

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL



Análisis del aprovechamiento de la hierba de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) en el Ejido La Tortuga, Ramos Arizpe, Coahuila.

Por:

ANA KAREN JOSÉ CARRETERO

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Análisis del aprovechamiento de la hierba de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) en el Ejido La Tortuga, Ramos Arizpe, Coahuila.

Por:
ANA KAREN JOSÉ CARRETERO

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría:

M.C. José Aniseto Díaz Balderas
Asesor Principal

Dr. Celestino Flores López
Coasesor

Dr. Jorge Méndez González
Coasesor

Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Diciembre, 2025

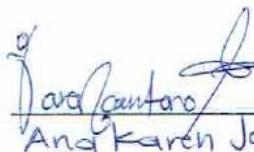
Declaración de no plagio

El autor principal quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Autor principal



Ana Karen José Carrasco

Firma y Nombre

Esta investigación descriptiva contó con el apoyo de la “Sociedad Agro Forestal Pecuario y Ambiental (SAFOREPA S.C.)”, representada por el Ing. Gilberto Rodríguez Vázquez, quien facilitó los datos provenientes de los inventarios forestales realizados en los años 2015 y 2020.

DEDICATORIA

A mis seres amados y a todas aquellas personas que con su ejemplo y apoyo han sido fuente constante de inspiración.

Ustedes que me han brindado su apoyo incondicional y por ser el motor que me impulsa a superar cada desafío y han sido el cimiento sobre el cual he construido mis sueños...

AGRADECIMIENTOS

Mi gratitud comienza con la existencia misma: a Dios y al Universo por el regalo del “aquí y ahora”.

A mi universidad, por ser el recinto donde mis ideas cobraron forma y me brindó tantas facilidades.

A mis maestros excepcionales, cuya pasión y excelencia no solo me transmitieron conocimientos, sino que sembraron en mi la aspiración de su integridad, sabiduría y una visión de mundo que hoy deseo seguir.

A mis seres amados y a quienes me rodean con su afecto incondicional: gracias por creer en mí, incluso cuando yo he dudado. Su amor es el motor de cada uno de mis logros.

A todos ustedes, gracias por ser parte de mi historia y de mi propósito.

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Descripción de la especie	4
3.1.1. Distribución	4
3.1.2. Raíz	4
3.1.3 Tallo	5
3.1.4. Hojas	5
3.1.5. Flores	6
3.1.6. Fruto	6
3.1.7. Semilla	7
3.1.8. Reproducción y propagación	7
3.1.9. Autoecología de la especie	7
3.2 Impacto económico y social	11
3.2.1. Derivados de aprovechamiento de la hierba de candelilla	11
3.2.2. Producción nacional de cerote de candelilla	11
3.2.3. Volumen de exportación	12
3.2.4. Volumen de consumo nacional	13
3.2.5. Distribución geográfica de la producción	13
3.3 Importancia ecológica de la hierba de candelilla	14
3.4 Marco regulatorio para el aprovechamiento de los recursos forestales	15
3.4.1. Regulación nacional	15

3.4.2. Regulación internacional	16
3.5. Aviso para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables	17
3.5.1. Contenido del Estudio Técnico para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables (RFNM)	18
3.6. Casos que requieren Programa de Manejo para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables	19
3.6.1. Contenido del Programa de manejo forestal	20
3.7. Sistema silvícola	22
3.7.1. Sistema silvícola en zonas áridas y semiáridas	22
3.8. Silvicultura en el aprovechamiento de poblaciones naturales de la hierba de candelilla	24
3.8.1. Criterios técnico-normativos para el aprovechamiento	24
3.8.2. Criterios de madurez de cosecha	25
3.8.3. Criterios de madurez reproductiva	25
3.8.4. Efectos de la cobertura residual en la regeneración vía asexual	26
3.8.5. Efectos de la altura de la cobertura residual en la regeneración vía asexual	26
3.8.6. Efectos de la cobertura residual en la regeneración vía sexual	26
3.8.7. Efectos de la altura de la cobertura residual en la regeneración vía sexual	26
3.8.8. Efectos de la cobertura residual en los períodos de recuperación	27
3.8.9. Análisis de la respuesta del recurso a los aprovechamientos forestales	28
3.8.10. Efectos del tipo de suelo en la capacidad de regeneración de la especie	29
3.8.11. Efectos de la topografía en la regeneración de la especie	29
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	30
4.1. Identificación de criterios técnicos que la NOM-018-SEMARNAT-1999 asume influyen en la regeneración de la hierba de candelilla	30
4.2. Definición de criterios silvícolas de la NOM-018-SEMARNAT-1999 que influyen en la regeneración de la hierba de candelilla	31
4.2.1. Método de beneficio	32
4.2.2. Método de tratamiento	33
4.2.3. Tratamientos complementarios	34
4.2.4. Turno o período de corta	35
4.3. Análisis de aprovechamientos anteriores	36

4.3.1. Existencias reales de hierba de candelilla derivadas del último inventario forestal vs. remociones del aprovechamiento inmediato anterior por unidad de manejo (UM)	37
4.3.2. Superficies y porcentajes de cobertura de hierba de candelilla derivada del último inventario forestal vs. superficies y porcentajes de cobertura del aprovechamiento inmediato anterior.....	37
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
5.1. Criterios técnicos de la NOM-018-SEMARNAT-1999 que influyen en la regeneración de la hierba de candelilla	40
5.2. Criterios silvícolas de la NOM-018-SEMARNAT-1999 que influyen en la regeneración de la hierba de candelilla	41
5.2.1. Método de beneficio.....	41
5.2.2. Método de tratamiento	46
5.2.3. Tratamientos complementarios.....	46
5.2.4. Turno o periodo de corta.....	48
5.3. Porcentajes de recuperación del recurso como respuesta a aprovechamientos anteriores	50
5.3.1. Porcentajes de recuperación de las existencias reales de hierba de candelilla derivadas de un inventario con respecto a remociones del aprovechamiento inmediato anterior.....	50
5.3.2. Porcentajes de recuperación de superficies y porcentajes de cobertura de hierba de candelilla derivada de un inventario con respecto a las superficies y porcentajes de cobertura del aprovechamiento inmediato anterior.....	51
VI. CONCLUSIONES.....	54
VII. RECOMENDACIONES	58
VIII. LITERATURA CITADA	59
ANEXOS	69

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Volumen de exportación	12
Cuadro 2. Distribución geográfica de la producción	13
Cuadro 3. Rodales de aprovechamiento en el ejido La Tortuga.....	36
Cuadro 4. Existencias reales aprovechables de hierba de candelilla	38
Cuadro 5. Existencias reales no aprovechables de hierba de candelilla	38
Cuadro 6. Existencias reales totales de hierba de candelilla.....	39
Cuadro 7. Existencias autorizadas de hierba de candelilla	39
Cuadro 8. Cobertura de hierba de candelilla.....	39
Cuadro 9. Rebrotes subterráneos por hectárea.	43
Cuadro 10. Altura promedio (cm).	43
Cuadro 11. Diámetro mayor en promedio (cm).	43
Cuadro 12. Evaluación de una plantación de candelilla.	45
Cuadro 13. Porcentajes de recuperación de las existencias reales aprovechables de hierba de candelilla.....	52
Cuadro 14. Porcentajes de recuperación de las existencias reales no aprovechables de hierba de candelilla	52
Cuadro 15. Porcentajes de recuperación de las existencias reales totales de hierba de candelilla	53
Cuadro 16. Porcentajes de recuperación de cobertura de hierba de candelilla	53

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Producción Nacional de cera de candelilla (<i>Euphorbia antisyphilitica</i> Zucc.) en el periodo 1993 al 2018.	12
Figura 2. Componentes de un sistema silvícola.	24

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Marco regulatorio para el aprovechamiento de recursos forestales	69
Anexo 2. Proceso para la obtención del Oficio de Autorización para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables (cerote de candelilla) en el Estado de Coahuila de Zaragoza.	70

RESUMEN

Se llevó a cabo un análisis de la Norma Oficial Mexicana NOM-018-SEMARNAT-1999, con énfasis en los criterios técnicos que se relacionan con los procesos de regeneración de la hierba de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.). Estos criterios se contrastaron con información proveniente de investigaciones recientes y literatura científica actualizada. Los resultados evidencian que la norma no establece lineamientos técnicos suficientes para garantizar la regeneración natural de la especie, condición indispensable para un aprovechamiento verdaderamente sostenible. Asimismo, se identificaron inconsistencias entre la norma y lo que se estipula en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) y su reglamento. A pesar de su vigencia, la NOM-018-SEMARNAT-1999 no ha sido actualizada ni modificada desde su publicación en 1999.

Con base en la revisión bibliográfica sobre el aprovechamiento de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc, se formuló una propuesta preliminar de los elementos clave que deberían considerarse en un sistema silvícola diseñado específicamente para esta especie. Se destaca la necesidad de generar investigaciones complementarias que permitan validar y fortalecer dichos elementos, a fin de incrementar su efectividad en el manejo sostenible de la candelilla.

Finalmente, se analizaron los datos provenientes de un inventario forestal y se compararon con las existencias reales registradas antes del aprovechamiento inmediato anterior en un ejido donde se aplicaron los criterios técnicos establecidos en la NOM-018-SEMARNAT-1999. Los resultados indican que, en algunos rodales, el periodo de recuperación fue insuficiente, ya que las existencias no lograron restablecerse en su totalidad, lo que evidencia una posible sobreexplotación o una falta de condiciones adecuadas para la regeneración natural de la especie.

Palabras clave: norma oficial mexicana, regeneración, sistema silvícola, aprovechamiento inmediato anterior, inventario, cobertura residual, hierba de candelilla.

ABSTRACT

An analysis was conducted of the Mexican Official Standard NOM-018-SEMARNAT-1999, with emphasis on the technical criteria related to the regeneration processes of candelilla grass (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.). These criteria were compared with information derived from recent research and updated scientific literature. The results show that the standard does not establish sufficient technical guidelines to ensure the natural regeneration of the species—an essential condition for truly sustainable utilization. Likewise, inconsistencies were identified between the standard and the provisions of the General Law on Sustainable Forest Development (LGDFS) and its regulations. Despite being in force, NOM-018-SEMARNAT-1999 has not been updated or amended since its publication in 1999.

Based on a literature review regarding the utilization of *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., a preliminary proposal was formulated outlining the key elements that should be considered in a silvicultural system specifically designed for this species. The need to develop complementary research is emphasized, in order to validate and strengthen these elements and thus increase their effectiveness in the sustainable management of candelilla.

Finally, data obtained from a forest inventory were analyzed and compared with the actual standing stock recorded prior to the most recent harvesting event in an ejido where the technical criteria established by NOM-018-SEMARNAT-1999 had been applied. The results indicate that, in some stands, the recovery period was insufficient, as the stock levels failed to fully reestablish, revealing possible overexploitation or inadequate conditions for the natural regeneration of the species.

Keywords: Mexican Official Standard, regeneration, silvicultural system, previous harvesting event, inventory, residual cover, candelilla grass.

I. INTRODUCCIÓN

La planta *Euphorbia antisyphilitica* Zucc (candelilla) es una planta endémica de México, distribuida en la zona del Desierto Chihuahuense. Abarca los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Hidalgo, Zacatecas, Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí (Dávila, 1981; Steinmann, 2002; Martínez, 2013), siendo el estado de Coahuila el más representativo en cuanto a superficie y producción.

Es una especie que se caracteriza por ser un arbusto perene y muy ramificado (Rojas *et al.*, 2011), con un crecimiento cespitoso (Soto, 2010). La producción de cera es la característica de mayor relevancia en la planta, siendo un motor económico clave desde hace mas de 100 años. Rocha *et al.* (2021) destacan que, para los habitantes del desierto del norte de México, esta actividad es esencial, ya que suele ser su principal fuente de recursos en un ecosistema de baja productividad.

La cera de candelilla es el tercer recurso forestal no maderable (RFNM) más importante en términos económicos, superado únicamente por la resina y tierra de monte (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2020). Aproximadamente el 94% de la producción nacional de esta cera tiene como principal destino la exportación (Comisión Nacional Forestal [CONAFOR], 2021; García *et al.*, 2022).

Para su aprovechamiento, es necesario contar con un oficio de autorización, conforme a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-018-SEMARNAT-1999 (SEMARNAT, 1999b), la cual define los criterios técnico-normativos aplicables. Asimismo, se debe de aplicar los lineamientos y requisitos estipulados por el marco legal forestal vigente en el país y es la SEMARNAT la autoridad responsable de emitir las autorizaciones correspondientes a los avisos para el aprovechamiento de RFNM (LGDFS, 2024).

En el contexto del comercio exterior, la planta de candelilla se encuentra listada en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Esta inclusión implica que su movimiento y venta a nivel internacional están sujetos a un marco regulatorio estricto.

Para poder exportar este producto, es un requisito obligatorio certificar que su manejo y explotación son sustentables, además de cumplir completamente con las normativas nacionales y los protocolos establecidos por la propia Convención (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2022).

En este contexto, se plantea la necesidad de revisar si la normatividad vigente contempla criterios suficientes y actualizados para garantizar un manejo sostenible de la especie.

La presente investigación incluye también un análisis comparativo de los porcentajes de recuperación de cobertura y de las existencias reales de la especie, con base en los datos registrados en el estudio técnico del aprovechamiento inmediato anterior, así como en aquellos obtenidos mediante un inventario forestal realizado para el estudio técnico correspondiente a un nuevo aviso de aprovechamiento. Los datos de los inventarios realizados en los años 2015 y 2020 fueron proporcionados por la Sociedad Agro Forestal Pecuario y Ambiental (SAFOREPA S.C.), representada por el Ing. Gilberto Rodríguez Vázquez. Dicho análisis se desarrolla para el Ejido La Tortuga, municipio de Ramos Arizpe, en el estado de Coahuila, donde el aprovechamiento de la planta se lleva a cabo conforme a lo establecido por la normatividad y la legislación vigentes.

Asimismo, se propone el diseño de un sistema silvícola que incorpora elementos propios de los sistemas silvícolas desarrollados para especies maderables y se adapte al contexto particular de los recursos forestales no maderables, con énfasis en esta especie en específico.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Hacer un análisis de los criterios técnico-silvícolas y metodológicos para el aprovechamiento de la hierba de candelilla y determinar si dichos criterios favorecen la regeneración natural de la misma.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar el procedimiento normativo contemplado en el marco regulatorio para el aprovechamiento de los recursos forestales no maderables.
- Identificar el procedimiento de gestión del trámite de autorización para el aprovechamiento de la hierba de candelilla y las entidades de la administración pública federal en materia forestal y ambiental que interviene en dicha autorización.
- Identificar los criterios técnico-silvícolas para el aprovechamiento de la hierba de candelilla contemplados en el marco regulatorio.
- Evaluar y comparar la recuperación porcentual de cobertura y existencias reales de la candelilla en un predio con historial de aprovechamiento previo, utilizando los datos actuales generados a partir de un inventario.
- Proponer un sistema silvícola adaptado al contexto específico de los recursos forestales no maderables, integrando elementos claves de los sistemas silvícolas utilizados para especies maderables.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Descripción de la especie

La planta de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. (candelilla) es una especie forestal no maderable que fue descrita por primera vez por Zuccarini en 1832. Se caracteriza por ser un arbusto perene de un diámetro aproximado a 90 cm (Rojas *et al.*, 2011) y una altura de hasta 1.10 m. Es muy ramificada y presenta un crecimiento cespitoso (Soto, 2010). Como mecanismo de adaptación ante el rigor del entorno semidesértico, esta especie secreta una capa de cera que envuelve la epidermis caulinar. Flores (2013), describe que este recubrimiento es vital para la homeostasis de la planta, ya que minimiza la pérdida de agua, resguarda los pigmentos clorofílicos y actúa como una barrera contra el estrés térmico. Dicha secreción se intensifica notablemente durante el periodo invernal, coincidiendo con la temporada de estiaje.

La cera obtenida de la candelilla tiene múltiples usos y aplicaciones en el sector industrial, por lo que constituye un importante recurso forestal no maderable (RFNM) de las zonas desérticas del norte de México. Rocha *et al.* (2021) destacan que, para los habitantes del desierto del norte de México, esta actividad es esencial, ya que suele ser su principal fuente de recursos en un ecosistema de baja productividad. La cera extraída de esta planta es de excelente calidad y su producción es abundante, lo que la hace altamente valiosa.

3.1.1. Distribución

La candelilla es una planta endémica de México y se distribuye en la zona del Desierto Chihuahuense; que abarca los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Hidalgo, Zacatecas, Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí, a altitudes que varían entre los 460 y 2400 msnm, con una mayor predominancia entre los 700 y los 1200 msnm (Steinmann, 2002; Martínez, 2013; CONAFOR, 2021). El estado de Coahuila es el más representativo en cuanto a superficie y producción.

3.1.2. Raíz

La raíz de la planta es relativamente pequeña (Universidad Autónoma de Coahuila [UAdeC], 2024) y se ha estimado que una planta de tamaño moderado puede

desarrollar más de 100 tallos (Martínez, 2013) generados por un sistema de tallos subterráneos (rizomas) (Soto, 2010).

Presenta raíz atípica y fasciculado-tuberosa, flexible y de consistencia fibrosa. De dicha raíz se desprenden raicillas secundarias, delgadas y largas (García, 1988; Flores, 1995), que nacen en grupos en diferentes partes del rizoma. Ocasionalmente, nacen de forma aislada y se ramifican poco después de su nacimiento (Ortega, 1981; Sánchez, 1993; SEMARNAT, 2008).

3.1.3 Tallo

De acuerdo con De la Garza y Berlanga (1993) y Soto (2010), la candelilla desarrolla múltiples tallos cilíndricos erectos a partir de su base radicular. Con una altura máxima que oscila entre 1.10 y 1.30 m y diámetros de 5 a 11 mm, los tallos muestran un aspecto glauco característico. Este matiz gris-azulado es producto de la secreción de cera sobre la superficie, la cual recubre el color verde natural de la epidermis.

Sánchez (1993) describió que presenta tallos o ramas múltiples, mimbreadas, con estrangulamiento o nudo y entrenudos, lampiños y de color verde y con diámetro medio de 5 mm. La altura es variable según la localidad y las condiciones climáticas imperantes (temperatura y humedad). Las plantas poseen tallos aéreos y subterráneos, y su ramificación es simpódica. Los renuevos son de color verde pálido, aunque en algunos tramos, como todas las Euphorbiáceas, secreta un látex lechoso cuando son lesionadas. De los tallos subterráneos nacen muchas raíces adventicias, lo que les da un aspecto de bulbo que contiene las yemas que posteriormente se desarrollarán en los tallos aéreos.

3.1.4. Hojas

Las hojas miden de 6 a 10 mm de largo y 1 mm de ancho, tienen pubescencias de color blanco, son sésiles, de forma oblonga y lanceolada, y presentan dos estípulas, una a cada lado de la base (Flores, 1942). Las hojas del extremo distal del tallo son de color verde, generalmente dos o tres hojas, mientras que el resto presentan un tinte rojizo que comienza en el ápice y continúa en los bordes y avanza hacia el centro del limbo. En renuevos, se observan coloraciones rojizas en todas las hojas, inclusive en las más jóvenes (Ortega, 1981).

La base axilar de la hoja presenta una prominencia de color rojo, a la cual se le denomina yema floral. Las hojas son poco visibles y, en plantas adultas, están ausentes, ya que permanecen en la planta solo de 15 a 20 días (García, 1988).

