



Fondo  
**CONACYT**  
**CONAFOR**



**inifap**  
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

## Mejores prácticas de manejo y ecuaciones alométricas de biomasa de *Agave angustifolia* Haw., en los estados de Sonora y Guerrero



## 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 Serrano<sup>1</sup>, M.C. Adrián Hernández Ramos<sup>2</sup>, Dr. Jorge Méndez González<sup>3</sup>, Dr. Martín Martínez Salvador<sup>4</sup>, Dr. Oscar Aguirre Calderón<sup>5</sup>, Dr. Benedicto Vargas Larreta<sup>6</sup> y Dr. José Javier Corral Rivas<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), <sup>3</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), <sup>4</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) y <sup>5</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), <sup>6</sup>Instituto 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 *Agave angustifolia* Haw., en los estados de Sonora y Guerrero. 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 *Agave angustifolia* Haw., por ser una fuente para la elaboración de bebidas alcohólicas como el bacanora y mezcal, 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 *Agave angustifolia* Haw., en los estados de Sonora y Guerrero”, 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 del <i>Agave angustifolia</i> Haw .....	8
2.2. Leyes y Normas.....	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. ....	24
4.3. Reforestaciones con fines de enriquecimiento de rodales.....	26
5. ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE BIOMASA .....	29
5.1. Ecuaciones por estado .....	33
6. MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA ESPECIE.....	44
7. CONCLUSIONES.....	47
8. BIBLIOGRAFÍA.....	49
9. GLOSARIO .....	51
10. SIGLAS Y ACRÓNIMOS .....	53

## 1. INTRODUCCIÓN

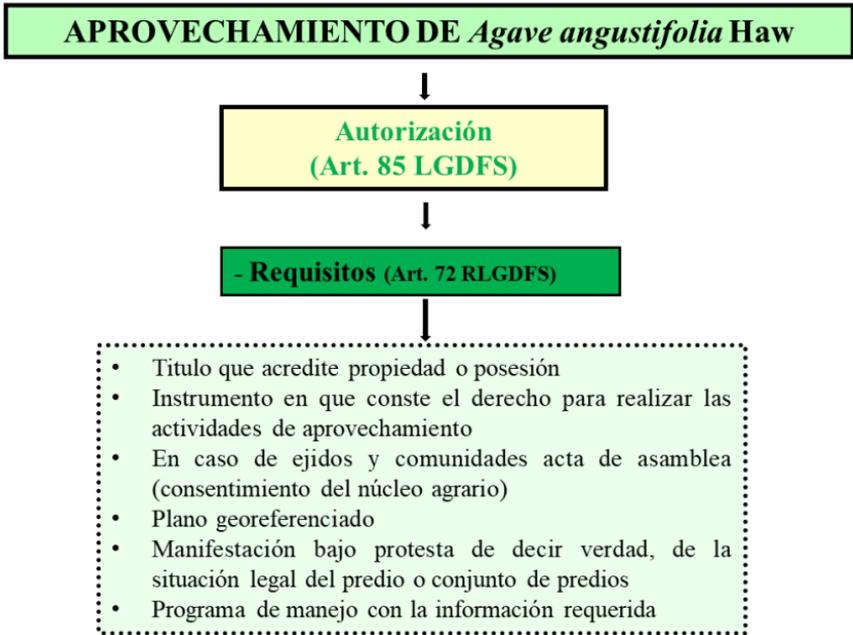
El agave es una planta perenne que se caracteriza por tener hojas suculentas y alargadas, montadas en espiral sobre un tallo corto formando una roseta. De las 200 especies que existen en América, 150 son nativas de México y desde la época prehispánica han sido utilizadas como fuente de alimentación, obtención de bebidas, algunas estructuras de la planta se usaban en la construcción, en rituales espirituales, como forraje y para extraer fibras (Gentry, 1982). El uso más tradicional que se le ha dado a los agaves en México, es para la obtención de bebidas alcohólicas y la elaboración de alimentos por sus altas concentraciones de inulina (Gentry, 1982; López *et al.*, 2003; Sánchez-Teyer *et al.*, 2009; Saldívar-Esparza, 2007; Berumen-Barbosa, 2009; Ravenscroft *et al.*, 2009, Urías-Silvas *et al.*, 2008). La especie de *Agave angustifolia* Haw., cuenta con una distribución en gran parte del territorio nacional (norte-sur). Específicamente en el estado de Sonora, esta especie de agave recibe el nombre de bacanora, y se utiliza principalmente para elaborar una bebida alcohólica tradicional llamada “bacanora”, cuyo nombre proviene de la localidad donde se produjo originalmente (Bacanora, Sonora). El bacanora cuenta con denominación de origen para 35 municipios del estado de Sonora (48% aproximadamente) ubicados en la región centro y sureste del estado (Salazar y Mungaray, 2009). En el estado de Guerrero, se emplea la misma especie para la elaboración de mezcal y recibe el nombre de maguey espadín o “sacatoro”. En ambos estados, la materia prima para la elaboración de estas bebidas proviene principalmente de las poblaciones silvestres

y la irregularidad del aprovechamiento del *Agave angustifolia* Haw., ha limitado que la producción del bacanora y mezcal se consolide como una actividad económica formal, al mismo tiempo existe un deterioro de las poblaciones silvestres de *Agave angustifolia* Haw.

