



Fondo
CONACYT
CONAFOR



UJED
Universidad Juárez
del Estado de Durango



CONAFOR



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



inifap
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Mejores prácticas de manejo y ecuaciones alométricas de biomasa de *Yucca schidigera* Roehl ex Ortgies en el estado de Baja California



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 *Yucca schidigera* Roehl ex Ortgies en el estado de Baja California. 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 *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies, que se usa como medicina naturista, como espumante y saborizante en la industria de refrescos y alimentos. 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 *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies en el estado de Baja California” con el fin de que se utilice como una herramienta técnica de apoyo para los técnicos y productores de zonas

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

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

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 6 |
| 2. LEGISLACIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO FORESTAL DE LA ESPECIE..... | 8 |
| 2.1. Procedimientos legales para la autorización del aprovechamiento forestal no maderable de la <i>Yucca schidigera</i> Roezl ex Orgies..... | 8 |
| 2.2. Normas y leyes..... | 10 |
| 3. INVENTARIO FORESTAL CON FINES MANEJO..... | 17 |
| 3.1. Técnicas de muestreo para la evaluación de las poblaciones naturales de la especie..... | 17 |
| 4. MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO | 22 |
| 4.1. Mejoras en las técnicas de aprovechamiento de la especie | 22 |
| 4.2. Mejoras en las técnicas de extracción y beneficio del producto final..... | 23 |
| 4.3. Reforestación con fines de enriquecimiento de rodales | 23 |
| 5. ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE BIOMASA | 27 |
| 5.1. Ecuaciones alométrica para el estado..... | 30 |
| 6. MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA ESPECIE | 36 |
| 7. CONCLUSIONES..... | 39 |
| 8. BIBLIOGRAFÍA..... | 40 |
| 9. GLOSARIO | 42 |
| 10. SIGLAS Y ACRÓNIMOS | 43 |

1. INTRODUCCIÓN

La *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies, conocida como palmilla, yuca mohave o datilillo, se aprovecha desde hace algunas décadas en el estado de Baja California; representa una actividad económica complementaria para las comunidades rurales. Como actividad económica, el aprovechamiento de la yuca representa empleo para ejidatarios y jornaleros involucrados en los diferentes procesos, desde la toma de datos para la elaboración de estudios y programas de manejo, hasta la entrega en patio con el comprador. Actualmente algunos ejidos están buscando llevar más allá el aprovechamiento, realizando la molienda de los tallos para obtener el extracto en forma de líquido, que adquiere un valor mayor.

En Baja California se aprovechan diferentes productos forestales no maderables, dentro de los cuales se destaca el extracto de esta planta, y es utilizado como medicina naturista, como espumante y saborizante en la industria de refrescos y alimentos, pero su uso más generalizado, es como ingrediente de los alimentos en la industria avícola, porcícola, de bovinos y especies acuícolas, así como en la industria de los alimentos para mascotas. Adicionalmente, es utilizado como agente surfactante para tratamiento de granos y como mejorador de suelos y promotor biológico en la agricultura y se usa también, para el tratamiento de aguas residuales y desechos orgánicos para la reducción de amoníaco, sulfuro de hidrógeno y malos olores. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) reporta del año 2010 al año 2016 una producción de productos no maderables de 31,209 toneladas, pero no

especifica la cantidad que corresponde a *Yucca. Schidigera* y *Y. valida*. De manera oficial no se tienen registradas cifras del valor de la producción; sin embargo, dada la alta demanda del tallo, se han presentado problemas de clandestinaje, lo que hace difícil ser específico en las cantidades de aprovechamiento. Sepúlveda (1994), menciona que *Yucca schidigera* Roetzl ex Ortgies se encuentra asociada con *Artemisa californica*, *Larrea tridentata* y *Fouquieria splendens*; en pendientes áridas y desiertos húmedos de Baja California; en laderas occidentales de las sierras San Pedro Mártir y Sierra de Juárez; se asocia con *Pinus*, *Juniperus* y *Prosopis* (Sandoval, 1980; citado por Sepúlveda, 1994). El aprovechamiento de esta especie depende de la calidad de sitio.

2. LEGISLACIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO FORESTAL DE LA ESPECIE

2.1. Procedimientos legales para la autorización del aprovechamiento forestal no maderable de *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies.

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 obtención de la autorización del aprovechamiento de *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies, se muestran en la Figura 1.

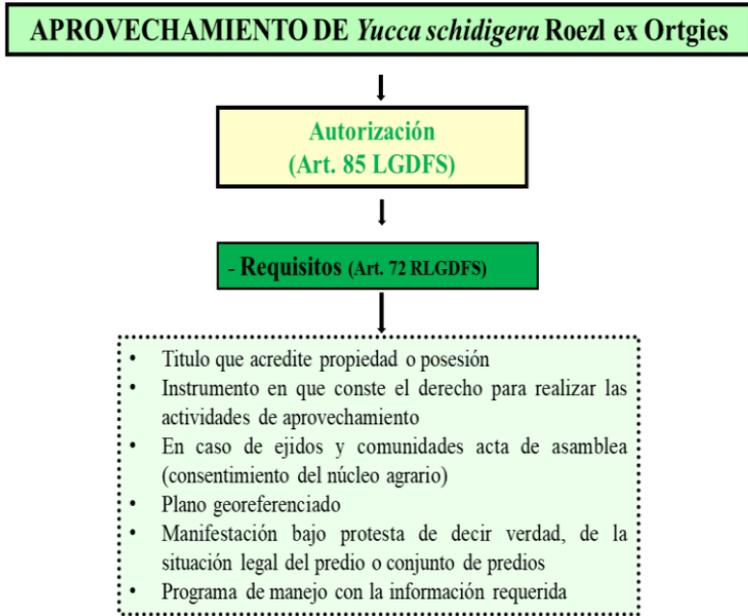


Figura 1. Requisitos que debe contener la autorización del aprovechamiento de *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies en México.

2.2. Normas y leyes

Leyes vigentes

La legislación vigente que se describe a continuación regula el aprovechamiento de *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies.

| Leyes y Reglamentos | Artículos |
|---|---|
| <p>Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) 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) 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> |
| <p>Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (Reglamento de la LGDFS)</p> | <p>1, 2, 4, 12, 14, 18, 27, 30, 32, 33,</p> |

| Leyes y Reglamentos | Artículos |
|--|---|
| <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>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) 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 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> |
| <p>Ley Federal de Procedimiento Administrativo (LFPA)</p> | <p>1, 15, 15-A, 17-A, 19 y 43.</p> |

| Leyes y Reglamentos | Artículos |
|---|-----------|
| <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> | |

Normas vigentes

La Norma Oficial Mexicana vigente que se describe a continuación regula el aprovechamiento de *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies.

Norma Oficial Mexicana **NOM-005-SEMARNAT-1997** que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de corteza, tallos y plantas completas de vegetación forestal.

| Apartado | Especificaciones |
|-----------------|---|
| Aprovechamiento | <p>Con excepción de las plantas completas de cactáceas y la <i>Yucca</i> spp., 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.</p> <p>El aprovechamiento de cogollos quedará sujeto a los siguientes criterios y especificaciones técnicas:</p> <ol style="list-style-type: none"> I. Sólo se podrán aprovechar plantas en la etapa de madurez de cosecha. II. Deberá dejarse distribuido uniformemente, en el área de |

| Apartado | Especificaciones |
|--------------------|---|
| | <p>aprovechamiento sin intervenir, como mínimo el 20% de las plantas en etapa de madurez de cosecha, para propiciar la regeneración por semillas;</p> <p>Cuando se aprovechen plantas completas de otras especies diferentes a las mencionadas en la presente Norma, el responsable técnico establecerá los criterios y especificaciones técnicas en la notificación respectiva.</p> |
| Del almacenamiento | <p>Los responsables de los centros de almacenamiento deberán:</p> <p>I. Solicitar la inscripción de los mismos en el Registro Forestal Nacional, acreditando su personalidad.</p> <p>II. Informar trimestralmente dentro de los primeros 10 días hábiles de los meses de abril, julio, octubre y enero 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 corteza, tallos y plantas completas, desde el predio bajo aprovechamiento, hacia los centros de almacenamiento o de transformación, se realizará al amparo de remisión o factura comercial, expedida por el dueño o poseedor del recurso, o el responsable del centro de almacenamiento, siempre y cuando dicho producto se transporte en cualquier vehículo automotor. |

