en cada estrato, se emplea la siguiente ecuación:

$$n_h = \left(\frac{N_h S_h}{\sum N_h S_h} \right) n$$

Estos algoritmos se utilizan considerando:

La fórmula de la varianza (Sheaffer, 2006):

$$s_h^2 = \frac{\sum_{h=1}^L h_i^2 - \frac{(\sum_{h=1}^L h_i)^2}{n_h}}{(n_h - 1)}$$

Donde h = Biomasa total (kg)
 nh = Número de unidades de muestreo del estrato h

La variable D se obtiene de la siguiente manera:

$$D = \frac{E^2}{t^2}$$

Donde E es = al error elegido entre 100 por la media muestral (Y_{st}).
 El error máximo que se recomienda utilizar en esta ecuación es del 10%.

Media muestral

$$\widehat{y}_{st} = \frac{\sum_{h=1}^L N_h \bar{y}_h}{N}$$

Donde L = Número de estratos
 N_h = Tamaño total (Número de unidades) del estrato h ($h=1 \dots L$)
 N = Número total de unidades de muestreo en todos los estratos.

Nota: es importante revisar que las unidades del tamaño de la superficie y de los sitios de muestreo, estén dados en las mismas unidades.

B) Para muestras no estratificadas

Esto puede referirse a áreas de aprovechamiento **sin rodalizar, o áreas con**

rodalos pero analizados cada uno de forma independiente (cada rodal tiene su premuestreo y sus estimaciones de biomasa, sin relación con los demás rodales).

Opción 1: Algoritmo presentado en Berlanga et al. (1993):

$$\frac{N t^2 \alpha / 2 S^2}{N d^2 + t_{\alpha/2}^2 S^2}$$

Donde n = Tamaño de muestra
 N = Número total de sitios de muestra
 S^2 = Varianza del premuestreo
 t = valor en tablas de "t de student"
 d = precisión preestablecida
 α = Probabilidad de error

* Notas: **a)** De acuerdo con Berlanga et al. (1993), cuando se realizan más de 30 sitios de muestreo, se debe sustituir los valores de tabla de "t", por los de tabla de "z". **b)** No hay una precisión preestablecida; entre menor precisión, mayor error y menor número de sitios. El autor ejemplifica usando una precisión de 0.5 kg/sitio y una confiabilidad del 90%. **c)** En caso de realizar varios rodales, el muestreo y el análisis se realizará para cada uno de ellos, de forma independiente.

Opción 2: algoritmo definido por Krebs (2014) para muestras infinitas (predios con más de 10,000 unidades potenciales de muestreo):

$$n = \left(\frac{200 CV}{r} \right)^2$$

Donde: n = tamaño mínimo de la muestra requerido
 CV = coeficiente de variación (desviación estándar del pre-muestreo/promedio del pre-muestreo).
 r = error relativo deseado de la media real de la población con la media estimada (expresado en porcentaje)

* Nota: **a)** Es importante considerar que en este caso la estimación del tamaño de muestra debe ser a nivel de rodal o estrato. **b)** En caso de realizar varios rodales, el muestreo y el análisis se realizará para cada uno de ellos, de forma independiente.

Cabe mencionar que Krebs (2014) propone un factor de corrección para casos en los que la población pueda considerarse como finita (predios con menos de 10,000 unidades posibles):

$$n' = \frac{n}{1 + \left(\frac{n}{N} \right)}$$

Donde n' = tamaño de muestra requerido de una población finita
 n = tamaño de muestras requerido que se calcula previamente con la Fórmula anterior
 N = total de unidades de muestreo posibles en el predio.

*Nota: Unidades posibles se refiere al número de sitios que pudieran existir dentro del área de aprovechamiento, dado el tamaño del rodal/área. Por ejemplo, si el rodal tiene una extensión de 300 ha (ó 3 millones de m²), y se establecerán sitios de 1,000 m², querría decir que existen 3,000 sitios de muestreo posible dentro del área.

Apuntes sobre el error relativo

El error relativo deseado, de acuerdo con Krebs (2014) y con Zar (2010), debe establecerse antes de realizar el muestreo, y de acuerdo con Krebs (2014) éste responde a una pregunta académica y no estadística, por lo que será de acuerdo al nivel de error que se desee obtener como resultado. Es importante considerar que, cuando un sitio presenta una gran variabilidad en sus datos, para reducir dicha variabilidad tendría que realizar un muestreo más intenso y de esta forma reducir el error, de lo contrario, al estimar la tasa de aprovechamiento, se tendría que considerar el intervalo más bajo con respecto a la media para que la estimación vaya en línea con el principio precautorio.

Nota: Para poblaciones naturales de candelilla se recomienda usar un error de 10%. Sin embargo, si al final del muestreo el error resulta ser mayor, como por ejemplo de más de 25 kg por sitio o UM, se recomienda estimar el potencial de aprovechamiento con base en el principio precautorio, ya que equivocarse hasta 25 kg en cada UM al final representaría una sobrestimación en la tasa de aprovechamiento.

Otras metodologías

Los métodos sugeridos anteriormente se han utilizado de forma general para cualquier área con presencia de candelilla. Es importante que, en caso de que se seleccione una metodología diferente a las consideradas “comunes”, el ET debe describir de forma clara y concisa cuáles son, las ventajas y desventajas de estas, e incluir el respaldo académico (metodología en artículos científicos, tesis, reportes, folletos, etc.) que permitan a las autoridades verificar su aplicabilidad y las consideraciones particulares.

4.6. MEDICIONES EN CAMPO

El tipo de datos a obtener de las plantas dependerá directamente de la metodología que se haya seleccionado para la obtención de la biomasa (ver sección 4). Los análisis más comunes incorporan variables como altura media, diámetro mayor y menor, por su facilidad y rapidez de medir en campo. Sin embargo, en ocasiones se han presentado métodos que implican medir el diámetro mayor y menor inferior, el diámetro mayor y menor superior, y la altura menor y mayor (fascículos que menos altura presentan y fascículos que mayor altura presentan), como se muestra en el modelo de Hernández y colaboradores (2017) para ciertas regiones de Coahuila. Es importante que el ET describa qué metodología se está siguiendo, y se revise la aplicabilidad de la metodología a las medidas tomadas. De igual forma, es altamente recomendable que además

se tomen las medidas “comunes”, a fin de que las autoridades que analizan puedan comparar los resultados. Asimismo, es importante considerar que se deben tomar las medidas recomendadas en De la Garza y Berlanga (1993), ya que a través de estas se puede determinar la madurez de cosecha, de acuerdo con la NOM-018-SEMARNAT-1999.

4.6.1. VARIABLES: DATOS POR PLANTA, DIFERENCIADOS POR SITIO

RECOMENDACIÓN:

De acuerdo con Berlanga et al. (1993), las variables mínimas requeridas de los individuos silvestres son:

- I. **Número de individuos:** señalar el número consecutivo de macollos o majuelos (equivalente a un individuo de planta de candelilla) registrados.
- II. **Datos de cada macollo o majuelo de candelilla (figura 9):**
 - ▶ **Altura media:** se refiere a la altura más frecuente en los tallos de un individuo; medida en cm.
 - ▶ **Diámetro mayor:** se toma la medida del diámetro de la parte más ancha del individuo; medida en cm.
 - ▶ **Diámetro menor:** se registra la medida del diámetro en la parte más angosta del individuo; medida en cm.
 - ▶ **Condición:** se registra si la planta está viva o muerta

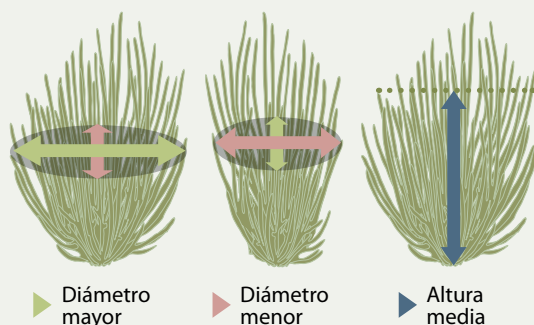


Figura 9. Variables a medir de la planta de candelilla.

4.6.2. ESTIMACIONES A PARTIR DE LOS DATOS DE CAMPO

Con los datos de campo se pueden estimar parámetros necesarios para el análisis, los cuales deben de estar en el ET, como:

- ▶ La densidad por sitio de muestreo y rodal/estrato (número de plantas por área).
- ▶ El coeficiente de variación, del rodal/estrato en caso de realizar análisis estratificados, o del área de aprovechamiento, en caso de no realizar análisis estratificados. Se estima a través del algoritmo:



$$CV = \frac{S}{X}$$

Donde S = desviación estándar
 X = biomasa promedio}

- La estructura de tamaños en altura y diámetro mayor, por rodal o estrato (es recomendable establecer categorías de plantas cada 10 cm): En el ET se deben incluir las gráficas de la estructura de la población, así como la interpretación del comportamiento población y observaciones derivadas del análisis (p. e. ausencia o poca representación de plantas con tamaños grandes, plantas de renuevos, población en recuperación post-aprovechamiento, conservada, con categoría sub-representadas, etc.).

