



Fondo
CONACYT
CONAFOR



UJED
Universidad Juárez
del Estado de Durango



CONAFOR



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Mejores prácticas de manejo y ecuaciones alométricas de biomasa de *Dasyllirion* *cedrosanum* Trel. en los estados de Coahuila



Comisión Nacional Forestal

Coordinación General de Producción y Productividad

Gerencia de Manejo Forestal Comunitario

Unidad de Educación y Desarrollo Tecnológico

Periférico Poniente 5360

Colonia San Juan de Ocotán Zapopan, Jalisco C.P. 45019

Tel: 01 (33) 3777 7000

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

2017-4-292674

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

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

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

Impreso en México

Primera edición, 2021.

Forma de citar:

López-Serrano, P.M., Hernández-Ramos, A., Méndez-González, J., Martínez-Salvador, M., Aguirre-Calderón, O., Vargas-Larreta, B., Corral-Rivas J.J. 2021. Mejores prácticas de manejo y ecuaciones alométricas de biomasa de *Dasyllirion cedrosanum* Trel., en los estados de Coahuila y Durango. Proyecto: 2017-4-292674. CONAFOR-CONACYT. México.

PRESENTACIÓN

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

Dependencias gubernamentales como la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), instituciones educativas y de investigación como la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y el Instituto Tecnológico de El Salto (ITES), en su afán de contribuir a mejorar el manejo y aprovechamiento de los recursos forestales no maderables, han diseñado el presente documento denominado “Mejores prácticas de manejo y ecuaciones alométricas de biomasa de *Dasyllirion cedrosanum* Trel., en los estados de Coahuila y Durango”, con el fin de que se utilice como una herramienta

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

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

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	6
2.	LEGISLACIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO FORESTAL DE LA ESPECIE.....	8
2.1.	Procedimientos legales para la autorización del aprovechamiento forestal no maderable de <i>Dasyliirion cedrosanum</i> Trel.	8
2.2.	Leyes vigentes	10
3.	INVENTARIO FORESTAL CON FINES DE MANEJO	17
3.1.	Técnicas de muestreo para la evaluación de las poblaciones naturales de la especie	17
4.	MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO	22
4.1.	Mejoras en las técnicas de aprovechamiento de la especie	22
4.2.	Mejoras en las técnicas de extracción y beneficio del producto final	23
4.3.	Reforestaciones con fines de enriquecimiento de rodales.....	25
5.	ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE BIOMASA	29
5.1.	Ecuaciones por estado.....	33
6.	MAPAS DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA ESPECIE	44
7.	CONCLUSIONES.....	47
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	48
9.	GLOSARIO	50
10.	SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	52

1. INTRODUCCIÓN

El sotol, *Dasyilirion cedrosanum* Trel., es una planta perenne con hojas creciendo de la base hacia la periferia, desarrolla un tallo en forma de piña que puede llegar a medir hasta 3 m de longitud; desarrolla un escapo floral con gran cantidad de semillas en fascículos con cinco a siete ramas sobre un eje central de 1.7 a 3 cm (Melgoza y Sierra, 2003). De acuerdo a López (2005), las plantas de sotol pueden alcanzar hasta 150 años de vida en condiciones óptimas; floreciendo varias veces sin llegar a la muerte (Reyes-Valdez *et al.*, 2012). Las preferencias climáticas de *Dasyilirion cedrosanum* Trel., fluctúan entre los 17 y 21° C de temperatura media anual y de 150 a 400 mm de precipitación media anual (Cano *et al.*, 2011). En el hábitat donde comúnmente se desarrolla existen pastizales y matorrales desérticos rosetófilos, en terrenos pedregosos, cerriles, calizos y rocosos, con inviernos secos (Ornelas, 2004).

El Sotol, Soyato o Serenque es una especie que desde tiempos prehispánicos ha constituido un elemento importante en la vida del ser humano, puesto que mediante estudios paleofecales se ha evidenciado su uso como alimento tanto del escapo como de las piñas. Recientemente se ha cotizado como una especie de gran valor económico y social con denominación de origen para los estados de Coahuila, Chihuahua y Durango (Reyes-Valdez *et al.*, 2012), jugando un papel muy importante para las familias que residen en las áreas de zonas áridas y semiáridas, ya que su uso principal es como materia prima en la fabricación de una bebida alcohólica también llamada “*sotol*”, mientras que

en menor medida se emplea como forraje para el ganado (piña), construcción de cercas en solares y corrales de ganado caprino y aves de traspatio (quiote o escapo), cimbras en casas rústicas de adobe (quiote o escapo), elaboración de escobas (hojas) y artesanías (quiote y hojas). La importancia ecológica del sotol radica en su función como elemento protector y retenedor de suelo, fuente de alimento para pequeñas especies de mamíferos y aves, y es un componente fundamental de la configuración del paisaje de los sitios en los cuales se encuentra; además de los servicios ambientales que brinda los cuales se incrementan con la edad (Francisco-Francisco *et al.*, 2016). De esta manera, el sotol genera un sustento económico a los poseedores de dicho recurso, sin embargo, en consecuencia, se ha practicado un aprovechamiento irracional y poco amigable con el medio ambiente llevando el recurso al deterioro al igual que su hábitat (Cano *et al.*, 2011). Por estas razones, resulta necesario el fomento de actividades que permitan conocer las características y propiedades de la especie, el manejo de poblaciones naturales y el establecimiento de plantaciones comerciales, así como la inversión de recursos en programas de propagación y reproducción *in vitro* de esta especie.

2. LEGISLACIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO FORESTAL DE LA ESPECIE

2.1. Procedimientos legales para la autorización del aprovechamiento forestal no maderable de *Dasyllirion cedrosanum* Trel.

De acuerdo con el artículo 85 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS, 2021), y el artículo 72 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (RLGDFS, 2020), este recurso forestal no maderable requiere autorización para el aprovechamiento, que deberá ser entregado a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), mediante un formato que contenga el nombre, denominación o razón social y domicilio del propietario o poseedor del predio o conjunto de predios y, en su caso, número de oficio de la autorización en materia de impacto ambiental. El procedimiento y requisitos para la autorización para el aprovechamiento de *Dasyllirion cedrosanum* Trel., se muestran en la Figura 1.

