



Fondo
CONACYT
CONAFOR



UJED
Universidad Juárez
del Estado de Durango



CONAFOR
COMISIÓN NACIONAL FORESTAL



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 *Brahea dulcis* en el estado de Oaxaca y Guerrero.



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

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. Martin 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 *Brahea dulcis* en el estado de Oaxaca 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 de *Brahea dulcis* dada la importancia para la obtención del 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 *Brahea dulcis* en el estado de Oaxaca 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.....	5
2. LEGISLACIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO FORESTAL DE LA ESPECIE . 6	6
2.1. Procedimientos legales para el aviso de aprovechamiento forestal no maderable de <i>Brahea dulcis</i>	6
2.2. Leyes y normas.	7
3. INVENTARIO FORESTAL CON FINES DE MANEJO.....	12
3.1 Técnicas de muestreo para la evaluación de las poblaciones naturales de la especie. 12	12
4. MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO	15
4.1. Mejoras en las técnicas de aprovechamiento de la especie.....	15
4.2. Mejoras en las técnicas de extracción y beneficio del producto final.....	16
4.3. Reforestaciones con fines de enriquecimiento de rodales	17
5. ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE BIOMASA	19
5.1. Ecuaciones por estado.....	21
6. MAPA DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LA ESPECIE	28
7. CONCLUSIONES.....	30
8. BIBLIOGRAFIA	31
9. GLOSARIO	32
10. SIGLAS Y ACRÓNIMOS	¡Error! Marcador no definido.

1. INTRODUCCIÓN

Los Recursos Forestales No Maderables (RFNM) son las especies vegetales de las zonas forestales susceptibles de aprovechamiento, en función de su utilidad. Los PFNM, se refieren a cualquier parte de dichas especies que está siendo aprovechada, a través de su extracción o por el servicio ambiental que presta. La explotación sostenible de los recursos debe contemplar la extracción de estos, considerando las necesidades humanas y del mismo ecosistema. Por ello es adecuado que los planes de manejo estén basados en estudios que contemplen la extracción adecuada de dichos recursos (Peters *et al.*, 1989). Las palmas ofrecen un gran potencial para su explotación sustentable, porque muchos productos resultan de distintas partes de la planta, como los frutos, semillas u hojas, y el aprovechamiento de estas partes no necesariamente involucra la destrucción de la planta (O'Brien y Kinnaird, 1996). Gracias a la versatilidad de la palma y a la creatividad de los artesanos, continuamente aparecen nuevos artículos, lo cual ayuda a mantenerse en el mercado. Algunas comunidades de la Mixteca oaxaqueña, que llegan a tener miles de hectáreas de palmares, han realizado un manejo sustentable de las plantas por más de 200 años. Este manejo merece ser reconocido e incentivado. En otras partes, la sobreexplotación de hojas y el corte de los tallos para usarlos en la construcción han llevado a la proliferación de manchones de tallos pequeños de hojas pequeñas. La palma soyate (*Brahea dulcis*) es un recurso muy noble y productivo que ha generado recursos a las economías campesinas por muchos años. El problema ha sido el precio; para mejorarlo, entre otras cosas, hacen falta estrategias de venta directa a los consumidores, donde se les informe que se trata de productos campesinos y, si es el caso, que provienen de palmares manejados de manera sustentable. Además, se requieren políticas públicas que reconozcan e incentiven la inversión hecha por las comunidades campesinas en este manejo. Sin embargo, la explotación de plantas silvestres puede tener un efecto negativo en la dinámica poblacional de las especies, ya que puede ocasionar un aumento en la mortalidad, retardar el crecimiento, y disminuir la reproducción.

2. LEGISLACIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO FORESTAL DE LA ESPECIE

2.1. Procedimientos legales para el plan de manejo forestal no maderable de *Brahea dulcis*

De acuerdo con el artículo 40 de la Ley General de Vida Silvestre, y el artículo 37 del Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre, este recurso forestal no maderable requiere de un plan de manejo de vida silvestre, que deberá ser entregado a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), mediante un formato que contenga el nombre, denominación o razón social y domicilio del propietario o poseedor del predio o conjunto de predios y, en su caso, número de oficio de la autorización en materia de impacto ambiental. El procedimiento y requisitos para la obtención de la autorización de aprovechamiento de *Brahea dulcis*, se muestran en la Figura 1.