3.1.5. Flores

Romahn (1992) y SEMARNAT (2005) describen que las flores son pequeñas, de color rojo y aparecen en los ápices de los tallos durante la época de lluvias. Las flores de ambos sexos se encuentran dentro de una estructura llamada ciato, que tiene una estructura diminuta en forma de copa. La inflorescencia es una espiga de cabezuelas que contiene aproximadamente entre 45 a 47 flores masculinas, cada una con un solo estambre, y una flor femenina en el centro.

Por su parte, De la Cruz y Medina (1991) mencionan que la inflorescencia no siempre forma una espiga, sino que, en ocasiones, los ciatos emergen de un mismo punto. Suelen medir unos 5 mm de diámetro y tener un pedúnculo corto. En su base, presenta dos brácteas agudas, de tonalidad siempre más oscura que los pétalos y dispuestas en posición opuesta. La corona es dialipétala. Además, se encuentran unos abultamientos que son una especie de gandulas hemisféricas de coloración intensa.

El órgano masculino (androceo) está formado por un grupo de cuatro a ocho estambres arqueados y libres, cada uno con un par de anteras. El órgano femenino (gineceo) posee un estilo de poca longitud y un ovario compuesto por tres carpelos. Una vez ocurrida la fecundación, el fruto es desplazado hacia el extremo superior debido al crecimiento del estilo, quedando a una distancia de hasta 8 mm de los verticilos inferiores (Flores, 1995).

3.1.6. Fruto

El fruto es una cápsula de dos a cuatro lóculos, generalmente trilocular, de 5 a 6 mm de diámetro, con un pedicelo de 10 mm de longitud y dehiscencia explosiva. Al madurar, se torna de color café, con tonalidades variables (De la Cruz y Medina, 1991). Cuando los óvulos han completado su desarrollo y se transforman en semillas, la cápsula estalla y las semillas caen a un lado de la planta (Ortega, 1981; García, 1988; Flores, 1995; SEMARNAT, 2005).

3.1.7. Semilla

Las semillas se caracterizan por una morfología mayoritariamente piriforme y un relieve foveolada. En términos de dimensiones, registran un largo medio de 2.92 ± 0.26 mm, un ancho de 1.91 ± 0.22 mm y un espesor de 1.50 ± 0.41 mm. Asimismo, se determinó que la masa promedio para un lote de 100 semillas es de 0.32 ± 0.12 g (Flores *et al.*, 2013).

De acuerdo con Esquivel (1979), la semilla de esta especie posee un óvulo anátropo, abundante endospermo y dos cotiledones. Su apariencia externa es rugosa y café claro por la cera protectora (de color guinda al natural), con formas elípticas u ovoides. Se ubica dentro del lóculo con la carúncula hacia abajo y presenta un rafe longitudinal que conecta la zona micropilar con la base.

En su cara interna, la semilla presenta profundos surcos que dejan entre sí laminillas de una sustancia blanquecina; y en su borde, una escotadura bastante profunda (Robles, 1985). El análisis de biomasa de semillas indica una densidad de 272,000 unidades por kilogramo, con un índice de pureza o calidad del 90%. A pesar de este volumen, el acopio se ve limitado por la morfología de la semilla y los tiempos biológicos de la planta, factores que complican su obtención en campo (Ortega, 1981; Flores, 1995).

3.1.8. Reproducción y propagación

La propagación de la candelilla ocurre mediante dos vías: la vía sexual, a través de semillas, y la asexual, mediante tallos subterráneos conocidos como rizomas. Esta última modalidad es la predominante, los rizomas brotan del suelo para generar nuevos individuos. Este fenómeno biológico es el responsable de que la planta crezca en grupos dispersos y presente una distribución irregular (De la Cruz, 1958; Chapa, 1959; Esquivel, 1979; Ávila, 2007).

3.1.9. Autoecología de la especie

Odum (1971) define que la autoecología se ocupa de estudiar cómo las especies individuales se ajustan a sus condiciones ambientales y cómo esos ajustes afectan su distribución y abundancia. Además, la autoecología examina cómo los factores bióticos (como la competencia y las interacciones depredador-presa) y abióticos (como la

temperatura, la luz y la humedad) influyen en la dinámica de las especies dentro de sus hábitats.

3.1.9.1. Clima

La candelilla se establece en climas desérticos muy áridos y áridos (Bw y Bs) según la clasificación de Köeppen, con lluvias en verano. Romahn (1985) describe que las precipitaciones pluviales pueden variar de 50 a 200 mm, con temperaturas que oscilan entre poco menos de 11 °C a no más de 20 °C, aunque también se presenta en zonas con temperaturas de hasta de 34 °C. García (2004) menciona que el clima es seco, con lluvias en verano, una precipitación promedio de 250 mm y temperaturas extremas que van desde los -5° grados en invierno hasta los 40° C en verano.

Con base en la información proporcionada por la CONABIO (2009), los requerimientos climáticos de la candelilla incluyen un rango de precipitación de 150 a 350 mm y puede sobrevivir a temperaturas mínimas de -12 °C y máximas de 44 °C, con una temperatura promedio ideal entre 18 y 21°C.

En diversos estudios se menciona que la especie se adapta mejor a climas tipo Bw, donde las precipitaciones varían de 120 a 600 mm como promedio anual, y la temperatura media anual oscila entre 18 y 22 °C, tolera temperaturas muy frías de hasta -14°C y llega a soportar máximas de 47 °C (Zamora *et al.*, 2009).

Vargas (2020), en su estudio, publicó que las variables que más influyen sobre una alta productividad de candelilla son las temperaturas inferiores a 4.87 °C en invierno, así como una temperatura media anual inferior a 11.28 °C y las precipitaciones superiores a 294.67 mm en verano.

3.1.9.2. Suelo

Se desarrolla en condiciones restrictivas del suelo, como un pH ligeramente ácido a alcalino (6.3 a 8.4), suelos calcáreos ricos en carbonato de calcio, de origen aluvial, someros, con una profundidad menor de 25 a 30 cm, textura franco-arenosa, buen drenaje, estructura granular, bajo contenido de materia orgánica (de 0.96 a 2.64%) y pobres en nitrógeno (Romahn, 1985; CONABIO, 2009). Martínez *et al.* (2015) comentan que esta especie se desarrolla mejor en suelos de tipo litosol, regosol y xerosol.

3.1.9.3. Topografía

Raramente, crece en valles o suelos arcillosos (Rocha, 2021); por el contrario, se desarrolla mejor en laderas de montañas de orientación predominante de este a sur, pedregosas, con buen drenaje, en lomeríos, abanicos aluviales, riscos de difícil acceso y llanuras con presencia de material geológico de origen calizo, y pendientes del 1 al 3% (Romahn, 1985), e incluso en pendientes mayores (Vargas, 2020).

La distribución de la candelilla abarca una amplia variación de alturas sobre el nivel del mar, extendiéndose desde los 460 msnm hasta los 2,400 msnm, de acuerdo con la información de la CONABIO (2009), a pesar de estos rangos, su presencia es más notable en elevaciones intermedias, específicamente entre los 700 y 1,200 msnm.

3.1.9.4. Asociación con especies

La candelilla está estrechamente asociada e identificada con los ambientes característicos de las zonas áridas. La CONABIO (2009) describe que su distribución abarca principalmente el ecosistema de matorral xerófilo. Este matorral se clasifica en varias subasociaciones, tales como: matorral inerme, desértico rosetófilo, desértico micrófilo y crasicaule, además de prosperar en comunidades de izotales, donde predominan especies como la *Yucca spp.*

En raras ocasiones, la candelilla se desarrolla sola, ya que generalmente se asocia con un gran número de plantas. Comúnmente se encuentra asociada con la lechuguilla (*Agave lechuguilla*), guapilla (*Hechtia glomerata*), sotol (*Dasyliion spp.*), albarda u ocotillo (*Fouquieria splendens*), así como con numerosas cactáceas, gramíneas y palma samandoca (*Yucca carnerosana*) cuando esta se encuentra en terrenos con bastante pendiente. También se asocia con gobernadora (*Larrea tridentata*), hojasén (*Flourensia cernua*), mezquite (*Prosopis spp.*), *Quercus* e incluso en zonas de *Pinus* (Romahn, 1985).

Bañuelos *et al.* (2019) encontraron que la candelilla se asocia principalmente con vegetación de matorral rosetófilo (55.6%) y matorral micrófilo (44.4%).

La presencia de la candelilla aporta múltiples beneficios ecológicos al suelo, entre ellos la protección contra la fuerte radiación solar (que genera un exceso de energía calorífica) y la acción desecante del viento. De esta manera, disminuye la erosión,

sobre todo en laderas o pendientes, creando un entorno propicio para el crecimiento y resguardo de otras especies (CONABIO, 2009).

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2022) informa que la candelilla sirve como especie para establecimiento de plantaciones forestales comerciales, lo que contribuye en alto grado a la conservación de las poblaciones naturales, disminuyendo la presión de aprovechamiento de estas.

3.1.9.5. Luz

La candelilla, al distribuirse en las zonas áridas de México, produce formaciones cerosas generadas por tejidos secretores que exudan la cera. Este fenómeno se observa principalmente en aquellas especies tolerantes a las altas intensidades de radiación debido a las elevadas temperaturas en regiones secas, poco lluviosas, donde la transpiración vegetal es rápida por la evaporación excesiva. Para evitar la desecación y conservar el agua en sus tejidos, estas especies producen exudaciones cerosas que regulan la transpiración. Esta exudación es tanto más abundante cuando más se prolonga la sequía, lo cual es importante al momento de cosechar la planta (Romahn, 1985).

Para la producción de cera, la planta se somete a condiciones extremas, con gran exposición solar, calor excesivo, baja humedad en la atmósfera y escases de agua en el suelo. Estas condiciones se encuentran precisamente en el desierto del norte de México durante la mayor parte del año (Espinoza y Arizmendi, 2021).

3.1.9.6. Plagas y enfermedades

La condición fitosanitaria de la candelilla se caracteriza por una notable estabilidad en su entorno natural. Investigaciones realizadas por Flores (2013) indican que no se han identificado patógenos o insectos que pongan en riesgo la integridad de sus poblaciones. En concordancia, López (2007) sostiene que, si bien existen organismos que interactúan con la planta, estos no derivan en daños de trascendencia biológica o económica.

3.1.9.7. Fuego

No se encontró estudios que detallen de forma cuantitativa como responde la candelilla al fuego en términos de mortalidad, regeneración, cambio de biomasa o

germinación post fuego. Sin embargo, la explotación intensiva, la ganadería, el sobrepastoreo y los incendios representan factores de riesgo para la conservación de sus poblaciones (CONAFOR, 2009).

3.2. Impacto económico y social

3.2.1. Derivados de aprovechamiento de la hierba de candelilla

De la hierba de candelilla se realiza el aprovechamiento para la extracción de cera natural (CONAFOR, 2021). Una vez secos, los desechos se utilizan como combustible para mantener el fuego necesario en las pailas; esto permite un ahorro en combustible y el reciclaje de los desechos.

Por otra parte, en ocasiones, y a falta de otro alimento, algunos animales domésticos se alimentan de los restos vegetales de la candelilla después de ser procesada (Rocha *et al.*, 2021).

El uso de la cera destaca en la industria de los cosméticos, debido a sus propiedades protectoras, siendo indispensable en la fabricación de lápices labiales, cremas corporales y preparaciones para el cabello. Por ser un buen plastificante, también se utiliza en la fabricación de goma de mascar. Sus propiedades de retención de aceites le permiten conservar mejor los sabores. Además, se usa en recubrimientos de cartón, fabricación de crayones, pinturas, velas (pabilo), lubricantes, recubrimientos de papel, anticorrosivos, impermeabilizantes, fuegos artificiales, fundición y moldeo de precisión (Canales *et al.*, 2006; Álvarez *et al.*, 2015).

Otros usos recientes incluyen la elaboración de biocombustible (Torres *et al.*, 2015), microencapsulación de fertilizantes de liberación controlada en agricultura, pulverización para el desarrollo de aditivos para plásticos y la elaboración de materiales inteligentes para la conversión y almacenamiento de energía (Espinoza y Arizmendi, 2021).

3.2.2. Producción nacional de cerote de candelilla

La SEMARNAT (1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999a, 2000, 2001, 2002, 2006a, 2006b, 2007, 2009a, 2009b, 2009c, 2010, 2011a, 2011b, 2013, 2014a, 2014b, 2016a, 2016b, 2020, 2021) publicó anuarios estadísticos en los que se desglosa información sobre la producción forestal nacional. En la Figura 1 se presenta la

información sobre la producción nacional de cera de candelilla en toneladas y el valor económico de su producción.



Fuente: Elaboración propia con datos de los anuarios publicados por SEMARNAT en el periodo de 1993 al 2018

Figura 1. Producción Nacional de cera de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) en el periodo 1993 al 2018.

3.2.3. Volumen de exportación

Aproximadamente, el 94% de la producción de cera tiene como principal destino de exportación a Japón, Estados Unidos, Alemania, Francia, Reino Unido, China, Italia, Hong Kong, España, Países Bajos, entre otros (CONAFOR, 2021; García *et al.*, 2022).

En el periodo de 2009 a 2018, la producción nacional de cera fue de 13,422 toneladas, y el volumen de exportación alcanzo las 12,683 toneladas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Volumen de exportación.

Año	Producción nacional (ton)	Volumen de exportación (ton)
2009	1,071	207.20
2010	868	1,388.70
2011	1,192	1,834.80
2012	1,341	1,536.90
2013	1,271	1,379.00
2014	1,140	1,156.60

Fuente: Elaboración propia con datos de los Registros de verificación (RV) de PROFEPA publicados por García *et al.* (2022).

Continuación Cuadro 1. Volumen de exportación.

Año	Producción nacional (ton)	Volumen de exportación (ton)
2015	1,592	962.40
2016	1,311	955.60
2017	1,323	1,464.10
2018	2,313	1,797.60
Total	13,422	12,683.00

Fuente: Elaboración propia con datos de los Registros de verificación (RV) de PROFEPA publicados por García *et al.* (2022).

3.2.4. Volumen de consumo nacional

El volumen de consumo nacional de cera de candelilla en el periodo de 2009 a 2018 fue aproximadamente del 6%, lo que correspondió a 739 toneladas, después de restar los volúmenes de exportación reportados por García *et al.* (2022).

3.2.5. Distribución geográfica de la producción

A nivel nacional, en el periodo de 1993 a 2018, la producción de cera fue encabezada por el estado de Coahuila con el 63.91%, seguido de Zacatecas con el 22.73%, Durango con el 8.20%, Chihuahua con el 3.60% y, finalmente, Nuevo León con el 1.56%. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Distribución geográfica de la producción.

Año	Coahuila (ton)	Chihuahua (ton)	Durango (ton)	Nuevo León (ton)	Zacatecas (ton)
1993	2,008	0	195	5	52
1994	0	0	0	0	0
1995	1,020	0	215	0	24
1996	1,655	0	157	0	20
1997	246	0	49	0	16
1998	245	0	41	0	848
1999	293	0	10	0	6
2000	94	0	0	0	5,685
2001	50	0	0	0	0
2002	392	0	0	0	0
2003	476	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia con datos de los anuarios publicados por SEMARNAT (1993 al 2021).

Continuación Cuadro 2. Distribución geográfica de la producción.

Año	Coahuila (ton)	Chihuahua (ton)	Durango (ton)	Nuevo León (ton)	Zacatecas (ton)
2004	560	0	220	0	0
2005	2,713	60	70	51	0
2006	349	0	0	0	0
2007	556	138	30	0	0
2008	49	122	2	0	65
2009	755	214	40	0	62
2010	574	152	100	27	15
2011	872	155	83	53	29
2012	1,156	68	30	58	29
2013	991	19	189	0	72
2014	927	10	62	79	62
2015	1,364	16	155	31	26
2016	783	75	285	68	100
2017	875	68	254	27	99
2018	1,583	63	453	103	111
Total	20,586	1,160	2,640	502	7,321

Fuente: Elaboración propia con datos de los anuarios publicados por SEMARNAT (1993 al 2021).

3.3. Importancia ecológica de la hierba de candelilla

La candelilla es una especie codominante de gran importancia ecológica en comunidades vegetales de matorral desértico rosetófilo y micrófilo (Granados *et al.*, 2011; Vargas, 2020).

La candelilla contribuye a la estabilización del suelo en áreas áridas y semiáridas, forma manchones o agregados, mezclándose con especies espinosas y cuyas raíces ayudan a evitar la erosión (CONAFOR, 2009). De la Cruz *et al.* (2011) mencionan que son plantas cruciales para la conservación de la calidad del suelo en el desierto.

Luna & Chávez (2009) mencionan que esta planta proporciona alimento y refugio para diversos animales del desierto, como insectos y pequeños mamíferos, ya que no solo aportan recursos alimenticios, sino que también brindan refugio y son puntos clave en las interacciones entre las especies.

3.4. Marco regulatorio para el aprovechamiento de los recursos forestales

3.4.1. Regulación nacional

El marco legal forestal de México en la actualidad tiene su fundamento en las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, específicamente en el Título Primero, Capítulo I, Artículo 27, párrafo 4°.

López (2024) menciona que no existe una lista totalmente definitiva de las leyes ambientales ni de las leyes relacionadas con el aprovechamiento de los recursos forestales, ya que depende del recurso de que se trate. Sin embargo, las siguientes leyes y sus reglamentos son algunas de las que inciden en el aprovechamiento forestal sustentable:

- a) Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)
- b) Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)
- c) Ley General de Vida Silvestre (LGVS)
- d) Ley de Desarrollo Rural Sustentable
- e) Ley Agraria
- f) Ley de Aguas Nacionales
- g) Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Áreas Naturales Protegidas (RLGEEPA)
- h) Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental
- i) Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (RLGDFS)
- j) Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre (RLGVS)
- k) Reglamento de la Ley Agraria en Materia de Ordenamiento de la Propiedad Rural
- l) Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales
- m) Normas Oficiales Mexicanas
- n) Manual de Procedimientos para la autorización de aprovechamientos forestales, manuales de aplicación de métodos y sistemas de manejo.

De manera más ilustrativa, se presenta en el Anexo 1.

Dentro del complejo marco institucional federal y estatal, la institución rectora de la política forestal es la SEMARNAT, a través de sus Delegaciones Federales en los Estados, aunque cada uno de ellos tiene su propia legislación forestal (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2004), alineadas a la LGDFS en el ámbito de las atribuciones que ésta les confiere a las entidades federativas.

La LGDFS (2024) establece que corresponderá a la SEMARNAT expedir los oficios de autorización de los avisos para el aprovechamiento y autorizaciones para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables, en los casos previstos por el artículo 84 y 85 de esta Ley.

El proceso para la obtención del Oficio de Autorización, de acuerdo con los lineamientos y requisitos del marco legal forestal que regula para la especie *E. antisyphilitica* Zucc. CITES, CONABIO, LGDFS, RLGDFS, NOM-018-SEMARNAT-1999, y para el caso en particular de Coahuila el Consejo Forestal Estatal y Comité Técnico de Aprovechamientos Forestales No Maderables de Coahuila, se ilustra en el Anexo 2.

3.4.2. Regulación internacional

La CITES es un acuerdo internacional concertado entre los gobiernos. Tiene por finalidad velar por que el comercio internacional de especímenes de animales y plantas silvestres no constituye una amenaza para la supervivencia de las especies (CITES, s.f. b).

Los Apéndices I, II y III de la Convención son listas de especies que ofrecen diferentes niveles y tipos de protección ante la explotación excesiva.

Específicamente en el Apéndice II figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio. En este Apéndice figuran también las llamadas "especies semejantes", es decir, especies cuyos especímenes objeto de comercio son semejantes a los de las especies incluidas por motivos de conservación.