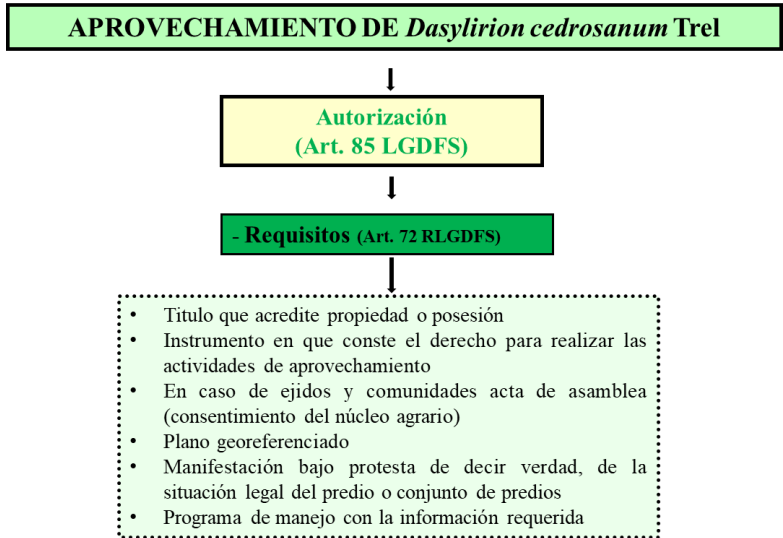


Figura 1. Requisitos que debe contener la autorización para el aprovechamiento de *Dasyliirion cedrosanum* Trel., en México.

2.2. Leyes vigentes

La legislación vigente que se describe a continuación regula el aprovechamiento *Dasyliirion cedrosanum* Trel.

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

Leyes y Reglamentos	Artículos
<p>Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (Reglamento de la LGDFS)</p> <p>Menciona los procedimientos y requisitos para las autorizaciones y avisos de aprovechamientos no maderables ante la Secretaría, quien resolverá las solicitudes de conformidad con lo dispuesto en la LGDFS y el presente Reglamento.</p>	<p>1, 2, 4, 12, 14, 18, 27, 30, 32, 33, 34, 38, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 98, 141, 164, 165 y 166.</p>
<p>Ley General de Vida Silvestre (LGVS)</p> <p>Legisla el aprovechamiento sustentable y conservación por parte de los propietarios de un predio, de la vida silvestre que se desarrolla libremente en su hábitat, incluyendo sus poblaciones menores e individuos que se encuentran bajo el control del hombre, así como las especies domésticas que, al quedar fuera de control del hombre, se establecen en el hábitat natural.</p>	<p>1, 3, 18, 19, 56, 83, 84 y 97.</p>
<p>Ley Agraria</p> <p>Estos artículos hacen mención a la personalidad jurídica de los núcleos de población ejidales o ejidos. Así como su</p>	<p>9, 10, 73, 116 y 119.</p>

Leyes y Reglamentos	Artículos
<p>organización económica y social para el aprovechamiento de las tierras de uso común.</p>	
<p>Ley Federal de Procedimiento Administrativo (LFPA)</p> <p>Menciona los actos, procedimientos y resoluciones administrativas de orden e interés públicos ante una Administración Pública Federal centralizada, sin perjuicio de lo dispuesto en los Tratados Internacionales de los que México sea parte. La Administración Pública Federal no podrá exigir más formalidades que las expresamente previstas en la ley. Se menciona de los requisitos de las promociones que realice el interesado o su representante legal.</p>	<p>1, 15, 15-A, 17-A, 19 y 43.</p>

Normas vigentes

Las Normas Oficiales Mexicanas vigentes que se describen a continuación regulan el aprovechamiento del *Dasyliiron cedrosanum* Trel.

NOM-005-SEMARNAT-1997

Norma Oficial Mexicana **NOM-005-SEMARNAT-1997** que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de corteza, tallos y plantas completas de vegetación forestal. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de abril de 2003.

Apartado	Especificaciones
Aprovechamiento	Para realizar el aprovechamiento de corteza, tallos y plantas completas de vegetación forestal, el dueño o poseedor del predio correspondiente, deberá presentar una notificación por escrito ante la Delegación Federal o Secretaría en la entidad federativa correspondiente, misma que podrá ser anual o por un periodo máximo de 5 años.
	El aprovechamiento de cogollos quedará sujeto a los siguientes criterios y especificaciones técnicas:

Apartado	Especificaciones
	<p>I. Sólo se podrán aprovechar plantas en la etapa de madurez de cosecha.</p> <p>II. Deberá dejarse distribuido uniformemente, en el área de aprovechamiento sin intervenir, como mínimo el 20% de las plantas en etapa de madurez de cosecha, para propiciar la regeneración por semillas;</p> <p>Cuando se aprovechen plantas completas de otras especies diferentes a las mencionadas en la presente Norma, el responsable técnico establecerá los criterios y especificaciones técnicas en la notificación respectiva.</p>
Del almacenamiento	<p>Los responsables de los centros de almacenamiento deberán:</p> <p>I. Solicitar la inscripción de los mismos en el Registro Forestal Nacional, acreditando su personalidad.</p> <p>II. Informar trimestralmente dentro de los primeros 10 días hábiles de los meses de abril, julio, octubre y enero</p>

Apartado	Especificaciones
	de cada año, a la Delegación Federal de la Secretaría en la entidad federativa correspondiente, sobre las entradas y salidas del producto durante el trimestre inmediato anterior.
Transporte	El transporte de corteza, tallos y plantas completas, desde el predio bajo aprovechamiento, hacia los centros de almacenamiento o de transformación, se realizará al amparo de remisión o factura comercial, expedida por el dueño o poseedor del recurso, o el responsable del centro de almacenamiento, siempre y cuando dicho producto se transporte en cualquier vehículo automotor.

NOM-152-SEMARNAT-2006

Norma Oficial Mexicana **NOM-152-SEMARNAT-2006**, que establece los lineamientos, criterios y especificaciones de los contenidos de los programas de manejo forestal para el aprovechamiento de recursos forestales maderables en bosques, selvas y vegetación de zonas áridas.

En el apartado 5 de la Norma, se describen los criterios y especificaciones de los contenidos de los programas de manejo,

así como en el apartado 6, se hace mención de la estructura para la presentación del programa de manejo.

Apartado	Especificaciones
Aprovechamiento no maderable	<p>Cuando se pretenda solicitar una autorización de aprovechamiento de Recursos Forestales No Maderables, para los recursos indicados en el artículo 85 de la Ley (LGDFS). De acuerdo con el artículo 72 del Reglamento (RLGDFS), las solicitudes 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. Asimismo, con la solicitud a que se refiere el presente artículo deberá presentarse un programa de manejo forestal (Artículo 72, fracción VI), con los requisitos que se establecen en el artículo 73 del Reglamento (RLGDFS).</p>

3. INVENTARIO FORESTAL CON FINES DE MANEJO

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

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

Los programas de manejo para el aprovechamiento forestal de esta especie no maderable requieren del uso de técnicas de muestreo que permitan la estimación de la estructura poblacional y existencias reales de acuerdo con las especificaciones que se mencionan en la NOM-152-SEMARNAT-2006.