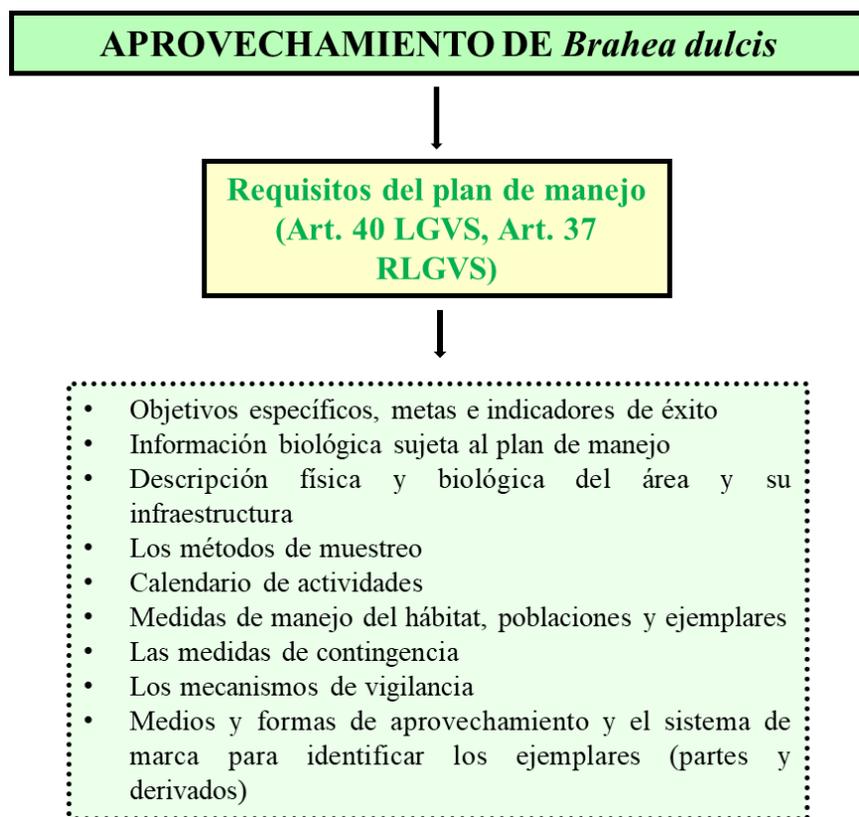


Figura 1. Requisitos que debe contener el plan de manejo de *Brahea dulcis*, en México.

2.2. Leyes y normas

Leyes vigentes

La legislación vigente que se describe a continuación regula el aprovechamiento de *Brahea dulcis*.

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>	1, 3, 15, 84, 87 y 100.
<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>	1, 3, 18, 19, 56, 83, 84 y 97.
<p>Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre (LGVS)</p> <p>Tiene por objeto reglamentar la Ley General de Vida Silvestre.</p>	37, 38, 39, 40, 41, 42, 43 y 45
<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>	9, 10, 73, 116 y 119.
<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</p>	1, 15, 15-A, 17-A, 19 y 43.

Leyes y Reglamentos	Artículos
<p>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

Las Normas Oficiales Mexicanas vigentes que se describen a continuación regulan el aprovechamiento de *Brahea dulcis*.

NOM-006-SEMARNAT-1997

Norma Oficial Mexicana **NOM-006-SEMARNAT-1997**, que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de hojas de palma.

Apartado	Especificaciones
Del aprovechamiento	<p>Para realizar el aprovechamiento de hojas de palma, el dueño o poseedor del predio correspondiente, deberá presentar una notificación por escrito ante la Delegación Federal de la Secretaría en la entidad federativa que corresponda, que podrá ser anual o por un periodo máximo de 5 años.</p> <p>La notificación deberá contener la siguiente información:</p> <ul style="list-style-type: none"> I. Nombre y domicilio del dueño o poseedor del predio; II. Título que acredite el derecho legal de propiedad o posesión respecto del terreno o terrenos objeto de la notificación o, en su caso, el documento que acredite el derecho para realizar actividades de aprovechamiento; III. Nombre y número de inscripción del responsable técnico en el Registro Forestal Nacional; IV. Nombre y ubicación del predio, incluyendo un plano o croquis de localización; V. Superficie, especies y cantidad estimada en toneladas por aprovechar anualmente, incluyendo sus nombres comunes y científicos. VI. Descripción de los criterios para la determinación de la madurez de cosecha y reproductiva, así como las técnicas de aprovechamiento de cada especie, dentro del marco de los criterios y especificaciones que se establecen en la presente Norma; VII. La definición y justificación del periodo de recuperación al que