NOM-152-SEMARNAT-2006

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

En el apartado 5 de la Norma, se describen los criterios y especificaciones de los contenidos de los programas de manejo, así como en el apartado 6, se hace mención de la estructura para la presentación del programa de manejo.

| Apartado | Especificaciones |
|------------------------------|--|
| Aprovechamiento no maderable | Cuando se pretenda solicitar una autorización de aprovechamiento de Recursos Forestales No Maderables, para los recursos indicados en el artículo 85 de la Ley (LGDFS). De acuerdo con |

| Apartado | Especificaciones |
|----------|--|
| | <p>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 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 *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies se debe de entrar al contexto de las técnicas de muestreo para la evaluación de las poblaciones naturales de la especie, es necesario enfatizar primero los conceptos de catastro y división dasocrática. Donde en el primer concepto se busca recabar toda

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

Por múltiples circunstancias, las técnicas de muestreo de *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies, 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 las técnicas de muestreo, en este manual se recomienda

utilizar la siguiente metodología de muestreo para *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies:

- 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%, dependiendo de 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 *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies en el estado de Baja California, 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 formuladas por un grupo de investigadores de 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).

5.1. 4.1. Mejoras en las técnicas de aprovechamiento de la especie

El aprovechamiento de la *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies, representa uno de los principales ingresos económicos de los productores en el estado. Sin embargo, su aprovechamiento está llegando a su límite debido al mal manejo, así como la permanencia de la planta. Con base a lo anterior, se propone como mejora en la técnica de aprovechamiento que sólo se aprovechen aquellos individuos de mayor tamaño con fuste libre y medidas superiores a 1.5 m, las cuales son consideradas como medidas comerciales. El corte debe efectuarse con la herramienta “hacha” cerca del nivel del suelo. Una vez

derribada la planta, se debe de cortar la roseta justo en el límite donde se diferencian las hojas verdes y secas.

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

La importancia económica de la *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies, radica principalmente en la obtención de productos como el jugo y fibra, los cuales tienen un mercado de exportación, lo que ha generado el establecimiento de industrias procesadoras en la entidad y en algunas de ellas se elaboran productos terminados por lo que su valor agregado se incrementa significativamente. En este sentido, se proponen que la extracción de la especie, se realice a fines de los temporales de lluvia y durante el mes que precede a éstos durante, es decir, durante los meses de marzo, abril y mayo; así como, en septiembre y octubre. En este periodo de tiempo se garantiza un mayor rendimiento de jugo.

4.3. Reforestación con fines de enriquecimiento de rodales

Para el establecimiento de reforestaciones con fines de enriquecimiento de rodales de *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies, 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. En Baja California existe interés en la implementación de plantaciones comerciales de *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies, debido principalmente al potencial productivo y económico que representa para asegurar el abasto a las industrias establecidas en el estado. Sepúlveda (1994), menciona que la producción proveniente de poblaciones naturales cubre solo el 40% de la capacidad instalada de la industria. Por lo anterior el siguiente paso a seguir es la reforestación con fines de enriquecimiento de rodales de *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies, que se describe a continuación:

- 1. Recolección de germoplasma de buena calidad.** El germoplasma debe ser recolectado en la misma región donde se establecerá la reforestación, para lo cual se debe contar con los permisos correspondientes por parte de la SEMARNAT. El germoplasma puede ser semilla o hijuelos provenientes de las poblaciones con mayor abundancia, para no poner en riesgo la permanencia de la especie.
- 2. Producción de planta en vivero.** Se puede producir planta en envases o en camas semilleras, se recomienda el uso de tierra de monte de la región donde se distribuye de manera natural la especie.
- 3. Mantenimiento de planta en vivero.** Las actividades principales son el suministro de agua mediante riego y el monitoreo de la sanidad de las plantas. Las principales amenazas son la presencia de hongos, los cuales se pueden evitar con periodos de riego con intervalos de una semana, y el ataque de hormigas, los

cuales se pueden combatir con productos químicos (Sepúlveda, 1994). Se requiere de cuidados especiales durante el invierno ya que la planta es susceptible de quemaduras por heladas.