Para el inventario de *Dasyllirion cedrosanum* Trel., se debe de entrar al contexto de las técnicas de muestreo para la evaluación de las poblaciones naturales de la especie, es necesario enfatizar primero los conceptos de catastro y división

dasocrática. Donde en el primer concepto se busca recabar toda la información necesaria acerca de un área o superficie de estudio conjuntando la documentación legal y planos geográficos para ubicarla en un espacio municipal, regional, estatal y nacional. Este procedimiento conlleva al análisis espacial de los vértices, linderos, superficies con apoyo de un Sistema de Información Geográfica (SIG), con reconocimiento en campo, si es necesario, para finalmente elaborar la cartografía temática del área de estudio. Por otra parte, el término de división dasocrática hace referencia a una unidad mínima de manejo que bien puede ser un rodal o un subrodal, entendiéndose a éstos como el área definida por características permanentes como el suelo, pendiente, parteaguas y arroyos. El rodal es la unidad básica de manejo y sobre todo de seguimiento a las variables forestales a través del tiempo y como tal, debe ser permanente a través de los ciclos de corta sucesivos, aun cuando haya cambios en la vegetación, tal como se establece en la NOM-152-SEMARNAT-2006.

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

Por la forma de crecimiento de los individuos y la aplicabilidad que representa el muestreo sistemático en la evaluación de especies de zonas áridas y semiáridas, al representar menor costo y ser el de menor grado de dificultad comparado con el

resto de técnicas de muestreo, en este manual se recomienda utilizar la siguiente metodología de muestreo para *Dasyliiron cedrosanum* Trel:

- 1. Diseño de muestreo.** Un muestreo sistemático con base en cuadrículas o grillas (a nivel predial o de unidad mínima de manejo). El procedimiento que generalmente se emplea es el siguiente: 1) en la cartografía elaborada para el área de estudio y con apoyo de sistemas de información geográfica, se genera una malla de puntos regulares (cuadrículas o grillas) distribuidos a una distancia prefijada por el responsable de la planeación del muestreo considerando las características fisiográficas y topográficas del terreno.
- 2. Número total de sitios a muestrear.** Dado que se tienen los puntos de muestreo definidos en el apartado anterior, el responsable de realizar el muestreo definirá el número de sitios a muestrear que servirá como un pre-muestreo para obtener los parámetros y estimadores que nos permitan determinar el tamaño de muestra en la fórmula o ecuación, tomando en cuenta que la normatividad requiere una confiabilidad mínima del 95% y un error de muestreo máximo de 10%.
- 3. Forma de los sitios.** La forma de los sitios recomendada es circular por poseer ésta figura geométrica la conjunción de dos criterios básicos de muestreo: por un lado, la relación perímetro-superficie del sitio es mínima; de este modo, se consigue reducir los problemas que se presentan en los bordes de las

parcelas para determinar si una planta debe ser incluido o no; por otro lado, el número de puntos de referencia (centro o esquinas) del sitio debe reducirse siempre y cuando esto no suponga un inconveniente para su replanteo (Gadow y Hui, 1999).

4. **Tamaño de los sitios expresados en metros cuadrados.** Las dimensiones de los sitios circulares recomendadas son 500 m^2 (radio = 12.6157 m) o de 1000 m^2 (radio = 17.8412 m). Entre más pequeño sea un sitio, más fácil y precisa será su delimitación.
5. **Intensidad de muestreo en porcentaje.** La intensidad o fracción de muestreo es la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total. Normalmente, en inventarios forestales se han utilizado intensidades de muestreo del orden de 1%, 0.5% y 0.1%, dependiendo de varios factores; superficie por inventariar, factores económicos, precisión requerida, etcétera. Por ello, podemos definir la intensidad de muestreo de acuerdo a la precisión con la que deseamos medir las características de la población de estudio y el costo que esto conlleva, recomendándose en base a la experiencia de los autores una intensidad de muestreo mayor de 1% y hasta el 3%.
6. **Información a medir.** En cada uno de los sitios se medirán las siguientes variables: Diámetro de cobertura Norte-Sur (D_{NS} , cm) y Diámetro de cobertura Este-Oeste (D_{EO} cm) y Altura total (H, cm). En gabinete se obtendrá el diámetro promedio de cada una de las

plantas evaluadas. Empleando la ecuación alométrica generada en el presente documento, se sustituye el valor de las variables indicadas y se obtiene el volumen o biomasa por individuo, por sitio o hectárea. Para ello, en el caso de estimaciones de biomasa o volumen promedio por sitio, se realiza la sumatoria de la biomasa o volumen total de cada sitio y se divide entre el número de ellos. Para estimaciones de biomasa o volumen promedio por hectárea ($\text{Ha}^{-1} = 10,000 \text{ m}^2$), el volumen o biomasa promedio por sitio se multiplica por un factor de superficie que depende del tamaño del sitio y se obtiene el correspondiente a una hectárea (Berlanga *et al.*, 1992).

4. MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO

En el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas de zonas áridas y semiáridas, es indispensable el desarrollo de métodos confiables que ayuden a cuantificar el estado en el que se encuentran las especies forestales no maderables, para conocer aspectos de geografía, ecología, reproducción, conservación y protección de las poblaciones naturales de dichas especies. Las siguientes mejores prácticas se realizaron con base al diagnóstico de cómo se aprovecha actualmente la especie de *Dasyllirion cedrosanum* Trel., en los estados de Coahuila y Durango, dentro del proyecto “Mejores prácticas de manejo y generación de tablas de volumen y biomasa para las principales especies forestales no maderables de importancia económica en los ecosistemas áridos y semiáridos de México” y estas son propuestas por el grupo de investigadores de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y el Instituto Tecnológico de El Salto (ITES).

4.1. Mejoras en las técnicas de aprovechamiento de la especie

El sotol es una planta de la cual se aprovecha la piña o cabeza para la elaboración del sotol, la especie se aprovecha todo el año. Sin embargo, de acuerdo con testimonios de algunos

productores la mejor época del año para aprovechamiento de la piña del sotol es durante el invierno, puesto que es en esta temporada cuando la piña presenta mayor concentración de azúcar, lo que eleva la calidad y rendimiento para la producción del sotol de las piñas colectadas. Algunas actividades complementarias que se sugieren aplicar durante el aprovechamiento para maximizar el uso del recurso y contribuir a la sostenibilidad son:

- Se sugiere tomar como turno técnico el peso de la piña, puesto que cuando éstas rondan los 20 kg de peso se encuentran en un punto óptimo en cuanto a la concentración de azúcares, situación que es ideal para la fabricación de las bebidas alcohólicas.
- Se recomienda dar un uso alternativo a los residuos del aprovechamiento de la piña del sotol, tal como pueden ser las artesanías con hojas y el escapo de las plantas. Una alternativa para la obtención de mayores recursos a partir del aprovechamiento del sotol es la propagación y preparación de plántulas de sotol para la venta con fines ornamentales.