Apartado	Especificaciones
	<p>quedarán sujetas las áreas intervenidas, de acuerdo a las características de reproducción y desarrollo de las especies bajo aprovechamiento;</p> <p>VIII. Medidas de protección a las especies de fauna silvestre;</p> <p>IX. Medidas de protección a las especies de flora y fauna silvestres con estatus;</p> <p>X. Medidas para prevenir y controlar incendios, plagas, enfermedades forestales y otros agentes de contingencia; y</p> <p>XI. Medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales negativos que pudiera ocasionar el aprovechamiento, durante sus distintas etapas de ejecución, así como en caso de suspensión o terminación anticipada.</p>
Del almacenamiento	<p>Los responsables de los centros de almacenamiento de hojas de palma, incluyendo aquellos que estén ubicados en las instalaciones de los centros de transformación, deberán:</p> <p>I. Solicitar la inscripción de los mismos en el Registro Forestal Nacional, acreditando su personalidad, debiendo proporcionar los siguientes datos del establecimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Nombre, denominación o razón social; b. Domicilio fiscal; c. Copia de la cédula de identificación fiscal o del Registro Federal de Contribuyentes; d. Ubicación; e. En su caso, el giro o giros a que se dedique el centro de transformación en cuestión; y f. Capacidad de almacenamiento y, en su caso, de transformación instalada en toneladas. <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 del trimestre inmediato anterior,</p>

Apartado	Especificaciones
	<p>utilizando los formatos que se anexan como apéndices 1 y 2 de la presente Norma.</p>
Del transporte	<p>El transporte de hojas de palma, 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 por cualquier vehículo automotor.</p> <p>La factura o remisión comercial deberá contener además de los requisitos establecidos por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> I. Número de folio asignado por la Delegación Federal de la Secretaría, al acusar recibo de la notificación de aprovechamiento correspondiente; II. Ubicación y número de inscripción del centro de almacenamiento en el Registro Forestal Nacional; III. En su caso, nombre y ubicación del predio del que proviene el producto, y IV. Domicilio al que se envía el producto y el peso que se remite.

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 estudios técnicos 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. Para el inventario de *Brahea dulcis*, 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 *Brahea dulcis*, 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 *Brahea dulcis*:

- 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 m² (radio = 12.6157 m) o de 1000 m² (radio = 17.8412 m). Entre más pequeño sea un sitio, más fácil y precisa será su delimitación.

- 5. Intensidad de muestreo en porcentaje.** La intensidad o fracción de muestreo es la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total. Normalmente, en inventarios forestales se han utilizado intensidades de muestreo del orden de 1%, 0.5% y 0.1%, dependiendo de varios factores; superficie por inventariar, factores económicos, precisión requerida, etcétera. Por ello, podemos definir la intensidad de muestreo de acuerdo a la precisión con la que deseamos medir las características de la población de estudio y el costo que esto conlleva, recomendándose en base a la experiencia de los autores una intensidad de muestreo mayor de 1% y hasta el 3%.
- 6. Información a medir.** En cada uno de los sitios se medirán las siguientes variables: Diámetro de cobertura Norte-Sur (D_{NS} , cm) y Diámetro de cobertura Este-Oeste (D_{EO} , cm) y Altura total (H, cm). En gabinete se obtendrá el diámetro promedio de cada una de las plantas evaluadas. Empleando la ecuación alométrica generada en el presente documento, se sustituye el valor de las variables indicadas y se obtiene el volumen o biomasa por individuo, por sitio o hectárea. Para ello, en el caso de estimaciones de biomasa o volumen promedio por sitio, se realiza la sumatoria de la biomasa o volumen total de cada sitio y se divide entre el número de ellos. Para estimaciones de biomasa o volumen promedio por hectárea ($\text{Ha}^{-1} = 10,000 \text{ m}^2$), el volumen o biomasa promedio por sitio se multiplica por un factor de superficie que depende del tamaño del sitio y se obtiene el correspondiente a una hectárea (Berlanga *et al.*, 1992).

4. MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO

Las siguientes propuestas de mejores prácticas se realizaron con base en el diagnóstico de cómo se aprovecha actualmente la especie de *Brahea dulcis* en los estados de Guerrero y Oaxaca, 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

Dado que para esta especie se requiere de un plan de manejo para la velilla y hoja, y no de la eliminación total de la planta, solo se recomienda las siguientes condicionantes de acuerdo a la NOM-006-SEMARNAT-1997 para ambos estados:

- El aprovechamiento debe ser exclusivamente a la velilla y ésta se corta de las palmas maduras de una altura aproximada de 0.75 a 1.90 metros siempre y cuando la velilla tenga una longitud mayor a 55 cm.
- Deberá dejarse distribuido uniformemente en el área de aprovechamiento sin intervenir, por lo menos el 20% de las plantas en etapa de madurez de cosecha, para que lleguen a su madurez reproductiva y propiciar la regeneración por semilla.
- De cada hoja o velilla cortada deberá dejarse una parte del peciolo o sierrilla, de 3 a 5 cm, a fin de no dañar el tallo principal de la planta.
- La intensidad de corta en cada planta deberá ser como máximo del 75% del total de las hojas existentes, incluyendo en este porcentaje las hojas secas.
- Se deben dejar de 3 a 4 hojas en la parte cercana a la zona de crecimiento terminal.