## 2. LEGISLACIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO FORESTAL DE LA ESPECIE

### 2.1. Procedimientos legales para la autorización del aprovechamiento forestal no maderable del *Agave angustifolia* Haw

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 de una autorización de aprovechamiento, que se obtiene mediante solicitud que se presenta ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), mediante un formato que contenga el nombre, denominación o razón social y domicilio del propietario o poseedor del predio o conjunto de predios y, en su caso, número de oficio de la autorización en materia de impacto ambiental. El procedimiento y requisitos para la autorización del aprovechamiento de *Agave angustifolia* Haw., se muestran en la Figura 1.



**Figura 1.** Requisitos que debe contener solicitud para obtener la autorización para el aprovechamiento de *Agave angustifolia* Haw., en México.

## 2.2. Leyes y Normas

### Leyes vigentes

La legislación vigente que se describe a continuación regula el aprovechamiento del *Agave angustifolia* Haw.

Leyes y Reglamentos	Artículos
<p><b>Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)</b>            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><b>Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)</b>            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><b>Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (Reglamento de la LGDFS)</b></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><b>Ley General de Vida Silvestre (LGVS)</b></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><b>Ley Agraria</b></p> <p>Estos artículos hacen mención a la personalidad jurídica de los núcleos de población ejidales o ejidos. Así como su organización económica y social para el aprovechamiento de las tierras de uso común.</p>	<p>9, 10, 73, 116 y 119.</p>

Leyes y Reglamentos	Artículos
<p><b>Ley Federal de Procedimiento Administrativo (LFPA)</b></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 *Agave angustifolia* Haw.

### 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 cortezas, 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 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>
Almacenamiento	<p>Los responsables de los centros de almacenamiento deberán:</p> <p>I. Solicitar la inscripción de los mismos en el Registro Forestal Nacional, acreditando su personalidad.</p> <p>II. Informar trimestralmente dentro de los primeros 10 días hábiles de los meses de abril, julio, octubre y enero de cada año, a la Delegación Federal de la Secretaría en la entidad federativa correspondiente, sobre las entradas y salidas del producto durante el trimestre inmediato anterior.</p>

Apartado	Especificaciones
Transporte	El transporte de las 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	Cuando se pretenda solicitar una autorización de aprovechamiento de Recursos Forestales No Maderables, para los recursos indicados en el artículo

Apartado	Especificaciones
	<p>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 *Agave angustifolia* Haw., 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 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 *Agave angustifolia* Haw.

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

generalmente se emplea es el siguiente: 1) en la cartografía elaborada para el área de estudio y con apoyo de sistemas de información geográfica, se genera una malla de puntos regulares (cuadrículas o grillas) distribuidos a una distancia prefijada por el responsable de la planeación del muestreo considerando las características fisiográficas y topográficas del terreno.

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

recomendadas son  $500 \text{ m}^2$  (radio = 12.6157 m) o de  $1000 \text{ m}^2$  (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 ( $DC_{NS}$ , cm), Diámetro de cobertura Este-Oeste ( $DC_{EO}$  cm) y Altura total (H, cm). En gabinete se obtendrá el diámetro promedio de cada una de las plantas evaluadas. Empleando la ecuación alométrica generada en el presente documento, se sustituye el valor de las variables indicadas y se obtiene el volumen o biomasa por individuo, por sitio o hectárea. Para ello, en el caso de estimaciones de biomasa o volumen promedio por sitio, se realiza la sumatoria de la biomasa o volumen total de cada sitio y se divide entre el número de ellos. Para estimaciones de biomasa o volumen

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

## 4. MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO

Las siguientes mejores prácticas de manejo se realizaron con base en el diagnóstico de cómo se aprovecha actualmente la especie de *Agave angustifolia* Haw., en los estados de Sonora y Guerrero, dentro del marco 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” estas fueron elaboradas por un grupo de investigadores de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y el Instituto Tecnológico de El Salto (ITES).