- 4. Traslado de la planta al terreno.** Esta actividad es de suma importancia, ya que, en la mayoría de las especies forestales, el transporte maltrata la planta, sobre todo en aquellas que tienen envases de bolsa de polietileno; normalmente se utilizan camiones con redilas que protejan la planta del aire.
- 5. Preparación del terreno para la reforestación.** Consiste en ablandar el terreno mediante un subsoleo o rastreo para establecer las líneas de reforestación o surcos; la separación entre planta y planta puede ser de 3 m y entre hileras de 4 m para facilitar las labores culturales.
- 6. Instalación del sistema de riego.** Es recomendable establecer riego por goteo para un uso más eficiente del agua; debido a que son zonas con poca disponibilidad, se utiliza manguera con “spaguettis” de goteo en cada planta, de ser necesario se puede aplicar riegos con fertilizantes.
- 7. Establecimiento de la planta en el terreno.** El establecimiento de la planta puede ser a marco real con una separación de 3x4 m, o también a curvas de nivel en terrenos con pendientes; es importante dejar callejones para el acceso para mantenimiento.

- 8. Mantenimiento de la reforestación.** Aplicación de labores culturales como podas, deshierbes, control de malezas, plagas y enfermedades.

5. ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE BIOMASA

Los modelos de predicción presentados en este documento son ecuaciones alométricas que proporcionan estimaciones fiables de biomasa de *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies. 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 derribados, se separaron las siguientes fracciones de biomasa: cogollo, tallo y hoja verde. Cada fracción se pesó en verde utilizando 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 seleccionaron los mejores modelos por componente en peso verde (cogollo, tallo, hoja verde 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.