- La producción de hojas tiernas o comúnmente conocidas como velillas es de no más de 12 velillas al año en tiempo de secas, mientras que en época de lluvias tienden a producir en ocasiones hasta el doble de velillas. Esto dependiendo de las condiciones generales de la manchonera o soyacahuiteras.

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

La forma de la palma depende mucho de la manera e intensidad de su aprovechamiento. Es por ello que se expresan las siguientes consideraciones en las técnicas de extracción para la palma, de igual manera para ambos estados, esto debido a su similitud de aprovechamiento:

- Cuando se deja de desarrollar el tallo original, el que salió de la semilla, sin cortar más que dos a tres hojas cada año, la planta crece en forma de palmera y puede alcanzar hasta nueve metros de altura.
- Si se corta el tallo principal o se cosechan demasiadas hojas, le brotan numerosos hijuelos de las raíces y de la base del tallo, los cuales forman grandes grupos de pequeños tallos que cubren hasta 10 metros cuadrados. Así, la misma planta, a partir de una sola semilla, puede seguir viviendo durante cientos de años y puede llegar a formar manchones muy grandes, todos con la misma información genética.
- Las hojas surgen plegadas de la punta de la planta para después abrirse en abanico (Figura 2). En temporal de lluvias una planta produce una hoja cada dos semanas aproximadamente, mientras que durante las secas aparece una cada tres semanas en promedio. La *Brahea dulcis* es una de las palmas mexicanas de mayor productividad foliar, pues puede llegar a producir más de quince hojas en un año, mientras que otras especies sólo producen de dos a cuatro hojas en el mismo tiempo.
- Las hojas utilizadas para sombreros y artesanías deben ser tiernas, aún plegadas y medir por lo menos 50 centímetros de longitud.
- Para elaborar los artículos de palma generalmente se cosecha la velilla o cogollo. El corte de las hojas retrasa el crecimiento de la palma. Si se cortan demasiadas hojas, la planta crece poco y produce pocas y pequeñas hojas, inadecuadas para trabajarlas.



Figura 2. Hojas en forma de abanico de la *Brahea dulcis*.

4.3. Reforestaciones con fines de enriquecimiento de rodales

La *Brahea dulcis* es una especie abundante y tiene una distribución muy amplia, y como todas las especies de este género, se le encuentra en suelos calizos, en altitudes superiores a los 800 m y forma asociaciones casi puras en terrenos perturbados. Es una palma caulescente de hasta 8 m de altura. Cabe mencionar que esta palma es la especie más variable de todo el género, debido a su tamaño que puede ser achaparrado o en extremo alto, así como sus hábitos que en ocasiones llegan a ser rastreros, a menudo se le encuentra solitaria, otras veces es colonial y sus hojas a veces son glaucas y presentan variadas tonalidades de verde. Así, se recomienda, fomentar la reforestación de la especie usando los hijuelos (reproducción vegetativa) con el propósito de incrementar el número de individuos en las áreas bajo aprovechamiento con el fin de logra reducir la presión en ciertas zonas, reduciendo también el tiempo de colecta y transporte, además de incrementar la cosecha. La selección de material para la reforestación: para lograr que la planta sobreviva en campo, se recomienda extraer los hijuelos. Los hijuelos y su majuelo deben estar libres de plagas y enfermedades, factor importante en su sobrevivencia. La mayoría de las veces, los

productores son capaces de identificar visualmente las plantas con buenas características; evitando colectar hijuelos con un bajo rendimiento y baja calidad en la reforestación.



Figura 3. Recolección de hijuelos y reforestación de la *Brahea dulcis*.

5. ECUACIONES ALOMÉTRICAS DE BIOMASA

Los modelos de predicción presentados en este documento son ecuaciones alométricas que proporcionan estimaciones fiables de biomasa de *Brahea dulcis*. 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: tallo, hojas, peciolo, velilla aprovechable y velilla no aprovechable. Cada fracción se pesó en verde utilizando una báscula con una precisión de ± 1 g (Figura 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 (tallo, hojas, peciolo, velilla aprovechable, velilla no aprovechable 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 Guerrero. A) Planta completa de *Brahea dulcis*, B) Ubicación de la planta, C) Medición de altura, D) Separación por componente E) Medición del tallo y F) Peso de la velilla aprovechable.