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

Generalmente el aprovechamiento del *Agave angustifolia* Haw., se realiza en poblaciones silvestres, por lo que no existe una conceptualización de que el recurso deba tratarse bajo algún esquema de manejo que garantice su estabilidad considerando variables de florística y fisonomía. Para ello, es importante mantener la densidad de la especie a través de la regeneración de la planta, ya sea de manera natural (producción de hijuelos) o artificial (reforestaciones).

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

- Como parte del proceso de manejo es importante reconocer con detalle el ciclo fenológico del agave, de tal manera que se conozcan las características de los agaves juveniles, pre-reproductivos, reproductivos y maduros.
- Aprovechar exclusivamente los agaves que están iniciando o se encuentran en etapa de maduración (de 7 a 10 años o etapa 4), para permitir que las etapas más jóvenes se destinen a la reproducción natural de la especie.
- Incorporar procedimientos de desahije de los hijuelos en las colonias de propagación por rizomas de los agaves. Estos hijuelos deben extraerse y replantarse en el ecosistema silvestre y hacer el acompañamiento con obras de cosecha de agua de lluvia como terrazas individuales.
- Acomodo de desperdicio a curvas de nivel en los rodales donde se haya hecho un aprovechamiento, esto con la finalidad de retener suelo y evitar de esta manera la erosión del suelo.
- Identificar los agaves que correspondan al 20% que señala la NOM, pintándolos con colores llamativos de modo que no se labren y de esta manera dejar crecer su escape para garantizar su regeneración natural.



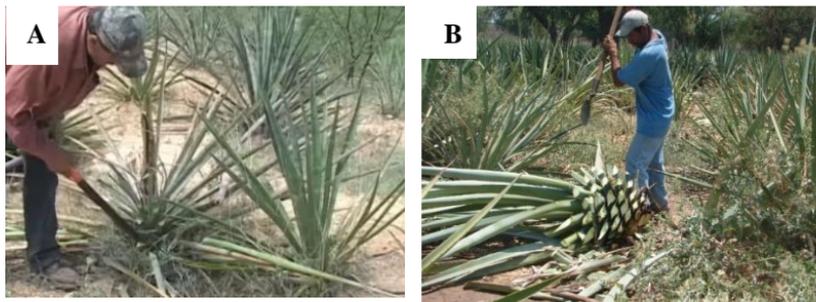
**Figura 2.** Planta de *Agave angustifolia* Haw., durante su aprovechamiento.

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

Actualmente la extracción del *Agave angustifolia* Haw., se realiza empleando herramientas rudimentarias como el machete y la coa agavera (Figura 3). Se ha identificado que la informalidad bajo la cual se desarrolla la industria de las bebidas alcohólicas de esta especie, propicia que se oferten bebidas de diferentes calidades, a tal grado que la falta de cumplimiento de la norma, en lo relativo a la producción, sea visualizado como una amenaza en la disminución de la producción de planta.

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

- Capacitación en el uso de la herramienta coa agavera, la cual garantiza un jimado sin excedentes de penca en la piña, lo que facilita su transporte y cocción.
- El cumplimiento de las disposiciones de la norma permitirá que se oferten productos de alta calidad lo que puede fortalecer a la industria que ha mostrado un incremento en su demanda por licores de agave a nivel internacional.
- Mejorar la calidad del producto implica mejoras en la infraestructura productiva y en la organización de los productores y, por ende, la atención necesaria en el manejo de la especie. Sin embargo, se recomienda realizar énfasis en la práctica de establecer reforestaciones con el agave, ya que en ambos estados se cuenta con grandes superficies de potencial productivo para su desarrollo y monitoreo.
- Se recomienda la técnica denominada “capado”, que consiste en cortar el vástago floral a una altura de no más de 1.5 metros, después de caparlo se deja en pie el maguey un tiempo no mayor a un año para que este tenga una mayor concentración de azúcares en la piña o cabeza.
- Se recomienda labrar o cortar el agave, cuando éste llega a un punto que se le conoce como “velilla”, que es cuando alcanza su madurez de cosecha exacta, en decir, es cuando el agave se prepara para sacar el vástago.