4.6.3. CRITERIOS PARA LA TOMA DE DATOS SOBRE LAS PLANTAS DE CANDELILLA

Debido a que la candelilla es una planta con crecimiento clonal, en muchas ocasiones resulta complejo definir estrictamente un individuo (entendido como unidad genética o "genet").

En el muestreo de campo, el objetivo es tener un buen estimado de la biomasa¹ aérea viva de la candelilla y para ello, deberán identificarse y medirse el total de los individuos o bien "macollos" o "majuelos" en el área de muestreo (plantas aprovechables y no aprovechables). Considerando que los macollos serán la unidad de medición, se debe tomar en cuenta que:

- a) Toda medición deberá hacerse lo más exacta posible, con una aproximación al centímetro, y evitando redondear a categorías preestablecidas (evitar redondeos en la medida de lo posible).
- b) Un individuo será considerado diferente a otro si tienen entre sí una separación mayor o igual a 20 cm, y dicha separación debe ser visible a nivel del suelo (**figura 10**).
- c) En el caso de macollos muertos², no se toman sus medidas; de ser posible, sólo se contabilizará y anotará el número total de plantas de candelilla muertas.
- d) En el caso de individuos que estén en el límite del área de muestreo, es decir aquellos que toquen las líneas del sitio de muestreo, sólo se contabilizarán aquellos donde el 50% o más del individuo esté dentro del límite de dicho sitio (**figura 11**).
- e) Renuevos: Es importante que, aunque las plan-

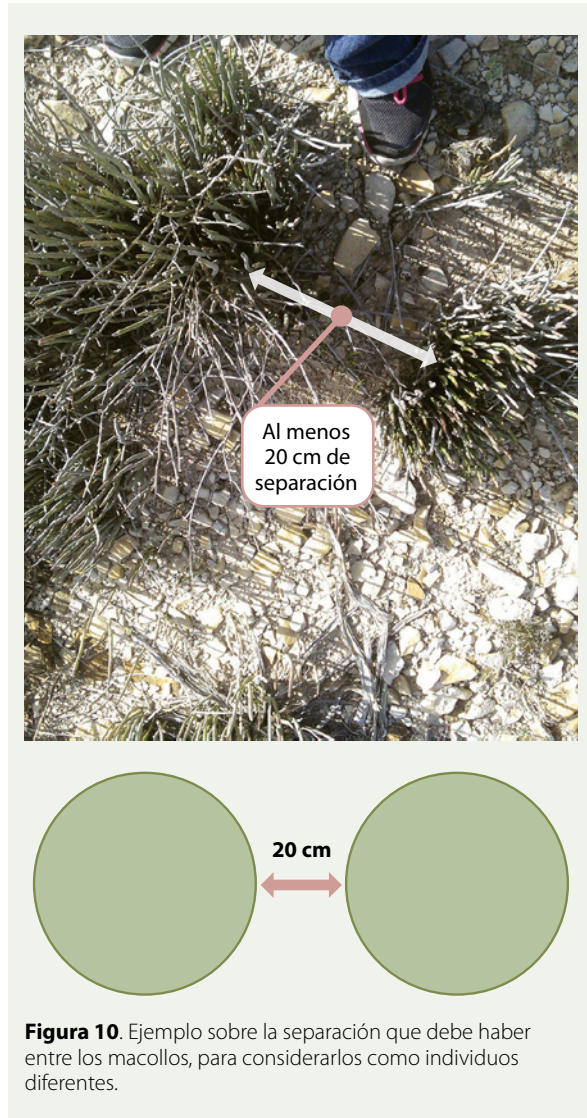


Figura 10. Ejemplo sobre la separación que debe haber entre los macollos, para considerarlos como individuos diferentes.

tas se consideren como "no aprovechables", se tomen en cuenta, ya que esto ayudará a la descripción de la estructura poblacional, y de la salud de la población. Sin embargo, por el esfuerzo que implica su medición, así como el bajo reclutamiento de plantas juveniles, es recomendable que se contabilicen (sin medir) plantas menores a 20 cm de altura, así como los tallos que son individuales de cualquier tamaño que no forman un macollo (**figura 12**).

Plantas menores a 10 cm y tallos individuales de cualquier tamaño (que no forman un macollo) no se miden, únicamente se contabilizan (**figura 12**) para tener un registro de los mismos.

¹ En el muestreo se estimará la biomasa aérea viva de la candelilla, lo que difiere del concepto biológico de biomasa, el cual se mide en peso seco.

² Una manera sencilla de ver si un macollo está muerto, es ver el color, siendo este muy oscuro, además de que al hacerle una perforación superficial a la planta no le sale ninguna sustancia lechosa.

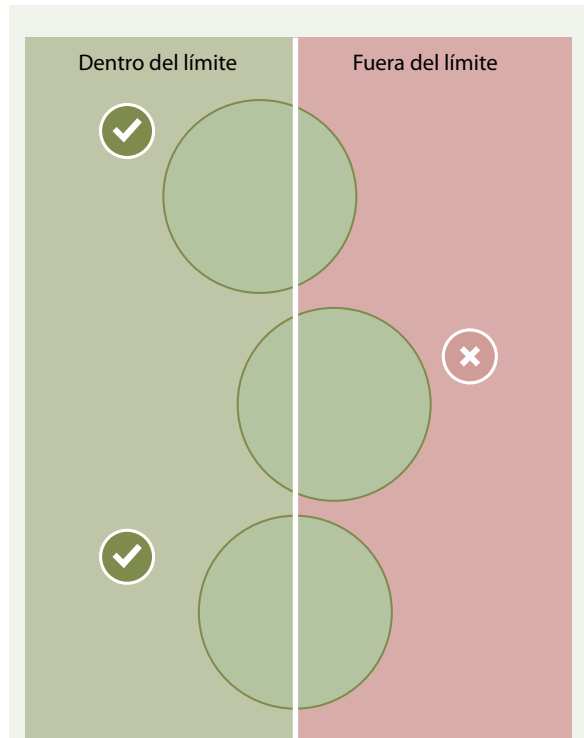
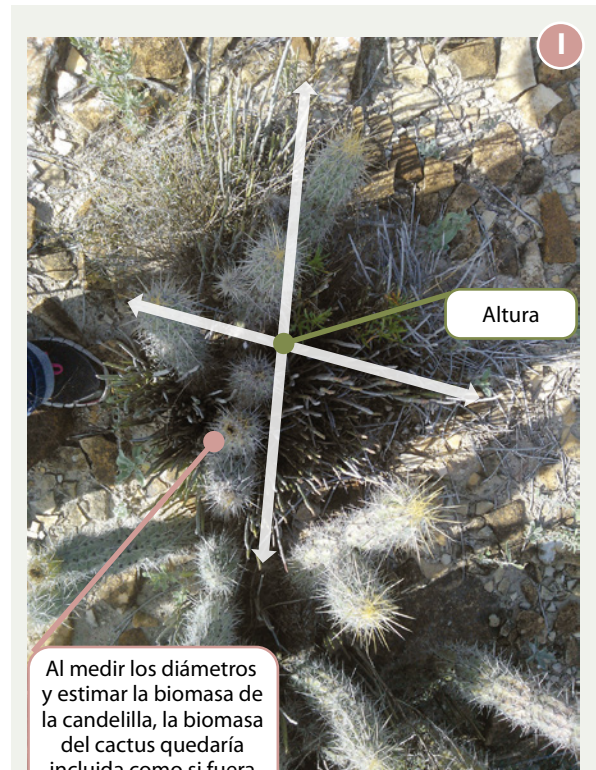


Figura 11. Esquema que muestra cómo se considerarán los individuos que se encuentran en el límite del área de muestreo.



Figura 12. Tallos de candelilla que no forman un macollo

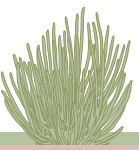
f) Cuando la planta de candelilla haya crecido junto con otra planta, y por lo tanto no resulte sencillo determinar las dimensiones de la planta de candelilla, se recomienda evitar medirlas, ya que se podría sobre o sub estimar la biomasa. Pe. la figura 13 (incisos I y II). Sin embargo, cuando el crecimiento de la otra planta (de especie x) no sea tan conspicuo, se medirá como un macollo completo, (inciso III).



Al medir los diámetros y estimar la biomasa de la candelilla, la biomasa del cactus quedaría incluida como si fuera de la candelilla



Figura 13. Ejemplos de casos en los que la planta de candelilla ha crecido junto con otra planta. En los incisos I) y II) se muestra una forma no adecuada de medir la candelilla que puede provocar una sobrestimación de la biomasa. El inciso III) muestra un ejemplo en que sí se puede medir el macollo completo, ya que el crecimiento de otra planta no es tan conspicuo.



g) Cuando la planta de candelilla crece de forma irregular:

▸ Individuos de candelilla contiguos, pero no mezclados y diferenciables, se sugiere medir los macollos como si fueran plantas diferentes (figura 14, incisos I, II).