El comercio internacional de especímenes de especies del Apéndice II puede autorizarse concediendo un permiso de exportación o un certificado de reexportación. En el marco de la CITES no es preciso contar con un permiso de importación para

esas especies (pese a que en algunos países que imponen medidas más estrictas que las exigidas por la CITES se necesita un permiso). Sólo deben concederse los permisos o certificados si las autoridades competentes han determinado que se han cumplido ciertas condiciones, en particular, que el comercio no será perjudicial para la supervivencia de estas en el medio silvestre (CITES, s.f. a).

Desde 1975, la candelilla está incluida en el Apéndice II de la CITES; sin embargo, no fue hasta 1991 que México se adhirió a la Convención y comenzó a implementar sus disposiciones.

A nivel internacional, la CITES proporciona el instrumento jurídico necesario para que los países regulen el intercambio comercial de las especies que la Convención considera en riesgo y que están listadas en sus Apéndices. La Convención utiliza un sistema de certificados y permisos para asegurar que el comercio internacional de flora y fauna silvestres sea sustentable y contribuya a la supervivencia y conservación de las poblaciones en lugar de amenazarlas (CONABIO, 2022).

México comenzó a regular la exportación de cera de candelilla con la emisión de permisos CITES en el 2001. Como resultado de esta regulación, desde el año 2010 se requiere un certificado CITES individual para cada embarque de este producto (CONABIO, 2022).

La emisión de permisos CITES de exportación exige la obtención de un Dictamen de Extracción No Perjudicial (DEnP) (Non Detriment Finding o NDF en inglés), en cumplimiento con los Artículos III y IV de la Convención. En México, la CONABIO es la encargada de emitir estos dictámenes a solicitud de la Autoridad Administrativa. Dichos DEnP se fundamentan en la revisión de los Estudios Técnicos de Aprovechamiento de la candelilla de los predios del norte del país. Este proceso trata de asegurar que el aprovechamiento y la exportación de candelilla se realicen en total apego a la legislación vigente y a las disposiciones de la Convención (CONABIO, 2022).

3.5. Aviso para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables

El Artículo 84 de la LGDFS (2024) define que el aprovechamiento de recursos forestales no maderables únicamente requerirá de un aviso por escrito a la autoridad competente.

Se entiende por aviso para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables como el trámite que permitirá obtener el código de identificación para poder realizar el aprovechamiento de recursos forestales no maderables (Gobierno de México, 2025).

En el Título Tercero, Capítulo II, Sección III, Artículo 71 del RLGDFS (2020) se establece que el aviso para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables a que se refiere el artículo 84 de la LGDFS, deberá presentarse ante la SEMARNAT.

Asimismo, con el aviso a que se refiere el citado artículo deberá presentarse lo siguiente:

- I. Original o copia certificada del título de propiedad o posesión del predio o conjunto de predios de que se trate, inscrito en el registro público que corresponda, así como copia simple para su cotejo;
- II. Original o copia certificada del instrumento en que conste el derecho para realizar las actividades de aprovechamiento, mismo que deberá tener una vigencia igual o mayor a la establecida en el aviso de aprovechamiento, así como copia simple para su cotejo;
- III. En el caso de ejidos y comunidades, original del acta de asamblea en la que conste su consentimiento para realizar el aprovechamiento, de conformidad con la Ley Agraria, así como copia simple para su cotejo;
- IV. Plano georreferenciado en el que se indiquen las áreas de aprovechamiento y ubicación de la Unidad de Manejo Forestal cuando esta exista;
- V. Manifestación por escrito, bajo protesta de decir verdad, de la situación legal del predio o Conjunto de predios y, en su caso, sobre la existencia de conflictos relativos a la propiedad de los mismos que se encuentren pendientes de resolución, y
- VI. Estudio técnico

3.5.1. Contenido del Estudio Técnico para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables (RFNM)

Se entiende por Estudio Técnico como el documento donde se presenta la información técnica de campo, así como de gabinete obtenida a través de consultas en fuentes académicas y de investigación debidamente reconocidas, con la finalidad

de obtener la evidencia suficiente para demostrar la viabilidad de llevar a cabo la remoción de la vegetación en un terreno forestal (SEMARNAT, 2017).

El Estudio técnico contendrá:

- a) Denominación, ubicación y colindancias del predio o conjunto de predios;
- b) Descripción general de las características físicas, biológicas y ecológicas del predio;
- c) Estimación de la estructura poblacional y de las existencias reales de las especies o partes por aprovechar con nombre científico y común, así como las superficies en hectáreas y las cantidades por aprovechar anualmente en metros cúbicos, litros o kilogramos;
- d) 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;
- e) Criterios y especificaciones técnicas para la determinación de la madurez de cosecha y para determinar el aprovechamiento de cada especie;
- f) Prácticas de manejo para garantizar la persistencia del recurso;
- g) En su caso, datos de inscripción en el Registro del Prestador de Servicios Forestales responsable de elaborar el estudio técnico y de dirigir la ejecución del aprovechamiento (RLGDFS, 2020).

3.6. Casos que requieren Programa de Manejo para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables

La LGDFS (2024) define al programa de manejo forestal como el instrumento técnico de planeación y seguimiento que describe las acciones y procedimientos de manejo forestal sustentable.

El Artículo 85 de la LGDFS (2024) define que se requiere autorización para el aprovechamiento de recursos no maderables en los casos siguientes:

- a) Tierra de monte y de hoja;
- b) Tallos de las especies del género *Yucca*, y
- c) Plantas completas de las familias *Agavaceae*, *Cactaceae*, *Cyatheaceae*, *Dicksoniaceae*, *Nolinaceae*, *Orchidaceae*, *Palmae* y *Zamiaceae* provenientes de vegetación forestal.

En el Artículo 72 del RLGDFS (2020) se establece que las solicitudes para obtener la autorización de aprovechamientos de recursos forestales no maderables a que se refiere el artículo 85 de la LGDFS, se presentarán ante la Secretaría y contendrán el nombre o denominación o razón social y domicilio del interesado. En su caso, se señalará el número de oficio y fecha de la autorización en materia de impacto ambiental (cuando el aprovechamiento se realice en áreas naturales protegidas).

Asimismo, con la solicitud a que se refiere el presente artículo deberá presentarse lo siguiente:

- I. Original o copia certificada del título de propiedad o posesión del predio o Conjunto de predios de que se trate, inscrito en el registro público que corresponda, así como copia simple para su cotejo;
- II. Original o copia certificada del instrumento en que conste el derecho para realizar las actividades de aprovechamiento, mismo que deberá tener una vigencia igual o mayor a la establecida en el Programa de manejo forestal, así como copia simple para su cotejo;
- III. En el caso de ejidos y comunidades, original del acta de asamblea en la que conste su consentimiento para realizar el aprovechamiento, de conformidad con la Ley Agraria, así como copia simple para su cotejo;
- IV. Manifestación por escrito, bajo protesta de decir verdad, de la situación legal del predio o Conjunto de predios y, en su caso, sobre la existencia de conflictos relativos a la propiedad de los mismos que se encuentren pendientes de resolución;
- V. Plano georreferenciado, en el que se indiquen las áreas de aprovechamiento y ubicación de la Unidad de manejo forestal cuando esta exista, y
- VI. Programa de manejo forestal.

3.6.1. Contenido del Programa de manejo forestal

El Artículo 73 del RLGDFS (2020) define que el Programa de Manejo Forestal para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables a que se refiere la fracción VI del artículo anterior, contendrá:

Tratándose de cualquier especie:

- a) Diagnóstico general de las características físicas, biológicas y ecológicas del predio;
- b) Análisis de los aprovechamientos anteriores y la respuesta del recurso a los tratamientos aplicados, con datos comparativos de las existencias reales;
- c) Vigencia del Programa de Manejo Forestal;
- d) Especies con nombre científico y común, y los productos, así como las superficies en hectáreas y las cantidades por aprovechar anualmente, las cuales deberán ser menores a la tasa de regeneración;
- e) Estimación de la estructura poblacional, las existencias reales y la tasa de regeneración de las especies o sus partes por aprovechar, incluyendo la descripción del procedimiento de estimación;
- f) Definición y justificación del periodo de recuperación al que quedarán sujetas las áreas de aprovechamiento, de acuerdo con las características de reproducción y desarrollo de las especies de que se trate;
- g) Criterios y especificaciones técnicas para la determinación de la madurez de cosecha y para determinar el aprovechamiento de cada especie;
- h) Prácticas de manejo para asegurar la persistencia del recurso;
- i) Medidas para prevenir, controlar y combatir Incendios, Plagas y Enfermedades forestales;
- j) Descripción y programación de las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales negativos. Cuando exista dictamen favorable en materia de impacto ambiental para el aprovechamiento solicitado, se exceptuará de lo previsto en este inciso, y
- k) En su caso, el nombre o denominación o razón social y datos de inscripción en el Registro de la persona responsable de elaborar el Programa de manejo forestal y de dirigir la ejecución del aprovechamiento.

Para efectos del inciso d) de la presente fracción, los productos a aprovechar se expresarán en metros cúbicos, litros o kilogramos cuando se trate de aprovechamiento de partes de especies o productos derivados de estas especies. Cuando se trate de plantas completas, la información además se expresará en número de individuos.

3.7. Sistema silvícola

Un sistema silvícola es el proceso mediante el cual las cosechas (o masa arbórea) que constituyen un bosque son cuidadas, removidas y sustituidas por nuevas cosechas, lo que da lugar a la producción de rodales de formas distintivas. Los términos “rodal” y “cosecha” se utilizan para indicar unidades silvícolas o de gestión que son homogéneas en uno o más aspectos (Matthews, 1994).

Adams *et al.* (1994) definen que un sistema silvícola es un proceso planificado mediante el cual se cuida, cosecha y restablece un rodal. Incluye todas las actividades de manejo que ocurren en ese rodal durante una rotación completa. Esta es una escala útil para pensar en la silvicultura, tanto en términos espaciales (un rodal) como temporales (una rotación). Puettmann *et al.* (2016) definen que los sistemas silvícolas son un conjunto de prácticas básicas de manejo para regular la estructura y mezcla de especies de un rodal. Se denominan de acuerdo con el método de corta utilizado para la reproducción, pero incluyen todos los aspectos de manejo del rodal.

Bastida y Flores (2018) lo definen como un conjunto de prácticas básicas de manejo para regular la estructura y la mezcla de especies de un rodal. Es un plan de actividades (tratamientos) que se aplican a un rodal, desde la preparación del sitio para su regeneración hasta la cosecha final, con el fin de regenerarlo, mantenerlo, protegerlo y promover su crecimiento. Nyland (2002) agrupa diferentes componentes que integran un sistema silvícola (Figura 2).

En bosques sometidos a manejo forestal, es importante determinar las tasas de crecimiento de las especies, con el objetivo de proyectar ciclos de corta y evaluar la aplicación de tratamientos silviculturales que estimulen el crecimiento de las especies (Quesada y Castillo, 2010).

3.7.1. Sistema silvícola en zonas áridas y semiáridas

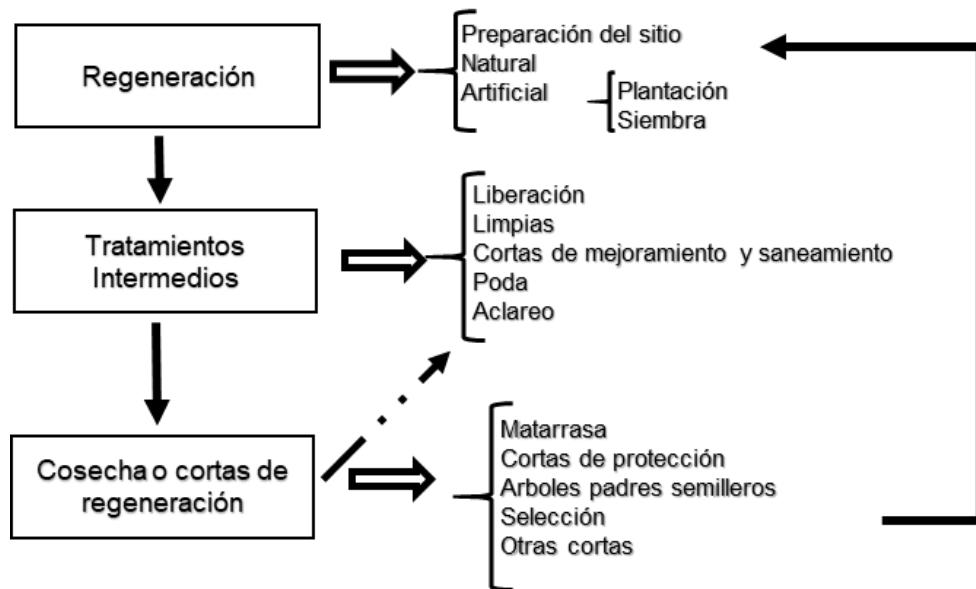
Los sistemas silvícolas convencionales han sido diseñados principalmente para el manejo de especies forestales maderables, dejando de lado las particularidades ecológicas y productivas de otras categorías de recursos. Se dedica menos atención a los problemas de ordenación de los recursos forestales en las zonas áridas y semiáridas donde predominan los recursos forestales no maderables, y donde actualmente no se cuenta con un sistema silvícola desarrollado bajo un enfoque que

permite su aprovechamiento sostenible. Esta carencia representa un obstáculo significativo para la conservación de estos ecosistemas y para el desarrollo económico de las comunidades que dependen de dichos recursos (FAO, 1992).

En México, en el año 2018, se ejecutó a nivel nacional el proyecto titulado “Prácticas de manejo y generación de tablas de volumen y biomasa para las principales especies forestales no maderables de mayor importancia económica en los ecosistemas áridos y semiáridos de México”. Este proyecto surgió de la necesidad de generar información técnico-científico sobre las prácticas actuales de manejo, con el objetivo de mejorar el aprovechamiento de las especies. Se consideró 22 especies de mayor importancia económica, se destacó primordialmente nueve de agave, dos de yucas, dos de sotol, la candelilla, cortadillo, la damiana, el orégano, entre otras más que están distribuidas en los doce estados involucrados, en los cuales se elaboró manuales técnicos orientados a un mejor aprovechamiento (López, 2020).

Villavicencio *et al.* (2021) en su artículo “Manejo forestal sustentable de los recursos no maderables en el semidesierto del norte de México” describen las investigaciones realizadas en el período de 1985 al 2020 referente al manejo, aprovechamiento y conservación de los RFNM del norte de México para promover el desarrollo rural sustentable. Los temas abordados incluyen prácticas de aprovechamiento, sistemas de muestreo, biometría forestal, modelación del potencial productivo, ordenamiento territorial, selección de material vegetativo, manejo de semilla, producción y calidad de planta en vivero e invernadero, establecimiento y manejo de plantaciones, así como conservación ex situ de recursos fitogenéticos de especies nativas. Estos resultados permiten conservar, aumentar la producción y productividad de los RFNM; además de promover la sustentabilidad de los recursos no maderables.

No obstante, las investigaciones previamente citadas no establecen componentes específicos orientados a la integración o definición de sistemas silvícolas aplicables a zonas áridas y semiáridas, como sí ocurre en el caso del manejo de especies forestales maderables.



Fuente: Valdez (s/f) con datos de Nyland (2002).

Figura 2. Componentes de un sistema silvícola.

3.8. Silvicultura en el aprovechamiento de poblaciones naturales de la hierba de candelilla

El aprovechamiento de la hierba de candelilla se rige por criterios técnico-normativos, los cuales incluyen la observación de la madurez reproductiva de la planta, su madurez de cosecha y el cumplimiento de la legislación vigente aplicable a la especie (CONABIO, 2022).

3.8.1. Criterios técnico-normativos para el aprovechamiento

La NOM-018-SEMARNAT-1999 establece que se debe 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. Además, el área aprovechada no deberá ser intervenida nuevamente si la población no ha alcanzado su madurez de cosecha (SEMARNAT, 1999b).

3.8.2. Criterios de madurez de cosecha

La madurez de cosecha es el conjunto de características específicas de cada planta que determina el momento adecuado para realizar su aprovechamiento de manera sostenible, y se identifica por su etapa de desarrollo y dimensiones.

La NOM-018-SEMARNAT-1999 define que la madurez de cosecha se identificará cuando los macollos o plantas hayan alcanzado un diámetro mayor de 25 cm y una altura mínima de 30 cm (SEMARNAT, 1999b).

3.8.3. Criterios de madurez reproductiva

La madurez reproductiva se refiere a la etapa de periodo en el que la planta alcanza las condiciones óptimas para su reproducción sexual o asexual, asegurando la regeneración de las poblaciones (SEMARNAT, 1999b).

La reproducción sexual ocurre por medio de semillas, las cuales son dispersadas a gran distancia debido a la fuerza con la que se rompe el fruto al madurar. Dado que no existen registros ni estudios detallados sobre este aspecto en las poblaciones silvestres de candelilla (Zamora *et al.*, 2013), el conocimiento actual proviene de observaciones en condiciones controladas o estudios de campo limitados.

Según las observaciones de Chapa (1959), la candelilla alcanza su madurez reproductiva en dos períodos específicos del año: el primero ocurre a mitad de marzo, mientras que el segundo tiene lugar entre los meses de octubre y noviembre y Villa *et al.* (2008) indican que la floración ocurre en primavera. En cuanto a la fructificación, los frutos se observan entre abril y julio de acuerdo con Villa *et al.* (2008).

A pesar de ser una especie de gran importancia económica, existe información limitada sobre la biología de *E. antisiphilitica* Zucc. (García *et al.*, 2022). La reproducción asexual es la más abundante y común en poblaciones naturales y se manifiesta a través de la producción de los brotes de sus tallos aéreos y subterráneos (Romahn, 1992) así como mediante la producción de rizomas (Dávila, 1981; Maldonado, 1983). A partir de rizomas marrón oscuro, de mayor grosor que el tallo aéreo, se originan raíces adventicias. La emergencia de estos rizomas hacia la superficie es el mecanismo que da lugar a la formación de nuevas plantas (De la Cruz, 1958; Chapa, 1959; Esquivel, 1979; Ávila, 2007).

3.8.4. Efectos de la cobertura residual en la regeneración vía asexual

En lo referente a la influencia de la cobertura residual sobre la restauración mediante reproducción asexual, no se encontró estudios que analicen dicha interacción. No obstante, Toribio (2021) documentó que la frecuencia de rebrotos subterráneos por unidad de superficie está directamente vinculada a la intensidad de las intervenciones de corta. Asimismo, se han desarrollado diversos trabajos que proponen densidades óptimas para procesos de reforestación y establecimiento de plantaciones por vía asexual.

3.8.5. Efectos de la altura de la cobertura residual en la regeneración vía asexual

Con respecto a la altura de la cobertura residual en la regeneración a través de la reproducción asexual, no se encontró datos que evalúen específicamente sus efectos. Sin embargo, Toribio (2021) publicó que, a diferentes intensidades de corta, existe una relación en el crecimiento promedio anual en altura de *E. antisyphilitica* Zucc.

Granillo *et al.* (2017) aseveran que la categoría de tamaño mejor representada en las estructuras poblacionales de *E. antisyphilitica* Zucc. determina si las poblaciones se están regenerando, ya que, a partir de los 25-30 cm de altura, inicia su actividad reproductiva, tanto sexual como asexual, y dicha actividad se mantiene hasta que el majuelo muere. Esto también depende de las condiciones ambientales en las que se encuentre la planta, ya que el éxito de ambos tipos de reproducción está ligado a la disponibilidad de humedad.

3.8.6. Efectos de la cobertura residual en la regeneración vía sexual

Con respecto a los datos sobre la reproducción sexual de candelilla, la información es aún más escasa (García *et al.*, 2022). En cuanto a la cobertura residual en la regeneración vía sexual, no se encontró datos que evalúen sus efectos. Sin embargo, existen sugerencias para elevar el porcentaje sin intervención y datos sobre la reducción del porcentaje máximo de aprovechamiento.