**Figura 3.** Tipos de labranza del *Agave angustifolia* Haw. A) Jimado con machete. B) Jimado con coa agavera.

### 4.3. Reforestaciones con fines de enriquecimiento de rodales

Las formas de reproducción del *Agave angustifolia* Haw., son por vía sexual y asexual. La primera se logra mediante las semillas y la segunda a través de hijuelos que básicamente se consideran clones de la planta madre. Esto permite la distribución y permanencia de la especie en grandes extensiones, ya que es una especie altamente resistente a las sequías y se desarrolla en suelos calcáreos, delgados y tiene una gran capacidad de cosechar agua por sus hojas dispuestas en roseta. Sin embargo, el *Agave angustifolia* Haw., sólo presenta una floración después de 8 a 12 años con una baja producción de semillas y baja capacidad para germinar (Illsley *et al.*, 2004; Arzate-Fernández y Mejía-Franco, 2011). Ante ello, algunos estudios señalan que es posible clonar masivamente plántulas de *Agave angustifolia* Haw. para producir semillas sintéticas con mayor capacidad de adaptación a las condiciones de campo a través de procedimientos como la apófisis y la multiplicación

*in vitro* de la especie, lo cual sería un tema de vanguardia si se utilizara para atender temas sobre repoblación de la especie en su área de distribución natural (Cervantes *et al.*, 2007; Arzate-Fernández *et al.*, 2016),

Los pasos a seguir para la reforestación con fines de enriquecimiento de rodales de *Agave angustifolia* Haw., se describen a continuación:

- 1. Producción de planta.** La planta puede obtenerse de la propagación vegetativa a través de la producción de hijuelos de la planta madre, por lo que se recomienda el desahije de plántula y su posterior establecimiento en campo. El desahije se realiza en agaves con alturas menores a 50 cm, los cuales aún permanecen como agaves juveniles o chupones pegados a la planta madre a través de los rizomas. La segunda opción es la producción de planta en vivero a partir de la propagación por semilla. Para este procedimiento se recomienda seleccionar las mejores plantas para la colecta de semilla, a dicha semilla es importante dar tratamientos de escarificación con agua corriente por un periodo de 24 horas y posteriormente realizar la siembra de las semillas. La germinación de las semillas sucede aproximadamente 10 días posteriores a la siembra. Otro procedimiento, es a través de semillas somáticas utilizando la capacidad apomíctica de la planta. Este procedimiento se realiza en laboratorio mediante el uso de soluciones nutritivas y siguiendo procedimientos de reproducción masiva. Tanto en la

planta de reproducción por semilla o a través de procedimientos apomícticos, es necesario que la planta permanezca en el vivero con los cuidados necesarios de riego, fertilización y control de plagas y enfermedades, por un periodo mínimo de un año y posteriormente ser transportada al área de la plantación.

2. **Selección del sitio y establecimiento de la reforestación.** El sitio para el establecimiento de las reforestaciones se recomienda en terrenos abandonados al cultivo, en los que sea posible establecer obras como surcos o bordos a curvas de nivel en los cuales se establecerán cepas a una distancia aproximada de 1 a 1.5 metros, buscando una densidad de la reforestación aproximada de 4,000 a 5,000 plantas por hectárea.
3. **Labores culturales.** Es importante considerar que los procedimientos a seguir durante el desarrollo de la reforestación tienen que ver con el deshierbe, fertilización, control de plagas y control del fuego. Estas actividades se realizan por temporadas, buscando siempre la liberación de las plantas para que logren su desarrollo en el área de la reforestación.

## 5. ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE BIOMASA

Los modelos de predicción presentados en este documento son ecuaciones alométricas que proporcionan estimaciones fiables de biomasa de *Agave angustifolia* Haw. 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 verde y penca verdes. Cada fracción se pesó en verde utilizando una báscula con una precisión de  $\pm 1$  g (Figuras 4 y 5). 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 verde, pencas verdes 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 4.** Muestreo realizado en el estado de Sonora. A) Planta completa muestreada, B) Ubicación de la planta, C) Medición de cobertura y separación de los componentes, D) Pencas verde y E) Peso de los componentes.



**Figura 5.** Muestreo realizado en el estado de Guerrero. A) Planta completa muestreada, B) Ubicación de la planta, C) Medición de cobertura, D) Medición de las pencas verdes, E) Medición de la piña verde y F) Peso de la peca verde.