▸ Individuos entremezclados, pero diferenciables (figura 15), se sugiere medirlos como individuos separados, para evitar afectar la variabilidad de la población).

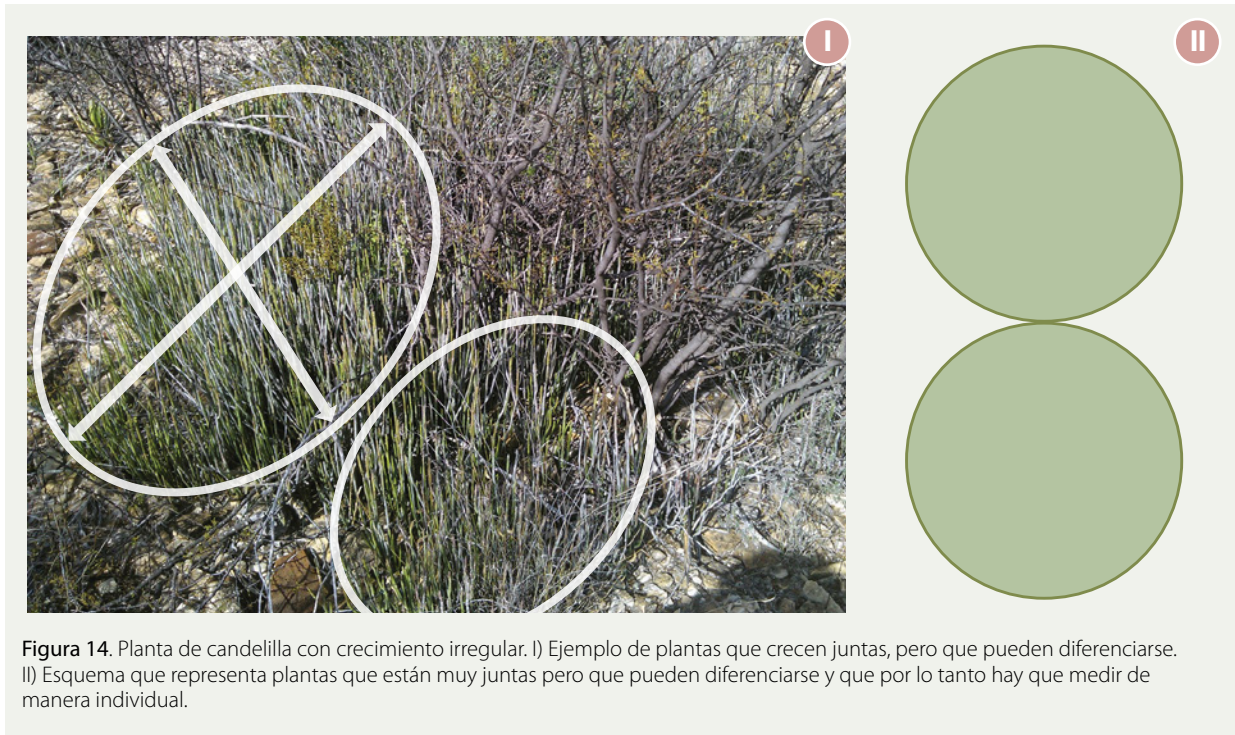


Figura 14. Planta de candelilla con crecimiento irregular. I) Ejemplo de plantas que crecen juntas, pero que pueden diferenciarse. II) Esquema que representa plantas que están muy juntas pero que pueden diferenciarse y que por lo tanto hay que medir de manera individual.



Figura 15. Ejemplo de plantas de candelilla con crecimiento irregular, que se encuentran muy juntas y que es difícil su diferenciación.



Identificación
del área
aprovechable

A

Evaluación
de poblaciones
de candelilla

B

Estimación
de volúmen
aprovechable
sustentable

C

Medidas adicionales
de manejo

D

C. ESTIMACIÓN DE VOLUMEN APROVECHABLE SUSTENTABLE

Una vez aplicados los criterios estadísticos para determinar el tamaño de muestra adecuado, se estima el volumen de biomasa total del área de aprovechamiento (por rodal/estrato o total, de acuerdo con el método seleccionado previamente) tanto para plantas consideradas como aprovechables, como aquellas no aprovechables.

4.7. ESTIMACIÓN DE VOLUMEN TOTAL (BIOMASA)

Es necesario que se consideren los modelos adecuados para estimar la biomasa, teniendo en cuenta sus ventajas y desventajas. Asimismo, el ET debe contener una descripción del método a utilizar y su justificación. Entre algunos de los usados con buena precisión se encuentran los establecidos en Camacho (1990) y retomado en De la Gaza y Berlanga (1993), Robledo (2012) y Hernández et al. (2017). Es necesario estimar y diferenciar la biomasa de cada planta, tanto aprovechable como no aprovechable, por sitio, y por área de aprovechamiento (rodal/estrato, total).

RECOMENDACIÓN:

Por la facilidad de aplicación, la precisión, y el principio precautorio, en general se recomienda la utilización del algoritmo de Camacho (1990), para la obtención de la biomasa por planta medida (expresada en kg). Otras metodologías pueden estimar una mayor biomasa en plantas grandes (Robledo 2012), o ser solo aplicables a ciertas UMAFORES del estado de Coahuila de acuerdo a la cercanía en los predios de estudio (Hernández et al., 2017). En caso de aplicar otras metodologías, estas deben estar justificadas.

La metodología de Camacho (1990) considera la estimación de un volumen de cilindro con el algoritmo:

$$V = [\pi * Dm * dm * A] / 4)$$

Donde "Dm" es diámetro mayor
"dm" es el diámetro menor
"A" la altura,
 π es el valor de Pi)

Y para la estimación de la biomasa, se considera el ajuste al volumen posterior utilizando el algoritmo:

$$X = 0.0002620 V^{0.7736}$$

Donde X = Biomasa (expresada en kg)
V = volumen de la biomasa en cm³

Nota:

- La aplicación de estas fórmulas recomendadas es para **obtener la biomasa por planta, tanto para plantas no aprovechables como aprovechables** (no es aconsejable utilizarlas para calcular la biomasa a partir de promedios de medidas).
- **No es recomendable realizar una categorización de las medidas de las plantas para obtener la biomasa;** De la Garza y Berlanga (1993) incluyen tablas con categorías cada 5 cm; sin embargo, aplicar estas tablas implica reducir la variación de los datos, lo que podría resultar en sobre o sub estimar la biomasa total. **Las plantas deben medirse en cm. exactos evitando redondear.**

Estimando la biomasa total (total, aprovechable y no aprovechable)

- Una vez obtenida la biomasa por planta, se estima la biomasa por sitio (sumatoria de la biomasa de cada sitio).
- Usando los valores de biomasa por sitio (de cada rodal/estrato), se calculan los valores de tendencia central para el rodal/estrato (media, varianza, desviación estándar, y derivados, como Coeficiente de variación, error estimado, etc., como se indica en De la Garza y Berlanga (1993).
- Al tener una muestra confiable (de forma estadística), es posible realizar extrapolaciones de la biomasa por sitio, hacia la biomasa/hectárea (kg/ha), y posteriormente hacia biomasa total por rodal/estrato u área de aprovechamiento (según el tamaño del rodal/estrato y área total). El factor a multiplicar dependerá del tamaño del sitio. P. ej., si se realizaron sitios de 1,000 m², extrapolar la "biomasa promedio de los sitios" (media de biomasa) a hectárea se calcula multiplicando dicho valor por 10 (considerando que 1,000 m² = 0.1 hectáreas); mientras si se realizaron sitios de 500 m², se deberá multiplicar la biomasa/sitio * 20 (considerando que 500 m² = 0.05 ha).

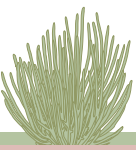
Nota:

- Si se decidió a realizar un muestreo estratificado, se obtendrán biomásas diferentes por rodal/estrato.
- Si se decidió realizar un único muestreo, se obtendrá la biomasa total para el área aprovechable.
- Es importante que se considere la estimación de los intervalos de confianza de la biomasa por estrato/rodal.

4.8. ESTIMACIÓN DE VOLUMEN APROVECHABLE

BIOMASA PARA APROVECHAMIENTO (COSECHA)

Las estimaciones del aprovechamiento se ajustan al menos con los criterios y especificaciones técnicas de la NOM-018-SEMARNAT-1999, donde se considera lo siguiente:



- a) **La madurez de cosecha** se identificará cuando los macollos o plantas han alcanzado al menos un diámetro mayor de 25 cm y una altura mínima de 30 cm. Recomendamos que se considere una altura “media” de los fascículos de la planta.
- b) En el área de aprovechamiento, se deberá dejar sin intervenir como mínimo el **20% de la población en la etapa de madurez** reproductiva para propiciar su regeneración.

Con base en estos criterios se estimará la cantidad de biomasa a aprovechar (cosechar). Se recomienda que en el ET se presente la cantidad de biomasa: a) total, b) aprovechable, c) a cosechar, tanto por roda/estrato como por la totalidad del área de aprovechamiento.