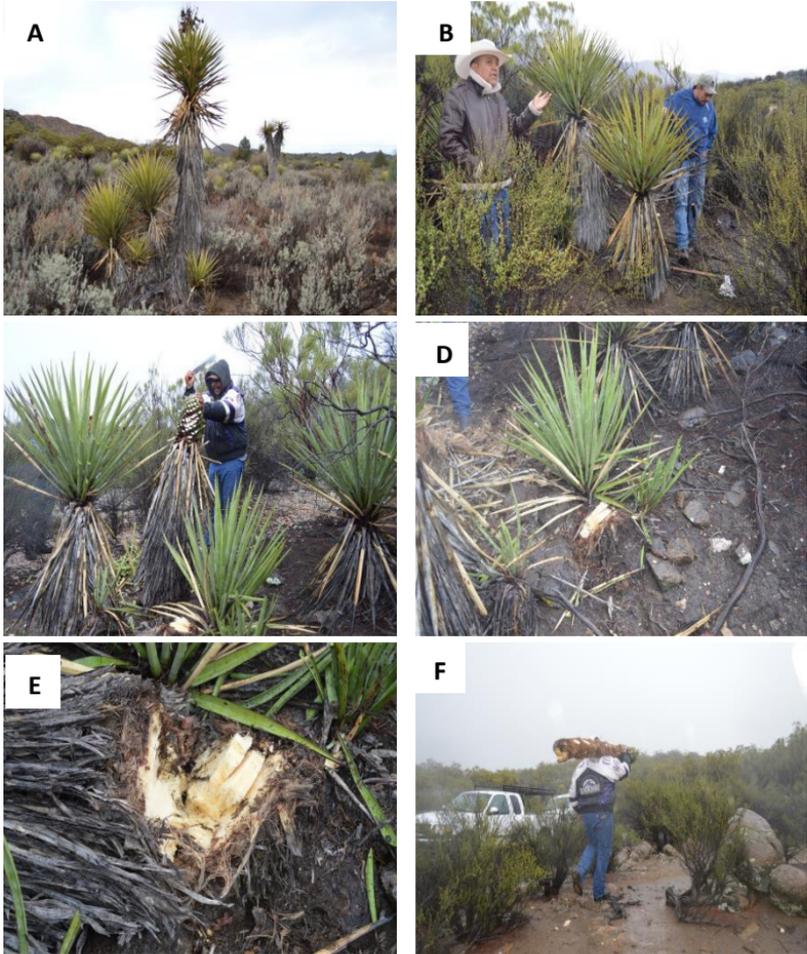


Figura 2. Muestreo realizado en el estado de Baja California. A) Planta completa muestreada, B) Ubicación de la planta, C) Extracción de la planta, D) Separación de los componentes, E) Cogollo verde y F) Transporte de tallo para su peso.

5.1. Ecuaciones alométrica para el estado

En el Cuadro 1 se muestran las estadísticas descriptivas por componente (cogollo, tallo, hoja 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 Baja California. 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 *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies, colectada en el estado de Baja California.

| Variable | No. Obs | Media | Std | Min. | Max. |
|---------------------------|---------|--------|-------|-------|--------|
| <i>DC (cm)</i> | 150 | 96.88 | 26.41 | 44.00 | 178.50 |
| <i>H (cm)</i> | 150 | 121.47 | 46.95 | 1.17 | 235.00 |
| <i>Tallo verde (cm)</i> | 150 | 14.01 | 10.66 | 1.84 | 71.06 |
| <i>Cogollo verde (kg)</i> | 150 | 3.23 | 2.98 | 0.04 | 16.66 |
| <i>Hoja verde(kg)</i> | 150 | 9.86 | 49.69 | 0.34 | 500.00 |
| <i>Peso total (kg)</i> | 150 | 27.10 | 50.21 | 2.60 | 501.98 |

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

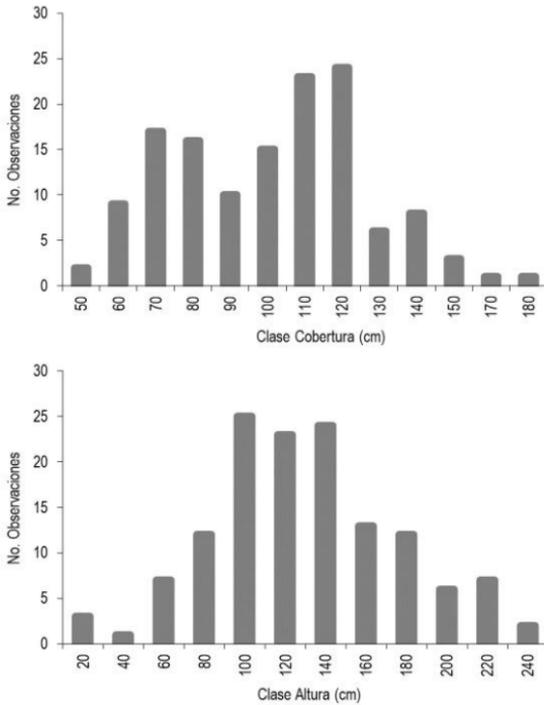


Figura 3. Distribución de la cobertura y altura de las plantas muestra en el estado de Baja California.

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 *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies, en el estado de Baja California se muestra en los Cuadros 2 y 3.