3.8.7. Efectos de la altura de la cobertura residual en la regeneración vía sexual

Martínez y Mandujano (2013) y CONABIO (2022) coinciden en que, a mayor altura de *E. antisyphilitica* Zucc, se aportará una mayor producción de flores, lo que beneficiará la reproducción sexual.

3.8.8. Efectos de la cobertura residual en los períodos de recuperación

En ecosistemas de bosques, la regeneración a partir de la vegetación residual, definida como organismos individuales o sus propágulos que sobreviven a un evento de perturbación, es fundamental para la recuperación del bosque (Chazdon, 2003).

Torres (2000) considera que en el manejo forestal se debe enfatizar un nivel de población (densidad) que asegure la sostenibilidad de la cosecha y el manejo de variables estructurales en las existencias residuales, permitiendo mantener la salud, productividad y producción de múltiples bienes y servicios.

La capacidad de un bosque para regenerarse naturalmente puede depender de una o más fuentes: regeneración de individuos remanentes, germinación del banco de semillas del suelo, brotes de raíces y tallos cortados o triturados, y regeneración a partir de semillas de fuentes externas (Timoney y Peterson, 1996; Turner *et al.*, 1998; Greene *et al.*, 1999; Chazdon, 2003; Chen *et al.*, 2009). Estos modos de regeneración juegan un papel crucial en la determinación de la velocidad y el curso de la recuperación de la vegetación forestal y los patrones de desarrollo de las masas (Bartels, 2016).

Aguirre (2015) describe que un nivel mínimo de cobertura residual permisible, un nivel determinado de volumen en pie postcosecha y las restricciones para el mantenimiento de la biodiversidad pueden alcanzar el objetivo de maximizar la cosecha de un bien determinado.

Entre los efectos de la cobertura residual después de la cosecha, Vargas (2013) describe los siguientes: proporciona microhabitats para diversos organismos, sirve de refugio, anidación y reproducción para una gran cantidad de especies, mantiene fuentes de alimento para la flora y fauna, y conserva las características funcionales y estructurales del ecosistema.

Los efectos de la cobertura residual en los períodos de recuperación cuando se realiza el aprovechamiento de recursos forestales no maderables y específicamente en la candelilla Martínez y Mandujano (2013) analizaron el impacto de diferentes tiempos de recuperación entre cosechas en la tasa de crecimiento relativo (TCR) indicaron que las plantas que tuvieron más de tres años de recuperación entre

cosechas mostraron una TCR significativamente mayor en comparación con aquellas que se cosecharon en intervalos más cortos.

3.8.9. Análisis de la respuesta del recurso a los aprovechamientos forestales

Monárrez *et al.* (2018), en su investigación, encontraron que, de manera general, el manejo forestal impacta positivamente el abastecimiento de materia prima, así como el secuestro y almacenamiento de carbono, y tiene un efecto variable en la conservación de la diversidad vegetal. El impacto y la resiliencia del ecosistema dependen de la escala espacial y temporal de la perturbación. La identificación, cuantificación y evaluación de las interacciones de los servicios ecosistémicos puede ayudar a los tomadores de decisiones a minimizar los posibles impactos del manejo forestal sobre los servicios ecosistémicos.

Navarro *et al.* (2021) indican que, en la mayoría de los métodos de aprovechamiento, se recomienda que el turno se acerque a la longevidad de las especies. Sin embargo, no hay restricciones concretas que impidan que sitios con atributos adecuados se corten antes o después de la meta del turno, ya que lo importante es mantener la ocupación útil del sitio; no se trata de cumplir metas numéricas, sino de sostener los ritmos de producción del bosque

El nivel de cosecha es sostenible en tanto el volumen residual pueda proporcionar una tasa de crecimiento superior a la tasa de cosecha (Torres, 2000).

Con frecuencia, los productos forestales no maderables se cosechan en forma no sustentable y pocos han sido estudiados en forma adecuada y muchos de ellos pueden verse amenazados por la pérdida de hábitat. La falta de conocimiento acerca de la ecología, uso y valor lo cual puede llegar a impedir su inclusión en programas de manejo forestal (López *et al.*, 2006).

Las evaluaciones de campo realizadas por Flores (2013) sugieren que la presión por la actividad candelillera ha comprometido la integridad del matorral desértico rosetófilo en Coahuila. La evidencia recolectada en los sitios de muestreo revela que la sobreexplotación es el factor principal detrás de las perturbaciones observadas en este tipo de ecosistema desértico.

Estas perturbaciones pueden desencadenar procesos de sucesión secundaria, a través de los cuales se establece una nueva comunidad vegetal conocida como

“vegetación secundaria”. Este tipo de vegetación surge tras atravesar distintos estadios sucesionales y se caracteriza por cambios en la estructura y composición de las especies (Kennard *et al.*, 2002) después de una perturbación que no elimina totalmente las comunidades bióticas prevalecientes (Morin, 2002).

3.8.10. Efectos del tipo de suelo en la capacidad de regeneración de la especie

Hernández *et al.* (2019) identificaron que los factores edáficos físicos que fueron determinantes para favorecer la presencia de candelilla incluyen la densidad aparente, profundidad del suelo y la pedregosidad. En cuanto a los factores químicos, se desataca la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de carbono orgánico.

González *et al.* (2024) no reportaron diferencias significativas entre los suelos Solonchack y Litosol en relación con el establecimiento de una plantación de candelilla al evaluar la tasa de supervivencia.

Vargas (2020) encontró cuatro variables que influyen más en una alta productividad de candelilla, siendo una de estas la textura gruesa. Además, observó una mayor productividad en suelos menos profundos, presentan una productividad media y alta cuando la profundidad del suelo fue menor a 19.41 cm.

3.8.11. Efectos de la topografía en la regeneración de la especie

Otra de las variables que Vargas (2020) describe para una alta productividad de candelilla son pendientes mayores a 17.37%.

Bañuelos *et al.* (2019) describen que la especie se puede distribuir en sitios con inclinación nula o suave ($\leq 3^\circ$) en un 16.7%, moderada (de 3° a 10°) en un 44.4%, fuerte (de $\geq 10^\circ$ a 20°) en un 22.2%, muy fuerte (de $\geq 20^\circ$ a 30°) en un 11.1% y escarpada ($\geq 30^\circ$) en un 5.6%. En cuanto a altitud, el intervalo es de 1,469 a 2,151 msnm.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizó la Norma Oficial Mexicana NOM-018-SEMARNAT-1999, la cual establece los procedimientos, criterios y especificaciones técnicas y administrativas para el aprovechamiento sostenible de la hierba de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc), así como para el transporte y almacenamiento del cerote. El análisis se enfocó en los criterios técnicos establecidos por la SEMARNAT (1999b) que contribuyen a propiciar la regeneración natural de la especie. Dado el carácter descriptivo de esta investigación, dichos criterios fueron examinados y contrastados con información proveniente de investigaciones recientes y literatura científica actualizada, con el objetivo de describir su grado de vigencia y pertinencia en el contexto actual de manejo sostenible de la especie.

Con base en la información recopilada, se propuso la estructuración de un sistema silvícola orientado a garantizar la regeneración exitosa de la hierba de candelilla. Esta propuesta consiste en la adaptación de elementos propios de los sistemas silvícolas desarrollados para especies maderables, particularmente aquellos componentes planteados por Nyland (2002) al contexto de los recursos forestales no maderables. Se sugieren elementos y criterios que permiten un mayor acercamiento a un sistema silvícola integral que responda a las particularidades ecológicas y de manejo de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc.

Por último, se analizaron las existencias reales obtenidas en un inventario forestal realizado para el estudio técnico de un nuevo aviso de aprovechamiento, así como las existencias reales registradas en el estudio técnico correspondiente al aprovechamiento inmediato anterior en una misma superficie. Dichas existencias se compararon con el objetivo de determinar el porcentaje de recuperación de la cobertura y las existencias reales por hectárea y total, bajo la aplicación de los criterios técnicos establecidos en la NOM-018-SEMARNAT-1999.

4.1. Identificación de criterios técnicos que la NOM-018-SEMARNAT-1999 asume influyen en la regeneración de la hierba de candelilla

La NOM-018-SEMARNAT-1999 establece los siguientes criterios técnicos en su numeral 5.1.5:

El aprovechamiento de la hierba de candelilla quedará sujeto a 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;
- 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;
- e) La Secretaría, por conducto de sus Delegaciones Federales con base en los avisos de aprovechamiento de la hierba de candelilla con fines comerciales e informes presentados, determinará las áreas de los predios en las que deberá suspenderse temporalmente el aprovechamiento, para permitir la recuperación del recurso.

4.2. Definición de criterios silvícolas de la NOM-018-SEMARNAT-1999 que influyen en la regeneración de la hierba de candelilla.

La Norma Oficial Mexicana NOM-018-SEMARNAT-1999 establece criterios silvícolas mínimos para el aprovechamiento sustentable de especies no maderables, incluyendo la hierba de candelilla. En este contexto, la presente investigación descriptiva propone un sistema silvícola específico para la hierba de candelilla, estructurado a partir de dos fuentes principales: los criterios establecidos en la NOM-018-SEMARNAT-1999 y las recomendaciones derivadas de investigaciones recientes y literatura especializada que incluyen aspectos como la intensidad de corte por planta, el tiempo de recuperación por rodal, el monitoreo, entre otros.

A continuación, se describen los elementos técnicos y operativos que componen el sistema silvícola propuesto, e integran de manera complementaria la normatividad oficial y los conocimientos actualizados que favorecen la regeneración natural de la candelilla en su hábitat.

4.2.1. Método de beneficio

El método se centra en prácticas silvícolas que promueven la regeneración de los bosques y se aproveche los procesos ecológicos naturales (Nyland, 2002).

Reproducción natural (sexual y asexual)

En la norma se establece que el área aprovechada no deberá ser intervenida nuevamente si la población no ha alcanzado su madurez de cosecha. Sin embargo, no considera el tiempo requerido ni los mecanismos de reproducción, tanto sexual como asexual, necesarios para alcanzar una regeneración efectiva, ya que se depende de factores como la viabilidad de semillas, condiciones ambientales y capacidad de rebrote.

Rotación de áreas

En la norma queda implícita la necesidad de establecer un sistema de rotación de áreas, que permita espaciar los ciclos de aprovechamiento y asegurar la recuperación ecológica de los sitios intervenidos. Esta práctica no solo contribuye a prevenir la sobreexplotación del recurso, sino que también favorece la continuidad de los procesos reproductivos, tanto sexuales como asexuales, esenciales para la regeneración natural de la especie.

Porcentaje de distribución para asegurar la regeneración natural

La norma establece 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. No obstante, no se especifican criterios sobre la distribución espacial de los individuos excluidos del aprovechamiento, ni sobre la calidad morfológica de los ejemplares residuales. Así mismo, no se definen parámetros claves como la densidad mínima requerida para considerarse que la regeneración natural está ocurriendo, la tasa esperada de supervivencia o el porcentaje de cobertura vegetal necesario.

Plantas semilleras

En la norma no se contempla los parámetros deseables que deben presentar las plantas residuales para favorecer la regeneración y estabilidad del ecosistema.

Reproducción inducida (reforestación)

En la norma se establece que cuando en las áreas bajo aprovechamiento no se presente la regeneración natural, se deberán realizar trabajos de reforestación con hierba de candelilla. No obstante, no se especifica parámetros técnicos como la densidad de plantación, el número mínimo de tallos por individuo, ni la altura mínima requerida para efectuar dicha actividad, lo que limita la estandarización y efectividad del proceso de restauración.

Producción en vivero

Para realizar los trabajos de reforestación la norma no contempla las características del medio de propagación que debe utilizarse, lo cual representa una limitación para estandarizar y garantizar la efectividad del establecimiento de nuevas plantas.

4.2.2. Método de tratamiento

El método de tratamiento propuesto por Nyland (2002) se centra en prácticas silvícolas orientadas a una gestión forestal sostenible. Plantea una variedad de técnicas destinadas al manejo integral, con especial énfasis en la regeneración natural y la conservación de la biodiversidad. Este enfoque destaca la importancia de adaptar las intervenciones silvícolas a las características ecológicas específicas de cada bosque, con el objetivo de promover un manejo productivo, resiliente y sostenible a largo plazo.

Cortas de selección

Es necesario considerar prácticas que aseguren la regeneración de la especie, así como un método de cosecha adecuado. Para *Euphorbia antisyphilitica* Zucc. el método de cosecha que se utiliza es la corta de selección; uno de los métodos definidos por Nyland (2002), que consiste en la extracción individual con el fin de mantener una estructura de rodal desigual en edad y tamaño. Este enfoque favorece una regeneración continua manteniendo al mismo tiempo cobertura y productividad del sitio.

Aunque la candelilla no presenta una estructura arbórea, el principio de extracción selectiva se adapta a esta especie mediante el aprovechamiento controlado. Este se basa en criterios morfométricos y porcentajes de distribución establecidos por la

normatividad vigente. Además, se deben dejar suficientes individuos residuales para garantizar la regeneración natural del ecosistema.

4.2.3. Tratamientos complementarios

Los tratamientos complementarios (Nyland, 2002) se definen como las labores silvícolas de apoyo que se llevan a cabo además de los tratamientos principales con el fin de mejorar las condiciones del sitio, favorecer el desarrollo de la regeneración, mantener la productividad y reducir riesgos.

Cortas de mejoramiento

La norma establece que 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. El aprovechamiento consiste en arrancar la planta completa que cumple con dichos criterios. No obstante, diversos autores como Martínez y Mandujano (2013), López (2021), Toribio (2021) y CONABIO (2022) ha propuesto estrategias alternativas orientadas a favorecer la regeneración natural y promover el desarrollo sostenido de la especie. Estas propuestas coinciden con los principios planteados por Nyland (2002), quien enfatiza la importancia de favorecer el crecimiento de individuos con mejores características silvícolas, mayor valor comercial y una mejor adaptación ecológica.

Monitoreo de plagas y enfermedades

En la norma no se definen parámetros para monitorear plagas y enfermedades. Nyland (2002) considera que se deben reducir o eliminar focos de infección y minimizar el riesgo de propagación con el fin de proteger la salud general del bosque.

Evaluación periódica (sitios permanentes)

En la norma no se definen parámetros sobre tener sitios permanentes en las áreas de aprovechamiento. Sin embargo, en sitios delimitados permanentemente se realizan mediciones periódicas para evaluar el crecimiento, la estructura y la dinámica de los bosques a lo largo del tiempo. Siendo fundamentales para la gestión forestal ya que proporciona datos sobre la evolución del ecosistema (Departamento Forestal de Belice, 2025).

4.2.4. Turno o periodo de corta

Nyland (2002) aborda la cosecha como una herramienta clave dentro de los sistemas silvícolas, cuyo propósito principal es regular la estructura y composición del bosque para alcanzar objetivos específicos de manejo, tales como la regeneración, la mejora de la calidad del producto y la salud general del ecosistema.

Implica intervenciones que pueden consistir en la extracción parcial o total de individuos en un rodal, con el fin de modificar las condiciones del sitio, fomentar la regeneración (natural o inducida), mejorar la calidad de los árboles residuales y cumplir con los objetivos de manejo forestal establecidos. Estas prácticas deben ser adaptadas tanto a las condiciones ecológicas del sitio como a las metas particulares del manejo forestal.

Para *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., se toma como referencia de turno la vigencia de los Avisos Autorizados que establecido en el RLGDFS (2024) que señala un periodo máximo de cinco años y no se encontraron referencias documentadas que establezcan un turno de cosecha definido.

Dado lo anterior, se consideran como variables fundamentales para la eventual definición de un turno adecuado los siguientes conceptos, que, aunque no están especificados en la norma, son esenciales desde el punto de vista silvícola: tasa de crecimiento, densidad poblacional y estructura demográfica.

Tasa de crecimiento

El crecimiento se refiere al incremento en altura o en diámetro durante un periodo de tiempo definido. A este tipo de medida se le llama tasa y generalmente se usa el periodo de un año como referencia. Esta tasa o incremento se obtiene al medir varios individuos de la misma especie durante un número de años definido, para obtener el promedio anual (Purata *et al.*, 2016).

A pesar de la importancia de la especie *Euphorbia antisyphilitica* Zucc aún no se cuenta con el conocimiento sobre su dinámica de crecimiento y desarrollo; en este contexto Hernández *et al.* (2019) generaron modelos alométricos para estimar la biomasa total verde (kilogramo por individuo).

Densidad poblacional

Se desconoce y no existe información precisa sobre su abundancia y densidad que se refiere al número de individuos de esta especie presentes en una unidad de área específica, generalmente expresada en plantas por hectárea (ind/ha). Este parámetro es fundamental para evaluar la salud y sostenibilidad de las poblaciones, así como para establecer estrategias de manejo y conservación. en muchas regiones (Bañuelos *et al.*, 2019).

Estructura demográfica

Uno de los parámetros que influyen en la productividad es el tamaño de las plantas; siendo la distribución de individuos en diferentes clases de edades o tamaños dentro de la población lo que permite evaluar su dinámica poblacional y su capacidad de regeneración (Martínez y Mandujano, 2013), siendo esencial esta información para el manejo sostenible de la especie.

4.3. Análisis de aprovechamientos anteriores

Los datos que se describen a continuación se obtuvieron de dos estudios técnicos de los avisos de aprovechamiento para la autorización del aprovechamiento de la hierba de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) para el ejido La Tortuga, Ramos Arizpe, Coahuila.

El primer aviso tuvo una vigencia de cuatro años (2016-2020) e incluyó cuatro áreas de aprovechamiento designadas como R1, R2, R3 y R4. El segundo aviso, con una vigencia de cinco años (2021-2026), contempla cinco rodales (R1, R2, R3, R4 y R5). Cabe destacar que solo la denominación del rodal R1 se mantiene actualmente entre ambos aprovechamientos; los demás fueron reorganizados y el R2 se subdividido en dos, denominando R4 y R5 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Rodales de aprovechamiento en el ejido La Tortuga.

Aprovechamiento inmediato anterior			Inventario del aprovechamiento vigente			Periodo de Recuperación (años)
UM	Año de intervención	Sup (ha)	UM	Año de Intervención	Sup (ha)	
R1	2016	1,053.74	R1	2021	1,052.99	4
R2	2017	2,071.74	R4	2024	975.95	6
R3	2018	957.14	R5	2025	1,094.23	7
R4	2019	949.99	R2	2022	956.46	3
		5,032.61	R3	2023	949.37	3
					5,029.00	

UM: Unidad de manejo

Fuente: Elaboración propia con datos de dos estudios técnicos autorizados para el ejido La Tortuga, Ramos Arizpe, Coahuila.

4.3.1. Existencias reales de hierba de candelilla derivadas del último inventario forestal vs. remociones del aprovechamiento inmediato anterior por unidad de manejo (UM)

Se realizó una comparación entre las existencias reales (ER) de plantas aprovechables (Cuadro 4), no aprovechables (Cuadro 5), totales (Cuadro 6), y las autorizadas e intensidad de corta (Cuadro 7) correspondientes al aprovechamiento inmediato anterior (1 CC) y el último inventario forestal (2 CC) que se realizó tras el finiquito de la vigencia del primer aviso de aprovechamiento. El objetivo fue evaluar si la extracción fue recuperada por la capacidad de regeneración natural de la especie, determinar si las prácticas de manejo aplicadas favorecieron el mantenimiento o incremento de la biomasa disponible, y establecer si el tiempo transcurrido fue suficiente para que la población alcanzara niveles similares previos a la cosecha. Asimismo, se buscó identificar posibles signos de sobreexplotación en los rodales.