ESTIMACIÓN DEL CEROTE

La cantidad de cera obtenida por planta puede variar por diferentes razones, como la época, la condición de la planta, la cantidad de lluvia que se presentó, etc. Por tal motivo, es necesario que el ET especifique y justifique los factores de conversión (rendimiento) de biomasa de hierba (kg) a cerote (kg).

PLAN DE CORTAS

Finalmente, el ET deberá incluir el plan de cortas, especificando la anualidad, el área a aprovechar (estrato, rodal, fragmento, división), la cantidad de hierba aprovechable por estrato/rodal o área, y el cerote resultante por año y por área o estrato, respaldado con un plano georreferenciado (plano de cortas). Es importante que las anualidades, independientemente de la forma en que se planeen (correspondientes con rodales, combinando áreas de rodales, división por productividad/área, etc.), sean congruentes con las cantidades disponibles de candelilla por rodal/estrato.

OTRAS RECOMENDACIONES

De forma voluntaria, se pueden proponer medidas de manejo adicionales a lo establecido en la NOM-018-SEMARNAT-1999, a fin de favorecer la regeneración, recuperación y reproducción en las poblaciones silvestres. Entre algunas de las medidas habituales se encuentran:

- a) En la medida de lo posible, cortar solamente el 50% de cada planta a cosechar. Una vez realizado el corte, no se vuelve a aprovechar la planta hasta que se recuperó totalmente, y se procede al corte del otro 50% (que pudiera ser dos o más años después, dependiendo de la capacidad de cada planta y de las condiciones ambientales).



Tercios de candelilla para secado al sol. Ejido Trincheras, municipio de Francisco I. Madero, Coahuila de Zaragoza.

- b) Dejar sin cosechar plantas de tamaños determinados. Se refiere a dejar en pie plantas con alturas mayores a 80 cm a fin de propiciar la reproducción sexual (Martínez-Ballesté y Mandujano, 2013), o a disminuir la intensidad de corta por categoría de altura.
- c) Si no se ha reportado una recuperación significativa en tamaños y/o representatividad en la estructura poblacional, se limita el porcentaje de cosecha, menor al máximo permitido.
- d) Exclusión de áreas independientemente de su productividad.

Según De la Garza y Berlanga (1993) y Villa-Salas (1981), el tamaño frecuente de las plantas de candelilla es de 20 a 80 cm de altura, y pueden llegar hasta 1.5 m (en bajas densidades). Martínez-Ballesté y Mandujano (2013) mencionan que las plantas mayores a 80 cm aportan una mayor producción de flores, beneficiando la reproducción sexual sobre la reproducción clonal. **En este sentido, es importante que el aprovechamiento que se proponga, sea adaptativo, considerando la estructura de tamaños que presente la población del área a aprovechar.**



Identificación
del área
aprovechable

A

Evaluación
de poblaciones
de candelilla

B

Estimación
de volúmen
aprovechable
sustentable

C

Medidas adicionales
de manejo

D



Proceso de "charqueado" de la cera de candelilla. La cera líquida se separa de las impurezas y del agua por sedimentación.

D. MEDIDAS ADICIONALES DE MANEJO

Existen otras medidas que se deben cubrir con carácter obligatorio, de acuerdo con la NOM-018-SEMARNAT-1999. Es importante que dicha norma sea consultada y se cubran las medidas indicadas (p. ej., labores y prácticas de fomento, medidas de prevención y control de incendios/plagas, mitigación de impactos ambientales, etc.).

4.9. DEFINICIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PERIODO DE RECUPERACIÓN:

TIEMPO DE RECUPERACIÓN

De acuerdo con De la Garza y Berlanga (1993), el tiempo de regeneración de las plantas de candelilla es de 2 a 3 años; sin embargo, este periodo varía dependiendo de las condiciones ecológicas de cada localidad y las condiciones climáticas. Por otro lado, Schneider (2009) menciona que las plantas necesitan de 2 a 5 años de crecimiento antes de que puedan producir cantidades significativas de cera, e incluso, para que la población se recupere después de la primera cosecha, necesitaría 2 años sin ser intervenida; una recuperación después de una segunda cosecha, tomaría cerca de 5 años, y después de una tercera cosecha, la población podría tardar hasta 10 años en recuperarse y ser económicamente viable para la extracción de cerote.

El ET debe mencionar el periodo de recuperación que se le dará a cada área aprovechada para garantizar su recuperación, incluyendo las evaluaciones anuales en las áreas de aprovechamiento mediante

las que se monitorea la recuperación de la población, tomando en cuenta las condiciones del sitio y la tasa de crecimiento de la planta y con base en esta información, determinar si es necesario implementar acciones adicionales para la recuperación.

RECOMENDACIÓN:

Regeneración

Para promover una regeneración efectiva de las plantas, y evitar tener que esperar, en algunas ocasiones, hasta 10 años para cosecharlas, los resultados del proyecto "Evaluación del estado de conservación y potencial de aprovechamiento en poblaciones de candelilla", coordinado por la CONABIO, sugieren no cosechar una parte de la planta, a fin de que el maullo pueda regenerarse con mayor rapidez:

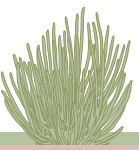
- a) De las plantas consideradas para cosechar (en cumplimiento de la NOM-018-SEMARNAT-1999, y medidas adicionales propuestas), se recomienda extraer un máximo del 90% de cada planta. El 10% restante debe quedar en pie para favorecer la regeneración vegetativa de la planta. Este manejo debe verse reflejado en los cálculos del plan de cortas.
- b) Para considerar una planta como "aprovechable", además de los criterios de la NOM-018-SEMARNAT-1999, se debe de considerar que el diámetro menor también tenga al menos 25 cm. Esto garantizaría que se trata de plantas con un tamaño adecuado para ser aprovechadas.

4.10. LABORES DE FOMENTO Y PRÁCTICAS DE CULTIVO:

Cuando en las áreas bajo aprovechamiento no se presente la regeneración natural, se deberán realizar trabajos de reforestación con hierba de candelilla. En caso de realizar una revegetación o reforestación, es importante especificar el área en donde se realizará, así como indicar de dónde proviene la hierba que será utilizada para este fin. Además, es importante que el técnico responsable le dé seguimiento al área que reforestó para observar la tasa de supervivencia de la candelilla plantada (se sugiere los "Criterios Técnicos para realizar prácticas de manejo en predios bajo aprovechamiento forestal no maderable de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*)" que se incluyen en el Anexo 3, CONAFOR, 2018).

4.11. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN:

Es necesario especificar las medidas de control de incendios, plagas y enfermedades forestales, así como las 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.



Medición del diámetro de una planta de candelilla. Ejido El Oro, municipio de Ocampo, Coahuila de Zaragoza.

5. LISTA DE REQUISITOS PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS TÉCNICOS Y ENTREGA DE AVISOS DE APROVECHAMIENTO

En esta sección, se presentan dos listados sobre los elementos que deben estar incluidos tanto en el Estudio Técnico, como en el Aviso de Aprovechamiento al que acompaña. La primera lista (Lista A), se basa en los pasos del proceso general para la elaboración de un Estudio Técnico, por lo que cada uno de los elementos que la constituyen corresponde al contenido de esta Guía Informativa.

La segunda lista (**Lista B**), incluye los requisitos adicionales que revisa la Representación SEMAR-NAT correspondiente, y que son necesarios para la autorización del aprovechamiento de acuerdo al marco legal vigente. En el **Anexo 2**, se incluye esta misma información de acuerdo a la redacción original del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

LISTA A. Lista de requisitos de información establecidos en el Reglamento de la LGDFS y la NOM-018-SEMAR-NAT-1999, y de los que precisa la Autoridad Científica CITES para formular dictámenes de extracción no perjudicial para candelilla en cumplimiento de las disposiciones de la CITES.

ESTUDIO TÉCNICO

A. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE APROVECHAMIENTO Y RODALIZACIÓN

4.1. Identificación del área aprovechable

- Coordenadas del polígono del predio en Hoja de cálculo (Excel) y archivo de SIG (shapefile)
- Superficie total del predio
- Superficie a aprovechar (por rodal/estrato y total)

4.2. Descripción de las características físicas, biológicas y ecológicas del predio

4.3. Especies encontradas en el predio; especies a aprovechar (nombres científicos, comunes, especies en lista de riesgo).

4.4. Rodalización/estratificación:

- Elección del método de muestreo respecto al área
- Descripción detallada de los criterios de rodalización y su justificación
- Tipo de rodalización seleccionada.
- Coordenadas de los rodales en hoja de cálculo (Excel) y archivo SIG (shapefile).

