



Fondo
CONACYT
CONAFOR



inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Mejores prácticas de manejo y ecuaciones alométricas de biomasa de *Nolina texana* S. Wats en el estado de Chihuahua



Comisión Nacional Forestal

Coordinación General de Producción y Productividad

Gerencia de Manejo Forestal Comunitario

Unidad de Educación y Desarrollo Tecnológico

Periférico Poniente 5360

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

Tel: 01 (33) 3777 7000

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

2017-4-292674

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

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

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

Impreso en México

Primera edición, 2021.

Forma de citar:

López-Serrano, P.M., Hernández-Ramos, A., Méndez-González, J., Martínez-Salvador, M., Aguirre-Calderón, O., Vargas-Larreta, B., Corral-Rivas J.J. 2021. Mejores prácticas de manejo y ecuaciones alométricas de biomasa de *Nolina texana* S. Wats en el estado de Chihuahua. 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 *Nolina texana* S. Wats. (Sacahuistle) por poseer propiedades de resistencia y maleabilidad en su principal producto conocido como ixtle (fibra). Dicho producto forestal no maderable representa el principal interés económico para empresas comercializadoras.

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

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

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

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	6
2.	LEGISLACIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO FORESTAL DE LA ESPECIE.....	8
2.1.	Procedimientos legales para el aviso de aprovechamiento forestal no maderable de <i>Nolina texana</i> S. Wats.....	8
2.2.	Leyes y normas	10
3.	INVENTARIO FORESTAL CON FINES DE MANEJO	16
3.1.	Técnicas de muestreo para la evaluación de las poblaciones naturales de la especie.....	16
4.	MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO.	21
4.1.	Mejoras en las técnicas de aprovechamiento de la especie	21
4.2.	Mejoras en las técnicas de extracción y beneficio del producto final 22	
4.3.	Reforestaciones con fines de enriquecimiento de rodales.....	23
5.	ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE BIOMASA	26
5.1.	Ecuación alométrica para el estado.....	29
6.	MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA ESPECIE	34
7.	CONCLUSIONES.....	37
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	39
9.	GLOSARIO	42
10.	SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	44

1. INTRODUCCIÓN

La especie *Nolina texana* S. Wats (Sacahuistle) es una especie de la familia Asparagaceae, se distribuye en el Norte de México en los estados de Chihuahua y Sonora. Los sitios de presencia de la especie principalmente son en zonas áridas con una precipitación no superior a los 300 mm sobre pastizales amacollados, matorral micrófilo y rosetófilo, además de zonas de transición de los anteriores tipos de vegetación con el bosque de encino. Las especies con las que se asocia el Sacahuistle son *Nolina lindheimeriana* y *Yucca rupícola* (matorral), *Nolina bigelovii*, *N. microcarpa*, *Bouteloua gracilis*, *B. curtipendula*, *B. chondrosioides*, *Hilaria belangeri*, y *Aristida fendleriana* (pastizal) y finalmente *Quercus emoryi* y *Q. chihuahuensis* (en zonas de transición con el bosque templado). El relieve es pedregoso con lomeríos bajos en una topografía que va desde 0 hasta 55% de pendiente y en alturas desde los 1200 a 1700 msnm.

La fisiografía que confiere a la especie le otorga propiedades específicas como la producción de fibra vegetal. La parte esencial que se utiliza de *Nolina texana* S. Wats es la fibra de sus hojas, apreciado por su dureza y resistencia en la elaboración de cepillos y barredoras industriales, también se utiliza para la elaboración de utensilios como escobas, escobillas y cepillos. Además, tiene cierto valor como forrajes para el ganado. El uso del Sacahuistle se remonta desde los años 80's hasta la actualidad, aumentando su producción y uso por la demanda comercial debido al aumento de la población humana. Las hojas de *Nolina texana* S. Wats, han sido

utilizadas por los pobladores de las zonas áridas, como un recurso no maderable de sustento económico para la subsistencia familiar. Cabe destacar que para la especie *Nolina texana* S. Wats aún no existe un documento oficial sobre los procedimientos de extracción, procesamiento y embalaje, sus conocimientos al respecto son empíricos. Es importante destacar que esta especie al igual que la especie *Nolina cespitifera* comúnmente conocida como cortadillo, se aprovechan para los mismos fines y bajo la misma reglamentación por lo que el procedimiento a utilizar por ambas especies podría ser el mismo, ya que se trata de especies con dimensiones muy parecidas.