Figura 5. Muestreo realizado en el estado de Oaxaca. A) Planta completa, B) Ubicación de la planta, C) Medición de altura, D) Separación por componente, E) Peso de la velilla aprovechable y F) Peso del tallo.

5.1. Ecuaciones por estado

Para el estado de Guerrero.

En el Cuadro 1, se muestra las estadísticas descriptivas por componente (Tallo, hoja, peciolo, velilla aprovechable y velilla no aprovechable) de las 150 plantas muestreadas en el estado. Así mismo en la Figura 6, se muestra la distribución de las dimensiones estructurales de cobertura y altura de las plantas muestreadas.

Cuadro 1. Resumen descriptivo de la muestra de *Brahea dulcis* colectada en el estado de Guerrero.

Variable	No. Obs	Media	Std	Min.	Max.
DC (cm)	150	195.7	39.3	115.0	298.5
H (cm)	150	195.9	46.0	60.0	332.0
Tallo (kg)	150	20.096	11.469	0.792	48.940
Hoja (kg)	150	1.418	0.763	0.240	5.134
Peciolo (kg)	150	0.640	0.724	0.080	7.780
Velilla aprovechable (kg)	150	0.262	0.131	0.072	0.910
Velilla no aprovechable (kg)	150	0.210	0.143	0.052	1.580
Peso total (kg)	150	22.485	11.852	1.888	52.694

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

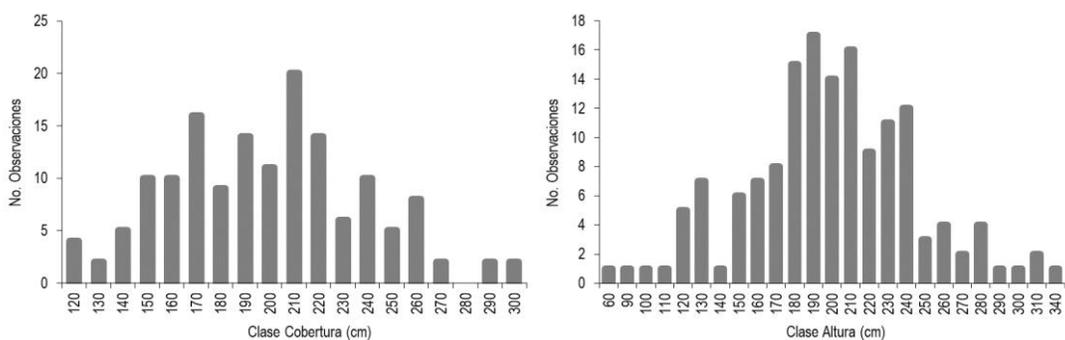


Figura 6. Distribución de la cobertura y altura de las plantas muestra en el estado de Guerrero.

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 *Brahea dulcis* en el estado de Guerrero 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 *Brahea dulcis* en el estado de Guerrero.

Componente	Modelo	No.
Tallo	$W_{st} = \exp(b_0 + b_1 \ln(H))$	(1)
Hoja	$W_l = \exp(b_2 + b_3 \ln(DC))$	(2)
Peciolo	$W_{lc} = \exp(b_4 + b_5 \ln(DC))$	(3)
Velilla aprovechable	$W_{lv} = \exp(b_6 + b_7 \ln(DC))$	(4)
Peso total	$W_t = \exp(b_0 + b_1 \ln(H)) + \exp(b_2 + b_3 \ln(DC))$ $+ \exp(b_4 + b_5 \ln(DC))$ $+ \exp(b_6 + b_7 \ln(DC))$	(5)

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 *Brahea dulcis* en el estado de Guerrero.

Componente	Parámetro	Estimación	Error estándar aprox.	t	Prob. > t	R ²	REMC (kg)
Tallo	b ₀	-6.68945	0.8926	-7.5	<.0001	0.6560	6.1100
	b ₁	1.829323	0.1639	11.2	<.0001		
Hoja	b ₂	-11.5541	0.9834	-12	<.0001	0.6413	0.4222
	b ₃	2.239624	0.1813	12.4	<.0001		
Peciolo	b ₄	-18.0486	1.0487	-17	<.0001	0.7819	0.1955
	b ₅	3.289061	0.1912	17.2	<.0001		
Velilla aprovechable	b ₆	-10.386	1.1608	-9	<.0001	0.6317	0.0595
	b ₇	1.698638	0.2155	7.88	<.0001		
Peso total						0.7610	6.4078

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

Para el estado de Oaxaca

En el Cuadro 4, se muestra las estadísticas descriptivas por componente (Tallo, hoja, peciolo, velilla aprovechable y velilla no aprovechable) de las 150 plantas muestreadas en el estado. Así mismo en la Figura 7, se muestra la distribución de las dimensiones estructurales de cobertura y altura de las plantas muestreadas.