B. METODOLOGÍA: EVALUACIÓN DE POBLACIONES DE CANDELILLA

4.5. Método de muestreo

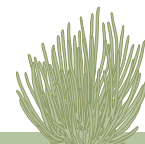
4.5.1. Tipos de muestreo: Descripción y justificación del método de muestreo

- Distribución espacial de los sitios de muestreo (aleatoria/sistemática).
- Coordenadas en hoja de cálculo (Excel) y archivo SIG (shapefile) de los sitios de pre-muestreo y muestreo (claramente diferenciados)

4.5.2. Unidad de muestreo: Descripción de la forma y tamaño de los sitios

4.5.3. Estimación del tamaño de muestra:

- Descripción y justificación del método para la obtención del tamaño de muestra acorde al sistema de muestreo y rodalización escogido.
- Demostrar la confiabilidad estadísticamente, considerando un porcentaje adecuado de acuerdo al algoritmo. Se recomienda un 10%.
- Número de sitios de muestreo realizados y necesarios (adicionales, de aplicar) para considerar el muestreo como representativo.
(Incluir operaciones en hojas de cálculo - Excel).



4.6. Mediciones en campo (datos de campo)

4.6.1. Variables: Datos por planta, diferenciados por sitio de acuerdo con el método elegido para estimar biomasa. Justificar la elección del método. Las medidas mínimas necesarias (aunque se utilicen otros métodos) deben ser:

Altura (media)

Diámetro mayor

Diámetro menor

La NOM-018-SEMARNAT-1999 considera estas para la determinación de madurez de cosecha.

4.6.2. Estimaciones a partir de los datos de campo:

- Valores de tendencia central (ej., varianza, media, desviación estándar, error, límites de confianza, etc.)
 - Densidad por sitio de muestreo y por rodal o estrato.
 - Coeficiente de variación (de todo el muestreo o área de aprovechamiento)
 - Estructura de tamaños en altura y diámetro mayor, por rodal o estrato (es recomendable establecer categorías de plantas cada 10 cm)
-

4.6.3. Criterios para selección de individuos para la toma de datos

C. ESTIMACIÓN DE VOLUMEN APROVECHABLE SUSTENTABLE (ESTIMACIONES EN EXCEL CON BASE EN LOS CRITERIOS DE LA NORMA)

4.7. Estimación de volumen total (biomasa)

- Descripción de la metodología para estimar la biomasa
 - Estimación de volumen (biomasa) por planta, sitio y total (estimaciones en hojas de cálculo - Excel). Considerar Biomasa total para rodal y predio, así como biomasa considerada aprovechable y no aprovechable.
-

4.8. Las estimaciones de volúmenes de aprovechamiento, de acuerdo con los criterios y especificaciones técnicas de la NOM-018-SEMARNAT-1999

- Cantidad de biomasa total y aprovechable
 - Porcentaje de rendimiento planta-cerote
 - Plan de cortas, especificando la anualidad, la cantidad de hierba a extraer y su equivalencia en cerote, el área o rodal a aprovechar.
 - Otras recomendaciones: criterios de manejo adicionales, considerando la estructura poblacional y la regeneración.
 - Técnicas de aprovechamiento
-

D. MEDIDAS ADICIONALES DE MANEJO

4.9. Definición y justificación del periodo de recuperación del área aprovechable.

4.10. Labores de fomento y prácticas de cultivo:

- Sitio de revegetación
 - Biomasa que se usará para cultivar y de dónde se obtiene
 - Acciones adicionales implementadas.
-

4.11. Medidas de prevención y mitigación

- Medidas de control de incendios, plagas y enfermedades forestales
 - Medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales negativos
 - Labores de fomento y prácticas de cultivo
-

LISTA B. Información adicional que requieren las Representaciones de la SEMARNAT para emitir la autorización de los Avisos de Aprovechamiento:

REQUISITOS

Formato FF-SEMARNAT-055 (firmado por el solicitante en su caso)

Nombre, denominación y razón social

Original o copia certificada del título de propiedad o posesión, del predio inscrito en el registro público que corresponda

Copia certificada del instrumento en el que conste el derecho, para actividades de aprovechamiento

Ejidos: original del acta de asamblea en la que conste su consentimiento para realizar el aprovechamiento, inscrita o en trámite de inscripción del registro agrario nacional

Acta de elección de órganos y copia de sus identificaciones oficiales vigentes

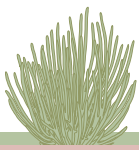
Plano georeferenciado, indicando: a) áreas de aprovechamiento con los vértices del polígono general y de las áreas de aprovechamiento y la Unidad de Manejo Forestal que corresponda, datum, presentado físicamente y en formato electrónico: escala mínima 1:50,000 (Coordenadas en archivo Excel). La cartografía que se presente (planos georeferenciados) deberá elaborarse de conformidad con lo establecido en el numeral XXVII del artículo 2 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

Manifestación bajo protesta de decir verdad de la situación legal del predio.

Vigencia

Estudio Técnico

Datos del registro del prestador de servicios técnicos encargado de elaborar el estudio y dirigir el aprovechamiento



6. LITERATURA CITADA

- Ávila R., F. 2007. La candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) en el norte de Zacatecas. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. México. 67 p.
- Benítez Díaz, H. y L.M. Ortiz Ortiz. 2016. Cooperación internacional en materia de biodiversidad en Capital Natural de México, Vol. IV.: Capacidades Humanas e Institucionales. CONABIO. México pp 219-244.
- Camacho Olvera, M. 1990. Análisis dimensional en candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) en el C.E.F. "La Saucedá", Ramos Arizpe, Coahuila. Tesis profesional, UAAAN, Saltillo.
- Canales G., E., V. Canales M. y E. M. Zamarrón R. 2006. Candelilla, del desierto mexicano hacia el mundo. Biodiversitas Núm. 69. nov-dic. pp. 1-5.
- Ceras Naturales Mexicanas, S.A. de C.V (Cenamex). 2012. Informe técnico de explotación de la región sur, México. <http://www.candelilla.org/es/noticias.php>. (24 de abril de 2012).
- Cervantes R., M. C. 2002. Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., México. pp. 125-137.
- Chapa R., M. T. 1959. Estudio morfológico de la candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.). Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma de Coahuila. Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro" Saltillo, Coah., México. 63 p.
- Criterios Técnicos para realizar prácticas de manejo en predios bajo aprovechamiento forestal no maderable de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) CONAFOR, 2018
- De la Cruz C., J., A. 1958. Contribución al estudio de la Candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.). Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma de Coahuila. Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro". Saltillo, Coah. México. 54 p.
- De la Cruz C., J. A. y M. Zepián B. 1978. El Campo Experimental de zonas áridas de La Saucedá, Ramos Arizpe, Coah. SARH.INIF. Boletín Divulgativo No. 36 (2ª edición) México, D.F. México. 74 p.
- De la Garza, & Berlanga R. (1993). Metodología para la evaluación y manejo de candelilla en condiciones naturales. Folleto Técnico Núm. 5. INIFAP Campo experimental "La Saucedá". Saltillo, Coah, Méx. 46 p.
- DOF. 1999. NORMA Oficial Mexicana NOM-018-REC-NAT-1999. <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2264.pdf>
- DOF. 2003. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable de México. Última Reforma en el Diario Oficial de la Federación el 24 de enero del 2017. SEMARNAT. <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PP03/LGDFS.pdf>
- DOF. 2005. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable de México. Última Reforma en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre del 2014. SEMARNAT. <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium>
- Esquivel W., M. 1979. "Candelilla" (*Euphorbia antisyphilitica*). Estudio monográfico. Tesina Biólogo. UANL. Facultad de Ciencias Biológicas. Linares, NL. México. 108 p.
- Flores C., E. 1942. La candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) Tesis Licenciatura. Escuela Nacional Agraria Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx. México. 92 p.
- González, R. Treviño, E.E., Aguirre, O.A., Jiménez, J., Cantú, I. Foroughbakhch, R. 2004. Rodalización mediante sistemas de información geográfica y sensores remotos. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. ISSN 0188-4611. Núm. 53, 2004, pp. 39-57.
- Hernández R. A., Cano P. A. y Hernández R. J. Instituto Nacional de Investigaciones forestales, Agrícolas y Pecuarias. (INIFAP) (2017). modelos regionales para estimar biomasa verde de candelilla en seis municipios del estado de Coahuila. Campo Experimental Saltillo Coahuila, México.
- Krebs, C. J. (2014). Ecological methodology. Consultado en junio de 2015 (<http://tocs.ulb.tu-darmstadt.de/68411685.pdf>).
- Maldonado A., L. J. 1983. La investigación en candelilla. In: Memorias de la Segunda Reunión Nacional sobre Ecología, Manejo y Domesticación de las Plantas Útiles del Desierto. SARH. INIF. México, D. F. México. Publicación Especial No. 43. pp. 11-14.
- Martínez-Ballesté, A. y Mandujano, M. 2013. The Consequences of Harvesting on Regeneration of a Non-timber Wax Producing Species (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) of the Chihuahuan Desert. Economic Botany. Vol. 67 (2), pp 121-136.
- Scheaffer, R.L., Mendenhall, W., & Lyman O.R. (2006). Elementary survey sampling. Thomson. Belmont, USA.
- Schneider, E. 2009. Trade survey study on succulent Euphorbia species protected by CITES and used as cosmetic, food and medicine, with special focus on Candelilla wax. In: Eighteen meeting of the Plants Committee. CITES. Buenos Aires, Argentina. 41 p.
- Scora, G. A., M. R Ahmed and W. Scora. 1995. Epicuticular hydrocarbons of candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) from three different geographical areas. Industrial crops and products 4: 179-184.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) 2014. Manual que establece los criterios técnicos para el aprovechamiento sustentable de recursos forestales no maderables de clima árido y semiárido. México. 107 p.
- Villa-Salas, A. 1981. Investigación sobre candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) en el área del CIFNE. Revista Ciencia Forestal, Vol. 6, No. 32, INIF. México.
- Zar, J.H. (2010). Biostatistical Analysis. Prentice Hall-Pearson, UpperSaddle River, New Jersey, USA.