Las actividades y prácticas de manejo del Sacahuistle deben garantizar la permanencia de las poblaciones de la especie, así como la integridad de las comunidades vegetales en las que se desarrolla; sin embargo las normas y reglamentación actual no contempla la totalidad de prácticas que garanticen estos principios, por lo que es necesario identificar entre los manejadores de la especie, así como estudios e investigaciones realizadas, cuáles serían las mejores prácticas que propicien el manejo sustentable de esta especie.

2. LEGISLACIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO FORESTAL DE LA ESPECIE

2.1. Procedimientos legales para el aviso de aprovechamiento forestal no maderable de *Nolina texana* S. Wats.

De acuerdo con el artículo 84 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS, 2021), y el artículo 71 del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (RLGDFS, 2020), este recurso forestal no maderable requiere de un aviso de aprovechamiento, que se obtiene mediante solicitud que se presenta ante la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), mediante un formato que contenga el nombre, denominación o razón social y domicilio del propietario o poseedor del predio o conjunto de predios y, en su caso, número de oficio de la autorización en materia de impacto ambiental. El procedimiento y requisitos para la obtención del código de identificación para el aprovechamiento de *Nolina texana* S. Wats, se muestran en la Figura 1.

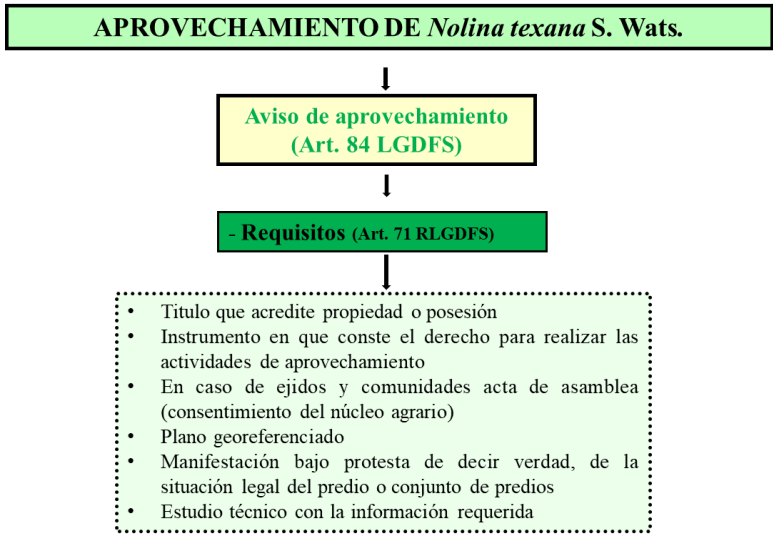


Figura 1. Requisitos que debe contener el aviso de aprovechamiento de *Nolina texana* S. Wats en México.

2.2. Leyes y normas

Leyes vigentes

La legislación vigente que se describe a continuación regula el aprovechamiento de *Nolina texana* S. Wats.

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 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>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.

La Norma Oficial Mexicana vigente que se describe a continuación regula el aprovechamiento de *Nolina texana* S. Wats.

Norma Oficial Mexicana **NOM-007-SEMARNAT-1997** que especifica los procedimientos y criterios para el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas.