Cuadro 4. Resumen descriptivo de la muestra de *Brahea dulcis* colectada en el estado de Oaxaca.

Variable	No. Obs	Media	Std	Min.	Max.
<i>DC (cm)</i>	150	195.2	56.3	55.5	347.5
<i>H (cm)</i>	150	275.3	110.7	36.0	520.0
<i>Tallo (kg)</i>	150	43.201	33.9	0.020	165.1
<i>Hoja (kg)</i>	150	1.737	1.541	0.042	12.0
<i>Peciolo (kg)</i>	150	0.744	0.688	0.012	4.40
<i>Velilla aprovechable (kg)</i>	150	0.355	0.401	0.034	3.70
<i>Velilla no aprovechable (kg)</i>	149	0.206	0.147	0.006	0.744
<i>Peso total (kg)</i>	150	46.243	35.242	0.088	177.8

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

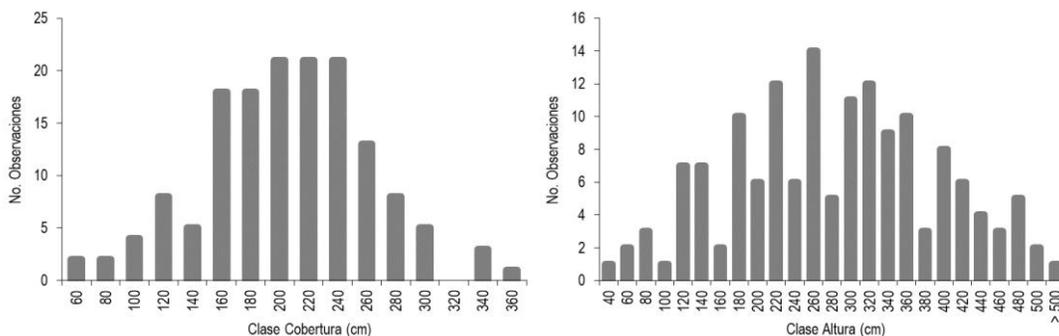


Figura 7. Distribución de la cobertura y altura de las plantas muestra en el estado de Oaxaca.

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 *Brahea dulcis* en el estado de Oaxaca se muestra en los Cuadros 5 y 6.

Cuadro 5. Ecuaciones alométricas desarrolladas para la estimación del peso verde por componente y peso total de *Brahea dulcis* en el estado de Oaxaca.

Componente	Modelo	No.
Tallo verde	$W_c = b_0D^2 + b_1DH$	(1)
Hoja verde	$W_l = \exp(b_2 + b_3 \ln(D))$	(2)
Peciolo verde	$W_l = \exp(b_4 + b_5 \ln(D))$	(3)
Velilla aprovechable	$W_l = \exp(b_6 + b_7 \ln(D))$	(4)
Velilla no aprovechable	$W_l = \exp(b_8 + b_9 \ln(D))$	(5)
Peso total	$W_t = b_0D^2 + b_1DH + \exp(b_2 + b_3 \ln(D))$ $+ \exp(b_4 + b_5 \ln(D)) + \exp(b_6 + b_7 \ln(D))$ $+ \exp(b_8 + b_9 \ln(D))$	(6)

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

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

Componente	Parámetro	Estimación	Error estándar aprox.	t	Prob. Aprox > t	R ²	REMC (kg)
Tallo verde	b ₀	-10.1872	1.0368	-9.8	<.0001	0.7248	16.4468
	b ₁	1.273451	0.0919	13.9	<.0001		
Hoja verde	b ₂	-11.1415	1.3538	-8.2	<.0001	0.6013	0.6142
	b ₃	2.177029	0.2484	8.76	<.0001		
Peciolo verde	b ₄	-15.7385	1.7243	-9.1	<.0001	0.7156	2.778
	b ₅	2.880654	0.312	9.23	<.0001		
Velilla aprov.	b ₆	-11.3579	1.8211	-6.2	<.0001	0.6152	0.1089
	b ₇	1.91319	0.3358	5.7	<.0001		
Velilla no aprov.	b ₈	-11.0079	1.9493	-5.7	<.0001	0.6074	0.073
	b ₉	1.786727	0.3604	4.96	<.0001		
Peso total						0.7258	17.2105

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

Ejemplo práctico de la aplicación de las ecuaciones alométricas:

Para estimar la biomasa por componente de *Brahea dulcis* en el estado de Oaxaca, sería como se explica a continuación.