## 5.1. Ecuaciones por estado

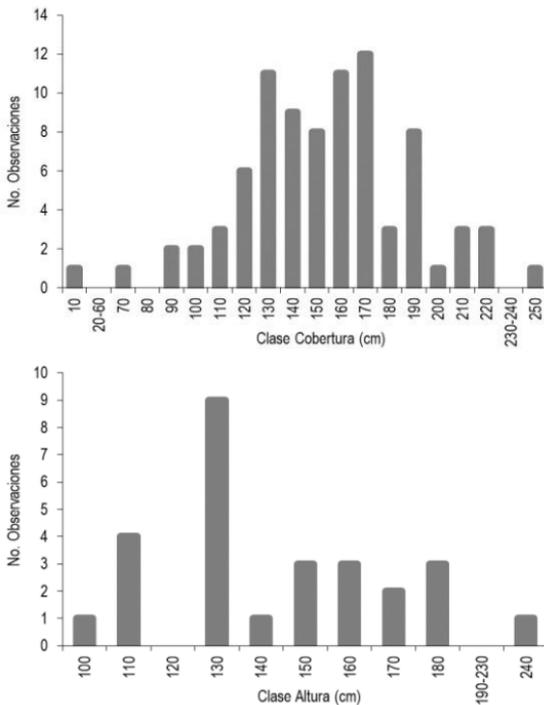
### Para el estado de Sonora

En el Cuadro 1 se muestran las estadísticas descriptivas del componente de piña verde de los individuos muestreados para desarrollar la ecuación alométrica para la estimación de la biomasa de la piña verde de la planta en el estado de Sonora. En la Figura 6, 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 *Agave angustifolia* Haw., colectada en el estado de Sonora.

Variable	No. Obs	Media	Std	Min.	Max.
<i>DC (cm)</i>	150	147.5	36.71	10.1	243.5
<i>H (cm)</i>	150	137.1	29.5	50.1	234.1
<i>Piña verde (kg)</i>	150	2.4	1.8	0.21	8.1

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 Sonora.

La expresión matemática, la estimación de los parámetros y los estadísticos de ajuste de la ecuación alométrica desarrollada para estimación de peso verde de la piña de *Agave angustifolia* Haw., en el estado de Sonora se muestra en los Cuadros 2 y 3.

**Cuadro 2.** Ecuación alométrica desarrollada para la estimación del peso de piña verde de *Agave angustifolia* Haw., en el estado de Sonora.

<b>Componente</b>	<b>Modelo</b>	<b>No.</b>
Piña verde	$W_C = \exp (b_0 + b_1 * \ln(D))$	(1)

Donde:  $W_c$ = 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 la ecuación alométrica desarrolladas para la estimación de peso de piña verde de *Agave angustifolia* Haw., en el estado de Sonora.

Componente	Parámetro.	Estimación	Error estándar	t	Prob.	R <sup>2</sup>	REMC (kg)
		aprox.	>  t				
Piña verde	b <sub>0</sub>	-6.16649	0.8983	-6.86	<.0001	0.61	0.48
	b <sub>1</sub>	1.372768	0.1779	7.72	<.0001		

t = estadístico de t de Student; R<sup>2</sup> = Coeficiente de determinación; REMC = Raíz del Error Medio Cuadrático.

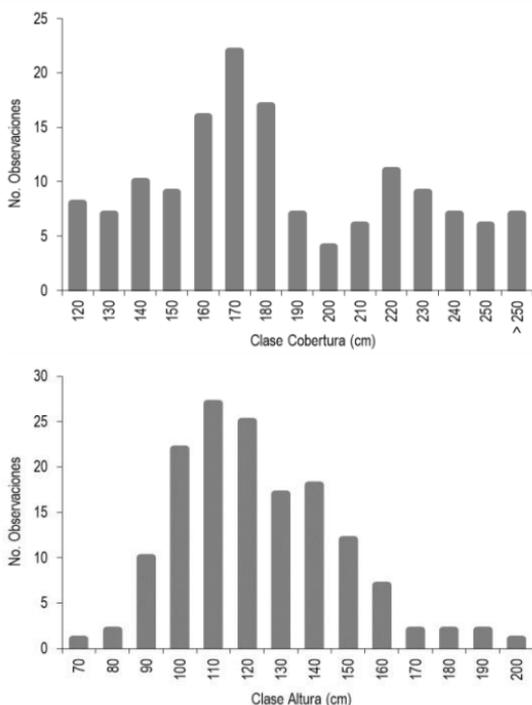
## Para el estado de Guerrero

En el Cuadro 4 se muestran las estadísticas descriptivas de la piña verde, penca verde y peso total de los individuos muestreados para desarrollar las ecuaciones alométricas para la estimación de la biomasa por componente y/o total de la planta en el estado de Guerrero. En la Figura 7, 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 *Agave angustifolia* Haw., colectada en Guerrero.

<b>Variable</b>	<b>No. Obs</b>	<b>Media</b>	<b>Std</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>
<i>DC (cm)</i>	150	177.9	44.2	35.0	336.0
<i>H (cm)</i>	150	121.6	26.8	70.0	243.0
<i>Piña verde (kg)</i>	150	9.5	8.3	1.5	49.3
<i>Penca verde (kg)</i>	150	13.6	10.2	1.1	57.8
<i>Peso total (kg)</i>	150	23.1	17.4	3.8	100.0

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



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

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 *Agave angustifolia* Haw., en el estado de Guerrero se muestra en los Cuadros 5 y 6.