4.3.2. Superficies y porcentajes de cobertura de hierba de candelilla derivada del último inventario forestal vs. superficies y porcentajes de cobertura del aprovechamiento inmediato anterior

Se realizó una comparación entre las superficies de los rodales del aprovechamiento inmediato anterior (primer ciclo de corta) y las de los rodales establecidos en el periodo vigente (segundo ciclo de corta), así como de los porcentajes de cobertura de la hierba de candelilla (Cuadro 8). La cobertura se estimó en porcentaje (%) sobre una escala de 0 a 100, y se considera plantas aprovechables, no aprovechables y totales. Esta evaluación tuvo como finalidad generar información sobre el estado actual del recurso, la eficacia de las prácticas de manejo aplicadas y la capacidad de recuperación del ecosistema tras el periodo de extracción.

Cuadro 4. Existencias reales aprovechables de hierba de candelilla

	Primer ciclo de corta (1 CC)					Segundo ciclo de corta (2 CC)				
	UM	Anualidad	SUP (ha)	ER/ha (kg)	ERT (kg)	UM	Anualidad	SUP (ha)	ER/ha (kg)	ERT (kg)
Aprovechables	R1	1	1,053.74	1,327.92	1,399,287.14	R1	1	1,052.99	1,036.78	1,091,714.28
	R2	2	2,071.74	401.38	831,544.64	R4	4	975.95	1,068.74	1,043,036.15
	R3	3	957.14	1,296.64	1,241,066.01	R5	5	1,094.23	921.84	1,008,707.76
	R4	4	949.99	864.65	821,408.60	R2	2	956.46	1,143.24	1,093,461.42
			5,032.61		4,293,306.39	R3	3	949.37	1,343.14	1,275,136.17
								5,029.00		5,512,055.78

UM: Unidad de manejo, SUP: Superficie en hectáreas, ER/ha: Existencias reales por hectárea, ERT: Existencias reales totales

Fuente: Elaboración propia con datos de dos estudios técnicos autorizados para el Ejido La Tortuga, Ramos Arizpe, Coahuila.

Cuadro 5. Existencias reales no aprovechables de hierba de candelilla

	Primer ciclo de corta (1 CC)					Segundo ciclo de corta (2 CC)				
	UM	Anualidad	SUP (ha)	ER/ha (kg)	ERT (kg)	UM	Anualidad	SUP (ha)	ER/ha (kg)	ERT (kg)
No aprovechables	R1	1	1,053.74	122.5	129,088.31	R1	1	1,052.99	161.18	169,724.65
	R2	2	2,071.74	57.51	119,150.95	R4	4	975.95	113.31	110,581.40
	R3	3	957.14	103.6	99,162.77	R5	5	1,094.23	95.95	104,995.06
	R4	4	949.99	90.01	85,507.36	R2	2	956.46	181.61	173,700.02
			5,032.61		432,909.39	R3	3	949.37	190.48	180,836.89
								5,029.00		739,838.01

UM: Unidad de manejo, SUP: Superficie en hectáreas, ER/ha: Existencias reales por hectárea, ERT: Existencias reales totales.

Fuente: Elaboración propia con datos de dos estudios técnicos autorizados para el Ejido La Tortuga, Ramos Arizpe, Coahuila.

Cuadro 6. Existencias reales totales de hierba de candelilla

		Primer ciclo de corte (1 CC)					Segundo ciclo de corte (2 CC)						
		UM	Anualidad	SUP (ha)	ER/ha (kg)	ERT (kg)	% Aprovechables	UM	Anualidad	SUP (ha)	ER/ha (kg)	% Aprovechables	
Aprovechables y No aprovechables	R1	1	1,053.74	1,450.43	1,528,375.45	92	R1	1	1,052.99	1,197.96	1,261,438.92	87	
	R2	2	2,071.74	458.89	950,695.59	87	R4	4	975.95	1,182.05	1,153,617.55	90	
	R3	3	957.14	1,400.24	1,340,228.78	93	R5	5	1,094.23	1,017.80	1,113,702.82	90	
	R4	4	949.99	954.66	906,915.97	91	R2	2	956.46	1,324.85	1,267,161.43	86	
					5,032.61	4,726,215.78	91	R3	3	949.37	1,533.62	1,455,973.06	88
										5,029.00		6,251,893.79	88

UM: Unidad de manejo, SUP: Superficie en hectáreas, ER/ha: Existencias reales por hectárea, ERT: Existencias reales totales.

Fuente: Elaboración propia con datos de dos estudios técnicos autorizados para el Ejido La Tortuga, Ramos Arizpe, Coahuila.

Cuadro 7. Existencias autorizadas de hierba de candelilla

		Primer ciclo de corte (1 CC)					Segundo ciclo de corte (2 CC)						
		UM	Anualidad	SUP (ha)	ER/ha (kg)	ERT (kg)	IC (%) Autorizada	UM	Anualidad	SUP (ha)	ER/ha (kg)	ERT (kg)	
Autorizadas	R1	1	1,053.74	1,061.91	1,118,974.09	80	R1	1	1,052.99	518.54	546,012.90	50	
	R2	2	2,071.74	317.49	657,757.56	79	R4	4	975.95	560.36	546,885.05	52	
	R3	3	957.14	1,061.91	1,016,393.86	82	R5	5	1,094.23	582.80	637,722.40	63	
	R4	4	949.99	674.91	641,156.10	78	R2	2	956.46	545.42	521,672.88	48	
					5,032.61	3,434,281.61	80	R3	3	949.37	531.09	504,198.35	40
										5,029.00		2,756,491.58	51

Unidad de manejo, SUP: Superficie en hectáreas, ER/ha: Existencias reales por hectárea, ERT: Existencias reales totales, IC: Intensidad de corte autorizada.

Fuente: Elaboración propia con datos de dos estudios técnicos autorizados para el Ejido La Tortuga, Ramos Arizpe, Coahuila.

Cuadro 8. Cobertura de hierba de candelilla

		Primer ciclo de corte (1 CC)					Segundo ciclo de corte (2 CC)						
		UM	Anualidad	SUP (ha)	Porcentaje de cobertura de plantas aprovechables	Porcentaje de cobertura de plantas no aprovechables	Porcentaje de cobertura total	UM	Anualidad	SUP (ha)	Porcentaje de cobertura de plantas aprovechables	Porcentaje de cobertura de plantas no aprovechables	Porcentaje de cobertura total
Cobertura	R1	1	1,053.74	0.65	0.06	0.71	R1	1	1,052.99	0.90	0.18	1.08	
	R2	2	2,071.74	0.2	0.02	0.22	R4	4	975.95	0.71	0.10	0.81	
	R3	3	957.14	0.25	0.02	0.27	R5	5	1,094.23	0.62	0.09	0.70	
	R4	4	949.99	0.3	0.04	0.34	R2	2	956.46	0.87	0.18	1.04	
					5,032.61	1.4	1.54	R3	3	949.37	1.06	0.19	1.24
										5,029.00	4.15	0.74	4.88

UM: Unidad de manejo, SUP: Superficie en hectáreas.

Fuente: Elaboración propia con datos de dos estudios técnicos autorizados para el Ejido La Tortuga, Ramos Arizpe, Coahuila.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al revisar investigaciones publicadas y literatura actualizada sobre los criterios técnicos que influyen en la regeneración de la hierba de candelilla, así como los puntos a considerar en un sistema silvícola específicamente para la especie de *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., se obtuvieron los siguientes resultados:

5.1. Criterios técnicos de la NOM-018-SEMARNAT-1999 que influyen en la regeneración de la hierba de candelilla

La NOM-018-SEMARNAT-1999 establece los siguientes criterios técnicos en el numeral 5.1.5:

El aprovechamiento de la hierba de candelilla quedará sujeto a 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

Con respecto a la madurez de cosecha establecida en la norma, no existen autores que comparen ni propongan nuevos diámetros o alturas mínimas para el aprovechamiento del recurso.

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; López *et al.*, (2021) y Toribio (2021), en sus investigaciones, proponen aumentar el porcentaje mínimo sin intervención.

c) Cuando en las áreas bajo aprovechamiento no se presente la regeneración natural, se deberán realizar trabajos de reforestación con hierba de candelilla;

No existen datos o indicadores sobre la densidad mínima que se deba considerar antes de realizar trabajos de reforestación como alternativa, en caso de no presentarse regeneración natural.

d) El área aprovechada no deberá ser intervenida nuevamente si la población no ha alcanzado su madurez de cosecha;

Después de la intervención en las áreas de aprovechamiento, se ha observado que, en un periodo de entre dos a cinco años y bajo determinadas condiciones ambientales, las plantas pueden alcanzar nuevamente la madurez para su cosecha

(De la Garza y Berlanga, 1993; Schneider, 2009; López et al., 2021). No obstante, este hecho no implica necesariamente que el recurso haya recuperado las existencias reales estimadas en el inventario, ya que no se han identificado publicaciones que presenten datos cuantitativos que permitan realizar una comparación que lo demuestre. Esta ausencia de información podría conducir a un aprovechamiento potencialmente insostenible del recurso.

e) La Secretaría, por conducto de sus Delegaciones Federales con base en los avisos de aprovechamiento de la hierba de candelilla con fines comerciales e informes presentados, determinará las áreas de los predios en las que deberá suspenderse temporalmente el aprovechamiento, para permitir la recuperación del recurso.

Se revisaron los anuarios nacionales publicados por la SEMARNAT y en ninguno se reportó información sobre la suspensión temporal del aprovechamiento en predios con autorización.

5.2. Criterios silvícolas de la NOM-018-SEMARNAT-1999 que influyen en la regeneración de la hierba de candelilla

5.2.1. Método de beneficio

Reproducción natural (sexual y asexual)

Romahn (1992) y Zamora *et al.* (2013) describen que la candelilla tiene dos formas de reproducción natural: sexual y asexual.

En la norma no se definen parámetros sobre reproducción natural; sin embargo, es importante considerar el tiempo y método de reproducción.

De la Garza y Berlanga (1993) definen que el tiempo de regeneración de las plantas de candelilla es de dos a tres años; sin embargo, este periodo varía dependiendo de las condiciones ecológicas y climáticas de cada localidad. En su investigación, Schneider (2009) menciona que las plantas necesitan entre dos y cinco años de crecimiento antes de poder producir cantidades significativas de cera.

López *et al.* (2021) proponen establecer un periodo de aprovechamiento no menor a cinco años para alcanzar una recuperación total en densidad y biomasa dentro de la superficie aprovechada.

Rotación de áreas

La norma al establecer que un área no deberá ser intervenida nuevamente si la población no ha alcanzado su madurez de cosecha, implica la necesidad de establecer un sistema de rotación de áreas, que asegure la recuperación de las zonas previamente aprovechadas y garantice la continuidad del recurso a largo plazo.

En este sentido, la CONAFOR (2013) define que la ordenación forestal implica la delimitación de áreas de producción y de conservación, así como la distribución espacial y temporal de las intervenciones silvícolas y de cosecha, de acuerdo con criterios de productividad, turno de la cosecha y rotación de las intervenciones.

Es crucial que se fomente la rotación planificada de las áreas de aprovechamiento de candelilla, con el objetivo de conceder al recurso el tiempo necesario para su regeneración natural (CONABIO, 2017).

Zamora *et al.* (2013) recomiendan que, para una mejor recuperación y asegurar la conservación de la especie, sea mediante un sistema de rotación del área.

Porcentaje de distribución para asegurar la regeneración natural

La norma específica que, en el área de aprovechamiento, se debe dejar sin intervenir como mínimo el 20% de la población en la etapa de madurez reproductiva para propiciar su regeneración vía sexual y favorecer la variabilidad genética.

López *et al.* (2021) sugieren no intervenir al menos el 30% de la población que se encuentra en la etapa de madurez reproductiva para favorecer la regeneración. Una intensidad de cosecha del 70% por individuo, aplicada a nivel del suelo, favorece la resiliencia y regeneración de la candelilla (Toribio, 2021). Este parámetro, ajustado con la relación entre altura y cobertura, permite un aprovechamiento controlado que fomente la persistencia de las poblaciones naturales a largo plazo.

Autores como Torres (2000), Chazdon (2003) y Bartels (2016) enfatizan en la importancia de la regeneración y su relación con la cobertura residual en los períodos de recuperación.

Con respecto a parámetros de densidad, crecimiento en altura y diámetro mayor en la regeneración natural se encontró que en los rebrotos subterráneos por hectárea existe una mayor densidad de regeneración cuando se realiza una intensidad de corte al 70% (lo que estimula más el desarrollo de la regeneración) en las tres localidades

evaluadas, después de un año. Además, a mayor intensidad de corte del 70%, se reduce el porcentaje de rebrotes (Toribio, 2021) (Cuadro 9).

Cuadro 9. Rebrotos subterráneos por hectárea.

Intensidad de corte	Mínimo	Máximo
50%	5,731	14,612
60%	14,731	24,290
70%	23,281	33,514
80%	21,483	24,967
90%	11,793	23,168
100%	1,221	6,966

Fuente: Elaboración propia con datos de Toribio (2021).

Después de un ciclo anual de evaluación bajo diferentes intensidades de corte, Toribio (2021) reportó variaciones en la recuperación vertical según las condiciones climáticas de cada sitio. Los promedios de altura registrados fueron de 11.69 cm, 8.58 cm y 8.12 cm para la primera, segunda y tercera localidad, respectivamente. De forma integral, el crecimiento medio anual para la regeneración natural se estimó en 9.46 cm (Cuadro 10).

Cuadro 10. Altura promedio (cm).

Intensidad de corte	Mínimo	Máximo
50%	5.62	9.56
60%	8.38	12.02
70%	11.24	15.64
80%	10.42	14.55
90%	8.61	11.94
100%	3.80	6.42

Fuente: Elaboración propia con datos de Toribio (2021).

En cuanto al diámetro mayor, después de un año de las diferentes intensidades de corte, Toribio (2021) obtuvo los siguientes diámetros mayores promedio (Cuadro 11):

Cuadro 11. Diámetro mayor en promedio (cm).

Intensidad de corte	Mínimo	Máximo
50%	3.84	7.67
60%	5.92	10.44
70%	8.02	12.81
80%	6.33	10.19
90%	4.47	7.64
100%	2.50	5.28

Fuente: Elaboración propia con datos de Toribio (2021).

De las tres localidades evaluadas, destaca una con un diámetro mayor promedio de 9.01 cm y una intensidad de corte al 70%.

De acuerdo con los datos de Toribio (2021), la intensidad de corte afecta significativamente ($p \leq 0.05$) la morfometría y el rebrote subterráneo de la regeneración. La prueba de comparación múltiple de medias de Tukey permitió identificar que el tratamiento con una intensidad del 70% promueve un desempeño superior en las variables de altura y diámetro. Estos datos validan dicho nivel de intervención como estrategia más eficiente para el manejo de la especie frente a otros tratamientos evaluados.

Plantas semilleras

En la norma no se definen parámetros sobre plantas semilleras, pero Martínez y Mandujano (2013) sugieren dejar plantas en pie en estado maduro, de más de 80 cm de altura, ya que aportan una mayor producción de flores, se propicia la reproducción sexual sobre la reproducción clonal y aumenta la diversidad genética.

La CONABIO (2022) informó sobre la condición de la candelilla después de muestrear en 56 predios distribuidos en 10 municipios del estado de Coahuila y los resultados de este estudio sobre el estado de conservación de la hierba arrojaron que la mitad de los predios (50%) se encontraban en un estado regular, mientras que el 34% fue calificado como pobre y solo un 16% mostró un buen estado de conservación.

Reproducción inducida (reforestación)

En la norma se establece que, cuando en las áreas bajo aprovechamiento no se presente regeneración natural, se deberán realizar trabajos de reforestación con hierba de candelilla.

López *et al.* (2021) proponen las reforestaciones como medidas con fines de enriquecimiento de rodales, las cuales incluyen la selección del sitio de reforestación, preparación del sitio, colecta de rizomas con tallos y trasplante.

La CONAFOR (2023) define una densidad mínima de plantación de 300 plantas por hectáreas y máxima de 700 plantas por hectáreas en ecosistemas áridos y semiáridos para actividades de reforestación.

En su metodología de propagación, Flores (2013) recolectó y fragmentó macollos en rizomas, hijuelos y grupos de tallos (5, 10 y 15 unidades). El experimento evaluó el uso de plantas nodrizas frente a la siembra aislada, considerando variaciones en la topografía y el tipo de vegetación en dos áreas distintas. La plantación se dispuso siguiendo curvas de nivel con un espaciamiento de 1 m entre individuos, cubriendo 15,000 m². Los hallazgos indicaron que los ejemplares de 15 tallos asociados a plantas nodrizas obtuvieron los índices de mortalidad más bajos. Respecto al crecimiento vertical, el tratamiento de 15 tallos sobresalió en terrenos de loma, mientras que el efecto de la nodriza en la altura varió según la ubicación geográfica del sitio de estudio.

Bartolomé (2017) analizó la supervivencia de la candelilla en tres áreas del noreste de Coahuila, reportando que el éxito de establecimiento no fue uniforme. Dos plantaciones lograron niveles óptimos de supervivencia (del 80% al 100%); en contraste, la parcela con mayor tiempo de permanencia en campo (dos años adicionales) registró los índices más bajos, oscilando entre el 40% y el 60%.

De Jesús (2019) reportó que una plantación de candelilla en el norte de Zacatecas alcanzó una supervivencia del 75.95% tras cuatro años de monitoreo, partiendo de un 92.72% inicial. El manejo incluyó una densidad de 1,500 plantas/ha con criterios específicos de selección de macollos. Respecto al crecimiento, el Cuadro 12 refleja valores bajos en el diámetro, fenómeno atribuido a las heladas severas (-8 °C) que provocaron la muerte de los renuevos y limitaron la vitalidad de la planta a su zona céntrica.

Cuadro 12. Evaluación de una plantación de candelilla.

Variable	Medición	Mínimo (cm)	Promedio (cm)	Máximo (cm)
Altura	Primera	8.50	26.55	52.00
	Segunda	22.20	42.03	85.45
Diámetro	Primera	3.00	17.33	47.00
	Segunda	5.50	18.50	46.00

Fuente: Elaboración propia con datos de De Jesús (2019).

González *et al.* (2024) realizaron una evaluación de la plantación dos años después del establecimiento, en dos diferentes elevaciones, tipos de suelo y vegetación. Encontraron sobrevivencias del 72.1% y 90.8% respectivamente. Al momento de realizar la plantación, los macollos utilizados tenían una altura de entre 25 y 40 cm,

con al menos 10 tallos vivos, libres de plagas y enfermedades, y la densidad de plantación fue de 1,500 plantas por hectáreas en el norte de Zacatecas.

Producción en vivero

En cuanto a la producción en vivero, la investigación realizada por Villa *et al.* (2008) describe los tiempos necesarios para las plantas de candelilla según el medio de propagación: semilla, estaca e hijuelos.

Cuando se utiliza semilla, las plantas deben permanecer en el vivero entre 14 y 16 meses, alcanzan una altura aproximada de 30 a 35 cm y un buen desarrollo de raíces. En el caso de las plantas producidas por estacas, estarán listas para ser trasladadas al campo 18 meses después de la plantación, con entre seis y siete tallos, una altura promedio de 35 a 40 cm y un sistema radical bien desarrollado. Finalmente, las plantas producidas por hijuelos estarán listas para el trasplante al campo a los 16 meses de la plantación, con 10 a 12 tallos, una altura promedio de 40 a 45 cm y un sistema radical bien desarrollado.