ANEXO 1

SUSTENTO LEGAL

Esta Guía Informativa no impone ninguna obligación adicional a lo que ya contempla la legislación nacional y la CITES. Esta sección incluye los instrumentos legales vigentes, nacionales e internacionales relacionados con el aprovechamiento y comercio de la candelilla.

La CITES es un Convenio internacional jurídicamente vinculante, y por lo tanto de cumplimiento obligatorio, con procedimientos para la regulación efectiva del comercio internacional de las especies incluidas en sus Apéndices a través de un sistema de permisos y certificados; que se encuentra por encima de las leyes generales y sectoriales (**figura 1**).

1. NACIONAL

Los instrumentos relevantes de la legislación mexicana relacionados con el manejo y aprovechamiento de la candelilla, son:

a) Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS):

El Artículo 97 incluido en la Sección 3 sobre Aprovechamiento de los Recursos Forestales No Maderables, indica que, para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables, se requiere de un Aviso por escrito, cuyos requisitos están establecidos en el Reglamento y en las Normas Oficiales Mexicanas (en el caso de la candelilla, en la NOM-018-SEMARNAT-1999).

b) Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (RLGDFS):

El Artículo 53 del Reglamento sobre aprovechamiento de recursos forestales no maderables, indica que, para presentar un Aviso de aprovechamiento, deberá entregarse lo siguiente:

- ▶ Plano georeferenciado en el que se indiquen las áreas de aprovechamiento y ubicación de la unidad de manejo forestal cuando ésta exista.
- ▶ Vigencia del aviso
- ▶ Estudio técnico que contenga:
 - a)** Denominación, ubicación y colindancias del predio o conjunto de predios;
 - b)** Descripción general de las características físicas, biológicas y ecológicas del predio;
 - c)** Especies con nombre científico y común y estimaciones de las existencias reales de las especies o de sus partes por apro-

vechar, las superficies en hectáreas y las cantidades por aprovechar anualmente en metros cúbicos, litros o kilogramos;

- d)** Descripción de los criterios para la determinación de la madurez de cosecha, así como las técnicas de aprovechamiento de cada especie;
- e)** Definición y justificación del periodo de recuperación al que quedarán sujetas las áreas intervenidas, de acuerdo con las características de reproducción y desarrollo de las especies bajo aprovechamiento;
- f)** Criterios y especificaciones técnicas de aprovechamiento;
- g)** Labores de fomento y prácticas de cultivo para garantizar la persistencia del recurso; y
- h)** En su caso, datos de inscripción en el Registro del prestador de servicios técnicos forestales responsable de elaborar el estudio técnico y de dirigir la ejecución del aprovechamiento.

c) NOM-018-SEMARNAT-1999:

Indica que el Aviso de Aprovechamiento de hierba de candelilla con fines comerciales, deberá contener la siguiente información técnica:

- ▶ Producto a obtener, así como la superficie en hectáreas y la cantidad en kilogramos o toneladas por aprovechar anualmente;
- ▶ Estimación de la existencia real de la hierba de candelilla en la superficie por aprovechar;
- ▶ Diagnóstico general sobre la caracterización física, biológica y ecológica del predio;
- ▶ El periodo de recuperación al que quedarán sujetas las áreas intervenidas, el cual deberá realizarse bajo el comportamiento de reproducción y desarrollo de la hierba de candelilla;
- ▶ Labores y prácticas para fomentar la regeneración de la hierba de candelilla, a fin de garantizar la persistencia del recurso;
- ▶ Medidas de prevención y control de incendios, plagas y enfermedades forestales;
- ▶ 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.

Además, en la NOM-018 se indican los siguientes criterios y especificaciones técnicas:

- a)** La madurez de cosecha se identificará cuando los macollos o plantas han alcanzado un diámetro mayor de 25 cm y una altura mínima de 30 cm;

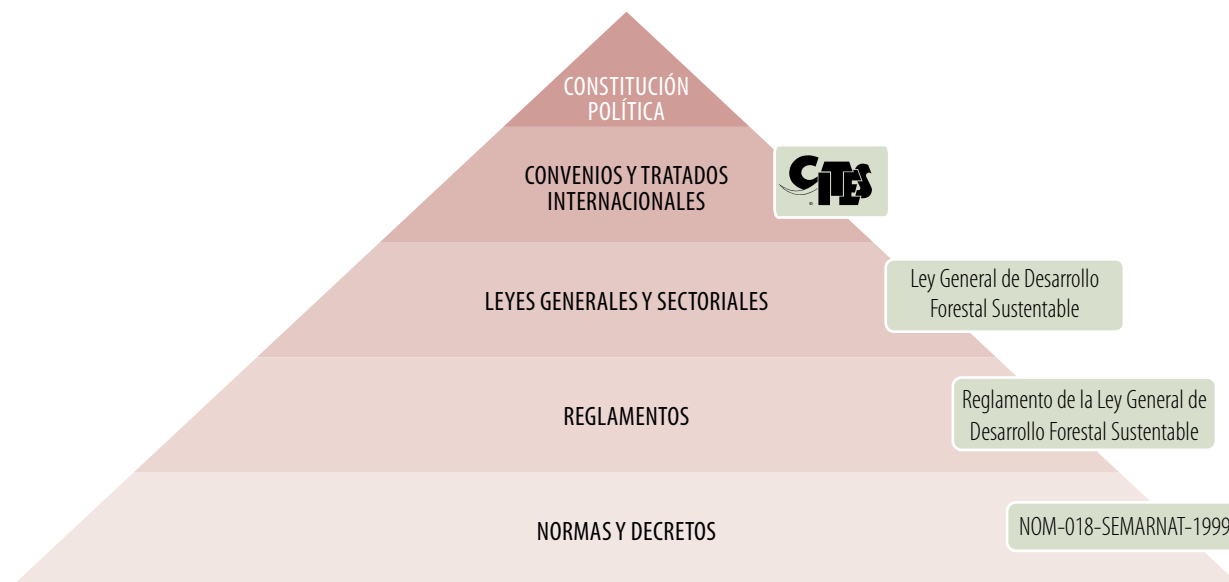
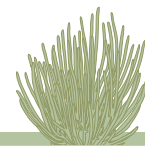


Figura 1. Representación esquematizada de la jerarquía de la legislación en México.

- 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;
- c) Cuando en las áreas bajo aprovechamiento no se presente la regeneración natural, se deberán realizar trabajos de reforestación con hierba de candelilla;
- d) El área aprovechada no deberá ser intervenida nuevamente si la población no ha alcanzado su madurez de cosecha.

2. INTERNACIONAL

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) es un acuerdo internacional concertado entre gobiernos que establece un marco jurídico vinculante para regular dicho comercio, mismo que sus países Parte deben cumplir de manera obligatoria a través de la adecuación de su legislación nacional.

El objetivo de la CITES es asegurar que el comercio internacional de especies de animales y plantas silvestres no constituya una amenaza para su supervivencia, sino que se realice de manera sustentable promoviendo la conservación de las poblaciones. Con este fin regula la exportación, reexportación e importación de especies listadas en sus tres Apéndices (listados), ya sea en forma de especímenes vivos, muertos, partes o derivados:

- **Apéndice I:** incluye las especies en peligro de extinción que son o pueden ser afectadas por su co-

mercio internacional, por lo que éste sólo se permite en circunstancias excepcionales y sin fines de lucro.

- **Apéndice II:** incluye especies que no necesariamente están en peligro de extinción, pero cuyo comercio debe regularse para asegurar que su extracción no perjudique a las poblaciones silvestres, o bien se trata de especies que son similares a otras que incluidas en el Apéndice II y que requieren reglamentarse para que el control del comercio sea eficaz.
- **Apéndice III:** incluye poblaciones de una especie para las que un país decide regular su comercio internacional mediante permisos y certificados CITES de manera unilateral.