**Cuadro 5.** Resumen descriptivo de la muestra de *Agave angustifolia* Haw., colectada en Guerrero.

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

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

**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 *Agave angustifolia* Haw., en el estado de Guerrero.

Componente	Parám.	Estimación	Error estándar aprox.	t	Prob.		REMC (kg)
					Aprox	$R^2$	
Piña verde	$b_0$	-11.4774	0.8149	-14	<.0001	0.64	3.66
	$b_1$	2.596637	0.15	17.3	<.0001		
	$b_2$	-10.4765	0.7512	11.6	<.0001	0.67	5.31
Peso total	$b_3$	2.494133	0.1386	18	<.0001		
						0.70	8.18

t = estadístico de t de Student;  $R^2$  = 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 mezcal en el estado de Guerrero, sería como se explica a continuación. Supongamos que una planta de agave tiene una altura total ( $H$ ) de 140 cm y una cobertura ( $DC$ ) de 200 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:  $H=140$  cm;  $DC= 200$  cm

Ecuación para estimar la biomasa verde de la piña:

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

$$W_c = \exp (-11.4774 + 2.596637 \ln((200)))$$

$W_c = 9.78$  kg; de biomasa de la piña verde dadas esas condiciones de la planta.

En el Cuadro 6 se muestra los predios por Estado donde se llevó a cabo el muestreo.

**Cuadro 6.** Municipios y predios en donde se llevó a cabo el muestreo en los estados de Sonora y Guerrero.

Estado	Municipio	Pedio
Sonora	Carbó	San Pedro de Aconchi

Estado	Municipio	Predio	
		Batobabi	
		Los Ladrillos	
		Balderrama	
		Comunidad Rayón	
		San Martin	
		La Joya	
		El Batagle	
		Rayón	San Martin
		Ahuacuotzingo	Ejido Acateyahualco
			Ejido Tepoztlan
Alpoyecatzingo de Las Montañas			
Ejido Pochutla			
Atenango del Rio	Ejido Tequicuilco		
	San Juan Teocalzingo		
	Tuzantla		
Chilpancingo de Los Bravo	Colonia Monte Casino		
Copalillo	Ejido Copalillo		
Guerrero	Eduardo Neri	Ejido El Palmar Barrio Nuevo	
		Ejido Axaxacualco	
		Ejido Zumpango	
		Ejido Zumpango del Rio	
		Ejido Tlanipatla	
		Bienes Comunales De Huiziltepec	
		Bienes Comunales De Acaquila	
		Bienes Comunales De Tuliman	
		Ejido Tecuacuilco	
		Ejido Tuliman	

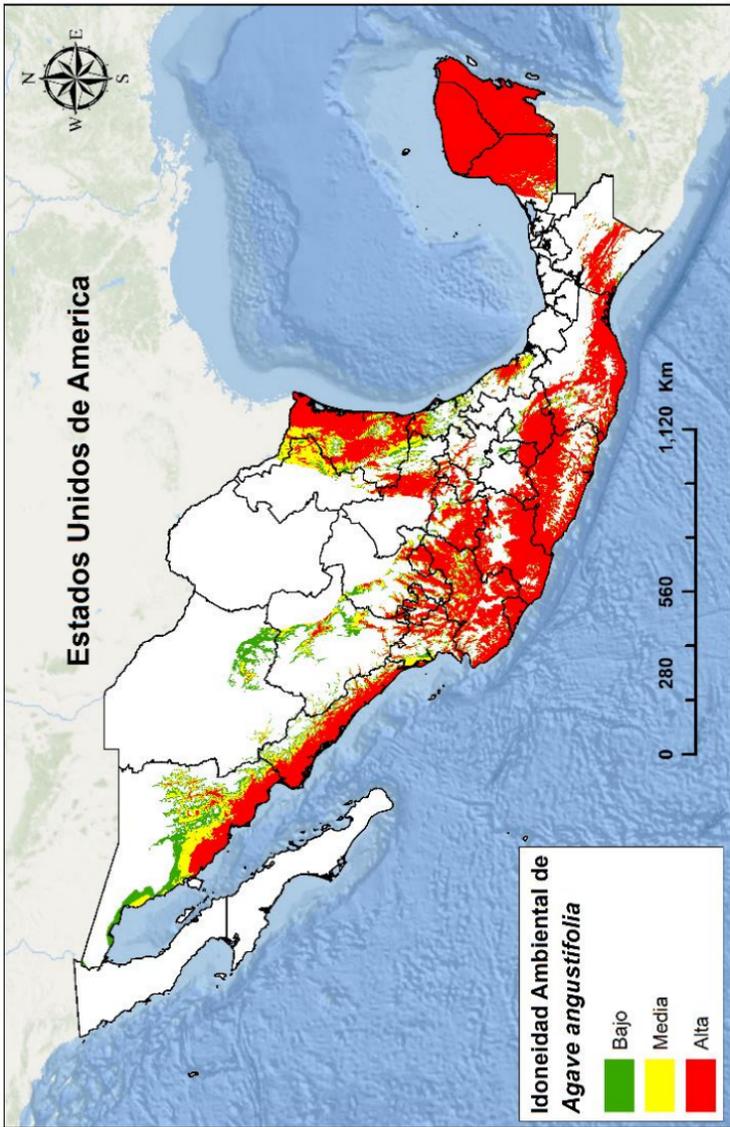
<b>Estado</b>	<b>Municipio</b>	<b>Predio</b>
		San Miguel Las Palmas
		Ejido Quetzalapa
		Paso Morelos
		Ejido Quetzalapa
		Ejido La Esperanza
	Mártir de Cuilapan	Bienes Comunales de San Agustín Oztotipan
		Ejido Tula del Río
	Quechultenango	Ejido Tolixtlahuaca
	Tepecoacuilco de Trujano	Bienes Comunales de San Miguel Tecuiciapan
	Tlapa de Comonfort	Ejido San Francisco