5.2.2. Método de tratamiento

Cortas de selección

No se encontró información documentada que evalué el efecto de distintas proporciones de aprovechamiento, combinadas con diversos porcentajes de plantas residuales, sobre el éxito de la regeneración bajo el esquema de corta de selección, siendo este el único método de corta empleado para el aprovechamiento de la especie. Esta carencia de datos limita la posibilidad de identificar que combinaciones favorecen una regeneración más eficiente y una conservación más efectiva del recurso, aspectos fundamentales para validar la viabilidad de este método.

5.2.3. Tratamientos complementarios

Cortas de mejoramiento

En la norma se define la madurez de cosecha cuando los macollos o plantas han alcanzado un diámetro mayor de 25 cm y una altura mínima de 30 cm.

López *et al.* (2021) sugieren realizar un corte vertical que divida la planta en dos porciones iguales y cortar también la raíz. Lo anterior tiene como objetivo arrancar solo la mitad de la planta y dejar en su sitio la otra mitad, para permitir una adecuada

regeneración de la especie en un período de dos a tres años, dependiendo de las condiciones climáticas de la localidad. Pasado ese tiempo (2 a 3 años), se separará, mediante el mismo sistema, el 50% restante y dejar en su sitio la porción regenerada, y así sucesivamente.

Monitoreo de plagas y enfermedades

Dado que la norma carece de definiciones concretas para el monitoreo de plagas y enfermedades, la CONABIO (2022) destaca la importancia de desarrollar estrategias de prevención y mitigación. Estas estrategias deben abarcar una serie de acciones como: labores de fomento, medidas específicas para el control de plagas, enfermedades e incendios forestales, y la reducción de los impactos ambientales negativos, entre otras prácticas esenciales.

Flores (2013) sugiere un método de evaluación sanitaria basado en la inspección visual de los ejemplares. Esta técnica se fundamenta en el análisis de las características fenotípicas de la planta, las cuales actúan como indicadores del impacto que el entorno ambiental ejerce sobre su estado.

Evaluación periódica (sitios permanentes)

En la norma no se definen parámetros sobre la existencia de sitios permanentes en las áreas de aprovechamiento; sin embargo, Corral *et al.* (2013) plantean que, en rodales mixtos e irregulares de bosques templados y tropicales en producción cuya superficie sea inferior a 10,000 ha, se debe utilizar una malla de muestreo con puntos equidistantes de 3 km. Para ejidos o comunidades que superan esta superficie, la malla podría ser de hasta 5 km, dependiendo de la accesibilidad del terreno y de los recursos disponibles.

En la práctica, resulta difícil establecer la totalidad de los sitios en los puntos previamente definidos a través de la malla, y es probable que estos hayan sido proyectados en áreas desprovistas de vegetación, inaccesibles o sobre caminos forestales. En estos casos, la recomendación es ubicarlos en el punto más cercano al originalmente planeado y no sobrepasar un radio de 200 m.

Los sitios más empleados son las rectangulares o cuadradas por varios motivos: los límites son fáciles de reconocer al estar marcados por líneas rectas con ángulos de

90°, son sencillos de replantar con el empleo de cintas métricas y brújulas, y su localización posterior se facilita al contar con cuatro puntos de referencia (sus esquinas). Sin embargo, la forma que mejor se ajusta es el círculo, ya que la relación perímetro-superficie del sitio debe ser mínima. De este modo, se reduce el problema que se presenta en los bordes de las parcelas para determinar si un árbol debe ser incluido o no, y, por otro lado, se reduce el número de puntos de referencia (esquinas) del sitio.

Las dimensiones más empleadas van desde los 625 m² hasta los 1,000 o 1,500 m². En masas mixtas, el tamaño debe aumentar considerablemente en función del número de especies (Corral *et al.*, 2013).

5.2.4. Turno o periodo de corta

El RLGDFS (2024) establece como referencia de turno la vigencia de los Avisos Autorizados, determinando un periodo máximo de cinco años. Por su parte, la NOM-018-SEMARNAT-1999 señala que la madurez de cosecha se alcanza cuando los macollos o plantas alcanzan un diámetro superior a 25 cm y una altura mínima de 30 cm, criterios que se consideran como las medidas mínimas de corta.

Tasa de crecimiento

Aunque la normativa vigente no establece criterios específicos respecto al desarrollo de la planta, existen registros científicos como los aportados por Flores (1995), donde los tallos presentan un incremento longitudinal que oscila entre los seis y 15 cm por año, destacando que el periodo necesario para la formación de un nuevo entrenudo es de un ciclo anual completo.

En un estudio de ocho meses con diversos tratamientos, Flores (2013) monitoreo el crecimiento vertical de una plantación de candelilla. Para los ejemplares de menor talla, se documentó un incremento de 29.86 ± 6.72 cm iniciales hasta alcanzar los 31.41 ± 6.90 cm al cierre del periodo, promediando una tasa de crecimiento mensual de 0.19375 cm. Por otro lado, las plantas de mayor altura iniciaron con 36.91 ± 8.38 cm y finalizaron en 38.06 ± 8.35 con, lo que representa un crecimiento mensual de 0.14375 cm.

Densidad poblacional

A pesar de que la normativa oficial omite lineamientos sobre la densidad de población, Flores (2013) aporta datos tras analizar ocho serranías en la zona central de Coahuila. El estudio determinó una densidad media de 3,995 individuos por hectárea, fluctuando entre un mínimo de 1,066 y un máximo de 5,919 plantas. Un hallazgo critico fue que la facilidad de acceso a estos sitios se correlaciona con signos de degradación del suelo y una extracción desmedida del recurso

Por su parte, Martínez y Mandujano (2013) encontraron poblaciones elevadas, que van de 9,278 a 73,250 individuos por hectáreas.

Estructura demográfica

A pesar de la falta de parámetros definidos en la norma referente a la estructura demográfica de la candelilla, la CONABIO (2022) sugiere incluir los renuevos clasificados como plantas “no aprovechables” durante la recolección de datos en campo. Esta inclusión es vital para obtener una descripción de la estructura y salud poblacional. No obstante, debido al esfuerzo logístico que implica la medición detallada, la CONABIO recomienda solo contabilizar (sin medir) dos grupos específicos: las plantas con una altura inferior a 20 cm, y los tallos individuales de cualquier tamaño que aun no constituyan un macollo consolidado. Esta misma acción de solo contar, pero no medir, aplica para las plantas de menos de 10 cm de altura y los tallos individuales que no forman macollo.

Granillo *et al.* (2017) utilizaron en su investigación ocho intervalos: 0-14 cm, 15-29 cm, 30-44 cm, 45-59 cm, 60-84 cm, 85-99 cm, 100-114 cm y de 115 cm o más, para registrar las alturas y clasificar la estructura demográfica de las plantas, con el fin de saber si las poblaciones están en regeneración.

5.3. Porcentajes de recuperación del recurso como respuesta a aprovechamientos anteriores

5.3.1. Porcentajes de recuperación de las existencias reales de hierba de candelilla derivadas de un inventario con respecto a remociones del aprovechamiento inmediato anterior

Se analizó el porcentaje de recuperación de las existencias reales (ER) de plantas aprovechables, no aprovechables y totales, estimadas en el inventario del segundo aviso de aprovechamiento (2 CC), en comparación con las ER aprovechables, no aprovechables y totales del aprovechamiento inmediato anterior (1 CC).

En el R1 del segundo aviso, que coincide con el R1 del primer aviso, las ER aprovechables por hectárea y superficie no se recuperaron. Este mismo comportamiento se observó en el R2 del segundo aviso, que corresponde al R3 del primer aviso. En contraste, el R3 del segundo aviso (equivalente al R4 del primer aviso), así como el R4 y R5 del segundo aviso (ambos correspondientes al R2 del primer aviso), si lograron la recuperación de sus ER aprovechables por hectárea y por superficie (Cuadro 13).

Respecto a las ER no aprovechable, se observó un incremento por hectárea superior al 100% en todos los rodales del segundo aviso (Cuadro 14).

En cuanto a las ER totales, el R1 del segundo aviso (igual al R1 del primer aviso) no se recuperó después de cuatro años. De forma similar, el R2 del segundo aviso (corresponde al R3 del primer aviso), tampoco se recuperó, aunque en este caso el periodo fue de tres años. Por otro lado, el R3 del segundo aviso (anteriormente R4 en el primero aviso) si recuperó sus ER totales por hectárea y por superficie, tres años después de su aprovechamiento. De igual manera, los rodales R4 y R5 del segundo aviso (ambos correspondiente al R2 del primer aviso) también lograron recuperarse completamente, después de seis y siete años de haber sido intervenidos, respectivamente (Cuadro 15).

Se identificaron dos variables clave que influyeron en los porcentajes de recuperación: el tiempo transcurrido desde la última intervención (medido en años) y

las cantidades de biomasa extraída (en kilogramos) por rodal. Los tiempos de recuperación oscilaron entre tres y siete años, mientras que las cantidades aprovechadas fueron las siguientes: R1 200,000.00 kg, R2 166,667.67 kg, R3 y R4 133,333.33 kg.

5.3.2. Porcentajes de recuperación de superficies y porcentajes de cobertura de hierba de candelilla derivada de un inventario con respecto a las superficies y porcentajes de cobertura del aprovechamiento inmediato anterior

La superficie propuesta en el segundo aviso fue menor, con una diferencia de 3.61 ha en comparación con la superficie aprovechada en el primer aviso.

En cuanto a la cobertura de los rodales, en todos se observó una recuperación del 100% e incluso un aumento. La cobertura de las plantas no aprovechables mostró un aumento superior al de las plantas aprovechables en todos los rodales.

En el caso del R1 del segundo aviso, aunque presentó un incremento en su cobertura, las ER totales alcanzaron únicamente el 52.26% en comparación con los valores del R4 y R5 (antes R2), que registraron un aumento del 272.94 y 222.84%. Los rodales R2 y R3 (antes R3 y R4) mostraron un incremento del 283.27 y 266.23 % respectivamente (Cuadro 16).

Cuadro 13. Porcentajes de recuperación de las existencias reales aprovechables de hierba de candelilla

UM	Primer ciclo de corta (1 CC)			UM	Segundo ciclo de corta (2 CC)			Periodo de recuperación (años)	Porcentaje de recuperación (%)	
	Año de intervención	ER/ha (kg)	ERT (kg)		Año de intervención	ER/ha (kg)	ERT (kg)		ER/ha (kg)	ERT (kg)
R1	2016	1,327.92	1,399,287.14	R1	2021	1,036.78	1,091,714.28	4	78.07	78.02
R2	2017	401.38	831,544.64	R4	2024	1,068.74	1,043,036.15	6	266.27	125.43
R3	2018	1,296.64	1,241,066.01	R5	2025	921.84	1,008,707.76	7	229.67	121.31
R4	2019	864.65	821,408.60	R2	2022	1,143.24	1,093,461.42	3	88.17	88.11
			4,293,306.39	R3	2023	1,343.14	1,275,136.17	3	155.34	155.24
							5,512,055.78			

UM: Unidad de manejo, ER/ha: Existencias reales por hectárea, ERT: Existencias reales totales.

Fuente: Elaboración propia con datos de dos estudios técnicos autorizados para el Ejido La Tortuga, Ramos Arizpe, Coahuila.

Cuadro 14. Porcentajes de recuperación de las existencias reales no aprovechables de hierba de candelilla

UM	Primer ciclo de corta (1 CC)			UM	Segundo ciclo de corta (2 CC)			Periodo de recuperación (años)	Porcentaje de recuperación (%)	
	Año de intervención	ER/ha (kg)	ERT (kg)		Año de intervención	ER/ha (kg)	ERT (kg)		ER/ha (kg)	ERT (kg)
R1	2016	122.5	129,088.31	R1	2021	161.18	169,724.65	4	131.57	131.48
R2	2017	57.51	119,150.95	R4	2024	113.31	110,581.40	6	197.01	92.81
R3	2018	103.6	99,162.77	R5	2025	95.95	104,995.06	7	166.84	88.12
R4	2019	90.01	85,507.36	R2	2022	181.61	173,700.02	3	175.29	175.17
			432,909.39	R3	2023	190.48	180,836.89	3	211.63	211.49
							739,838.02			

UM: Unidad de manejo, ER/ha: Existencias reales por hectárea, ERT: Existencias reales totales.

Fuente: Elaboración propia con datos de dos estudios técnicos autorizados para el Ejido La Tortuga, Ramos Arizpe, Coahuila.

Cuadro 15. Porcentajes de recuperación de las existencias reales totales de hierba de candelilla

UM	Primer ciclo de corta (1 CC)			Segundo ciclo de corta (2 CC)			Periodo de recuperación (años)	Porcentaje de recuperación (%)		
	Año de intervención	ER/ha (kg)	ERT (kg)	UM	Año de intervención	ER/ha (kg)	ERT (kg)	ER/ha (kg)	ERT (kg)	
R1	2016	1450.43	1,528,375.45	R1	2021	1,197.96	1,261,438.92	4	82.59	82.53
R2	2017	458.89	950,695.59	R4	2024	1,182.05	1,153,617.55	6	257.59	121.34
R3	2018	1,400.24	1,340,228.78	R5	2025	1,017.80	1,113,702.82	7	221.80	117.15
R4	2019	954.66	906,915.97	R2	2022	1,324.85	1,267,161.43	3	94.62	94.55
			4,726,215.79	R3	2023	1,533.62	1,455,973.06	3	160.65	160.54
							6,251,893.78			

UM: Unidad de manejo, ER/ha: Existencias reales por hectárea, ERT: Existencias reales totales.

Fuente: Elaboración propia con datos de dos estudios técnicos autorizados para el Ejido La Tortuga, Ramos Arizpe, Coahuila.

Cuadro 16. Porcentajes de recuperación de cobertura de hierba de candelilla

U M	Primer ciclo de corta (1 CC)			Segundo ciclo de corta (2 CC)			Periodo de recuperación (años)	Porcentaje de recuperación (%)					
	A de I	Porcentaje (%) de cobertura Ap	No Ap	Totales	A de I	Porcentaje (%) de cobertura Ap	No Ap	Totales	Ap	No Ap	Totales		
R1	2016	0.648	0.060	0.709	R1	2021	0.897	0.182	1.079	4	138.33	302.27	152.26
R2	2017	0.201	0.017	0.218	R4	2024	0.710	0.103	0.814	6	352.87	613.01	372.94
R3	2018	0.251	0.021	0.272	R5	2025	0.615	0.089	0.704	7	305.50	530.41	322.84
R4	2019	0.298	0.042	0.339	R2	2022	0.868	0.175	1.044	3	345.63	831.33	383.27
		1.4	0.140	1.54	R3	2023	1.057	0.186	1.243	3	354.94	447.09	366.23
							4.15	0.74	4.88				

UM: Unidad de manejo, A de I: Año de intervención, Ap: Aprobables, No Ap: No Aprovechables.

Fuente: Elaboración propia con datos de dos estudios técnicos autorizados para el Ejido La Tortuga, Ramos Arizpe, Coahuila.

VI. CONCLUSIONES

1. El análisis del marco regulatorio permitió identificar los procedimientos y criterios técnico-silvícolas establecidos para el aprovechamiento de los recursos forestales no maderables, particularmente de la hierba de candelilla, evidenciando vacíos que justifican la necesidad de un sistema silvícola adaptado a la autoecología de la especie. La integración de principios y elementos aplicados en especies maderables ofrece una base para fortalecer la gestión, el mantenimiento de la capacidad productiva y mejorar la efectividad de las prácticas de aprovechamiento para las especies no maderables.

Para el método de beneficio se propuso seis componentes:

- a) Reproducción natural (sexual y asexual): la norma prohíbe intervenir nuevamente un área sin que la población alcance su madurez de cosecha, no obstante, omite especificar los tiempos y procesos reproductivos necesarios para una regeneración efectiva, pese a que estos dependen de factores como viabilidad de semillas, condiciones ambientales y la capacidad de rebrote. Los tiempos de regeneración reportados presentan variabilidad, oscilando entre dos y cinco años según las condiciones ambientales; no obstante evidencia reciente indica que se requiere un periodo mínimo de cinco años.
- b) Rotación de áreas: la norma reconoce implícitamente la necesidad de implementar un sistema de rotación de áreas que distancie los ciclos de aprovechamiento, con el fin de prevenir la sobreexplotación y asegurar la continuidad de los procesos reproductivos. La evidencia señala que la recuperación de la candelilla requiere esquemas estrictos de rotación de áreas, ya que la recolección no ordenada compromete la regeneración y la disminución de la densidad y la superficie de las poblaciones de esta especie y con ello el riesgo de la permanencia de ella.
- c) Porcentaje de distribución para asegurar la regeneración natural: aunque la norma exige al menos el 20% de la población en etapa de madurez reproductiva sin intervenir, no define criterios sobre su distribución espacial, calidad morfológica ni parámetros esenciales de regeneración como densidad mínima, supervivencia esperada o cobertura vegetal requerida, lo que limita su efectividad para garantizar la recuperación del recurso. La evidencia indica que conservar al menos el 30% de los individuos maduros como propone López *et al.* (2021) y aplicar una intensidad de corte del 70% realizada al nivel del suelo del macollo de cada planta intervenida según Toribio (2021) optimiza la regeneración natural. Estudios como los de Torres (2000), Chazdon (2003) y Bartels (2016) refuerzan la importancia de la cobertura residual en los procesos de recuperación, destacando que el corte al 70% incrementa la densidad de rebrotes y mantiene tasas de crecimiento estructural compatibles con un manejo del recurso.

d) Plantas semilleras: la norma no establece los parámetros que deben cumplir las plantas residuales para asegurar la regeneración.

Martínez y Mandujano (2013) proponen dejar plantas >80 cm de altura para favorecer la reproducción sexual y variabilidad.

e) Reproducción inducida (reforestación): aunque la norma exige reforestar cuando no existe regeneración natural, no define parámetros técnicos como densidad de plantación, número mínimo de tallos o altura requerida, lo que impide estandarizar y asegurar la efectividad del proceso de restauración.

En la investigación realizada por Flores (2013) propone que el macollo tenga mínimo 15 tallos; De Jesús (2019) propone que la altura sea mínima de 8.5 cm de altura y diámetro de 3 cm y González (2024) que tenga una densidad mínima de 1,500 plantas/hectárea.

f) Producción en vivero: la norma no define las características del medio de propagación para la reforestación, lo que limita la estandarización y efectividad en el establecimiento de nuevas plantas.

Si la producción de planta para reforestar es en un vivero, Villa *et al.* (2008) reportan que por semilla requiere 14 a 16 meses, los hijuelos >16 meses y las estacas >18 meses, todas alcanzando dimensiones de 30 a 45 cm y con un sistema radicular bien desarrollado.

Para el método de tratamiento se propuso un componente:

a) Cortas de selección: la norma implícitamente sugiere que se realicen cortas de selección ya que se realiza la extracción selectiva basada en criterios morfométricos y porcentajes normativos definidos por la misma.

No se encontró información que evalúe como distintas intensidades de corta y proporciones de plantas residuales afectan la regeneración bajo el método de selección, lo que limita la determinación de combinaciones óptimas para maximizar la regeneración y asegurar la conservación del recurso.

Como tratamientos complementarios se propuso tres componentes:

a) Cortas de mejoramiento: la norma define la madurez de cosecha con base en diámetro (25 cm) y altura (30 cm), y permite la extracción completa de la planta, diversos autores proponen alternativas que favorecen la regeneración natural con los principios silvícolas de priorizar individuos con mejores características de crecimiento, valor comercial y adaptación ecológica.