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

Las extracciones de sotol en ambos estados se tienen que desarrollar siguiendo un programa de manejo, así como la adopción de técnicas adecuadas para su aprovechamiento. Así mismo, se sugiere la capacitación de los productores con el fin

de promocionar la certificación y registro de marcas, que brinden seguridad y valor agregado al producto final.

- Se recomienda realizar la separación de la piña con una coa especial para jimar, puesto que el hacha u otras herramientas podrían dañar las piñas, además de que el hacha es más pesada y difícil de maniobrar, esto permitirá no afectar la raíz para asegurar la regeneración natural emergiendo una nueva planta del sistema radical.
- Se recomienda la implementación de proyectos dirigidos a la manufactura de la materia prima por parte de los productores, como lo son las vinatas artesanales, lo que sin duda podrá elevar la cantidad de trabajo y nivel de ingresos para los productores.
- Implementar o reforzar las cadenas productivas para la elaboración de productos artesanales con los residuos derivados de la extracción de la piña, como lo pueden ser: Cestos o canastos tejidos con hoja verde, escobas rústicas con las hojas secas, bastones con el escapo, tejidos de hoja para techo en palapas y sustrato con los residuos de la molienda de las piñas (con un tratamiento previo de neutralización del pH).
- La exploración de nuevos canales de comercialización para el producto principal derivado del sotol, puesto que este se encuentra en competencia directa con otras bebidas alcohólicas como lo es el bacanora, tequila y mezcal, por lo que el diseño de adecuadas campañas de

mercadotecnia y estrategias de difusión del producto son claves para la conquista de nuevos mercados y un mayor número de consumidores.

4.3. Reforestaciones con fines de enriquecimiento de rodales

En las áreas con aprovechamiento del sotol se ha observado la regeneración natural del recurso, sin embargo, este es un proceso lento por naturaleza y dado que estas áreas no cuentan con un programa de ordenamiento del territorio, dichas superficies se encuentran abiertas al pastoreo, lo que dificulta aún más el éxito de la regeneración natural del sotol. Así mismo, existe poca información en cuanto a la regeneración, propagación y uso del sotol como materia prima para reforestaciones ya sea con fines económicos, culturales o ecológicos, siendo que la propagación *in vitro* de esta especie a partir de tejidos y uso de técnicas biotecnológicas, es el único avance en esta materia. Para el establecimiento de reforestaciones con fines de enriquecimiento de rodales de *Dasyliirion cedrosanum* Trel., se ha realizado una serie de recomendaciones prácticas que aseguran un mejor resultado de las mismas y que pueden ser aplicadas en cualquier condición favorable de la especie (Castillo *et al.*, 2005; Castillo *et al.*, 2012), por lo que, se recomienda su uso, seguimiento y aplicación de acuerdo con los mapas de distribución potencial mostrados en el presente documento, que indican los lugares

con mayor idoneidad climática para el desarrollo de la especie. Estos lugares poseen suelos regularmente poco profundos, lomeríos pedregosos con pendientes suaves o bien suelos planos ligeramente pedregosos con buenas condiciones de drenaje y libres de salinidad. Los pasos a seguir para la reforestación con fines de enriquecimiento de rodales de *Dasyllirion cedrosanum* Trel., se describen a continuación:

- 1. Selección de material para la reforestación:** para lograr que la planta sobreviva en campo, se recomienda extraer las semillas de los individuos con buenas características fenotípicas del área de aprovechamiento, asegurando así la resistencia en campo de la misma. El sotol es una planta perenne, de reproducción por semilla de origen sexual. Desde la germinación hasta la primera floración, al contrario de lo que ocurre con el agave, las plantas de sotol continúan vivas después de la floración, lo que permite que ocurra un número indeterminado de veces durante su ciclo de vida. Su función reproductiva requiere la presencia de plantas pistiladas y estaminadas, lo cual hace que la reproducción cruzada sea obligada (Figura 2).
- 2. Preparación del terreno:** Esta actividad asegura una gran parte del éxito esperado en el establecimiento de la reforestación por lo que se recomienda: sí el lugar de establecimiento fuera inclinado o presentara pendientes ligeras, realizar la reforestación en línea a una zanja bordo con terraza individual, realizar cajete o media luna opuesta a la pendiente con el fin de asegurar la

captación de agua. Si el lugar de establecimiento fuera casi plano se recomienda realizar obras de subsuelo como el barbecho, rastreo y surcos a nivel, ubicando la planta aguas arriba del surco. Realizar un barbecho y rastreo en el terreno, favorece el crecimiento y desarrollo de la planta; dichas acciones contribuyen a elevar la producción de fibra y reducir el turno técnico (Castillo *et al.*, 2005; Berlanga *et al.*, 1992).

3. **Densidad de reforestación:** en este punto es importante optimizar el espacio de producción para que las plantas crezcan a su máximo potencial, y para que ocupen el sitio de manera óptima, la distancia de plantación recomendada será de 1.5 metros entre plantas, buscando al menos una densidad de plantación de 4500 plantas por hectárea.
4. **Establecimiento de la reforestación:** Antes de establecer la planta en campo, se sugiere elaborar terrazas individuales a cada planta para la colecta de humedad, así como el procedimiento de cepa común. Se extrae la planta de la bolsa, cortando la bolsa con un cutter o navaja filosa, y colocando la planta con mucho cuidado en la cepa. Posteriormente aplicar un riego. O realizar la plantación durante la temporada de lluvias.
5. **Labores culturales (Riegos, fertilización y deshierbe).** La fertilización es recomendable hacerla aplicando nitrógeno y fósforo para mantener sana a la planta. La dosis de fertilización es recomendable consultarla posterior a un análisis de fertilidad de

suelos. Si es posible realizar riegos, estos deben realizarse durante la época de sequía entre los meses de febrero y julio. Al menos dos riegos por año.

6. **Control de plagas y enfermedades.** Es importante estar en constante monitoreo de las plantas de sotol, para evitar que pudieran enfermarse o generar umbrales riesgosos de plagas. En caso de la presencia de alguna plaga o enfermedad será muy importante atenderla, consultando a técnicos especializados en el control de plagas y enfermedades agrícolas.
7. **Mantenimiento de la reforestación.** En los primeros años, será importante realizar reposición de planta, y durante el crecimiento de la reforestación es importante, continuar con las labores culturales para que la reforestación se mantenga sana.