## 6. MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA ESPECIE

Los modelos de distribución potencial de las especies son de gran relevancia en la actualidad ya que emplean información característica del sitio y registros de su presencia. El principio de máxima entropía trata de encontrar aquellas zonas del terreno en las cuales se encuentran las condiciones óptimas para que las especies sobrevivan, mostrando una aproximación de su distribución que es útil en áreas de la conservación como la biología y la biogeografía (Phillips *et al.*, 2006). La importancia de los modelos de nicho ecológico, así como los mapas de distribución y su proyección al espacio geográfico son importantes en ecología, puesto que por medio de estas herramientas es posible conocer los requerimientos ecológicos de las especies (Leal-Nares *et al.*, 2012), y otras zonas con condiciones climáticas similares que puedan favorecer su establecimiento. Lo anterior puede ser aplicado tanto a especies de zonas boscosas, tropicales o zonas áridas, en especial especies endémicas o en algún grado de riesgo. Sin embargo, la aplicación de los modelos de distribución en el manejo de especies de importancia económica es de gran relevancia, por ubicar áreas o regiones con diferentes grados de potencial productivo, en este caso las áreas de mayor potencial son las más atractivas para el establecimiento de áreas de conservación o programas de reforestación de *Agave angustifolia* Haw. 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 8 muestra el mapa del área de distribución potencial de *Agave angustifolia* Haw., 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 8.** Clases de idoneidad ambiental para *Agave angustifolia* Haw., generadas a partir de modelos de distribución potencial

## 7. CONCLUSIONES

- Las poblaciones silvestres de *Agave angustifolia* Haw., actualmente se encuentran reducidos a pequeños manchones. Su distribución ha disminuido considerablemente, principalmente por el uso intensivo de la planta para la elaboración de la bebida de bacanora durante al menos 150 años, así como la ocurrencia de heladas intensas, como la ocurrida en febrero del año 2011.
- Entre las mejores prácticas que podrían incorporarse a la regulación mexicana para inducir a la protección de las poblaciones de agave en la región están el desahije y replantado de agaves juveniles, el desarrollo de obras de captación de agua en terrazas para alimentar a las plantas reforestadas, la cosecha exclusiva de plantas maduras, así como el establecimiento de reforestaciones con fines de enriquecimiento de rodales.
- Las prácticas de manejo del *Agave angustifolia* Haw., que se llevan a cabo actualmente en el estado de Sonora y Guerrero no han sido suficientes para que las poblaciones silvestres de esta especie se mantengan saludables y puedan regenerarse por sí mismas. Por tal motivo se continúan realizando esfuerzos por diferentes organismos gubernamentales y de la sociedad para llegar al punto de crear y mantener el *Agave angustifolia* Haw., para satisfacer la demanda creciente

de materia prima para la fabricación del bacanora y el mezcal.