López *et al.* (2021) proponen realizar un corte vertical que divida la planta en dos porciones iguales, incluyendo la sección radical, con el fin de extraer únicamente la mitad del macollo y conservar la porción restante en sitio. En contraste, Toribio (2021) recomienda aplicar una intensidad de corta del 70% por planta, realizando el corte al nivel del suelo del macollo en cada individuo intervenido.

b) Monitoreo de plagas y enfermedades: En la norma no se definen parámetros para monitorear plagas y enfermedades.

Flores (2013) propone una opción para evaluar la sanidad mediante una medición visual, donde considera las características fenotípicas, que son influenciadas por el medio ambiente.

- c) Evaluación periódica (sitios permanentes): la falta de lineamientos en la norma para establecer sitios permanentes limita la obtención de datos esenciales para evaluar la dinámica del ecosistema y sustentar la gestión forestal.

Corral *et al.* (2013) recomiendan una malla sistémica de 3 km para superficies <10,000 ha y hasta 5 km para extensiones mayores, ajustando su ubicación dentro de un radio máximo de 200 m cuando los puntos proyectados resultan inaccesibles o sin vegetación. La geometría circular es la más eficiente al minimizar la relación perímetro-superficie y los errores de borde y proponen que las superficies optimas oscilan entre 625 y 1,500 m², incrementándose en rodales mixtos conforme aumenta la diversidad.

Para el turno o periodo de corta se propuso tres componentes: en candelilla, no existe un turno de cosecha definido estrictamente por edad, sin embargo, la NOM que regula el aprovechamiento de esta especie, define una dimensión en altura y diámetro de la planta (30 y 25 cm respectivamente); por lo que se puede considerar como parámetro para el turno (las plantas se van a cosechar cuando alcancen dichas dimensiones), sin embargo, es importante considerar los siguientes conceptos silvícolas.

- a) Tasa de crecimiento: aunque el crecimiento se cuantifica mediante tasas anuales derivadas de mediciones repetidas en individuos de una misma especie, para la candelilla se tiene conocimiento limitado sobre su dinámica de desarrollo. En la norma no se definen parámetros sobre tasa de crecimiento, la información disponible es la reportada por Flores (1995) con un crecimiento anual de 6 a 15 cm por tallo, mientras que mediciones realizadas por Flores (2013) muestran tasas mensuales de 0.14 a 0.19 cm.
- b) Densidad poblacional: se carece de información sobre la abundancia y densidad de la especie, parámetros esenciales para evaluar la sostenibilidad poblacional y definir estrategias de manejo y conservación. En la norma no se definen parámetros sobre densidad poblacional; Flores (2013) documenta densidades de 1,066 a 5,919 plantas por hectárea, mientras que Martínez y Mandujano (2013) registran valores mucho más elevados de 9,278 a 73,250 individuos por hectárea.
- c) Estructura demográfica: la variación en el tamaño de las plantas y su distribución por clases estructurales es un indicador clave en la dinámica poblacional y de la capacidad de regeneración, datos que no están considerados en la norma y de los cuales no se encontró información.

En la norma no se definen parámetros sobre estructura demográfica, CONABIO (2022) recomienda registrar renuevos y tallos no aprovechables para evaluar la condición poblacional.

2. Se identificó el procedimiento de gestión del trámite de autorización para el aprovechamiento de la hierba de candelilla y las entidades de la administración pública federal en materia forestal y ambiental que intervienen en dicha autorización, se encontró que cumple con la participación de todas las dependencias competentes e integra los procedimientos establecidos en la normatividad vigente, garantizando que el proceso se realice conforme a los lineamientos legales y administrativos aplicables.
3. Se evaluó y comparó la recuperación porcentual de cobertura y existencias reales de la candelilla en un predio con historial de aprovechamiento previo, utilizando los datos actuales generados a partir de un inventario, en donde se encontró que algunos de los rodales evaluados no lograron alcanzar una recuperación completa dentro del periodo estipulado por la normatividad vigente. Los resultados obtenidos indican que las remociones realizadas superan la capacidad de regeneración del recurso, lo que evidencia un proceso de sobreexplotación de carácter progresivo y difícil de detectar, asociado tanto a la insuficiencia de los lineamientos técnicos vigentes como a su aplicación limitada en campo.

.

VII. RECOMENDACIONES

Actualizar y revisar periódicamente la NOM-018-SEMARNAT-1999, incorporando criterios silvícolas específicos para *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., sustentados en evidencia científica reciente, para lograr el mantenimiento de la capacidad productiva y mejorar la efectividad de las prácticas de aprovechamiento

Fomentar la investigación aplicada en evaluar distintas intensidades de corta, distintos tipos de corta (con raíz o a nivel de suelo), evaluar sitios permanentes para medir tasas de crecimiento, estudios sobre la densidad poblacional mínima, categorías en altura y diámetros para identificar patrones de regeneración para diagnosticar la viabilidad de las poblaciones de la candelilla lo que puede permitir definir un turno asociado a diferentes variables para los períodos de recuperación, regeneración natural, productividad ecológica evaluando ecotipos y restauración de rodales deteriorados, con el fin de fortalecer una política pública ambiental y técnicamente fundamentada para el aprovechamiento sostenible de la candelilla.

Desarrollar y validar, mediante estudios de campo, un sistema silvícola específico para *Euphorbia antisyphilitica* Zucc que optimice su manejo, garantizando la sostenibilidad ecológica y la viabilidad económica de su aprovechamiento.

De ser necesario, se debería considerar que para el aprovechamiento de la candelilla se necesite un Programa de Manejo Forestal para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables.

Los datos utilizados provienen únicamente de un ejido, lo cual limita la posibilidad de generalizar los resultados a un contexto regional más amplio, se sugiere realizar estudios comparativos en otros ejidos para fortalecer la validez.

Se identificó que algunos ejidos han desarrollado procesos de certificación y aunque no fueron abordados en esta investigación, representa una línea de análisis relevante. Por ello, se recomienda considerar estos procesos en investigaciones posteriores para ampliar el enfoque y la aplicabilidad de los resultados.

VIII. LITERATURA CITADA

- Adams, D. L., Hodges, J. D., Loftis, D. L., Long, J. N., Seymour, R. S., & Helms, J. A. (1994). *Terminología de silvicultura con apéndice de términos preliminares de gestión de ecosistemas*. Subgrupo de instructores de silvicultura del Grupo de trabajo de silvicultura de la Sociedad de silvicultores estadounidenses. <https://www.sfasilviculture.com/index.php/textbook/1-2-introduction-silvicultural-systems>
- Aguirre, C. O. A. (2015). *Manejo Forestal en el Siglo XXI*. Madera y bosques, 21(spe), 17-28. Recuperado en 23 de febrero de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712015000400002&lng=es&tlng=es.
- Álvarez, P. O. B., Montañez, J., & Aguilar, C.N. (2015). *Pectin-candelilla wax: an alternative mixture for edible films*. Journal of Microbiology. *Biotechnology and Food Sciences*. 5(2):167-171. Doi:10.1541/jm-bfs.2015.5.2.167-171.
- Ávila, R. F. (2007). *La candelilla (Euphorbia antisyphilitica Zucc.) en el norte de Zacatecas*. [Tesis licenciatura]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro [UAAAAN]. Saltillo, Coah. México. 67 p.
- Bañuelos, R. J. E., Palacio, N. J., Martínez, M. J. F., Olmos, O. G., & Flores, C. J. A. (2019). *Distribución potencial y abundancia de candelilla (Euphorbia antisyphilitica) en el norte de Zacatecas*, México. Madera y bosques, 25(1), e2511657. Epub 01 de marzo de 2019. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2511657>.
- Bartels, S. F., Chen, H. Y. H., Wulder, M. A., & White, J. C. (2016). *Trends in post-disturbance recovery rates of Canada's forests following wildfire and harvest*. Revista Forest Ecology and Management. (361), 194-207. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.11.015>
- Bartolomé, H. H. A. (2017). *Sobrevivencia en tres plantaciones de candelilla (Euphorbia antisyphilitica Zucc.) en diferentes condiciones en el noreste de Coahuila*. [Tesis de licenciatura]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro [UAAAAN]. Saltillo, Coah. México.
- Bastida, T. A., & Flores, E. G. (2018). *Los Sistemas Silvícolas Maderables y la Silvicultura Comunitaria Sustentable*. Universidad Autónoma Chapingo [UACH].
- Canales, G. E., Canales, M. V., & Zamarrón, R. E. M. (2006). *Candelilla, del desierto mexicano hacia el mundo*. Biodiversitas Núm. 69. nov-dic. pp. 1-5.
- Chapa, R. M. T. (1959). *Estudio morfológico de la candelilla (Euphorbia antisyphilitica Zucc.)*. [Tesis Licenciatura]. Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro" Saltillo, Coah., México. 63 p.
- Chazdon, L. R. (2003). *Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances*. Revista Forest Ecology and Management, 6, 51-71. <https://doi.org/10.1078/1433-8319-00042>.
- Chen, H. Y. H., Vasiliauskas, S., Kayahara, G.J., & Ilisson, T. (2009). *Wildfire promotes broadleaves and species mixture in boreal forest*. Forest Ecology and Management, 257, 343-350.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO]. (2009). *Evaluación del estatus de Euphorbia antisyphilitica en México dentro de los apéndices de la CITES*. Decimotercera reunión del Comité de Flora. Buenos Aires (Argentina), 17-21 de marzo del 2009.

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO]. (2017). *Evaluación del estado de conservación y potencial de aprovechamiento sustentable de la candelilla (Euphorbia antisiphilitica) en zonas bajo aprovechamiento.*
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO]. (2022). *Guía informativa para la elaboración de estudios técnicos de aprovechamiento sustentable de candelilla en el marco de las disposiciones de la CITES.* México.
- Comisión Nacional Forestal. [CONAFOR]. (2009). *Gerencia de Plantaciones Forestales Comerciales.* Informe Técnico.
- Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2013). *Manual de mejores prácticas de manejo forestal para la conservación de la biodiversidad en ecosistemas templados de la región norte de México.*
- Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2021). *Candelilla, un valioso recurso natural no maderable.* Recuperado en: <https://www.gob.mx/conafor/articulos/candelilla-un-valioso-recurso-natural-no-maderable?idiom=es>
- Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2023). *Estado que guarda el sector forestal en México 2022.* México: CONAFOR. 530 p. Recuperado en: https://idefor.cnf.gob.mx/uploaded/documents/2023-10-27_EGSFM_2022.pdf.
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). (s.f. a). *Apéndices I, II y III de la CITES.* <https://cites.org/esp/app/index.php>
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). (s.f. b). *¿Qué es la CITES?* <https://cites.org/esp/disc/what.php>
- Corral, R. J. J., Vargas, L. B., Wehenkel, C., Aguirre, C. O. A., & Crecente, C. F. (2013). *Guía para el establecimiento, seguimiento y evaluación de sitios permanentes de monitoreo en paisajes productivos forestales.* Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)-Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).
- Dávila, A. H. (1981). *Métodos de reproducción de candelilla (Euphorbia antisiphilitica).* Primera Reunión Nacional sobre Ecología, Manejo y Domesticación de las Plantas Útiles del Desierto, Publicación Especial No. 31, INIF. México, D. F. pp. 346–350.
- De Jesús, M. E. (2019). *Sobrevivencia y crecimiento de una plantación de candelilla (Euphorbia antisiphilitica Zucc.) en Mazapil, Zacatecas.* [Tesis de licenciatura]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro [UAAAAN]. Saltillo, Coah. México.
- De la Cruz, C. J. A. (1958). *Contribución al estudio de la Candelilla (Euphorbia antisiphilitica Zucc.).* [Tesis licenciatura]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro [UAAAAN]. Saltillo, Coah. México. 54 p.
- De la Cruz, C. J. A. & Medina, T. J. G. (1991). *La candelilla.* Folleto informativo. Productividad Rural. Gobierno del Estado de Coahuila. Secretaría de Desarrollo Rural.
- De la Cruz, L. et al., (2011). *Efectos ecológicos de la vegetación suculenta en los ecosistemas del desierto.* Revista Ecológica Aplicada.
- De la Garza, F. E. & Berlanga, R. C. A. (1993). *Metodología para la evaluación y manejo de Candelilla en condiciones naturales.* Folleto Técnico No. 5, SARH; INIFAP; CIRNE; C.E. "La Sauceda". Coah. 45 p.p.

- Departamento Forestal de Belice. (2025). *Parcelas de muestra permanentes*. <https://forest.gov.bz/permanent-sample-plots/>
- Espinoza, G. C. J., & Arizmendi, G. L. (2021). *Cera de Candelilla y sus Aplicaciones en Materiales Avanzados*. México: Centro de Investigación en Química Aplicada. Recuperado de: <https://ciqa.mx/CeraCandelilla.aspx>.
- Esquivel, W., M. (1979). *Candelilla (Euphorbia antisyphilitica). Estudio monográfico*. [Tesis]. Universidad Autónoma de Nuevo León [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, México.
- Flores, L. C. (1995). *Viabilidad de Semillas, Emergencia de Plántulas y Plantaciones de Candelilla en Ramos Arizpe, Coahuila*. [Tesis Profesional]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro [UAAAN]. Saltillo, México.
- Flores, D. A. M. L. (2013). *Situación actual de las poblaciones de candelilla (Euphorbia antisyphilitica Zucc): inventario, su propagación sexual y asexual en el estado de Coahuila, México*. [Tesis de Doctorado]. Universidad Autónoma de Nuevo León [UANL]. 134 págs. Consultado en: <http://eprints.uanl.mx/3425/1/1080256791.pdf>.
- Flores, D. A. M. L., Foroughbakhch, R., Rocha, E. A., Cárdenas, A. M. L., Guzmán, L. M. A., Hernández, A. Y. L., & Alvarado, V. M. A. (2013). *Morfología, viabilidad y germinación de semillas de candelilla (Euphorbia antisyphilitica Zucc.)*. Phyton (Buenos Aires), 82(2), 161-167. Recuperado en 06 de octubre de 2024, de https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572013000200002&lng=es&tlng=es.
- García, G. R. (1988). *Respuesta vegetativa de la candelilla (Euphorbia antisyphilitica Zucc.) bajo diferentes sistemas de cosecha y poda estacional en la sierra la pardita Zacatecas*. Tesis de Licenciatura. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- García, E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, Para adaptarlo a los climas de la República Mexicana*. Instituto de Geografía de la Universidad Autónoma de México [UNAM]. Series Libro Num.6. Quinta edición. 97p.
- García, G. I., Gómez, A. K. S., Granillo, C. M. A., Hernández, R. L., & y López, S. G. (2022). *Gestión, conservación y uso sustentable de especies silvestres relevantes en el comercio internacional*. Soluciones Ambientales Itzeni, A. C. Informe final candelilla SNIB CONABIO. Proyecto No. RE005. Ciudad de México
- Gobierno de México. (2025). *Aviso para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables*. <https://www.gob.mx/tramites/ficha/aviso-para-el-aprovechamiento-de-recursos-forestales-no-maderables/SEMARNAT913>
- Gobierno del estado de Coahuila. (2005). *Programa Estratégico Forestal 2005-2025*. México. Recuperado en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/12/4204Programa%20Estrategico%20Forestal%20de%20Coahuila.pdf>.

- Gobierno del estado de Coahuila. (2023). *Programa Estatal de Protección Contra Incendios Forestales Coahuila de Zaragoza Informe 2018-2023*. México. Recuperado en: <https://sma.gob.mx/wp-content/uploads/2023/11/INF.-SEXENAL-IF-MODIF-2023.pdf>.
- González, L. H. D., González, U. D. U., & Sandoval, G. R. (2024). *Sobrevivencia de una plantación de Euphorbia antisphyilitica Zucc. al norte de Zacatecas*. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, (93). <https://doi.org/10.33064/iycuua2024934803>
- Granados, S. D., Sánchez, G. A., Victorino, R. L. G., & Rosa, A. B. D. L. (2011). *Ecología de la vegetación del Desierto Chihuahuense*. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 17 (1), 111-130.
- Granillo, C. M. A., Pérez, J., Roblero, E., & Saldaña, E. (2017). *Evaluación del estado de conservación y potencial de aprovechamiento sustentable de la candelilla (Euphorbia antisphyilitica) en zonas bajo aprovechamiento*. Comisión Nacional para Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. https://www.biodiversidad.gob.mx/media/1/planeta/cites/files/Reporte_proyecto_candelilla_dic2017.pdf
- Greene, D., Zasada, J.C., Sirois, L., Kneeshaw, D., Morin, H., Charron, I., Simard, M. J. (1999). *A review of the regeneration dynamics of North American boreal forest tree species*. Canadian Journal of Forest Research, 29, 824-839.
- Hernández, H. J. A., Moreno, R. A., Valenzuela, N. L. M., & Martínez, S. M. (2019). *Modelación de la presencia de Euphorbia antisphyilitica Zucc mediante propiedades físicas y químicas del suelo*. Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 6(18):499-511. doi: 10.19136/era. a6n18.1910.
- Hernández-Ramos, A., Cano-Pineda, A., Flores-López, C., Hernández-Ramos, J., García-Cuevas, X., Martínez-Salvador, M., & Martínez Ángel, L. (2019). *Modelos para estimar biomasa de Euphorbia antisphyilitica Zucc. en seis municipios de Coahuila*. Madera Y Bosques, 25(2). <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2521806>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias [INIFAP]. (2022). *Plantaciones forestales comerciales de candelilla*. México: INIFAP. Recuperado de: <https://www.gob.mx/inifap/articulos/plantaciones-forestales-comerciales-de-candelilla>.
- Kennard, D. K., Gould, K., Putz, F. E., Fredericksen, T. S. & Morales, F. (2002). *Effect of disturbance intensity on regeneration mechanisms in a tropical dry forest*. *Forest Ecology and Management* 162:197-208.
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable [LGDFS]. Reformada. Diario Oficial de la Federación [DOF]. 01 de abril de 2024. México. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS.pdf?utm_cmp_rs=Nota%20Enlace%20Editorial
- López, B. L. A. (2024). *Legislación ambiental mexicana*. <https://www.lopezbarbosa.net/cursos/legislaci%C3%B3n-ambiental/>.
- López, C. B. (2007). *Producción de plántula de candelilla (Euphorbia antisphyilitica Zucc.) por hijuelos: dosis de fertilización y aplicación de riegos*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro [UAAAN]. 51 pág. http://repositorio.uaaan.mx:8080/bitstream/handle/123456789/2670/1234_BENJAMIN%20LOPEZ%20CORTES.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- López, C., Shanley, P. & Cuba, C. M. (2006). *Riquezas del bosque: Frutas, remedios y artesanías en América Latina*. ISBN 979-24-4625-0. Bolivia.
- López, S. P. M. (2020). *UJED lidera investigación sobre prácticas de manejo de especies forestales no maderables de mayor importancia en México*. Universidad Juárez del Estado de Durango.
- López, S. P. M., Hernández, R. A., Méndez, G. J., Martínez, S. M., Aguirre, C. O., Vargas, L. B., & Corral, R. J. J. (2021). *Mejores prácticas de manejo y ecuaciones alométricas de biomasa de Euphorbia antisiphilitica Zucc., en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León y Zacatecas*. Proyecto: 2017-4- 292674. CONAFOR-CONACYT. México.
- Luna, R., & Chávez, A. (2009). *La candelilla y su papel en la fauna desértica*. Universidad Autónoma de Chihuahua.
- 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 Núm. 43. pp. 11 – 14.
- Martínez, B. A., & Mandujano, M. (2013). *The Consequences of Harvesting on Regeneration of a Non-timber Wax Producing Species (Euphorbia antisiphilitica Zucc.) of the Chihuahua Desert*. Economic Botany. Vol. 67 (2), pp 121-136.
- Martínez, S. M. (2013). *Ecología y usos de especies forestales de interés comercial de las zonas áridas de México*. Aldama, Chihuahua, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrarias y Pecuarias-Centro de Investigación Regional Norte-Centro, Sitio Experimental La Campana. Libro Técnico Núm. 05.
- Martínez, S. M., Hermosillo, R. D., Mojica, G. A., & Prieto, A. J. (2015). *Potencial productivo y zonificación para el uso y manejo de especies forestales de zonas áridas*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Primera Edición. Pp. 119.
- Matthews, J. D. (1994). *Silvicultural systems*. Oxford: Clarendon Press, 283p.
- Monárrez, G. J. C., Pérez, V. G., López, G. C., Márquez, L. M. A., & González, E. M. D. S. (2018). *Effects of forest management on some ecosystem services in temperate forest ecosystems of Mexico*. Madera y Bosques, 24(2), 1–16. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421569>
- Morin, P. J. (2002). *Community Ecology*. Blackwell Science, New Jersey.
- Navarro, M. A., Mendoza, B. M. A., Negreros, C. P., & Del Ángel, S. D. (2021). *Sistema patrimonial de manejo forestal para selvas productivas de México*. Editorial de El Colegio de la Frontera Sur. México.
- Nyland, R. D. (2002). *Silviculture: concepts and applications*, 2nd edition. New York: McGraw-Hill.
- Odum, E. (1971). *Fundamentals of ecology*, (3rd ed.). W.B. Saunders. Philadelphia, Estados Unidos.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1992). *La silvicultura ordenación de los recursos naturales en zonas áridas*. Recuperado en: <https://www.fao.org/4/u5200s/u5200s02.htm#editorial%20%20%20la%20silvicultura%20ordenaci%C3%B3n%20de%20los%20recursos%20naturales%20en%20zonas>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2004). *Estado y tendencias de la ordenación forestal en 17 países de América Latina*. Roma. Recuperado en: <https://www.fao.org/4/j2628s/j2628s13.htm>.