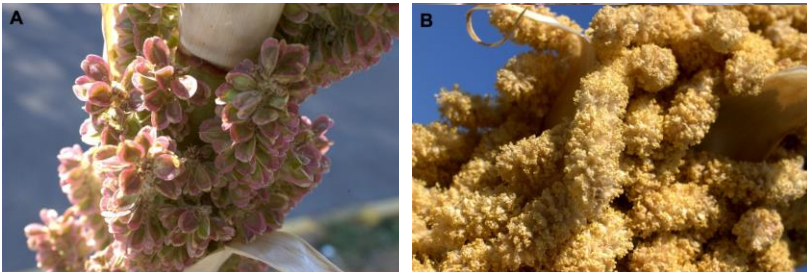


Figura 2. Flores unisexuales de *Dasyliirion cedrosanum* Trel. A. Flores pistiladas. B. Flores estaminadas (Reyes-Valdés *et al.*, 2012).

5. ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE BIOMASA

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

El muestreo utilizado para el desarrollo de las ecuaciones alométricas de biomasa consistió en seleccionar aleatoriamente 150 individuos por estado (un total de 300 individuos por los dos estados), los cuales fueron muestreados considerando sus dimensiones estructurales (altura de la planta y diámetros de cobertura) siguiendo una distribución uniforme; es decir tratando que fuera la misma cantidad de individuos en todas las categorías de diámetro de cobertura y altura. Para cada individuo se midieron en pie la altura total (H, cm) y el diámetro de la cobertura (DC, cm). Una vez derribados, se separaron las siguientes fracciones de biomasa: piña, pencas verdes y pencas secas. Cada fracción se pesó en verde utilizando una báscula con una precisión de ± 1 g (ver Figuras 3 y 4). Para el desarrollo de las ecuaciones se probaron diferentes combinaciones de variables predictivas o

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

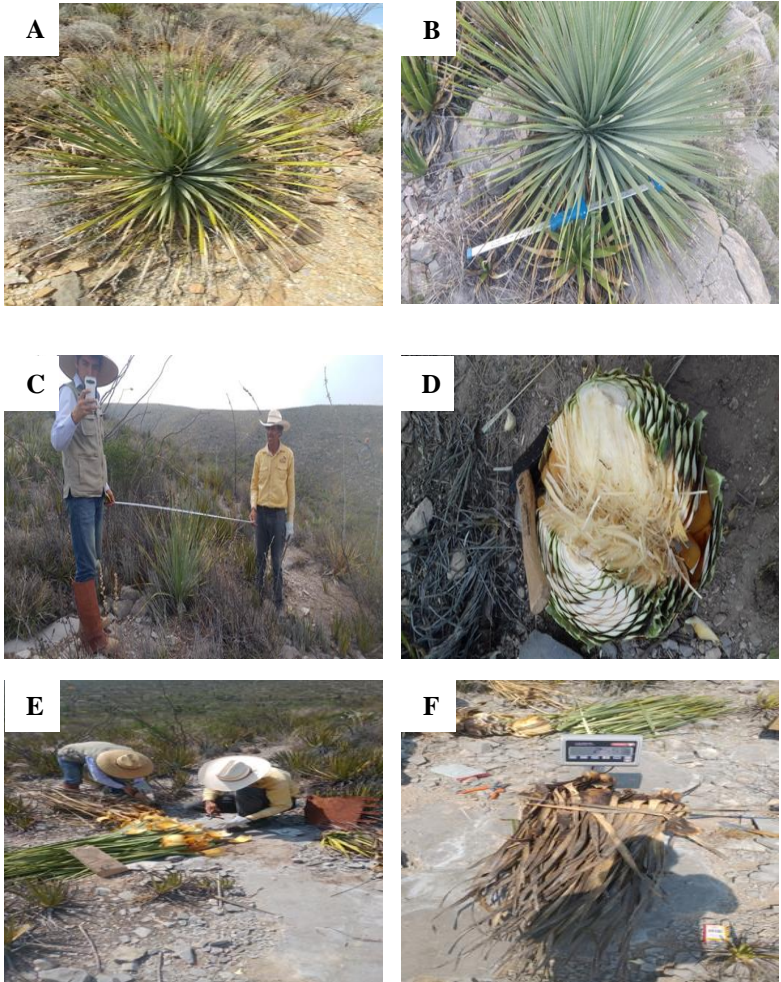


Figura 3. Muestreo realizado en el estado de Coahuila. A) Planta completa muestreada, B) Ubicación de la planta, C) Medición de cobertura, D) Piñal verde, E) Separación de los componentes y F) Pesado de los componentes.

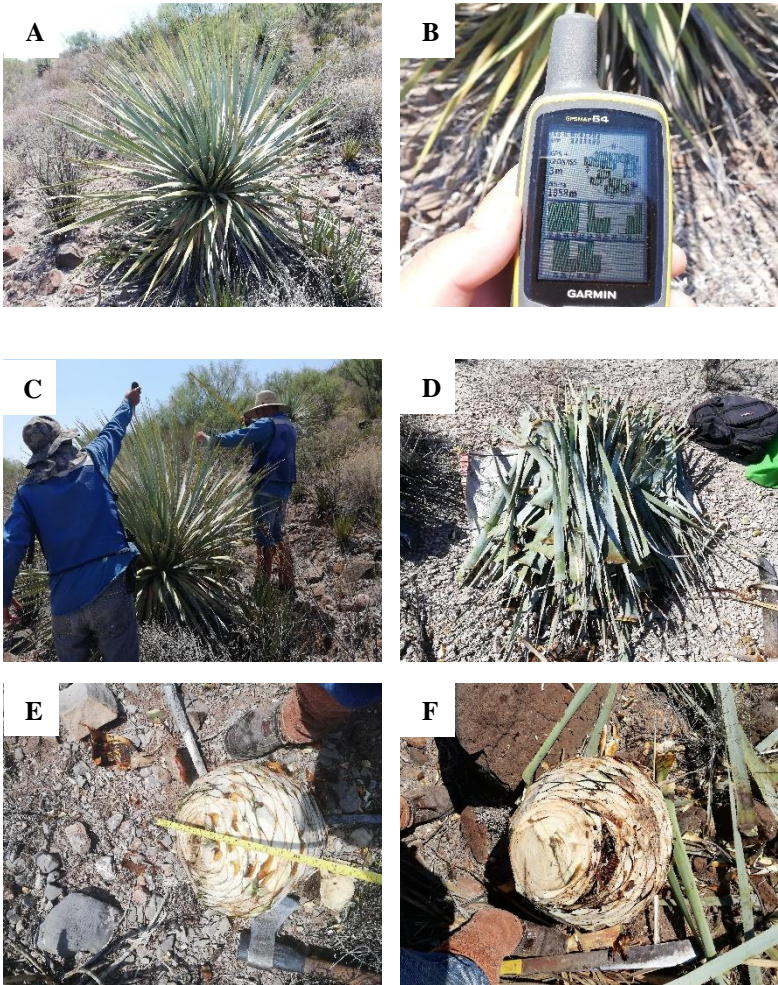


Figura 4. Muestreo realizado en el estado de Durango. A) Planta completa muestreada, B) Ubicación de la planta, C) Medición de cobertura, D) Separación de los componentes, E) Medición de la piña y F) Pesado de los componentes.