Cuadro 2 Ecuaciones alométricas desarrolladas para la estimación del peso verde por componente y peso total de *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies en Baja California.

| Componente | Modelo | No. |
|-------------------|---|------------|
| Tallo verde | $W_s = \exp(b_0 + b_1 \ln(DC * H))$ | (1) |
| Cogollo verde | $W_c = \exp(b_2 + b_3 \ln(DC * H))$ | (2) |
| Hoja verde | $W_l = \exp(b_4 + b_5 \ln(DC))$ | (3) |
| Total | $W_t = \exp(b_0 + b_1 \ln(DC * H)) + \exp(b_2 + b_3 \ln(DC * H)) + \exp(b_4 + b_5 \ln(DC))$ | (4) |

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

Cuadro 3. Estimación de los parámetros, contrastes de significación aproximados, y estadísticos de bondad de ajuste para las ecuaciones alométricas desarrolladas para la estimación de peso verde por componente y total de *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies en Baja California.

| Componente | Parámetro | Estimación | Error estándar | t | Prob. | | REMC (kg) |
|---------------|----------------|------------|----------------|--------|--------|----------------|-----------|
| | | | | | Aprox. | R ² | |
| Tallo verde | b ₀ | -10.3598 | 0.6271 | -16.52 | <.0001 | 0.76 | 5.2802 |
| | b ₁ | 1.366431 | 0.063 | 21.71 | <.0001 | | |
| | b ₂ | -12.0591 | 0.9311 | -12.95 | <.0001 | 0.60 | 1.7387 |
| Cogollo verde | b ₃ | 1.384998 | 0.0933 | 14.84 | <.0001 | | |
| | b ₄ | -7.84802 | 0.8083 | -9.71 | <.0001 | 0.60 | 1.5123 |
| Hoja verde | b ₅ | 1.965537 | 0.1685 | 11.66 | <.0001 | | |
| | Peso total | | | | | 0.77 | 7.2703 |

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

Ejemplo práctico de la aplicación de las ecuaciones alométricas:

Para estimar la biomasa del cogollo verde de la *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies en Baja California, sería como se explica a continuación.

Supongamos que una planta de *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies tiene una altura total (H) de 160 cm y una cobertura (DC) de 180 cm; y si quisiéramos saber la biomasa del cogollo, se aplicaría la ecuación del componente cogollo, como se muestra de la siguiente manera:

Información dasométrica: $H=160\text{ cm}$; $DC= 180\text{ cm}$

Ecuación para estimar la biomasa del cogollo verde:

$W_c = \exp(b_2 + b_3 \ln(DCxH))$; se sustituyen las variables con los valores del Cuadro 3;

$$W_c = \exp(-12.0591 + 1.384998 \ln(DCxH))$$

$W_c = 8.60\text{ kg}$ de la biomasa estimada del cogollo verde, dadas las características de la planta.

En el Cuadro 6 se muestra los predios donde se llevó a cabo el muestreo en el estado de Baja California.

Cuadro 6. Municipios y predios en donde se llevó a cabo el muestreo en el estado de Baja California.

| Estado | Municipio | Predio |
|-----------------|------------------|----------------------------|
| Baja California | Ensenada | Ejido El Bramadero |
| | | Ejido Sierra Juárez |
| | | Ejido Tepi |
| | | Ejido Francisco R. Serrano |
| | Tecate | Ejido Aubuanlel Vallego |

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 *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies. 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 *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies, 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 de 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.