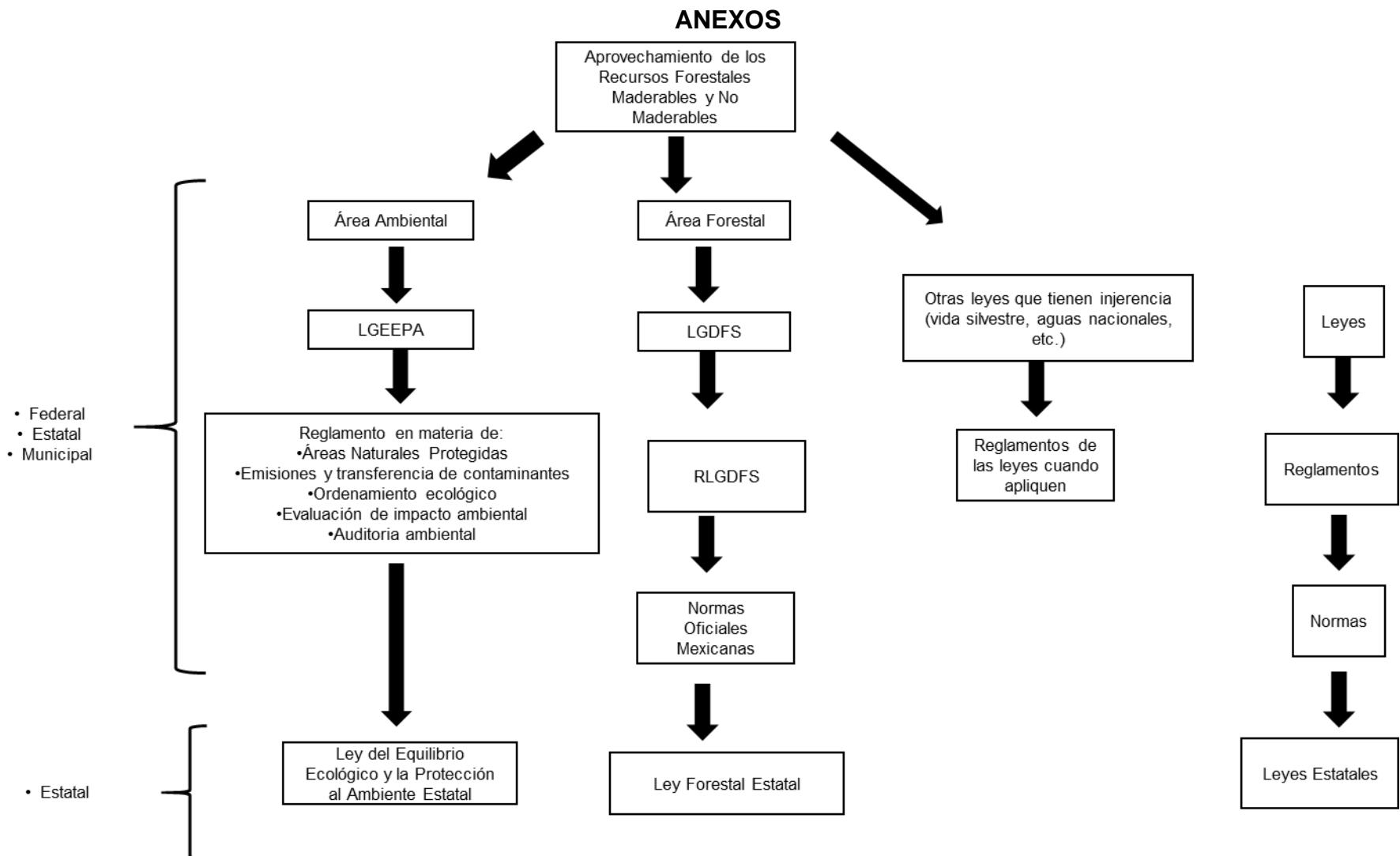
- Ortega, R. S. A. (1981). *Métodos y épocas de corte en candelilla (Euphorbia antisyphilitica Zucc.)* Memoria. Primera reunión nacional sobre ecología, manejo y domesticación de las plantas útiles del desierto. Instituto Nacional de Investigación Forestal. Publicación especial No. 31. Monterrey, N. L., México.
- Puettmann, K. J., Coates, D., & Messier, C. (2016). *Critica de la silvicultura. El manejo de la complejidad.* Editorial: ACCI. España.
- Purata, S.E., Gerez, P. y C.M. Peters. 2016. *Manual para el monitoreo comunitario del crecimiento de árboles.* People and Plants International (PPI), United States Agency for International Development (USAID), The Nature Conservancy (TNC), Alianza México REDD+, México 50 pp.
- Quesada, R., & Castillo, M. (2010). *Demografía de especies maderables de la Península de Osa.* Informe final. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. p 132.
- Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable [RLGDFS]. Reformada. Diario Oficial de la Federación [DOF]. 09 de diciembre de 2020. México. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGDFS_091220.pdf
- Robles, S. R. (1985). *Producción de oleaginosas y textiles.* Editorial LIMUSA. Segunda edición. México, D. F.
- Rocha, E. A., Foroughbakhch, P. R., Guzmán, L. M. A., & Alvarado, V. M. A. (2021). *Candelilla (Euphorbia antisyphilitica Zucc.), aprovechamiento tradicional en el norte de México.* Ciencia UANL. Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León [UANL]. <https://cienciauanl.uanl.mx/?p=11384>.
- Rojas, M. R., Saucedo, P. S., De León, Z. M. A., Jasso, C. D., & Aguilar, C. N. (2011). *Pasado, presente y futuro de la candelilla.* Revista mexicana de ciencias forestales, 2(6), 7-18. Recuperado en 25 de septiembre de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322011000400003&lng=es&tlang=es.
- Romahn, D. V. C. F. (1985). *Principales productos forestales no maderables de México.* Universidad Autónoma Chapingo [UACH]. México. 591 p. Consultado en línea: https://diciofio.chapingo.mx/pdf/publicaciones/principales_productos_forestales_no_maderables_1985.pdf.
- Romahn, D. V. C. F. (1992). *Principales productos forestales no maderables de México.* Primera Edición. Universidad Autónoma Chapingo [UACH]. Chapingo, México.
- Sánchez, V. A. L. (1993). *Un estudio socioeconómico de la zona candelillera en el desierto Chihuahuense.* TESIS de Licenciatura. 83 pág. Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM]. Consultado en línea: <http://132.248.9.195/pmig2016/0199818/0199818.pdf>.
- 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
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural [SAGAR]. (1994). *Anuario estadístico de la producción forestal 1994.* México: SAGAR. 141 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282931/1994.pdf>
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos [SARH]. (1993). *Compendio estadístico de la producción forestal 1993.* México: SARH. 144 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282929/1993.pdf>.

- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca [SEMARNAP]. (1995). *Anuario estadístico de la producción forestal 1995*. México: SEMARNAP. 152 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282930/1995.pdf>.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca [SEMARNAP]. (1996). *Anuario estadístico de la producción forestal 1996*. México: SEMARNAP. 161 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282932/1996.pdf>.
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca [SEMARNAP]. (1997). *Anuario estadístico de la producción forestal 1997*. México: SEMARNAP. 130 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282933/1997.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca [SEMARNAP]. (1998). *Anuario estadístico de la producción forestal 1998*. México: SEMARNAP. 151 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282934/1998.pdf>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (1999a). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 1999*. México: SEMARNAT. 151 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282935/1999.pdf>.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (1999b). *Norma Oficial Mexicana 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 (NOM-018-SEMARNAT-1999)*. Diario Oficial de la Federación (DOF).
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2000). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2000*. México: SEMARNAT. 210 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282936/2000.pdf>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2001). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2001*. México: SEMARNAT. 148 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282937/2001.pdf>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2002). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2002*. México: SEMARNAT. 148 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282938/2002.pdf>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2005). *Informe técnico sobre la Candelilla, CITES*.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2006a). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2003*. México: SEMARNAT. 154 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282939/2003.pdf>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2006b). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2004*. México: SEMARNAT. 158 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282940/2004.pdf>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2007). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2007*. México: SEMARNAT. 238 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282952/2007.pdf>.

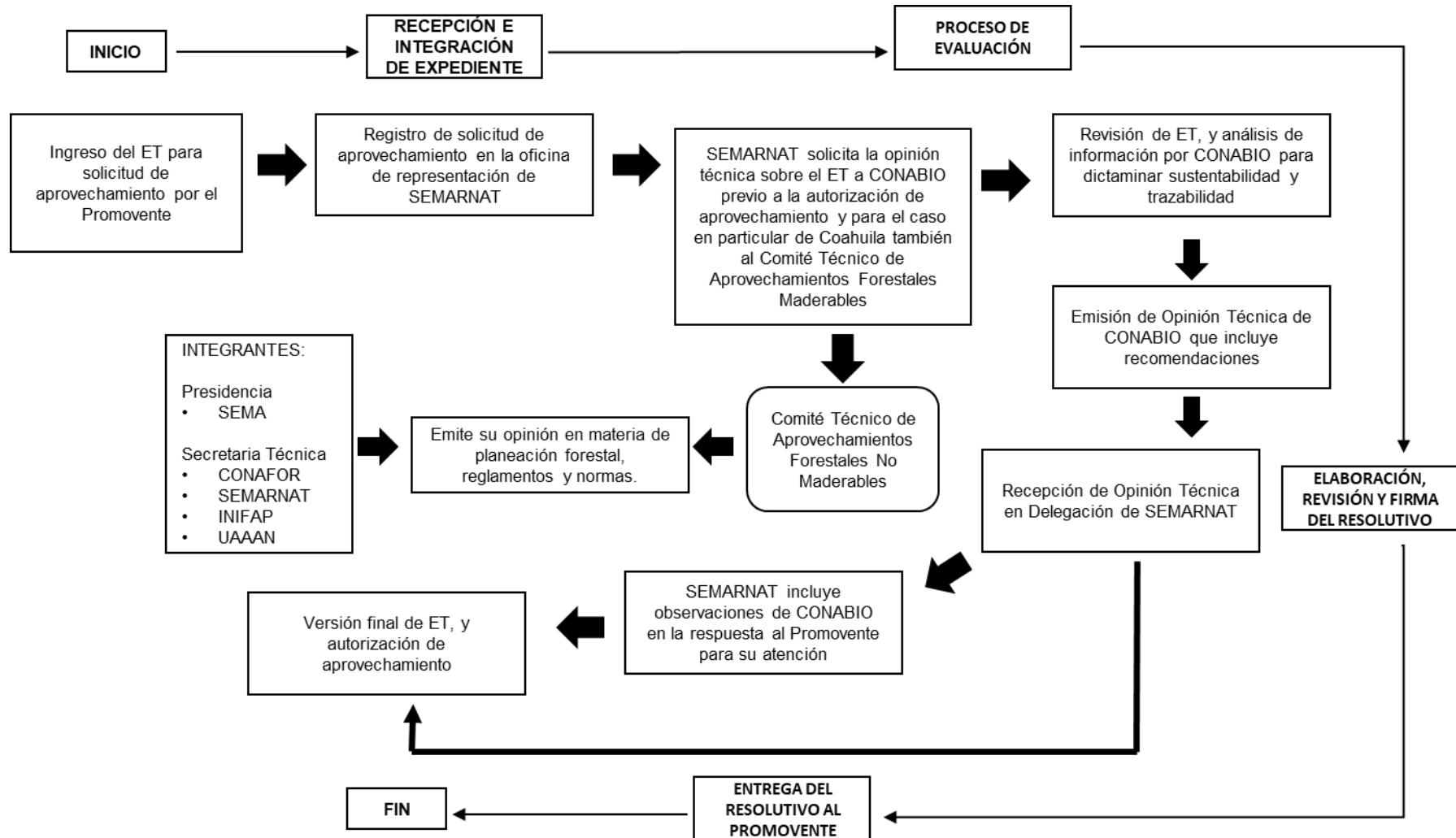
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2008). *Manual que establece los Criterios Técnicos para el Aprovechamiento Sustentable de Recursos Forestales no Maderables de Clima Árido y Semíárido*. México: SEMARNAT. 110 p. Recuperado en: http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/Manual_Clima_arido.pdf.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2009a). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2005*. México: SEMARNAT. 234 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282946/2005.pdf>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2009b). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2006*. México: SEMARNAT. 224 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282941/2006.pdf>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2009c). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2009*. México: SEMARNAT. 222 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282943/2009.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2010). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2010*. México: SEMARNAT. 226 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282944/2010.pdf>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2011a). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2008*. México: SEMARNAT. 222 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282942/2008.pdf>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2011b). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2011*. México: SEMARNAT. 226 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282925/2011.pdf>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2013). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2012*. México: SEMARNAT. 236 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282924/2012.pdf>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2014a). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2013*. México: SEMARNAT. 236 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282927/2013.pdf>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2014b). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2014*. México: SEMARNAT. 230 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282926/2014.pdf>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2016a). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2015*. México: SEMARNAT. 230 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282928/2015.pdf>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2016b). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2016*. México: SEMARNAT. 228 p. Recuperado en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/282951/2016.pdf>.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2017). *Guía para la Elaboración de Estudios Técnicos Justificativos Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CUSTF)*.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2020). *Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2017*. México: SEMARNAT. 284 p. Recuperado en: <https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/publicaciones/2020/2017.pdf>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2021). *Anuario estadístico de la producción forestal 2018*. México: SEMARNAT. 298 p. Recuperado en: <https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/portal/publicaciones/2021/2018.pdf>.
- Soto, G. B. M. (2010). *Efecto del estado de maduración del fruto, el peso de la semilla y el tiempo de almacenamiento en la viabilidad y germinación de candelilla (Euphorbia antisyphilitica Zucc.)*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León [UANL]. 78 p.
- Steinmann, V. W. (2002). *Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México*. Acta Botánica Mexicana, (61), 61–93. <https://doi.org/10.21829/abm61.2002.909>
- Timoney, K. P., & Peterson, G. (1996). *Failure of natural regeneration after clearcut logging in Wood Buffalo National Park, Canada*. Forest Ecology and Management, 87, 89-105. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(96\)03831-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03831-5)
- Toribio, F. E. (2021). *Regeneración natural de candelilla (Euphorbia antisyphilitica Zucc.) en seis intensidades de corta bajo diferentes condiciones climáticas*. [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma de Nuevo León [UANL].
- Torres, C. A., Garza, N. M. A., Ortiz, M. U., & González, G. V. (2015). *Candelilla del semidesierto mexicano como fuente de biocombustible*. Universidad Autónoma de Nuevo León [UANL]. http://eprints.uanl.mx/10575/1/candelilla_del_semidesierto.pdf
- Torres, R. J. M. (2000). *Sostenibilidad del volumen de cosecha calculado con el Método Mexicano de Ordenación de Montes*. Madera y Bosques, 6(2), 57-72.
- Turner, M. G., Baker, W. L., Peterson, C. J., & Peet, R. K. (1998). *Factors influencing succession: lessons from large, infrequent natural disturbances*. Ecosystems, 1, 511-523. DOI: 10.1007/s100219900047
- Universidad Autónoma de Coahuila [UAdeC]. (s/f). *Candelilla*. Consultada en línea: <https://www.uadec.mx/candelilla/>
- Universidad Autónoma de Coahuila [UAdeC]. (2024). *Euphorbia antisyphilitica*. Recuperado el 31 de septiembre de 2024. <http://www.uadec.mx/candelilla/>
- Valdez, L. J. R. (s/f). *Silvicultura: principios básicos de los sistemas silvícolas*. Colegio de Postgraduados (COLPOS). México.
- Vargas, L. B. (2013). *Manual de mejores prácticas de manejo forestal para la conservación de la biodiversidad en ecosistemas templados de la región norte de México*. Consultado en línea: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/49/6317Manual%20de%20Mejores%20Pr%C3%A1cticas.pdf>
- Vargas, P. G. (2020). *Ecología e influencia de las variables climáticas que caracterizan la productividad de Euphorbia antisyphilitica Zucc. en el norte de México*. Tesis de Doctorado. 67 pág. Universidad Autónoma Chapingo [UACH].
- <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/69a5b5dd-b6fb-4b2b-b9b8-5890bdbecd4f/content>

- Villa, C. M. M., Catalán, V. E. A., Inzunza, I. M. A., Román, L. A., & Estrada, A. J. (2008). *Técnicas de producción de plantas de candelilla por semilla, estacas e hijuelos*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). http://cenidraspa.inifap.gob.mx/demo/modulo/Folletos%20tecnicos/2008/13_T%C3%A9cnicas%20de%20Producci%C3%B3n%20de%20Plantas%20de%20Candelilla%20por%20Semilla,%20Estaca%20e%20Hijuelos.pdf
- Villavicencio, G. E. E., Cano, P. A., Castillo, Q. D., Hernández, R. A. & Martínez, B. O. U. (2021). *Manejo forestal sustentable de los recursos no maderables en el semidesierto del norte de México*. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. México. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12iEspecial-1.1083>.
- Zamora, M. M., Velasco, B. E., Cano, P. A., & Arellanos, R. A. (2009). *Manual que establece los Criterios Técnicos para el Aprovechamiento Sustentable de Recursos Forestales no Maderables de Clima Árido y Semiárido*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias: 51-56.
- Zamora, M. M. C., Méndez, E. C., Pérez, M. R., & Cortés, B. E. N. (2013). *Euphorbia antisyphilitica Zucc.: recurso forestal no maderable de alto valor económico*. Folleto Técnico Núm. 12. CENID-COMEF, INIFAP. México, D.F. México. 64 p



Anexo 1. Marco regulatorio para el aprovechamiento de recursos forestales.
Fuente: Elaboración propia.



Anexo 2. Proceso para la obtención del Oficio de Autorización para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables (cerote de candelilla) en el Estado de Coahuila de Zaragoza.

Fuente: Elaboración propia con datos de la CONABIO (2022).