La implementación de las disposiciones de la CITES se basa en un sistema de permisos y certificados emitidos por una Autoridad Administrativa (AA) designada por cada país Parte, que amparan la legal procedencia de los especímenes. Previa emisión de dichos permisos, una Autoridad Científica (AC) debe formular un Dictamen de Extracción no Perjudicial (DEnP) que respalde la sustentabilidad del comercio, y, en caso de que así la designe un país, una Autoridad de Aplicación de la Ley verificará la documentación y especímenes en los puntos de entrada y salida del país en apoyo a las autoridades aduanales. En México la Dirección General de Vida Silvestre (DGVS) de la SEMARNAT representa la Autoridad Administrativa, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) representa la Autoridad Científica y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) a la Autoridad de Aplicación de la Ley.

ANEXO 2

Información que debe contener un Aviso de Aprovechamiento, de acuerdo con los requisitos de la NOM-018-SEMARNAT-1999 y del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. En cuadros de color verde, se enmarcan las especificaciones técnicas que aborda esta Guía.

INFORMACIÓN REQUERIDA

a) Denominación, ubicación y colindancias del predio o conjunto de predios

b) Descripción general de las características físicas y biológicas y ecológicas del predio.

c) Especies con nombre científico y común y estimaciones de las existencias reales de las especies o de sus partes a aprovechar, las superficies en hectáreas y las cantidades por aprovechar anualmente en metros cúbicos, litros o kilogramos.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

a) Nombre del predio o predios propuestos para aprovechamiento conforme se menciona en la documentación legal, itinerario de acceso, soportado con planos o figuras que muestran su ubicación precisa, plano georreferenciado constituido conforme las características contempladas en el Artículo 2, fracción XXVII del Reglamento de la LGDFS, mostrando el polígono del predio con sus respectivos vértices y colindancias, áreas de aprovechamiento (rodales o estratos) con sus vértices, la información debería estar acompañada con las coordenadas de cada uno de sus vértices en formato Excel (coordenadas geográficas hasta décimas de segundo, o UTM y datum y zona). Cabe destacar que el Reglamento no especifica que se debe presentar un archivo Shapefile con extensión shp, lo anterior para considerar que puede ser opcional, sin embargo, facilita la evaluación del ET por parte de las autoridades estatales correspondientes y por la CONABIO. Además, la SEMARNAT constituye los diferentes polígonos a partir de las coordenadas (en archivo Excel), con el uso del Sistema Nacional de Gestión forestal, como herramienta obligatoria para la gestión de trámites forestales.

b) describir condiciones físicas del predio (clima, topografía, hidrología, geología, tipos de suelo, biológicas (tipos de vegetación y las principales especies que los conforman especies de fauna, en ambos casos indicar las especies incluidas en laNOM-059-SEMARNAT-2010).

c) Indicar el nombre común y científico de la especie a aprovechar así como una descripción de la misma y los requerimientos ecológicos para su desarrollo con fines de aprovechamiento comercial. Para la estimación de las existencias reales se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Describir los criterios para la rodalización del área, tomando las consideraciones ecológicas en el inciso b) que antecede.
- Justificar la selección de un método de muestreo.
- Selección del tamaño y forma de los sitios.
- Establecer el mecanismo para determinar el número de sitios del pre muestreo y su distribución dentro de cada estrato para obtención de datos y cálculos del tamaño de muestra.
- Presentar plano georreferenciado con la ubicación de los sitios del pre muestreo en cada estrato y presentar las coordenadas de cada uno de ellos en un archivo Excel.
- Justificar la precisión que será utilizada en la determinación del tamaño de muestra.
- Presentar los datos por planta en cada uno de los sitios del premuestreo en formato electrónico (archivo Excel).
- Describir en el Estudio Técnico la secuencia de cálculo conforme el método de muestreo y las fórmulas aplicadas, y en congruencia con el archivo Excel.
- Indicar los resultados de los estimadores estadísticos del premuestreo para cada estrato o rodal, y el tamaño de muestra calculado a partir de los datos obtenidos.
- Describir la ubicación de los sitios adicionales, de ser el caso, mostrar los datos de los sitios, la secuencia de cálculo, incluyéndolos estimadores estadísticos, tanto en el documento como en archivo electrónico (Excel).
- Con la información completa realizar el cálculo de las existencias reales, precisando la secuencia de cálculo por estrato, indicando estimaciones de biomasa y densidad por sitio, hectárea y por superficie de cada rodal y estrato.
- Para el caso del cálculo de biomasa por planta (o macollo), indicar el modelo de



INFORMACIÓN REQUERIDA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

predicción, justificando su procedencia, así como incluir la fórmula en la memoria de para verificar la biomasa por planta.

- Mostrar las existencias reales por rodal, expresadas en kilogramo, indicar la Intensidad de Corta (IC), por rodal en función de las existencias reales de cada rodal.
- Indicar la posibilidad de aprovechamiento tomando en consideración los criterios establecidos en la NOM-018-SEMARNAT-1999.
- Presentar la propuesta de la posibilidad de aprovechamiento por rodal, expresada en Kg de biomasa y en producto transformado (cerote para el caso de candelilla).
- Mostrar el plan de cortar indicando la nomenclatura del área o rodal, superficie de aprovechamiento anual considerando la vigencia del aprovechamiento por un periodo de tiempo no mayor a 5 años, el volumen por aprovechar (biomasa y cerote), soportado con un plano georreferenciado de cortar (o aprovechamiento).
- Adicionalmente se deberán presentar graficas en las que se muestra la estructura de la población con valores tanto de altura como de diámetro mayor de los individuos considerados como regeneración, individuos en la categoría de no aprovechables pero con condiciones de ser incorporados al aprovechamiento en el futuro, individuos aprovechables, e individuos con características de madurez reproductiva y que serán considerados para propiciar la regeneración por semilla. Las gráficas deben contener la interpretación del restador de servicios, orientada a demostrar la sustentabilidad del aprovechamiento.

d) Descripción de los criterios para la determinación de la madurez con cosecha, así como las técnicas de aprovechamiento de cada especie.

d) para el desarrollo de este inciso, se puede apoyar en publicaciones del INIFAP y en el contenido de la NOM-018-SEMARNAT-1999.

e) Definición y justificación del periodo de recuperación al que quedarán sujetas las áreas intervenidas, de acuerdo co las características de reproducción y desarrollo de las especies bajo aprovechamiento.

e) para justificar el periodo de recuperación de la candelilla se puede apoyar en la publicación del INIFAP y el contenido de la NOM-018-SEMARNAT-1999. **Este numeral es importante ya que al término de la vigencia se deberá elaborar una nueva propuesta y las áreas de aprovechamiento, en la nueva propuesta deberán contar con el tiempo mínimo establecido para su recuperación.** Además de lo anterior deberán incluir los mecanismos para asegurar la recuperación de la especie una vez realizada el aprovechamiento (5.1.5 inciso c) NOM-018-SEMARNAT-1999.)

f) Criterios y especificaciones técnicas de aprovechamiento.

f) Los criterios de aprovechamiento de la candelilla se puede apoyar en publicaciones del INAFAP y el contenido de la NOM-018-SEMARNAT-1999. Este numeral es importante ya que mediante la propuesta de aprovechamiento es factible justificar el aprovechamiento sustentable de la candelilla, permitiendo asegurar su recuperación y permanencia.

g) Labores de fonebto y prácticas de cultivo para garantizar la persistencia del recurso y

g) Especificar la propuesta de revegetación, indicando las áreas que serán sujetas a plantación, los volúmenes de biomasa que serán considerados a utilizar conforme al compromiso planteado, la ubicación de las áreas propuestas deben ser presentadas en un plano georreferenciado y su programación (tiempo o año de ejecución⁹). La biomasa a utilizar debe ser descontada de la posibilidad de aprovechamiento con su respectivo ajuste en la cera a obtener, indicar además el rodal o rodales de los que será extraída la biomasa a utilizar en la revegetación.

h) En su caso, dato de inscripción en el registro de prstador de servicios técnicos forestales responsable de elaborar el estudio técnico y de dirigir la ejecución de aprovechamiento.

h) datos de inscripción del prestador de servicios técnicos responsable de la elaboración de estudio técnico y de dirigir la ejecución del aprovechamiento.

ANEXO 3

CRITERIOS TÉCNICOS PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE MANEJO EN PREDIOS BAJO APROVECHAMIENTO FORESTAL NO MADERABLE DE CANDELILLA (*EUPHORBIA ANTISYPHILLITICA*) (TOMADO DE CONAFOR 2018)

Acorde a la NOM-018-SEMARNAT-1999, que establece los procedimientos, criterios y especificaciones técnicas y administrativas para realizar el aprovechamiento sostenible de la hierba de candelilla, transporte y almacenamiento del cerote, en el apartado número 5. Especificaciones, subtema 5.1 Disposiciones Generales del Aprovechamiento, se menciona en el numeral 5.1.5 El aprovechamiento de la hierba de candelilla quedará sujeto a las siguientes criterios y especificaciones técnicas, inciso c) Cuando en las áreas bajo aprovechamiento no se presente la regeneración natural, se deberán realizar trabajos de reforestación con hierba de candelilla siguientes criterios técnicos a considerar.

1. COBERTURA

Revegetación

a) Época y métodos de colecta del material.