Apartado	Especificaciones
Aprovechamiento	<p>Para realizar el aprovechamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas, 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.</p>
	<p>El aprovechamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas, quedará sujeto a los siguientes criterios y especificaciones técnicas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="433 1145 922 1315">I. Sólo se podrán aprovechar plantas en la etapa de madurez de cosecha, identificándolas, por el

Apartado	Especificaciones
	<p>tamaño y las características vegetativas de cada especie.</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 que lleguen a su madurez reproductiva y propiciar la regeneración por semilla.</p> <p>III. Para el aprovechamiento de ramas, la intensidad de las podas deberá ser de acuerdo a las características vegetativas y de regeneración de cada especie, no debiendo rebasar las dos terceras partes de la longitud de la parte ramificada de cada planta;</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>

Apartado	Especificaciones
	<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>
Transporte	<p>El transporte de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas, desde el predio a 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.</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

Para el inventario de *Nolina texana* S. Wats, se debe de entrar al contexto de las técnicas de muestreo para la evaluación de las poblaciones naturales de la especie, es necesario enfatizar primero los conceptos de catastro y división dasocrática. Donde en el primer concepto se busca recabar toda la información necesaria acerca de un área o superficie de estudio conjuntando la documentación legal y planos geográficos para ubicarla en un espacio municipal, regional, estatal y nacional. Este procedimiento conlleva al análisis espacial de los vértices,

linderos, superficies con apoyo de un Sistema de Información Geográfica (SIG), con reconocimiento en campo, si es necesario, para finalmente elaborar la cartografía temática del área de estudio. Por otra parte, el término de división dasocrática hace referencia a una unidad mínima de manejo que bien puede ser un rodal o un subrodal, entendiéndose a éstos como el área definida por características permanentes como el suelo, pendiente, parteaguas y arroyos. El rodal es la unidad básica de manejo y sobre todo de seguimiento a las variables forestales a través del tiempo y como tal, debe ser permanente a través de los ciclos de corta sucesivos, aun cuando haya cambios en la vegetación.

Por múltiples circunstancias, las técnicas de muestreo de *Nolina texana* S. Wats, 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 *Nolina texana* S. Wats:

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

- generalmente se emplea es el siguiente: 1) en la cartografía elaborada para el área de estudio y con apoyo de sistemas de información geográfica, se genera una malla de puntos regulares (cuadrículas o grillas) distribuidos a una distancia prefijada por el responsable de la planeación del muestreo considerando las características fisiográficas y topográficas del terreno.
2. **Número total de sitios a muestrear.** Dado que se tienen los puntos de muestreo definidos en el apartado anterior, el responsable de realizar el muestreo definirá el número de sitios a muestrear que servirá como un pre-muestreo para obtener los parámetros y estimadores que nos permitan determinar el tamaño de muestra en la fórmula o ecuación, tomando en cuenta que la normatividad requiere una confiabilidad mínima del 95% y un error de muestreo máximo de 10%.
 3. **Forma de los sitios.** La forma de los sitios recomendada es circular por tener ésta figura geométrica la conjunción de dos criterios básicos de muestreo: por un lado, la relación perímetro-superficie del sitio es mínima; de este modo, se consigue reducir los problemas que se presentan en los bordes de las parcelas para determinar si una planta debe ser incluido o no; por otro lado, el número de puntos de referencia (centro o esquinas) del sitio debe reducirse siempre y cuando esto no suponga un inconveniente para su replanteo (Gadow y Hui, 1999).

4. **Tamaño de los sitios expresados en metros cuadrados.** Las dimensiones de los sitios circulares recomendadas son 500 m^2 (radio = 12.6157 m) o de 1000 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%, considerando factores como; superficie por inventariar, factores económicos, precisión requerida, etcétera. Por ello, podemos definir la intensidad de muestreo de acuerdo a la precisión con la que deseamos medir las características de la población de estudio y el costo que esto conlleva, recomendándose en base a la experiencia de los autores una intensidad de muestreo mayor de 1% y hasta el 3%.
6. **Información a medir.** En cada uno de los sitios se medirán las siguientes variables: Diámetro de cobertura Norte-Sur (D_{NS} , cm) y Diámetro de cobertura Este-Oeste (D_{EO} , cm) y Altura total (H , cm). En gabinete se obtendrá el diámetro promedio de cada una de las plantas evaluadas. Empleando la ecuación alométrica generada en el presente documento, se sustituye el valor de las variables indicadas y se obtiene el volumen o biomasa por individuo, por sitio o hectárea. Para ello, en el caso de estimaciones de biomasa o volumen

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

4. MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO

Las siguientes mejores prácticas se realizaron en base al diagnóstico de cómo se aprovecha actualmente la especie de *Nolina texana* S. Wats en el estado de Chihuahua, 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 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

Algunas de las prácticas complementarias que se recomiendan realizar para la protección y el aprovechamiento de la especie, son las siguientes:

- Incorporar los predios bajo aprovechamiento a programas de manejo forestal no maderable, para cumplir con la regulación nacional.
- Realizar la cosecha de las plantas de *Nolina texana* S. Wats, conforme a lo establecido en la reglamentación.
- Evitar la acumulación de combustibles para evitar incendios en las áreas de distribución de la especie.