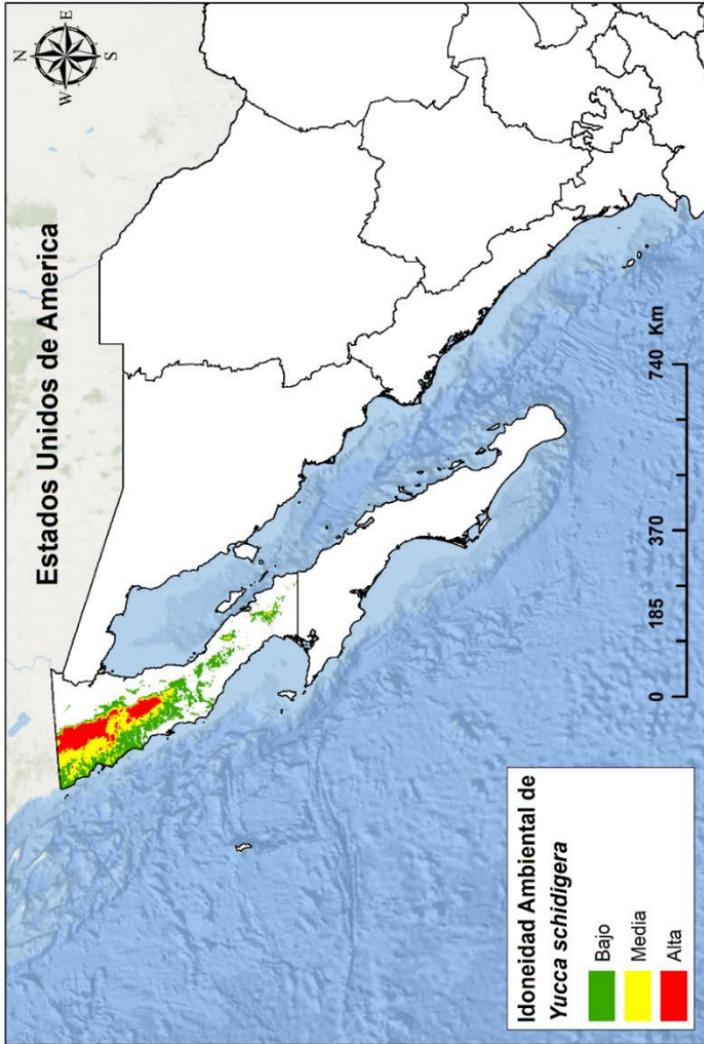


Figura 4. Clases de idoneidad ambiental para la *Yucca schidigera* Roetzl ex Ortgies generadas a partir de modelos de distribución potencial.

7. CONCLUSIONES

Las actividades de monitoreo de las densidades residuales en las colonias de *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies no aprovechadas, son importantes para determinar la capacidad de desarrollo de la especie; por otro lado, el seguimiento en las poblaciones aprovechadas permitirá conocer su capacidad de recuperación. Los predios con antecedentes de aprovechamiento producen un mayor número de individuos comparado con áreas sin aprovechamiento previo; el efecto que tiene la eliminación de los individuos adultos permite un desarrollo más dinámico en la estructura vertical de las colonias de yuca, ocasionada por la liberación de los individuos de las categorías inferiores.

Las ecuaciones alométricas de biomasa de *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies generadas para el estado, constituyen una herramienta útil para estimar con precisión la biomasa verde de la especie en la autorización para su aprovechamiento, asegurando un menor sesgo en las estimaciones totales.

El mapa de distribución potencial del *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies presentado en este documento representa un esquema gráfico de áreas o regiones con diferente grado de potencial productivo, para el establecimiento de áreas de conservación y programas de reforestación de la especie.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Berlanga R., C. A., L. A. González L. y H. Franco L. 1992. Metodología para la evaluación y manejo de lechuguilla en condiciones naturales. Campo Experimental "La Saucedá". CIRNE. INIFAP. Folleto Técnico Núm. 1. Saltillo, Coahuila, México. 22 p.
- Flores-Nieves et. al. s/f. Modelos para estimación y distribución. Revista Mexicana Científica Forestal, Vol. 2 Núm. 8
- Gadow, K. and Hui, G. 1999. Modelling forest development (Vol. 57). Springer Science & Business Media.
- Garzuglia, M. and M. Saket. 2003. Wood volume and woody biomass: review of FRA 2000 estimates. Forest Resources Assessment WP 68. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Italy. 30 p
- Hasting J.R. et al. 1972. An Atlas of some plants distributions in the Sonoran Desert. Technical Reports on the meteorology and climatology of Arid Regions. No. 21. The University of Arizona, Institute of Atmospheric and Physics.
- 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 martinexii*: 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.
- 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.

- RLGDFS. 2020 reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada 09-12-2020.
- SAS Institute. 2009. SAS Proprietary Software Version 9.3. SAS Institute, Cary, NC.
- Sepulveda-Betancourt J.I. 1994. La Palmilla *Yucca schidigera* en Baja California. Folleto Técnico Número 8. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias.
- Wiggins, I.L. 1953 Yucas of the Southwest. Agric. Mon. 17 6-91. U.S.A.

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.

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