Las plantas de candelilla se deberán colectar de 3 a 5 días antes de dar inicio a su establecimiento, el cual se hará iniciando la temporada de las lluvias de verano. El material vegetal deberá provenir de plantas de 15 a 40 cm de altura, sanas y vigorosas; para obtenerlo se extraerá el 20% de la planta dejando en el sitio el porcentaje restante para propiciar la regeneración natural de las poblaciones.

b) Método de revegetación.

La planta debe presentar características que faciliten su propagación vegetativa mediante tallos y raíces, siendo éstos los métodos más comunes.

La revegetación se realizará utilizando macollos o fajos de 10 o más tallos unidos por sus rizomas y raíces, el material colectado se dividirá minuciosamente evitando dañar tallos y desprendimiento de raíces.

c) Preparación del material.

Aunque la candelilla enraíza muy fácilmente sin necesidad de tratamientos específicos, se sugiere el uso de enraizadores comerciales (que contienen fitohormonas y fungicidas) para estacas, los

cuales aumentan el número de brotes, favorecen un desarrollo más rápido y evitan la pudrición de las estacas; también se recomienda el uso de ácido fenoxiacético (FAA) en concentración de 1,500 ppm, con el cual se empapan las raíces de las plantas por un tiempo de 6 horas.

d) Método de plantación.

Posterior a la construcción de la terraza individual, se deberá colocar el macollo y se cubrirá la raíz y la base de los tallos con tierra; esta tierra se debe colocar alrededor del macollo, se debe apisonar usando el pie o las manos para que no se formen burbujas de aire junto a las raíces de la candelilla.

Es recomendable establecer mínimo diez tallos por cepa ya que dicho sistema permite una recuperación de las plantas mayor al 300% en dos años.

e) Época de plantación.

La plantación deberá realizarse en la temporada de lluvias, previendo que no exceda del 31 de octubre para prevenir el daño ocasionado por heladas.

2. SUELO

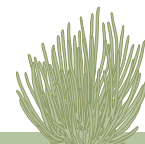
a) Selección del sitio.

El sitio deberá estar localizado, en áreas donde ya se hayan realizado actividades de aprovechamiento de la hierba de candelilla, es decir terrenos forestales. Es conveniente que el suelo tenga la posibilidad de captar y conservar humedad, para propiciar el rápido desarrollo vegetativo.

b) Preparación del terreno.

La preparación del terreno deberá hacerse acorde a las condiciones del suelo (pudiendo ser en cepa común, curva de nivel o terraza individual), de la vegetación y del sitio con aprovechamiento de planta de candelilla seleccionado. Se recomienda llevar a cabo la revegetación en terrazas individuales para contribuir a la captación de agua en la planta. Las terrazas individuales de forma circular, deberán trazarse sobre la curva de nivel, debiendo adaptar sus dimensiones a las condiciones del terreno (**figura 1**).

La práctica seleccionada deberá llevarse a cabo en las zonas que presenten escasa presencia de planta. El distanciamiento y distribución de las terrazas individuales, deberá adaptarse a las condiciones de cobertura de vegetación y las necesidades del predio a revegetar; conservando una distancia de por lo menos 2 metros entre ellas (**figura 2**).



Con la finalidad de enriquecer las zonas impactadas por aprovechamiento, se recomienda establecer de acuerdo a las necesidades del área, una densidad de 500 - 600 plantas por hectárea.

En cada terraza se deberá dejar un pequeño bordo perpendicular a la pendiente en forma de media luna, para que se facilite la captación del agua de lluvia, utilizando para ello la tierra removida para establecer la planta o el material pétreo (rocas) disponible en el predio (figura 3).

Es importante señalar que este tipo de obras se deberán llevar a cabo con el menor impacto, es decir, realizarlas manualmente, utilizando material disponible en el predio, evitando remover en exceso el suelo y la vegetación.

No se deberá introducir maquinaria pesada.

3. COMENTARIOS ADICIONALES

Cabe mencionar que esta práctica, se deberá aplicar únicamente a rodales o zonas intervenidas en el año inmediato anterior, lo cual se justificará mediante la presentación del plan de corta.

4. BIBLIOGRAFÍA Y LINKS DE CONSULTA

Se podrán consultar documentos adicionales que complementen y respalden la propuesta técnica del proyecto, dentro de los cuales se recomiendan los siguientes:

Zamora M. Marisela C., Méndez E. Claudia, Pérez M. Ramiro, Nieto de Pascual P.

Cecilia, Velasco B. Efraín. Propuesta de metodología para formular el inventarionacional de candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) Fase I. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).

Meza S. Rigoberto, Jiménez M. Edith, Becerra L. Francisco. Guía de mejores prácticas de manejo para la candelilla (*Euphorbia antisiphilitica* Zucc). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

NOM-018-SEMARNAT-1999, disponible para su consulta en <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3332/1/NOM-018-SEMARNAT-1999.pdf>

Criterios técnicos para la ejecución de los proyectos de conservación y restauración de suelos. Comisión Nacional Forestal. <http://www.conafor.gob.mx/apoyos/docs/adjuntos/8afff80b7762272f5a0e0da39ba49b31.pdf>



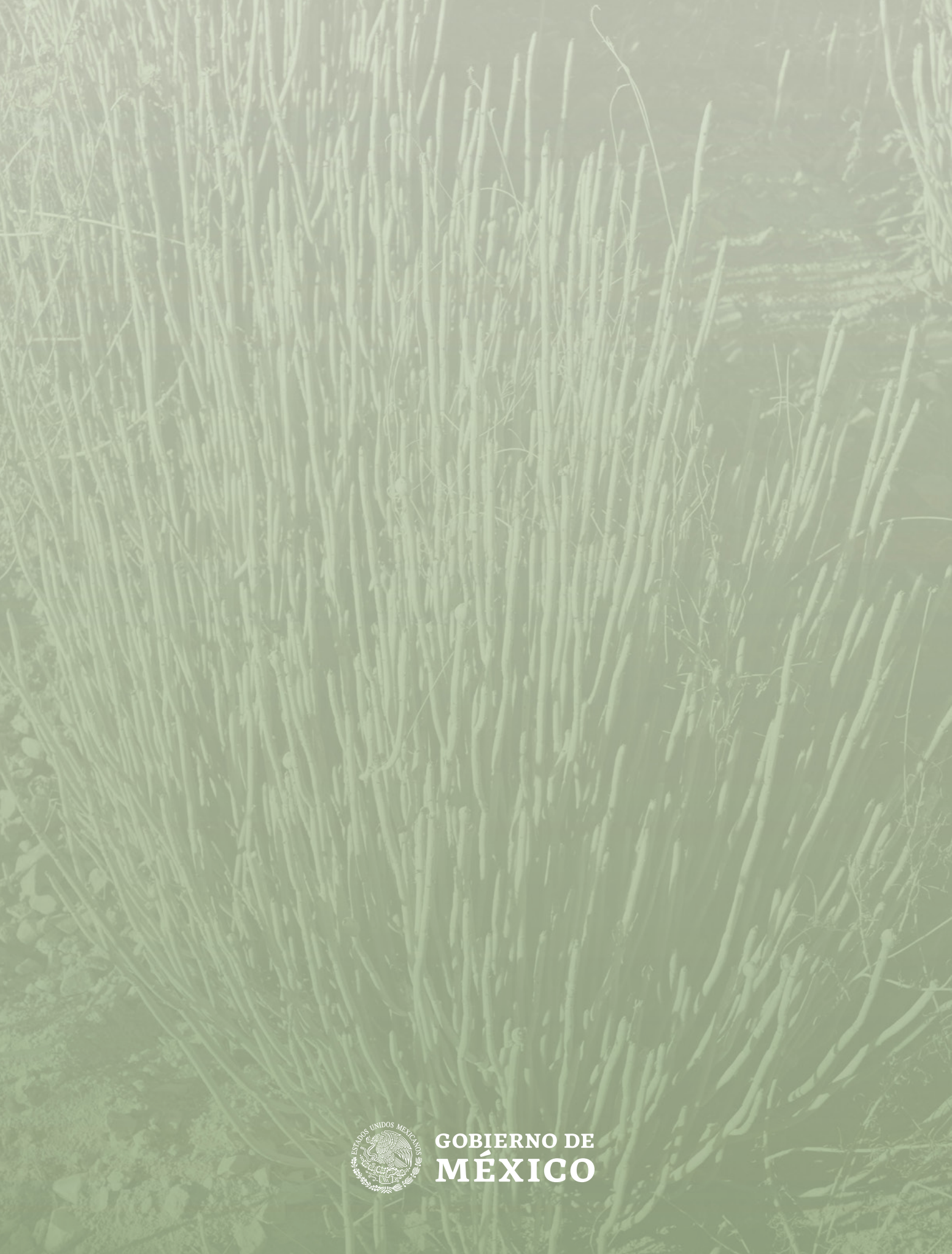
Figura 1. Trazo a curvas de nivel.



Figura 2. Construcción de terrazas individuales.



Figura 3. Construcción de bordo para captación de agua.



GOBIERNO DE
MÉXICO