- En relación con la regeneración y extracción de la especie, estos temas se abordan en los siguientes puntos.
- La regeneración: propagación por medio vegetativo, por lo que en caso de los predios que realizan cosecha intensiva de las plantas, se puede realizar una repoblación, mediante el trasplante de esquejes de las plantas madre.
- La sobrevivencia de las plántulas, cosecha de agua, humedad del suelo son aspectos importantes a considerar, por lo que algunas obras como bordos a nivel son de gran utilidad para proveer de humedad a las plantas.
- La protección de las plantas: evitar sobre aprovechamiento, sobrepastoreo, hacer brechas corta fuegos debido a que esta especie es muy susceptible a los incendios, plagas y enfermedades (Tylor *et al.*, 2014).

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

Para la extracción de la planta se debe esperar hasta el quinto año posterior a su establecimiento (Castillo, 1994; Sáenz y Castillo, 1991) y elegir las plantas que presenten una altura mínima de la hoja de 40 cm. El corte se debe hacer de 10 a 15 cm arriba de la base de la planta (Sáenz y Castillo, 1992) para proteger el meristemo y que la planta vuelva a rebrotar.

4.3. Reforestaciones con fines de enriquecimiento de rodales

Para el establecimiento de reforestaciones con fines de enriquecimiento de rodales de *Nolina texana* S. Wats, 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 *Nolina texana* S. Wats, se describen a continuación:

- 1. Colecta de semilla.** Se deben hacer recorridos en campo durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre para detectar las áreas de mayor fructificación y poder realizar la colecta durante los meses de octubre, noviembre y diciembre (Castillo y Sáenz, 1993). Se recomienda hacer la colecta a finales del otoño para evitar que esta se desprenda de la planta y caiga al suelo. Un buen indicador para determinar la madurez óptima de la semilla, es cuando esta haya tornado a un color café

oscuro y se desprenda con facilidad de su inflorescencia. Cuando la semilla presente este aspecto, se realiza la colecta, se deposita en bolsas de papel y se almacena en un lugar seco.

2. **Siembra.** Se recomienda la siembra durante el verano e inicio del otoño (agosto-octubre); para asegurar el 46 y 50% de germinación en estos meses, y de 41 a 45% en marzo y abril. La siembra se debe realizar preferentemente en almácigos, con un sustrato rico en materia orgánica, y con muy buena infiltración.
3. **Trasplante.** Generalmente se realiza cuando la planta ha alcanzado los cinco centímetros de altura. Se deben utilizar envases de 10x20 cm y sustrato rico en materia orgánica. El trasplante debe hacerse preferentemente en días con alta humedad relativa o en lugares que estén protegidos de la luz directa del sol. El almácigo debe estar húmedo para evitar el daño a la raíz de la plántula (Castillo y Cano, 2005).
4. **Manejo de la planta en vivero.** Se deben realizar revisiones periódicas para eliminar la maleza presente, así como los individuos que muestren indicios de plaga o agentes patógenos. La planta debe permanecer en vivero como mínimo un año y medio a dos años antes de su plantación (Castillo y Cano, 2005).
5. **Selección del sitio de la reforestación.** Se deben considerar prioritarias aquellas áreas en donde antes o actualmente se han encontrado poblaciones naturales de la especie. Para disminuir las distancias de traslados, el

tiempo de colecta y los costos de producción en general, las reforestaciones siempre deben establecerse en áreas cercanas y accesibles a las comunidades ejidales.