Supongamos que una planta de palma tiene una altura total (H) de 80 cm y una cobertura (DC) de 120 cm; y si quisiéramos saber la biomasa del componente de la velilla aprovechable, se aplicaría la ecuación del componente que corresponde, como se muestra de la siguiente manera:

Información dasométrica: $H=120\text{ cm}$; $DC= 130\text{ cm}$

Ecuación para estimar la biomasa de la velilla aprovechable:

$W_t = \exp(b_6 + b_7 \ln(DC))$, se sustituyen las variables con los valores del Cuadro 6 para el caso del estado de Oaxaca;

$$W_t = \exp(-11.3579 + 1.91319 \ln((130)))$$

$W_t = 1.29\text{ kg}$; de biomasa de velilla aprovechable dadas esas condiciones de la planta.

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

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

Estado	Municipio	Predio
Guerrero	Eduardo Neri	Ejido El Palmar O Barrio Nuevo
	Ahuacuotzingo	Ejido Acateyahualco Ejido Tecuanapa
	Mártir De Cuilapan	Ejido Hueyitalpan Ejido La Esperanza
	Quechultenango	Ejido Astatepec Ejido Tolixtlahuaca
	Eduardo Neri	Ejido Axaxacualco Ejido Tlanipatla
	Huitzuc De Los Figueroa	Ejido Acaquila Bienes Comunales de Tuliman Ejido Tecuacuilco Ejido Tuliman
	Copalillo	Ejido Copalillo
	Mártir De Cuilapan	Bienes Comunales de San Agustín Oztotipan Ejido Ayxcualco Ejido Tula Del Río Ejido Apango
	Ahuacuotzingo	Ejido Pochutla
	Tixtla De Guerrero	Ejido Omeapa
	Leonardo Bravo	Ejido Atlixac
	Eduardo Neri	Bienes Comunales de Zumpango Del Río
	Chilpancingo de Los Bravo	Colonia Monte Casino
	Tepelmeme	Villa de Morelos
	Santa Catarina Cuixtla	Santa Catarina Cuixtla
	Oaxaca	San Juan Bautista Atlatlahuca
Santiago Nacaltepec		Santiago Nacaltepec San Juan Tonaltepec San Francisco Cotahuixtla
San Jerónimo Sosola		Santa María Tejotepec
Concepción Buenavista		San Miguel Aztatla
Tepelmeme, Villa de Morelos		Tepelmeme, Villa de Morelos
Concepción Buenavista		Concepción Buenavista
Asunción Nochixtlán		Asunción Nochixtlán
San Francisco Cahuacua.		San Francisco Cahuacua

Estado	Municipio	Predio
	San Mateo Sindihui	San Mateo Sindihui
	San Juan Teita	San Juan Teita
	Santiago Cacaloxtepc	Santiago Cacaloxtepc
	Zapotitlán Palmas	Zapotitlán Palmas
	San Jerónimo Sosola	San Juan Sosola

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 o programas de reforestación de *Brahea dulcis*. 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 *Brahea dulcis*, 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.

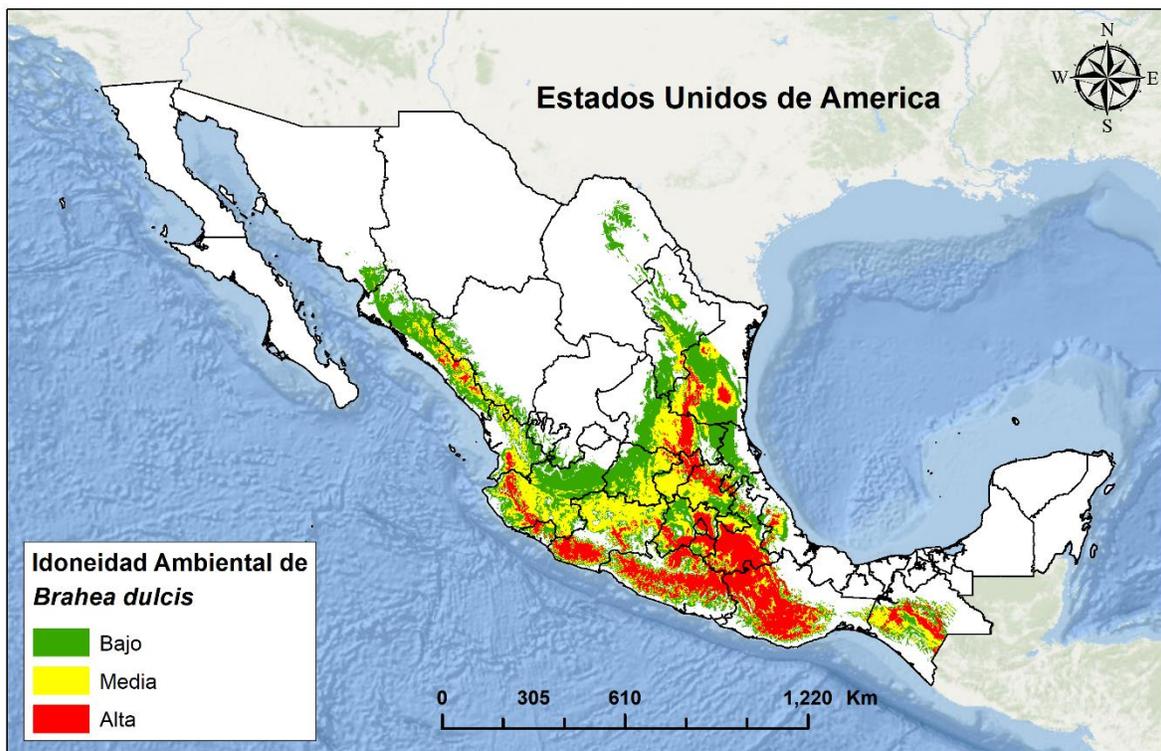


Figura 8. Clases de idoneidad ambiental para *Brahea dulcis* generadas a partir de modelos de distribución potencial.

7. CONCLUSIONES

La *Brahea dulcis* es considerada una especie multipropósito con gran valor de uso e importancia económica en la región. De esta planta se aprovecha casi todas las partes que la conforman principalmente para artesanías (sombreros). Con tal panorama es justo y necesario la conservación de la especie para la permanencia, así como la adopción de actividades y herramientas que permitan optimizar el buen manejo de este recurso. Las ecuaciones alométricas de biomasa de *Brahea dulcis*, generadas por estado, constituyen una herramienta útil para estimar con precisión la biomasa verde de la especie en los planes de manejo, asegurando un menor sesgo en las estimaciones totales. El mapa de distribución potencial del *Brahea dulcis*, 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. BIBLIOGRAFIA

- Gadow, K. and Hui, G. 1999. Modelling forest development (Vol. 57). Springer Science & Business Media.
- 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.
- Madrigal Collazo, A. 1994. Ordenación de montes arbolados.
- O'Brien, T.G., y Kinnaird, M.F. 1996. Effect on harvest on leaf development of the Asian palm *Livistona rotundifolia*. *Con-sen. Biol.* 10:53-58.
- Peters, C. M., A. H. Gentry, and R. O. Mendelsohn. 1989. Valuation of an Amazonian rainforest. *Nature* 339:655–656.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson y R. E. Schapired. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190: 231-259.
- Ramírez, J. 1996. La palma, como una estrategia de manejo campesino. *CONABIO. Biodiversitas*, 7:6-10.
- Rangel-Landa S., Rivera-Lozoya E. y Casas A. 2014 Uso y manejo de las palmas *Brahea* spp. (Arecaceae) por el pueblo ixcateco de Santa María Ixcatlán Oaxaca, México. *Gaia Scientia* (2014) Ed. Esp. *Populações Tradicionais*.
- RLGDFS. 2020 reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada 09-12-2020.
- SAS Institute. 2009. SAS Proprietary Software Version 9.3. SAS Institute, Cary, NC.

9. GLOSARIO

Cogollera. Herramienta que se utiliza para la extracción del cogollo de la lechuguilla.

Cogollo. Brote de hojas nuevas e inmaduras, aún plegadas, también llamado velilla.

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.

Guishe: Líquido que drena de las hojas durante su proceso y que provoca ardor al contacto con la piel.

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.

Tresbolillo. Al tresbolillo, a tresbolillo o tresbolillo, es un sistema de plantación en que cada tres plantas forman un triángulo equilátero y que, como otros sistemas análogos, pueden trazarse sobre el terreno por medio de cuerdas determinando antes las distancias a que deben quedar las plantas entre sí.

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.
LGEEPA	Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
LGVS	Ley General de Vida Silvestre.
NOMs	Normas.
RLGVS	Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre.
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