5.1. Ecuaciones por estado

Para el estado de Coahuila

En el Cuadro 1 se muestran las estadísticas descriptivas por componente (piña y penca verde) de los individuos muestreados para desarrollar las ecuaciones alométricas para la estimación de la biomasa por componente y/o total de la planta en el estado de Coahuila. En la Figura 5, se muestra la distribución de las dimensiones de la cobertura y la altura de las plantas muestreadas.

Cuadro 1. Resumen descriptivo de la muestra de *Dasyllirion cedrosanum* Trel., colectada en el estado de Coahuila.

Variable	No. Obs	Media	Std	Min.	Max.
<i>DC (cm)</i>	150	136.97	51.90	18.5	272.5
<i>H(cm)</i>	150	100.76	29.92	16.0	178.0
<i>Piña verde (kg)</i>	150	6.979	9.429	0.012	59.9
<i>Penca verde (kg)</i>	150	3.642	3.858	0.004	16.5
<i>Peso total (kg)</i>	150	10.622	13.017	0.019	76.5

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

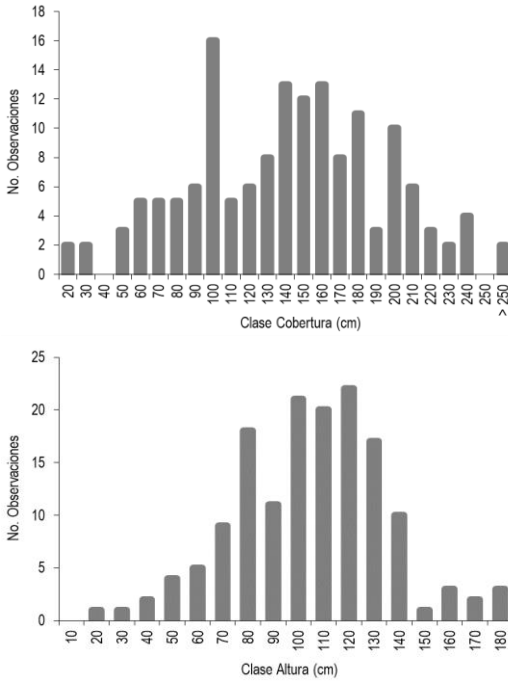


Figura 5. Distribución de la cobertura y altura de las plantas muestra en el estado de Coahuila.

Las expresiones matemáticas, la estimación de los parámetros y los estadísticos de ajuste de las ecuaciones alométricas aditivas desarrolladas para estimación de peso verde por componente y total de *Dasyliro cedrosanum* Trel., en el estado de Coahuila se muestra en los Cuadros 2 y 3.

Cuadro 2. Ecuaciones alométricas desarrolladas para la estimación del peso verde por componente y peso total de *Dasyllirion cedrosanum* Trel., en el estado de Coahuila.

Componente	Modelo	No.
Piña verde	$W_C = \exp (b_0 + b_1 \ln(DC * H))$	(1)
Penca verde	$W_l = \exp (b_2 + b_3 \ln(DC * H))$	(2)
Peso total	$W_t = \exp(b_0 + b_1 \ln(DC * H))$ $+ \exp (b_2$ $+ b_3 \ln(DC * H))$	(3)

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

Cuadro 3. Estimación de los parámetros, contrastes de significación aproximados, y estadísticos de bondad de ajuste para las ecuaciones alométricas desarrolladas para la estimación de peso verde por componente y total de *Dasyllirion cedrosanum* Trel., en el estado de Coahuila.

Componente	Parámetro	Estimación	Error estándar aprox.	t	Prob.		
					Aprox	R ² REMC (kg) > t	
Piña verde	b ₀	-17.1364	0.4854	-35.31	<.0001	0.71	3.9011
	b ₁	1.928293	0.0496	38.88	<.0001		
Penca verde	b ₂	-15.5058	0.5812	-26.68	<.0001	0.74	1.7814
	b ₃	1.711683	0.0591	28.98	<.0001		
Peso total						0.74	5.3737

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

Para el estado de Durango

En el Cuadro 4 se muestran las estadísticas descriptivas por componente (piña y penca verde) de los individuos muestreados para desarrollar las ecuaciones alométricas para la estimación de la biomasa por componente y/o total de la planta en el estado de Durango. En la Figura 6, se muestra la distribución de las dimensiones de la cobertura y la altura de las plantas muestreadas.

Cuadro 4. Resumen descriptivo de la muestra de *Dasyllirion cedrosanum* Trel., colectada en el estado de Durango.

Variable	No. Obs	Media	Std.	Min.	Max.
<i>DC (cm)</i>	150	165.59	42.88	50.50	265.50
<i>H (cm)</i>	150	143.45	28.89	57.00	230.00
<i>Piña verde (kg)</i>	150	15.82	9.66	1.40	57.00
<i>Penca verde (kg)</i>	150	6.45	3.93	0.70	24.30
<i>Total verde (kg)</i>	150	22.27	12.54	2.35	77.70

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

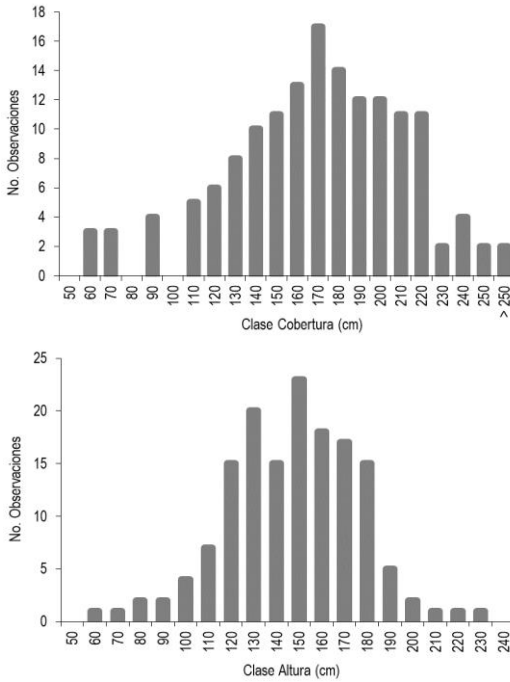


Figura 6. Distribución de la cobertura y altura de las plantas muestra en el estado de Durango.

Las expresiones matemáticas, la estimación de los parámetros y los estadísticos de ajuste de las ecuaciones alométricas aditivas desarrolladas para estimación de peso verde por componente y total de *Dasyliirion cedrosanum* Trel., en el estado de Durango se muestra en los Cuadros 5 y 6.