- 6. Preparación del sitio.** Se debe iniciar con el trazo de las curvas a nivel, con el fin de construir sobre ellas las cepas de las plantas y también para homogenizar los escurrimientos del terreno. Las cepas deben estar a una distancia de 2 metros entre plantas y de 1.73 metros entre líneas, con un diseño de plantación tipo “tresbolillo” para lograr una mayor captación de agua. Los perímetros de la plantación siempre deben contar con un cercado que evite el acceso del ganado, de liebres y otro tipo de fauna que pudiera dañar a la planta (Castillo y Cano, 2005).
- 7. Reforestación.** Se recomienda establecer la reforestación después de las primeras lluvias de verano, entre los meses de julio y agosto, para que el suelo tenga las condiciones óptimas de humedad (Castillo, 1994). La planta debe ser trasladada del vivero, con suficiente humedad en el sustrato y cubierta con una lona para evitar la exposición directa al sol. Algunas labores complementarias a la reforestación son: la reposición de plantas muertas o dañadas, rehabilitación de microcuencas, control de plagas y enfermedades, mantenimiento del cercado, entre otras que pudieran presentarse de forma particular en cada sitio.

5. ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE BIOMASA

Los modelos de predicción presentados en este documento son ecuaciones alométricas que proporcionan estimaciones fiables de biomasa de *Nolina texana* S. Wats. 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 en el estado, 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 midió la altura total (H, cm) y el diámetro de la cobertura (DC, cm). Una vez extraída la planta, se pesó el componente de la hoja verde en una báscula con una precisión de ± 1 g (ver Figura 2). 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 seleccionó el mejor modelo para hoja verde.





Figura 2. Muestreo realizado en el estado de Chihuahua. A) Planta completa muestreada, B) Ubicación de la planta a muestrear, C y D) Medición de cobertura, E) Extracción de la planta y F) Separación de los componentes.

5.1. Ecuación alométrica para el estado

En el Cuadro 1 se muestran las estadísticas descriptivas de las variables medidas y el componente de hoja verde de los individuos muestreados para desarrollar la ecuación alométrica para la estimación de la biomasa de la hoja verde en el estado de Chihuahua. En la Figura 3, 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 *Nolina texana* S. Wats, colectada en el estado de Chihuahua.

Variable	No. Obs	Media	Std	Min.	Max.
<i>DC (cm)</i>	150	139.62	54.73	8.0	290.0
<i>H (cm)</i>	150	87.56	25.09	33.0	190.0
<i>Hoja verde (kg)</i>	150	2.64	6.23	0.015	70.0

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

La expresión matemática, la estimación de los parámetros y los estadísticos de ajuste de la ecuación alométrica desarrollada para la estimación de peso verde de la hoja de *Nolina texana* S. Wats, en el estado de Chihuahua se muestra en los Cuadros 2 y 3.

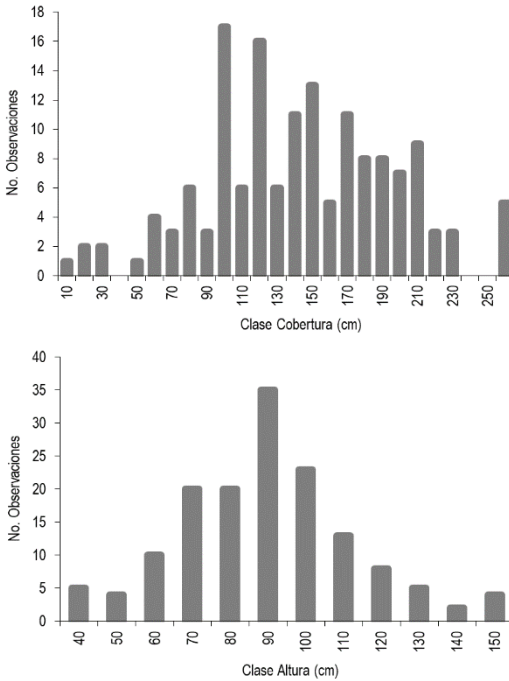


Figura 3. Distribución de la cobertura y altura de las plantas muestra en el estado de Chihuahua.

Cuadro 2. Ecuación alométrica desarrollada para la estimación del peso verde de la hoja de *Nolina texana* S. Wats, en el estado de Chihuahua.

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

Dónde: W_l = peso verde de los componentes o total (kg), b_j =parámetro j para la estimación de los pesos, DC =diámetro de cobertura de cada planta (cm), 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 desarrollada para la estimación de peso verde de la hoja de *Nolina texana* S. Wats, en el estado de Chihuahua.

Componente	Parámetro	Estimación	Error estándar	t	Aprox. R ²	Prob.	REMC (kg)
		aprox.			> t		
Hoja verde	b ₀	-17.2127	0.812	-21	<.0001	0.81	1.2014
	b ₁	-0.0027	0.000425	-6.4	<.0001		

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

Ejemplo práctico de la aplicación de las ecuaciones alométricas:

Para estimar la biomasa de la hoja verde de *Nolina texana* S. Wats en el estado de Chihuahua, sería como se explica a continuación.

Supongamos que una planta de *Nolina texana* S. Wats tiene una altura total (H) de 60 cm y una cobertura (DC) de 100 cm; y si quisiéramos saber la biomasa de la hoja verde, se aplicaría la ecuación de la siguiente manera:

Información dasométrica: $H=60\text{ cm}$; $DC=100\text{ cm}$

Ecuación para estimar la biomasa de la hoja verde:

$W_l = \exp (b_0 + b_1 \ln(DC * H))$, se sustituyen las variables con los valores del Cuadro 3;

$$W_l = \exp (- 17.2127 + (-0.0027 \ln(60 * 100)))$$

$W_l = 0.00334\text{ kg}$ de biomasa de la hoja verde, dadas las condiciones de la planta.

En el Cuadro 4 se muestra los predios en el estado de Chihuahua donde se llevó a cabo el muestreo.

Cuadro 4. Municipios y predios en donde se llevó a cabo el muestreo en el estado de Chihuahua.

Estado	Municipio	Predio
Chihuahua	Aldama	P.P. El Cuervo
	Chihuahua	Ejido Encinillas
	Coyame	P.P. El Rincón
		P.P. Tanquecitos
	Coyame	P.P. El Cuervo
	Villa	Ejido
	Humada	Constitución

6. MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA ESPECIE

Los modelos de distribución potencial de las especies son de gran relevancia en la actualidad ya que emplean información característica del sitio y registros de su presencia. El principio de máxima entropía trata de encontrar aquellas zonas del terreno en las cuales se encuentran las condiciones óptimas para que las especies sobrevivan, mostrando una aproximación de su distribución que es útil en áreas de la conservación como la biología y la biogeografía (Phillips *et al.*, 2006). La importancia de los modelos de nicho ecológico, así como los mapas de distribución y su proyección al espacio geográfico son importantes en ecología, puesto que por medio de estas herramientas es posible conocer los requerimientos ecológicos de las especies (Leal-Nares *et al.*, 2012), y otras zonas con condiciones climáticas similares que puedan favorecer su establecimiento. Lo anterior puede ser aplicado tanto a especies de zonas boscosas, tropicales o zonas áridas, en especial especies endémicas o en algún grado de riesgo. Sin embargo, la aplicación de los modelos de distribución en el manejo de especies de importancia económica es de gran relevancia, por ubicar áreas o regiones con diferentes grados de potencial productivo, en este caso las áreas de mayor potencial son las más atractivas para el establecimiento de áreas de conservación y plantaciones forestales o programas de reforestación de *Nolina texana* S. Wats. 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 4 muestra el mapa del área de distribución potencial de *Nolina texana* S. Wats, 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.

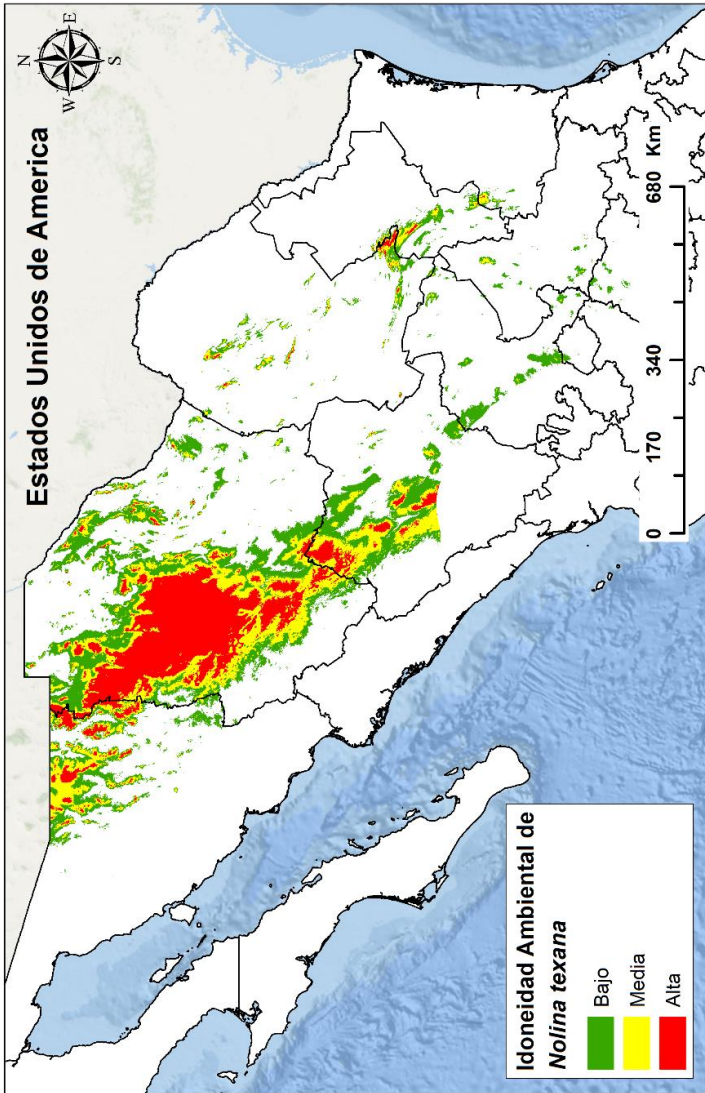


Figura 4. Clases de idoneidad ambiental para *Nolina texana* S. Wats, generadas a partir de modelos de distribución potencial.

7. CONCLUSIONES

Nolina texana S. Wats comúnmente conocida en el noroeste de México en el estado de Chihuahua como Sacahuistle. Es una especie que históricamente ha sido cosechada con fines comerciales, principalmente para la elaboración de escobas, cepillos, barredoras industriales, etc., y posiblemente tiene propiedades medicinales. Sin embargo, el aprovechamiento de la especie no ha sido documentado científicamente, solo se cuenta con poblaciones silvestres y es aprovechada por campesinos y jornaleros que habitan en las zonas áridas para la subsistencia familiar. No se cuentan con registros de avisos para su aprovechamiento de acuerdo con información nacional de la SEMARNAT, no se tiene bien documentado el proceso utilizado para su establecimiento, mantenimiento, cosecha y comercialización. La presente información está basada en una especie similar (*Nolina cespitifera*) con un ancestro inmediato en común por lo que se tomó la decisión de usar sus especificaciones de uso, manejo y extracción para *Nolina texana* S. Wats.

La ecuación alométrica de biomasa de *Nolina texana* S. Wats, generada para el estado de Chihuahua constituye una herramienta útil para estimar con precisión la biomasa de la hoja verde de la especie en los estudios técnicos, asegurando un menor sesgo en las estimaciones totales.