- La importancia de estas prácticas se acentúa en las épocas recientes como resultado del reconocimiento del papel de la cobertura vegetal en la fijación y el almacenamiento de carbono atmosférico y su consecuente aportación en la mitigación de los efectos del cambio climático, sin duda uno de los principales retos a resolver actualmente por la humanidad.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Arzate-Fernández A. M. y R. Mejía-Franco. 2011. Capacidad embriogénica de callos inducidos en ejes embrionarios cigóticos de *Agave angustifolia* Haw. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34:101-106.
- Berlanga R., C. A., L. A. González L. y H. Franco L. 1992. Metodología para la evaluación y manejo de lechuguilla en condiciones naturales. Campo Experimental "La Sauceda". CIRNE. INIFAP. Folleto Técnico Núm. 1. Saltillo, Coahuila, México. 22 p.
- Berumen-Barbosa, M.E., 2009. La Actividad Productiva Maguey-Mezcal. Edición electrónica gratuita. Texto completo en [www.eumed.net/libros/2009a/492/](http://www.eumed.net/libros/2009a/492/), Oaxaca, México
- Cervantes-Mendívil, T., Armenta-Calderón, A.D., Sánchez-Arellano, J.G., 2007. El cultivo del maguey bacanora (*Agave angustifolia* Haw.) en la sierra de Sonora. Publicación Técnica No. 1. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental Costa de Hermosillo. INIFAP, Fundación Produce Sonora A.C. y Unisierra, Hermosillo, Sonora, México.
- Gadow, K. and Hui, G. 1999. Modelling forest development (Vol. 57). Springer Science & Business Media.
- Gentry, H. S. 1982. *Agaves of continental North America*. pp 670-679. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona. USA.
- Illsley G. C., G. Rivera, T. Albino, P. Morales, J. García, T. Gómez, M. Martínez, J. Marcial, F. Castro, M. Calzada, S. Mancilla, P. García, L. Casarrubias, F. Hernández y J. Flores. 2004. Biología de los magueyes mezcaleros silvestres. In: *Manual de Manejo Campesino de Magueyes Mezcaleros Silvestres*. G. C. Illsley (ed.). Grupo de Estudios Ambientales, A.C. México, D.F. pp:1-19.
- INEGI, 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía; Nota técnica univariada. 17 p.
- Leal-Nares, O., M. E. Mendoza, D. Pérez, D. Geneletti, E. López y E. Carranza. 2012. Distribución potencial del *Pinus martinezii*: 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 Federación. Última reforma publicada 26-04-2021.
- López B. L. A. 2005. El sotol en Coahuila, potencialidades y limitaciones. Capítulo 3. In: Contreras D., C. e I. Ortega R. 2005. Bebidas y Regiones: Historia e impacto de la cultura etílica en México. Plaza y Valdés, S.A de C.V. 200p.
- López, M.G., Mancilla-Magalli, N.A., Mendoza-Díaz, G. 2003. Molecular structures of fructans of Agave tequilana Weber var. azul. J. Agric. Food Chem. 51: 7835-7840.
- Madrigal Collazo, A. 1994. Ordenación de montes arbolados.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson y R. E. Schapired. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling, 190: 231-259.
- Ravenscroft, N., Cescutti, P., Hearshaw, M.A., Ramsout, R., Rizzo, R., Timme, E.M. 2009. Structural analysis of fructans from Agave americana grown in South Africa for spirit production. J. Agric. Food Chem. 57: 3995-4003.
- RLGDFS. 2020 reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada 09-12-2020.
- Saldívar-Esparza, S.M., 2007. Usos prehispánicos del agave. In: Vázquez-García, J.A., Cházaro-Basáñez, M.J., Hernández-Vera, G., Flores-Berrios, E. (Ed.), Agaves del Occidente de México. Universidad de Guadalajara, México, pp. 248-256.
- Sánchez-Teyer, F.L., S. Moreno-Salazar, M. Esqueda, A. Barraza, M.L. Robert. 2009. Genetic variability of wild Agave angustifolia populations based on AFLP: a basic study for conservation. J. Arid Environ. 73: 611-616.
- SAS Institute. 2009. SAS Proprietary Software Version 9.3. SAS Institute, Cary, NC.
- Urias-Silvas, J.E., Cani, P. D.; Neyrinck, A.M.; Lopez, M.G.; Delzenne, N.M., 2008. Physiological effects of dietary fructans extracted from Agave tequilana Gto. and Dasyilirion spp. Bristish Journal of Nutrition. DOI: 10.1017/S0007114507795338.

## 9. GLOSARIO

**Bacanora;** Mezcal hecho del jugo de la cabeza del agave, asado fermentado y destilado y es la bebida tradicional del estado de Sonora.

**Sacatoro.** Mezcal producto del agave su proceso de producción específicamente en la cocción del maguey, molienda, fermentación y destilación lo agrupa en la categoría “mezcal artesanal”

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

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

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

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

**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.

**Escapo:** Tallo semileñoso, que es conocido comúnmente como quiote, y posee la inflorescencia en la parte superior terminal.

## 10. SIGLAS Y ACRÓNIMOS

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