Cuadro 5. Ecuaciones alométricas desarrolladas para la estimación del peso verde por componente y peso total de *Dasyllirion cedrosanum* Trel., en el estado de Durango.

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

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

Cuadro 6. Estimación de los parámetros, contrastes de significación aproximados, y estadísticos de bondad de ajuste para las ecuaciones alométricas desarrolladas para la estimación de peso verde por componente y total de *Dasyllirion cedrosanum* Trel., en el estado de Durango.

Componente	Parámetro	Estimación	Error estándar	t	Prob.		
					Aprox	R ² REMC (kg)	
> t							
Piña verde	b ₀	-6.7006	0.8395	-8	<.0001	0.60	3.7971
	b ₁	0.924838	0.0814	11.4	<.0001		
Penca verde	b ₂	-8.09155	8.91E-01	-9.1	<.0001	0.62	2.145
	b ₃	1.93008	0.1681	11.5	<.0001		
Peso total						0.71	4.71

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

Ejemplo práctico de la aplicación de las ecuaciones alométricas:

Para estimar la biomasa por componente (piña o penca verde) del *Dasyllirion cedrosanum* Trel., en el estado de Durango, sería como se explica a continuación. Supongamos que un sotol tiene una altura total (H) de 80 cm y una cobertura (DC) de 120 cm; y si quisiéramos saber el volumen de la piña, se aplicaría la ecuación del componente piña verde, como se muestra de la siguiente manera:

Información dasométrica: $H=80 \text{ cm}$; $DC= 120 \text{ cm}$

Ecuación para estimar la biomasa de la piña verde:

$W_C = \exp(b_0 + b_1 \ln(DCH))$, se sustituyen las variables con los valores del Cuadro 6 para el caso del estado de Durango;

$$W_C = \exp(-6.7006 + 0.924838 \ln((120)(80)))$$

$W_C = 5.92 \text{ kg}$; de biomasa de la piña verde dadas esas condiciones de la planta.

En el Cuadro 7 se muestra los predios por Estado donde se llevó a cabo el muestreo.

Cuadro 7. Municipios y predios en donde se llevó a cabo el muestreo en los estados de Coahuila y Durango.

Estado	Municipio	Predio	
Coahuila	Ramos Arizpe	Ejido Cosme	
	Cuatro Ciénegas	Estación Bajan	
	General Cepeda		Ejido Pilar De Richardson
			N.C.P.A. Sierra De Paila
	Parras		Ejido Estación Marte
			La Florida (Ojo De Agua)
	Saltillo		Candelaria de los Yeguales
		Tanque Nuevo	
Durango	Cuencamé	Tanque de Emergencia	
		Ejido Puebla	
		Las Mercedes	
		12 de diciembre	
	Durango	Durango	Pasaje
			Gral. Severino Ceniceros
			E. Severino Ceniceros
		Gral. Simón Bolívar	Velardeña y Anexos
			1 de mayo
			Héroes de Nacozari
Mezquital	Durango	Ej. Antonio Gaxiola	
		La Boca del Mezquital	
	Gral. Simón Bolívar	Pino Suarez	
		Independencia y Libertad	
Mezquital		Tomas Urbina	
		Valle Florido	
Mezquital		Nicolás Romero	
		Ej. José Isabel Robles	
Mezquital		Oriente Aguanaval	
		Santa María De Ocotán y Xoconoxtle	

Estado	Municipio	Predio
		Troncón y Agua Zarca
	Nazas	Eufemio Zapata J. Gpe. RD.
	Nombre de Dios	Ej. Nombre de Dios San Fco. de Malpaís Ej. 18 de agosto San Fco. del Manzanal PP. El venado (Fauto) San José de Acevedo Narciso Mendoza
	Peñón Blanco	Peñón Blanco Ignacio Zaragoza
	Poanas	Ej. Veracruz
	Rodeo	Los Amoles
	San Juan de Guadalupe	Santo Niño Fracción Oriente San José de los Barrones Agua Nueva
	Simón Bolívar	18 de marzo EJ. José Isabel Robles
	San Luis del Cordero	San Luis del Cordero
	Tlahualilo	N.C.P.A. Nuevo San Pedro

6. MAPAS DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA ESPECIE

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

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

La Figura 7 muestra el mapa del área de distribución potencial de *Dasyllirion cedrosanum* Trel., el cual fue construido por los autores de este documento utilizando variables bioclimáticas como predictores, lo que resulta en áreas que son climáticamente adecuadas para el desarrollo la especie. El mapa cuenta con una escala de idoneidad que va desde 0 a 1 (cero es inexistencia de condiciones adecuadas para la especie y 1 es presencia de condiciones óptimas). Posteriormente, se reclasificaron estos valores mediante el procedimiento estadístico de Método de Cuantiles Relativos (INEGI, 2010), para obtener las regiones de clases de idoneidad ambiental de potencial Bajo, Media y Alta. Entendiéndose por “Alta” aquellas áreas donde existen las mejores condiciones climáticas para la especie.