Finalmente, el mapa de distribución potencial del *Nolina texana* S. Wats, 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

- Arnold, M. y M. Ruíz-Pérez. 2001. Can Non-Timber Forest Products Match Tropical Forest Conservation and Development Objectives? *Ecological Economics* 39: 437-447.
- Berlanga R., C. A., L. A. González L. y H. Franco L. 1992a. 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.
- Campos, J. J., B. Finegan & R. Villalobos. 2001. Management of Goods and Services from Neotropical Forest Biodiversity: Diversified Forest Management in Mesoamerica, in Conservation and Sustainable Use of Forest Biodiversity Secretariat of the Convention on Biological Diversity (scbd). Montreal. cbd Technical Series 3: 5-16.
- Castillo Q., D. 1994b. Época y sistemas de plantación de cortadillo *Nolina cespitifera* Trel. Avances de Investigación. Campo Experimental Saltillo. CIRNE-INIFAP. Saltillo, Coah.
- Castillo Q., D. 1995. Establecimiento de plantaciones de cortadillo en la región ixtlera del sur del municipio de Saltillo, Coah. Resumen. En: Memoria del Taller de identificación de proyectos productivos para el Programa de Desarrollo Regional Sustentable de las Zonas Ixtleras y Candelilleras. CONAZA. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. 153 p.
- Castillo Q., D. y A. Cano P. 2005. Guía técnica para el establecimiento de plantaciones de cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) para la producción de fibras duras en el estado de Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Folleto Técnico Núm. 16. Coahuila, México. 23 p.
- Castillo Q., D. y J. T. Sáenz R. 1993. Aspectos ecológicos del cortadillo *Nolina sp.* en el sur de Saltillo, General Cepeda y Parras de la Fuente, Coahuila. INIFAP-CIRNE Campo Experimental La Saucedá. Folleto Técnico No. 4. Saltillo, Coah., México. 17 p.

- Gadow, K. and Hui, G. 1999. Modelling forest development (Vol. 57). Springer Science & Business Media.
- Goor A., Y. and C. W. Barney 1976. Forest Tree Planting in Arid Zones. The Ronald Press Company. Second Edition. New York. 504 p.
- 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 Camacho, R. (2008). Productos forestales no maderables: importancia e impacto de su aprovechamiento. Revista Colombia Forestal, 11, 215-231.
- Madrigal Collazo, A. 1994. Ordenación de montes arbolados.
- Martínez-Ruíz, R., H.S. Azpíros-Rivero, J.L. Rodríguez-de-la-O, V.M. Cetina-Alcalá y M.A. Gutiérrez-Espinoza. 2006. Importancia de las plantaciones forestales de *Eucalyptus*. Ra Ximhai. 2(3):815-846.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson y R. E. Schapired. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling, 190: 231-259.
- RLGDFS. 2020 reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada 09-12-2020.
- Rodríguez, R. y Maldonado, H. 2009. Importancia de los productos forestales maderables y no maderables en los hogares de Puerto Nariño

(Amazonas, Colombia). Cuadernos Desarrollo Rural. Bogotá, Colombia. 6(26):31-52.

Sáenz R., J. T. y D. Castillo Q. 1991. Época de siembra del cortadillo *Nolina cespitifera* Trel. Informe Técnico. INIFAP-CIRNE-Campo Experimental "La Saucedá". Saltillo, Coah.

Sáenz R., J. T. y D. Castillo Q. 1992. Guía para la evaluación del cortadillo en el Estado de Coahuila. Folleto Técnico No. 3. INIFAP-CIRNE-Campo Experimental "La Saucedá". Saltillo, Coah. 13 p.

SAS Institute. 2009. SAS Proprietary Software Version 9.3. SAS Institute, Cary, NC.

Tapia-Tapia, E. y Reyes- Chilpa, R. 2008. Productos forestales no maderables en México: aspectos económicos para el desarrollo sustentable. Madera y Bosques. 14(3):95-112.

Taylor, C.A., Twidwell, D., Garza, N.E., Rosser, C., Hoffman, J.K., & Brooks, T.D. (2014). Long-Term Effects of Fire, Livestock Herbivory Removal, and Weather Variability in Texas Semiarid Savanna.

Villalón M., H. y R. López A. 1998. Apuntes de la materia de reforestación de zonas áridas y semiáridas. Facultad de Ciencias Forestales Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares N. L. México.

9. GLOSARIO

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

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

Ixtle. (Del náhuatl *ichtli* 'ixtle') es una fibra vegetal conocida por su resistencia, que ha sido usada en México desde tiempos antiguos, siendo parte fundamental de la economía y de la cultura mexicana a lo largo de los años.

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