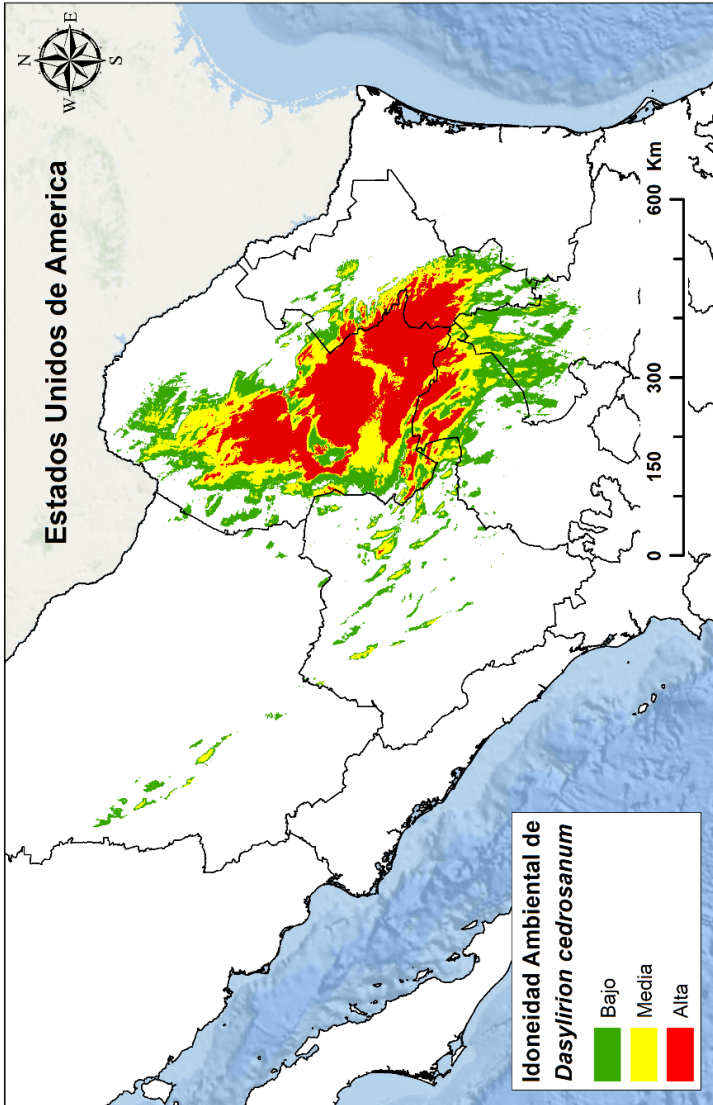


Figura 7. Clases de idoneidad ambiental para *Dasyliiron cedrosanum* Trel., generadas a partir de modelos de distribución potencial.

7. CONCLUSIONES.

A pesar de que el aprovechamiento de *Dasyilirion cedrosanum* Trel., se basa en un programa de manejo no se asegura la persistencia de la especie y, por tanto, el desarrollo de nuevas prácticas en el aprovechamiento de este recurso es una tarea que debe ser fomentada. La aplicación de mejoras a las actuales prácticas de manejo y aprovechamiento de *Dasyilirion cedrosanum* Trel., son un aspecto esencial para asegurar la permanencia del recurso en el mediano y largo plazo. Además, la ejecución de dichas prácticas garantiza de alguna forma la mejora de las condiciones actuales tanto de los ecosistemas y de los productores forestales no maderables. Las ecuaciones alométricas de biomasa de *Dasyilirion cedrosanum* Trel., generadas por estado, constituyen una herramienta útil para estimar con precisión la biomasa verde de la especie la autorización para su aprovechamiento, asegurando un menor sesgo en las estimaciones totales. El mapa de distribución potencial del *Dasyilirion cedrosanum* Trel., presentado en este documento representa un esquema gráfico de áreas o regiones con diferente grado de potencial productivo, para el establecimiento de áreas de conservación y programas de reforestación de la especie.

8. BIBLIOGRAFÍA.

- Berlanga R., C. A., L. A. González L. y H. Franco L. 1992. Metodología para la evaluación y manejo de lechuguilla en condiciones naturales. Campo Experimental "La Saucedá". CIRNE. INIFAP. Folleto Técnico Núm. 1. Saltillo, Coahuila, México. 22 p.
- Cano P., A., O. U. Martínez B., C. A. Berlanga R., E. E. Villavicencio G. y D. Castillo Q. 2011. Guía para la evaluación de existencias de sotol (*Dasyilirion cedrosanum* Trel.) en poblaciones naturales del Estado de Coahuila. Campo Experimental Saltillo. CIRNE. INIFAP. Folleto Técnico No. 43. 29 p.
- Colunga-García M. P., D. Zizumbo-Villareal y J. Martínez-Torres. 2007. Tradiciones en el aprovechamiento de los agaves mexicanos: una aportación a la protección legal y conservación de su diversidad biológica y cultural. 229-248.
- Francisco-Francisco, N., H. T. García-Osuna, A. Benavides-Mendoza, A. Hernández-Juárez y F. Ramírez-Godina. 2016. Morfología y anatomía foliar de *Dasyilirion cedrosanum* en diferentes etapas de desarrollo. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 7(7): 1679-1687.
- Gadow, K. and Hui, G. 1999. Modelling forest development (Vol. 57). Springer Science & Business Media.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. Nota técnica: Estratificación univariada. 17 p.
- Leal-Nares. O., M. E. Mendoza, D. Pérez, D. Geneletti, E. López y E. Carranza. 2012. Distribución potencial del *Pinus martinzii*: un modelo espacial basado en conocimiento ecológico y análisis multicriterio. Revista Mexicana de Biodiversidad, 83: 1152-1170.
- LGDFS. 2021. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la
- López B. L. A. 2005. El sotol en Coahuila, potencialidades y limitaciones. Capítulo 3. In: Contreras D., C. e I. Ortega R. 2005. Bebidas y Regiones: Historia e impacto de la cultura etílica en México. Plaza y Valdés, S.A de C.V. 200p.
- Madrigal Collazo, A. 1994. Ordenación de montes arbolados.

- Melgoza C., A. y J. S. Sierra. 2003. Contribución al conocimiento y distribución de las especies de *Dasyllirion spp.* (sotol) en Chihuahua, México. *Revista Ciencia Forestal en México*, 28(93): 25-40.
- Meza-Rangel, E., F. Tafoya, R. Lindig-Cisneros, J. J. Sigala-Rodríguez, E. Pérez-Molphe-Balch. 2014. Distribución actual y potencial de las cactáceas *Ferocactus histrix*, *Mammillaria bombycina* y *M. perezdelarosae* en el estado de Aguascalientes, México. *Acta Botánica Mexicana*, 108: 67-80.
- Ornelas, I.P. 2004. Monografía del sotol "*Dasyllirion spp.*". Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson y R. E. Schapired. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190: 231-259.
- Reyes-Valdez, M. Humberto y Benavides-Mendoza, A. Ramírez, Homero & Villarreal-Quintanilla, J.A. 2012. Biología e importancia del sotol (*Dasyllirion spp.*). Parte I: sistemática, genética y reproducción. *Planta (Revista de Difusión del Departamento de Botánica de la FCB de la UANL, México)*. 7. 11-13.
- RLGDFS. 2020 reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. *Diario Oficial de la Federación*. Última reforma publicada 09-12-2020.
- SAS Institute. 2009. SAS Proprietary Software Version 9.3. SAS Institute, Cary, NC.

9. GLOSARIO

Dioecia. Fenómeno que presentan las plantas con flores unisexuales en las que las femeninas y las masculinas se encuentran dispuestas sobre distintos individuos o pies de planta.

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

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

Flores pistiladas. Dícese de las flores femeninas o flores hembras. Son las que tienen un pistilo funcional capaz de producir semillas, pero o no tiene estambres o tienen estambres con anteras que son incapaces de producir polen.

Flores estaminadas. Dícese de las flores masculinas o flores macho. Son flores que tienen estambres funcionales, capaces de producir polen, pero no tienen ovario, o tienen un ovario que no es fértil.

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

Norma Oficial Mexicana. La regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes, que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas

relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación.

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

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

10. SIGLAS Y ACRÓNIMOS

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



Fondo
CONACYT
CONAFOR

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



CONAFOR

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL



CONACYT

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología