

ANEXO. DEMANDAS ESPECÍFICAS DEL SECTOR 2017-4

Demanda 1: Determinación de mejores prácticas de manejo y generación de tablas de volúmenes y biomasa para el aprovechamiento sustentable de las principales especies forestales no maderables de importancia económica en los ecosistemas áridos y semiáridos de México.

Divisiones de investigación forestal IUFRO

División 1.- Silvicultura

Silvicultura y gestión en las regiones áridas y semiáridas

Introducción:

México cuenta con políticas públicas limitadas del manejo de los Productos Forestales No Maderables (PFNM), su recolección y aprovechamiento sustentable, lo cual se refleja en que la información estadística sobre estos productos sea mínima (Tapia y Reyes, 2008). Existe poca información sistematizada y confiable sobre la diversidad de usos, los volúmenes extraídos, los procesos de recolección, producción, y la comercialización de los PFNM. Las estadísticas oficiales en su mayoría solo registran los productos que se industrializan. Lo anterior, aunado a la variabilidad de la producción y de los mercados, ocasiona un vacío de información y limita la posibilidad de reconocer el papel de estos productos en el desarrollo de comunidades rurales y de establecer planes y estrategias de intervención adecuados (Anta y Carabias, 2008).

Para determinar los niveles de aprovechamiento sostenibles de un producto, debe contarse con un conjunto mínimo de información sobre la especie: abundancia, distribución y biología reproductiva. Este tipo de información puede obtenerse de diversas fuentes, incluyendo el conocimiento informal recopilado de la población rural y de las investigaciones formales realizadas. (FAO, 2001).

Aunado a lo anterior, para el aprovechamiento y manejo de recurso forestales no maderables se utilizan modelos de predicción de crecimiento generalizados y generados mediante estudios con cierta antigüedad, por lo que en muchas ocasiones el aplicar los modelos predictivos y tablas de volumen se cuenta con una estimación errónea que ocasiona el sobre aprovechamiento, comprometiendo la existencia del recurso o por lo contrario una baja producción. El contar con modelos actualizados permitirá a las instituciones encargadas fomentar el aprovechamiento forestal bajo un esquema sustentable y diseñar políticas y programas que permitan obtener el máximo beneficio a los dueños y poseedores de los recursos.

Por otra parte, el no tener definidas y sustentadas las prácticas de manejo actualmente aplicadas a las especies forestales no maderables de interés, ha generado una aplicación poco productiva de recursos de los recursos que incentivan el manejo, pues se ha detectado que se desarrollan actividades que no propician el incremento de la producción.

En virtud de lo anterior, es necesario contar con un documento que contenga las mejores prácticas de manejo para las principales especies forestales no maderables de importancia económica en los ecosistemas áridos y semiáridos de México, así como modelos de estimación de crecimiento y volumen que sirvan de base para la formulación de programas de manejo.

Antecedentes:

Los Productos Forestales No Maderables (PFNM), ejemplo: candelilla, orégano, la damiana y la fibra de lechuguilla, entre otros han sido un elemento muy importante en la definición del desarrollo socioeconómico y cultural de muchas regiones rurales de México. Estos productos se han utilizado desde épocas prehispánicas y las técnicas tradicionales para su aprovechamiento se han ido transformando desde entonces hasta nuestros días (López *et al.*, 2005).

En México la mayoría de la población en las áreas rurales utiliza estos productos para el fin antes mencionado, donde su comercialización representa en muchos de los casos la única fuente de ingresos. Además de representar un vínculo con la identidad, los mitos y las prácticas religiosas (Anta y Carabias, 2008).

La extracción incorrecta de un recurso no maderable puede poner en riesgo la supervivencia de su población, sobre todo cuando se incrementa su demanda. Por lo que es necesario contar con información actualizada y confiable para mejorar la elaboración de estudios técnicos e implementación de mejores prácticas de manejo de las principales especies forestales no maderables de importancia económica en los ecosistemas áridos y semiáridos de México.

Justificación.

En México no se cuenta con suficiente información científica y técnica para el manejo sostenible de las poblaciones de especies forestales no maderables con importancia económica, por lo que resulta necesario conocer los aspectos básicos de la estructura y función de sus poblaciones para su adecuado aprovechamiento. Por tal razón en esta demanda de investigación se propone hacer una caracterización de las actuales prácticas de aprovechamiento de los recursos forestales no maderables presentes en las zonas áridas y semiáridas del país, así como de la determinación de las mejores prácticas para el aprovechamiento sustentable de estos recursos. Por lo tanto, se pretende llevar a cabo la actualización o la elaboración de tablas de volumen o biomasa para las principales especies presentes en los estados que abarca el proyecto.

Así mismo en diversos diagnósticos y en instrumentos de planeación para la aplicación de programas de apoyo a la producción forestal no maderable, se ha detectado la necesidad de implementar acciones sobre las actividades que se desarrollan y fomentan en campo para el manejo de los recursos. El Programa Anual de Trabajo del Proyecto de Desarrollo Sustentable para las Comunidades Rurales de Zonas Semiáridas, implementado a través de la CONAFOR busca apoyar la sustentabilidad económica y ambiental de la producción, por lo cual dentro de sus acciones prioritarias considera la diversificación de la producción, la implementación de buenas prácticas de manejo, el manejo sustentable de

las poblaciones silvestres y la adopción de tecnologías adaptadas a nivel regional. Por lo anterior es evidente que existe una necesidad de contar con los instrumentos definidos y homologados para obtener el máximo provecho a la actividad forestal no maderable, implementando prácticas que mejoren el manejo del recurso y estén en armonía con la conservación de la biodiversidad.

El Programa Estratégico Forestal para México 2025 en su diagnóstico menciona como una fortaleza, que el manejo forestal en las zonas áridas y semiáridas cuentan con un alto potencial para el aprovechamiento de los recursos forestales no maderables, y al mismo tiempo hace énfasis que en el aprovechamiento y la industria existe una debilidad en las prácticas de extracción realizadas. También se hace referencia a la falta de conocimiento sobre las técnicas de manejo aprovechamiento y caracterización biológica, realizando estas actividades empíricamente, así como falta y carencia de evaluación y monitoreo de los aprovechamientos.

Como se mencionó anteriormente, existe la necesidad de contar con herramientas silvícolas actualizadas que permitan lograr un mejor uso y manejo de estos recursos, por lo que la ejecución de este proyecto ayudará a coleccionar, sistematizar y analizar información para la generación de ecuaciones de volumen y/o biomasa, así como procedimientos técnicos para realizar buenas prácticas de manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos forestales no maderables de las principales especies de interés económico de las zonas áridas y semiáridas de México.

Objetivo general

Llevar a cabo la caracterización de las prácticas de manejo actualmente realizadas para determinar cuáles son las mejores prácticas que promuevan el aumento de la producción, así como generar tablas de volúmenes y biomasa para las principales especies forestales no maderables de importancia económica en los ecosistemas áridos y semiáridos de México.

Objetivos específicos

1. Realizar una caracterización de las actuales prácticas de manejo de las especies de interés (Anexo 1) para los ecosistemas áridos y semiáridos de México.
2. Proponer mejores prácticas de manejo que fomenten la permanencia, regeneración y sostenibilidad de las especies de interés (Anexo 1) para los ecosistemas áridos y semiáridos de México.
3. Elaborar y/o actualizar las ecuaciones de volumen y/o biomasa para las especies de interés (Anexo 1) para los ecosistemas áridos y semiáridos de México.

Productos esperados

Producto 1	Subproductos que conforman la demanda
Documento descriptivo de las actuales prácticas de manejo de las principales especies no maderable de zonas áridas y semiáridas. (4 ejemplares)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Documento denominado: Caracterización de las actuales prácticas de manejo de las especies de interés (incluye anexo fotográfico) 2. Metadatos de las áreas de distribución potencial de las especies.
Producto 2	Subproductos que conforman la demanda
Documento que contenga las propuestas de mejores prácticas de manejo y aprovechamiento de las especies enlistadas en los términos de referencia. (4 ejemplares)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Documento denominado: Mejores prácticas de manejo y monitoreo para las especies de interés. 2. Ecuaciones de volumen o biomasa para las especies de interés. 3. Archivos geoespaciales con la distribución de la muestra.
Producto 3	Subproductos que conforman la demanda
Manuales y foros	<ol style="list-style-type: none"> 1. Manuales técnicos por especie para productores, que deberán contener las mejores prácticas de manejo (100 ejemplares) 2. Tres foros nacionales de divulgación y transferencia de los resultados del proyecto, que promuevan el intercambio de experiencias entre productores, técnicos, dependencias, académicos e investigadores involucrados en el uso, manejo y preservación de las especies de interés. (incluye informe). <ul style="list-style-type: none"> 1er foro en Ensenada, Baja California donde asistirán Baja California Sur y Sonora. 2do foro en Monterrey, Nuevo León donde asistirán Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí y se invitará a Tamaulipas. 3er foro en Oaxaca, Oaxaca donde asistirán Guerrero y se invitará a Puebla e Hidalgo.

Descripción de los subproductos Producto 1.

1. Documento que contenga la caracterización de las prácticas de manejo actual de las especies forestales no maderables enlistadas en los términos de referencia.
2. Sistemas de Información Geográfica que incluyan las áreas de distribución potencial de las especies enlistadas en los términos de referencia, e incorporar evidencias fotográficas de áreas en las que se realiza manejo y aprovechamiento de estas especies.

Descripción de los subproductos del producto 2.

1. Documento que contenga las mejores prácticas de manejo, aprovechamiento y monitoreo. Dicho documento deberá describir las técnicas actuales de aprovechamiento para cada especie, así como las propuestas para mejorar su aprovechamiento, rendimiento y la recuperación. Entre otros temas la propuesta de monitoreo que se presente deberá estar alineada con el módulo de zonas áridas del inventario forestal nacional.
2. Ecuaciones de volumen y/o biomasa para las especies de interés. Las ecuaciones se deberán realizar por estado. Asimismo, se deberá incluir la metodología y modelos que se utilizaron para la obtención de dichas ecuaciones.

Descripción de los subproductos del producto 3.

1. Elaboración de los manuales técnicos por especie dirigidos a productores; estos deberán contener las mejores prácticas de manejo.
2. Realizar tres foros nacionales que permitan divulgar y transferir los resultados del proyecto, a través del intercambio de experiencias entre productores, técnicos, dependencias, académicos e investigadores involucrados en el uso, manejo y preservación de las especies de interés.

Los productos y subproductos se deberán entregar archivo electrónico, y los foros deberán realizarse en coordinación con la CONAFOR.

Lugar de aplicación del proyecto.

Los estados de Baja California, Baja California Sur, Nuevo León, Coahuila, Durango, Chihuahua, San Luis Potosí, Sonora, Oaxaca, Guerrero y Zacatecas; los cuales se encuentran dentro del Proyecto de Desarrollo Sustentable para las Comunidades rurales de Zonas semiáridas (Regiones Norte y Mixteca); así como Tamaulipas, sin embargo, su impacto permitirá replicar el proyecto al resto de las áreas áridas y semiáridas del país.

Usuarios de los productos.

- La Gerencia de Fomento a la Producción Forestal Sustentable de CONAFOR.
- Productores de las Zonas áridas y semiáridas del país.
- Prestadores de Servicios Técnicos Forestales.
- Instituciones educativas y de investigación.
- Dependencias federales: Comisión Nacional de Zonas Áridas, Gobiernos estatales y municipales
- Organizaciones no gubernamentales.

Tiempo de ejecución: 24 meses

Datos de contacto

M.C. Pedro Alberto Castillo Castillo.

Coordinador del Proyecto de Desarrollo Sustentable para las Comunidades Rurales de Zonas Semiáridas (PRODEZSA).

Correo electrónico zonasaridas01@conafor.gob.mx

Tel. 01 33 3777 70 00 Ext. 2054.

Referencias Bibliografía

- Anta, F. S. y Carabias, J. 2008. Consecuencias de las políticas públicas en el uso de los ecosistemas y la biodiversidad. In: Capital natural de México, vol. III: Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad. CONABIO. México, D.F. pp 87-153.
- FAO, 2001. Evaluación de los recursos de los productos forestales no madereros. Experiencias y principios biométricos. Productos Forestales No Madereros. Roma, Italia. 143 p.
- López C., S. Chanfón y G. Segura (Editores). 2005. La riqueza de los bosques mexicanos más allá de la madera. México, D.F. 201 p.
- Tapia, T. E., y R. Reyes C. 2008. Productos forestales no maderables en México: Aspectos económicos para el desarrollo sustentable. In: Madera y Bosques, vol. 14, Núm. 3, Instituto de Ecología, A.C. México. pp. 95

Anexo 1.-Lista de especies de interés por estado

Estado	Productos Forestales No Maderables (PFNM)	
	Nombre común	Nombre científico
Baja California	Yuca	<i>Yucca valida</i>
	Yuca	<i>Yucca schidigera</i>
	Agave	<i>Agave deserti</i>
Baja California Sur	Damiana	<i>Turnera diffusa</i>
	Orégano	<i>Lippia graveolens</i>
Chihuahua	Sotol	<i>Dasyllirion leiophyllum</i>
	Candelilla	<i>Euphorbia antisyphilitica</i>
	Lechuguilla	<i>Agave lechuguilla</i>
	Palmilla	<i>Nolina texana</i>
	Orégano	<i>Lippia graveolens</i>
Coahuila	Candelilla	<i>Euphorbia antisyphilitica</i>
	Lechuguilla	<i>Agave lechuguilla</i>
	Orégano	<i>Lippia graveolens</i>
	Cortadillo	<i>Nolina cespitifera</i>
	Sangre de Drago	<i>Jathropa dioica</i>
	Sotol	<i>Dasyllirion cedrosanum</i>
Durango	Lechuguilla	<i>Agave lechuguilla</i>
	Candelilla	<i>Euphorbia antisyphilitica</i>

Estado	Productos Forestales No Maderables (PFNM)	
	Nombre común	Nombre científico
	Sotol	<i>Dasyllirion cedrosanum</i>
	Orégano	<i>Lippia graveolens</i>
	Agave	<i>Agave durangensis</i>
Nuevo León	Candelilla	<i>Euphorbia antisyphilitica</i>
	Lechuguilla	<i>Agave lechuguilla</i>
	Chile piquín	<i>Capsicum annuum</i>
	Sangre de Drago	<i>Jathropa dioica</i>
	Cortadillo	<i>Nolina cespitifera</i>
	Sotol	<i>Dasyllirion texanum</i>
San Luis Potosí	Lechuguilla	<i>Agave lechuguilla</i>
	Agave	<i>Agave salmiana crasispina</i>
Sonora	Agave Bacanora	<i>Agave angustifolia</i>
	Chiltepín	<i>Capsicum annuum</i>
Zacatecas	Candelilla	<i>Euphorbia antisyphilitica</i>
	Lechuguilla	<i>Agave lechuguilla</i>
	Orégano	<i>Lippia graveolens</i>
	Cortadillo	<i>Nolina cespitifera</i>
	Agave	<i>Agave salmiana</i>
Tamaulipas	Orégano	<i>Orégano (Lippia graveolens)</i>
	Lechuguilla	<i>Agave lechuguilla</i>
	Chile piquín	<i>Capsicum annuum</i>
	Sangre de Drago	<i>Jathropa dioica</i>
	Maguey cenizo	<i>Agave americana</i>
	Jarcia	<i>Agave montium-sancticaroli</i>
Guerrero	Palma	<i>Brahea dulcis</i>
	Agave	<i>Agave cupreata</i>
	Agave	<i>Agave angustifolia</i>
Oaxaca	Palma	<i>Brahea dulcis</i>
	Agave	<i>Agave salmiana</i>
	Agave	<i>Agave cupreata</i>

Demanda 2: Diseño de un Sistema de Manejo Forestal para Selvas productivas de México.

Divisiones de investigación forestal IUFRO

División 1.- Silvicultura
Silvicultura tropical y subtropical

Introducción:

El aprovechamiento forestal ha sido importante generador de empleos e ingresos en los territorios rurales del país, y sin lugar a dudas, en mayor o menor medida, contribuye a la economía y a mejorar la calidad de vida de los 11 millones de personas que se estima que viven en las regiones forestales de México.

Sin embargo, en los últimos 14 años, la actividad productiva del sector forestal mexicano ha estado en declive, la producción se redujo prácticamente a la mitad y actualmente solo satisface la tercera parte en nuestro consumo como país, lo que ha generado un gran déficit en la balanza comercial del sector forestal, y se han perdido empleos e ingresos que se requieren para el desarrollo de las zonas rurales que cuentan con recursos forestales susceptibles de aprovechamiento.

De acuerdo con la Zonificación Forestal y el Inventario Nacional Forestal y de Suelos, México cuenta con 79.6 millones de hectáreas en terrenos forestales que pueden producir o seguir produciendo productos maderables y no maderables, de las cuales 21.9 millones de hectáreas corresponden a selvas altas, medianas y bajas.

Para aumentar la producción forestal maderable y no maderable, se diseñó y está en ejecución la Estrategia Nacional de Manejo Forestal Sustentable para el Incremento de la Producción y Productividad 2014-2018 (ENAIPROS), cuyo objetivo es “Promover el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales a través de la organización y fortalecimiento de los productores, la aplicación de técnicas silvícolas apropiadas y estrategias de modernización, financiamiento y comercialización que permitan incrementar la producción, conservar la biodiversidad y mejorar las condiciones de vida de los dueños y poseedores de los recursos y de la población de las regiones forestales productoras del país”.

Para el cumplimiento de este objetivo, se requiere entre otras acciones, una transformación del manejo de los bosques y selvas productivos a través de una mejor ordenación forestal, aplicación de una silvicultura moderna para utilizar el potencial productivos de los terrenos forestales, así como la incorporación de criterios y prácticas de conservación de la biodiversidad por lo que se requiere contar con un sistema de manejo claramente definido para selvas, que establezca los criterios del manejo silvícola para dichos ecosistemas.

Antecedentes:

México es un país que por su ubicación geográfica posee los tres grandes ecosistemas forestales (bosques, selvas y zonas áridas), lo cual le permite contar con una de las floras más ricas y variadas del mundo.

El manejo forestal en áreas de clima templado sigue métodos de manejo regular como los métodos de manejo irregular o mezclado. Para el manejo regular se aplica el llamado “Método de Desarrollo Silvícola” (MDS) mientras que para el manejo irregular se aplica el “Método Mexicano de Ordenación de Montes” (MMOM) en cualesquiera de sus modalidades. Los métodos mezclados son muy variados y no siguen algún patrón sistemático, aunque en la mayoría de los casos resultan ser una combinación entre el MMOM y el MDS.

En el caso de las selvas, la condición es diferente ya que ha faltado el desarrollo de métodos silvícolas apropiados para el manejo de las mismas, por lo que en muchos de los casos se presenta una tasa de deforestación acelerada y una fuerte degradación. Además de que dichos ecosistemas, en una alta proporción, han sido transformadas en terrenos agrícolas o pastizales. Siendo en este caso, que el manejo o, bien el aprovechamiento forestal ha estado principalmente basado en la producción de maderas preciosas como son el cedro (*Cedrela odorata* L.) o la caoba (*Swietenia macrophylla* King); aunque en algunas regiones tropicales mexicanas, como es el caso de Campeche y Quintana Roo en la Península de Yucatán, se han ido incorporando al manejo otras especies consideradas como blandas y duras tropicales, siempre con problemas de comercialización.

En general se considera que las selvas se han tratado inadecuadamente, aunque hay destacadas excepciones como el Plan Piloto Forestal de Quintana Roo (Mallen y Reygadas, 2005). Estos esfuerzos realizados en Quintana Roo y en Campeche mediante los planes piloto forestales han sido relativamente rentables y han logrado integrar a la economía al sector forestal campesino de una manera aceptable; además han mostrado ser importantes motores para la conservación de las selvas de la Península de Yucatán y de su biodiversidad (Vester y Navarro, 2005), incluyendo el mantenimiento de las poblaciones más conservadas de caoba (Navarro, 2011; Negreros-Castillo y cols., 2014). Sin embargo, la política forestal como parte de las políticas de desarrollo regional, aún requiere replantearse con esquemas adicionales que permitan a los campesinos alcanzar mejores niveles de vida y a la vez, aportar soluciones integrales, en las que la permanencia del recurso esté asociada a otras opciones de aprovechamiento del bosque que no sea exclusivamente el de las maderas preciosas.

Para el caso de Jalisco, se originó el Plan Costa (PC), derivado del modelo del Plan Piloto Forestal en Quintana Roo, el cual se pretendió extender a todas las regiones tropicales. Para adecuarlo a las condiciones de la costa de Jalisco se realizó un taller en el que se identificaron las peculiaridades de sus selvas; y en el cual participaron personal de la Dirección General para el Desarrollo de la Producción Forestal; así como de la Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal Costa de Jalisco; teniendo como resultado, la propuesta alterna: “Plan Costa”, cuya operación en los estados de Jalisco y Colima se ha mantenido hasta fecha. El PC favorece, en lo posible, a las especies valiosas, pero no sacrifica a las que se clasifican como comunes tropicales (Apodaca-Martínez, M., Millán C.A, G., et al.2014.)

Justificación:

Aun cuando a las selvas donde se lleva a cabo el aprovechamiento forestal maderable y de productos no maderables, este no se da bajo la aplicación de un método o sistema de manejo claramente definido, sino más bien ha respondido principalmente, a un aprovechamiento selectivo de las especies de mayor interés como lo han sido la caoba y el cedro rojo, considerando que deberían mantener la repoblación de las áreas con dichas especies; y posteriormente se ha ido adecuando conforme a los resultados de las intervenciones en cuanto a la regeneración natural, así como de algunos estudios que se fueron llevando a cabo, como el establecimiento de parcelas permanentes y otros. O bien se ha tratado de adecuar e implementar los métodos que se aplican en los bosques templados e incluso otros que se han desarrollado para condiciones similares como el Método Plan Costa Jalisco.

Lo cierto es que para la planeación del manejo forestal en las selvas de México no se tiene un sistema que nos permita llevar a cabo una aplicación real de la ordenación forestal, así como de propiciar las condiciones para la regeneración de las especies de interés de las selvas; sino una mezcla de acciones que los responsables técnicos han ido adaptando de acuerdo a las condiciones de la selva a aprovechar.

Para Quintana Roo y Campeche, los antecedentes en la literatura reportan que el ciclo de corta que se estableció en los estudios dasométricos hasta hoy en los programas de manejo se establecen por un periodo de 25 años, lo cual tenía que ver con la planeación del aprovechamiento de los volúmenes cortables durante el periodo de la concesión que se tenía con la empresa paraestatal MIQRO, pero sin ningún criterio ecológico y basado en una tasa de crecimiento anual de la caoba de 0.8 cm/año (Flachsenberg y Galletti, 1999); sin embargo hoy en día se requiere establecer ciclos de corta conforme al desarrollo y crecimiento de las especies de las selvas, así como de las características de la madera que se exige en el mercado, lo cual está relacionado con su estado de madurez y con las condiciones de cada sitio (calidad de sitio). Por otro lado, es necesario que el sistema de manejo permita determinar cómo se ordena el bosque, que tratamientos se deben prescribir, cual es el criterio para la selección y cuáles son las técnicas silvícolas adecuadas que propicien las condiciones para la regeneración de las especies aprovechadas. Pero sobre todo que fomente el aprovechamiento socialmente responsable de los recursos de las selvas y considere las cualidades ecológicas de las mismas y, en particular en lo referente a la dinámica de sucesión ecológica y al papel de las necesidades de luz y disturbios en la reproducción y establecimiento de las especies maderables más apreciadas.

Objetivo general:

Diseñar un sistema de manejo silvícola para las selvas productivas de México.

Objetivos específicos:

1. Determinar criterios de ordenación forestal en selvas.
2. Establecer criterios para determinar el ciclo de corta.
3. Definir la metodología para realizar inventarios, obtención de volúmenes de existencias y el cálculo de las posibilidades de cosecha
4. Proponer los tratamientos silvícolas y complementarios.
5. Proponer criterios para la ejecución de los tratamientos silvícolas: aclareos o cosechas finales
6. Definir los criterios de conservación de la biodiversidad bajo aprovechamiento.
7. Establecer medidas de protección de especies en riesgo.
8. Definir los criterios de evaluación del manejo silvícola de selvas.

Productos esperados:

1.- Diagnóstico de los sistemas de manejo forestal aplicados en selvas productivas en México, que incluya

- Revisión documental de los sistemas de manejo aplicados en selvas productivas (Método de Melard, Manejo de bosquetes o selección, BDq, Plan Costa de Jalisco, Método Silvícola Peninsular, otros).
- Revisión del marco normativo forestal, ambiental y de vida silvestre.
- Método de ordenación (división dasocrática, área o volumen)

Este producto se deberá entregar en formato electrónico.

2.- Propuesta de Sistema de manejo silvícola de las selvas productivas mexicanas.

- Criterios de ordenación forestal en selvas (Regular, irregular, Madurez, diámetros mínimos de corta, zonificación, división dasocrática, etc.).
- Criterios para determinar el ciclo de corta.
- Metodología para realizar inventarios, obtención de volúmenes de existencias y el cálculo de las posibilidades de cosecha (tipo de muestreo, formas y tamaños de sitios, variables a medir, formas de cubicación, parámetros a estimar, cálculo de posibilidades).
- Tratamientos silvícolas y complementarios.
- Criterios para la ejecución de los tratamientos silvícolas.
- Criterios de conservación de la biodiversidad bajo aprovechamiento (Infraestructura y abastecimiento)
- Medidas de protección de especies en riesgo (Criterios para la prevención y mitigación de impactos, especies bajo estatus)
- Criterios de evaluación del manejo silvícola de selvas.

Este producto se deberá entregar en formato electrónico.

3.- Validación de los resultados de la propuesta (sistema de manejo silvícola) a través de talleres con los participantes (Instituciones normativas, académicas, prestadores de servicios técnicos forestales, productores). Se deberá entregar informe de los talleres realizados, incluyendo evidencia de participación a los eventos y anexo fotográfico, en formato electrónico.

4.- Documento del procedimiento de Evaluación de Conformidad realizado al sistema de manejo silvícola. Este producto se deberá entregar en formato electrónico

5.- Dos talleres de capacitación, duración de dos días con sede en Campeche y Quintana Roo para 25 participantes. Se deberá entregar informe de los talleres realizados, incluyendo evidencia de participación en los eventos y anexo fotográfico, en formato electrónico

6.- Un foro de transferencia de resultados, duración un día con sede en Quintana Roo. Se deberá entregar informe del foro realizado, incluyendo evidencia de participación al evento y anexo fotográfico, en formato electrónico

Lugar de aplicación del proyecto:

Ecosistemas de selva bajo aprovechamiento forestal y potenciales en el territorio nacional.

Usuarios de los productos:

- Gerencia de Fomento a la Producción Forestal Sustentable de CONAFOR
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
- La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).
- Gobierno de los estados.
- Prestadores de Servicios Técnicos Forestales.
- Productores de ejidos y comunidades forestales.
- Instituciones educativas y de investigación.

Tiempo de ejecución: 24 meses

Datos de contacto:

Ing. Luis Antonio Aceves Montaña.

Subgerente de Silvicultura y Manejo Forestal
Correo electrónico [laceves@conafor.gob.mx](mailto:lanceves@conafor.gob.mx)
Tel. 01 3337777000 Ext. 2312.

Ing. Maribel Pineda Rivera.

Jefa del Departamento de Aprovechamiento Forestal Maderable
Correo electrónico mpineda@conafor.gob.mx
Tel. 01 3337777000 Ext. 2326.

Para cualquier información adicional o duda se sugiere se consulte con el área usuaria a través del contacto establecido.

Referencias bibliográficas

Apodaca-Martínez, M., Millán C.A, G., et al.2014. El Plan Costa como una mejor opción de Manejo para Especies Forestales Tropicales de Jalisco. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, vol. 5, núm. pp. 10-25 INIFAP, Distrito Federal, México.

Flachsenberg H. y Galletti H. A. 1999. El Manejo Forestal de la Selva en Quintana Roo, México. En: La Selva Maya, Conservación y Desarrollo, Siglo XXI Editores, México, 475 pp.

Mallen R. C. y Reygadas P.F. 2005. Criterios e Indicadores para Evaluar la Sostenibilidad del Manejo de Bosques Tropicales de México (Planicie Costera Suroriental) 13 pp.

Navarro M., M.A. 2011. La caoba. Más de un siglo de explotación. En: Pozo, C., N. Armijo C. y S. Calmé (Eds.). Riqueza biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación. Tomo 1. ECOSUR/CONABIO/GOB. EDO. DE QUINTANA ROO/PPD. México. Pp. 212-220.

Negreros-Catillo P. Cámara-Cabrales, L. Deval, M.S. Fajvan, M.A. Mendoza-Briseño, M.A. Mize, C.W. and Navarro-Martínez, M.A. 2014. Silviculture of the Mahogany Forest of Quintana Roo, Mexico: Criteria and recommendations. CONAFOR/US Forest Service. 85 p.

Vester H.FM. y Navarro M., M.A. 2005. Ecological issues in community tropical forest management in Quintana Roo, Mexico. En: Bray D.B., Merino Pérez L., Barry D. (Eds.). 2005. The community forests of Mexico. Managing for sustainable landscapes. Texas University Press, Austin USA. pp. 183-213.

Demanda 3: Desarrollo de un sistema biométrico para la planeación del manejo forestal en el estado de Chiapas.

Divisiones de investigación forestal IUFRO

1. Silvicultura
4. Manejo, modelado y evaluación forestal

Introducción:

La estimación de las existencias maderables de una masa forestal es una de las tareas más importantes de los responsables técnicos forestales y propietarios de bosques en producción. Actualmente resulta necesario conocer, además del volumen total de madera, qué parte de dicho volumen puede dirigirse a los diferentes destinos comerciales (definidos en México normalmente como primario, secundario, celulósicos, etc.) (Simental-Cano *et al.*, 2017).

Hasta hace apenas un año en la mayor parte de los bosques bajo manejo en el país, los programas de manejo usualmente habían consistido en la determinación de una posibilidad de corta anual, basada en el principio de que al bosque no se le puede extraer más de lo que incrementa. Este principio ha prevalecido por muchos años, sin considerar tanto los posibles efectos de la corta en otros recursos, como un objetivo de corta que establezca un ordenamiento adecuado de los mismos. Estas consideraciones de manejo de bosques, además de la desordenada aplicación operativa de los planes de manejo, han originado los tipos de rodales actuales, caracterizados por una productividad reducida, desordenados, y más aún, dado que han sido manejados sin considerar un principio bien definido de sostenibilidad, ha perdido mucho de su potencial productivo.

Este escenario hace necesaria una reorientación del manejo forestal en las diferentes zonas forestales de México, a través de la implementación de nuevos sistemas de manejo forestal encaminados a garantizar el cumplimiento del principio de sostenibilidad sustentado en el uso de sistemas volumétricos y de crecimiento validados científicamente.

Los modelos biométricos son la base para el manejo de los terrenos forestales; estos modelos se elaboran para realizar estimaciones confiables del volumen en pie para los inventarios forestales, y además permiten estimar de crecimiento y rendimiento corriente y futuro para generar la información necesaria que permita mantener las cosechas dentro de la capacidad sustentable del bosque.

En estado de Chiapas, actualmente se usan modelos biométricos que fueron desarrollados a nivel de género a principios de los años setenta, por lo cual, actualmente en el sector forestal se están utilizando modelos para condiciones de manejo de hace más 40 años (Subsecretaría Forestal y de la Fauna, 1976). Esta situación ha impactado negativamente el aprovechamiento sustentable de los bosques, toda vez que las condiciones climáticas, la estructura de los bosques y el comportamiento de las especies ha variado sustancialmente.

La presente demanda de investigación pretende desarrollar modelos biométricos regionales para las distintas especies forestales en el estado de Chiapas con la finalidad

de poder obtener pronósticos confiables sobre las existencias volumétricas, la clasificación de productos, y la estimación de la calidad de estación. Adicionalmente permitirán comparar alternativas de manejo que posibiliten analizar las mejores opciones de uso de la tierra; determinar la edad óptima de cosecha, la programación de las cortas intermedias, la estimación de la producción anual, periódica o total durante el periodo de rotación y las clases de productos a obtener; realizar análisis financieros y explorar alternativas silviculturales.

La presente demanda de proyecto constituye una respuesta a las necesidades de nuevas herramientas de gestión forestal manifestadas por representantes de los diferentes actores involucrados de manera directa en la ejecución y regulación del aprovechamiento de los recursos forestales en el estado de Chiapas, como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Comisión Nacional Forestal, Pronatura Sur, Asociación Civil, y las diferentes organizaciones de Prestadores de Servicios Técnicos Forestales.

Antecedentes:

El manejo forestal es un proceso de toma de decisiones para la administración de una propiedad forestal a través del tiempo. Una de las definiciones más aceptadas de manejo forestal de acuerdo con Leuschner (1990) es: “el estudio y aplicación de técnicas analíticas que permiten la selección de aquellas alternativas de manejo, que mejor contribuyan al logro de los objetivos empresariales”. Dentro de estas técnicas sobresalen como herramientas de manejo los modelos de crecimiento, por medio de los cuales se obtienen pronósticos confiables sobre las existencias volumétricas, la clasificación de productos, la calidad de estación, el rendimiento y crecimiento de un rodal en una amplia variedad de condiciones de manejo (García, 1994).

En general los modelos biométricos se elaboran para realizar estimaciones confiables de volumen, crecimiento y rendimiento, y para generar la información necesaria que permita mantener las cosechas dentro de la capacidad sustentable del bosque; para comparar alternativas de manejo que permitan analizar las mejores opciones de uso de la tierra; para determinar la edad óptima de cosecha, la programación de las cortas intermedias, la estimación de la producción anual, periódica o total durante el periodo de rotación y las clases de productos a obtener; para realizar análisis financieros y para explorar alternativas silviculturales; para examinar los impactos del manejo forestal y de la cosecha sobre otros valores del bosque, y para determinar un régimen de manejo que maximice el volumen maderable o el valor de la producción (Vanclay, 1994).

En el mundo existe una gran variedad de modelos de crecimiento forestal. Los primeros se construyeron en Alemania a finales del siglo XVIII (Paulsen, 1795 –citado en Assmann, 1970) para masas naturales de densidad completa, con el fin de dirigir la ordenación de los bosques hacia masas con esas características, denominándose tablas de producción normales (Davis *et al.*, 2001). Las ecuaciones de volumen, representadas en “forma de tablas de volúmenes”, se han venido empleando a partir de entonces. Spurr (1952), señala que el origen de las tablas de volumen se remonta a más de 150 años y Henrich Cotta, recibe el crédito de haber elaborado la primera tabla “moderna” de volúmenes, quien hizo su primera publicación en el año de 1804 para la cubicación de especímenes de Haya (*Fagus sylvatica* Mull.). Las técnicas en cuestión se difundieron ampliamente a finales del siglo XIX y a principios del siglo XX por varios países de Europa. Esta

influencia tuvo repercusión en América, particularmente en los Estados Unidos y Canadá. Desde entonces han evolucionado progresivamente hasta llegar a los más modernos y complejos modelos de árbol individual.

Ejemplos de estos modelos de crecimiento son BWINPro (Nagel, 1999; Vargas, 2006) y SILVA (Pretzsch et al., 2002) en Alemania; PrognAus (Monserud y Sterba, 1996; Monserud y Sterba, 1999, Hasenauer, 2000) en Austria; MOSES – Modeling Stand rESponse (Hasenauer, 1994; 2000) – para los bosques de Austria y Suiza; y GesMO, desarrollado por la Unidad de Gestión Forestal Sostenible de la Escuela Politécnica Superior de Lugo (Universidad de Santiago de Compostela), España. Todos estos modelos permiten estimar el crecimiento de las variables de una masa forestal a lo largo de su vida considerando distintas opciones de tratamientos silvícolas (realización de distintos tipos de aclareos y de la corta final a diferentes edades), creando una tabla de producción para cada alternativa analizada. Además, permiten clasificar y valorar económicamente la producción de la masa según diferentes destinos industriales.

En México se han desarrollado algunos sistemas de manejo forestal como el Sistema de Manejo Integral Forestal utilizado en la región forestal de El Salto, Durango, con el cual se han elaborado los programas de manejo forestal para la mayoría de ejidos y comunidades, para los ciclos de corta 1997-2007 y 2007-2017. También se puede citar el Sistema Integral de Manejo de Bosques de la Unidad Santiago (SIMBUS) y el SICODESI. Ambos sistemas han sido utilizados indistintamente en los bosques, utilizando un sistema biométrico aplicado a grupos de especies, sin considerar las diferencias en la forma de crecimiento entre éstas, arrastrando con esto un error importante en las estimaciones finales de las intensidades de corta para cada unidad de manejo. Existe también el Modelo de Simulación del Crecimiento Maderable para la Región de San Dimas, Dgo. (SICREMARS) (Valles e Islas, 2000), desarrollado para rodales puros de *Pinus cooperi* en esa región del estado, sin embargo, este simulador no ha encontrado aplicación alguna en la práctica forestal ni ha sido implementado en los programas de manejo de la región.

Recientemente en México la CONAFOR en coordinación con la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED) desarrollaron el Sistema de Planeación para Bosque Templado (SiPlaFor), con el objetivo de ofrecer apoyo informático en línea y sin costo a los manejadores y propietarios forestales en la tarea de elaboración de programas de manejo forestal sustentable (SiPlaFor, 2017). Este software tiene ya integrados un gran número de modelos matemáticos en los 12 estados donde ya opera (4,452 ecuaciones: 2,482 de volumen (840 ecuaciones de volumen rollo total árbol, 820 de volumen de ramas, 822 de volumen total árbol); 1,642 de ahusamiento – volumen, y 328 de índice de sitio), que fueron desarrollados a nivel de especie para diferentes UMAFORES en once estados del país, gracias a la ejecución del proyecto “Sistema biométrico nacional para la planeación del manejo forestal sustentable de los ecosistemas con potencial maderable en México”, financiado por el Fondo Sectorial CONAFOR – CONACYT (2013-C01-209772).

Justificación:

La política forestal en México ha adoptado como línea de acción prioritaria elevar la producción y competitividad del sector forestal maderable para revertir el descenso constante en la producción forestal y disminuir la actual balanza comercial negativa. El presente proyecto contribuirá con este fin, al generar un sistema biométrico para el manejo forestal maderable en los bosques en producción en el estado de Chiapas. Este estado ocupa el octavo lugar a nivel nacional en producción forestal y junto con Chihuahua, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán de Ocampo, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tlaxcala y Veracruz de Ignacio de la Llave, producen más del 95% de la madera en México.

De acuerdo con la CONAFOR, las regiones forestales Norte Altos, y Costa Sierra, o también llamadas área de reactivación forestal, es donde se realiza el aprovechamiento forestal, permitiéndole al estado la generación de empleos e ingresos para las comunidades y propietarios del recurso natural, y al mismo tiempo conservar ecosistemas y la vida silvestre. Sin embargo, a pesar de la importancia superficial y económica de los recursos forestales de Chiapas, los estudios científicos relacionados con el desarrollo de herramientas silvícolas para el manejo forestal sustentable de bosques de Chiapas, son todavía muy escasos y cuando existen carecen de bases científicas.

Al trabajar con una base biométrica no suficiente o no validada para algunas regiones y especies, se genera una subestimación o sobreestimación de volúmenes, entre otras desviaciones, lo que ocasiona alteraciones en el uso del potencial productivo del bosque y por tanto del manejo sostenible. Además, existe insuficiente información para desarrollar un sistema biométrico a nivel nacional que permita a los manejadores tener las herramientas de modelación, predicción y simulación a fin de comparar diferentes alternativas silvícolas que contribuyan a aumentar la producción, productividad y la competitividad forestal del país.

Hoy en día la gestión forestal reclama instrumentos de predicción que proporcionen información más detallada acerca del desarrollo de las masas de la que hasta hoy han aportado los sistemas biométricos (muchos de éstos incompletos) utilizados en la elaboración de los programas de manejo para la mayoría de los predios forestales del estado. Para un manejo encaminado a la búsqueda de la sostenibilidad se requiere un mayor rango de opciones silvícolas que sólo pueden ser proporcionadas por herramientas más flexibles, como los sistemas biométricos y los modelos dinámicos de crecimiento implementados en programas informáticos de simulación. Estos modelos permiten estimar la producción forestal en función de diversos tratamientos silvícolas, representando por tanto alternativas más completas y realistas, y ofreciendo mayores posibilidades en la gestión forestal que los tradicionales sistemas de manejo.

La producción de madera, con destino fundamentalmente al aserrío, chapa y postería, se prevé continúe siendo la más demandada por la industria transformadora; sin embargo, la madera de pequeñas dimensiones para las industrias de tablero de fibras o de partículas puede seguir acaparando una parte considerable del mercado. En este sentido, es ya patente un cambio de las necesidades de información requeridas para llevar a cabo modernos sistemas de gestión que garanticen la producción de madera de calidad y el manejo integral de la totalidad de los recursos y beneficios que proporcionan los bosques.

Para los bosques bajo manejo, los planes de manejo son el instrumento de ordenación y planeación, siendo una premisa fundamental la determinación de la posibilidad de corta

anual. Este escenario hace el manejo forestal a nivel regional (Unidades de Manejo Forestal Regional) como una estrategia de planeación implementando sistemas encaminados a garantizar el cumplimiento de los principios establecidos en la NOM-152-SEMARNAT-2006. Esta reorientación requiere de un análisis de la validez científica y práctica de los modelos de crecimiento, así como de las ecuaciones de volumen que son utilizadas indistintamente a nivel regional y estatal en Chiapas para calcular los valores actuales y futuros de los bosques en cuanto a existencias maderables, incrementos y posibilidad de cosecha. En consecuencia, el uso de sistemas biométricos robustos se hace cada vez más necesario. De ahí la necesidad de contar con un sistema biométrico adecuado para su aplicación en la gestión forestal sostenible las regiones forestales Norte Altos, y Costa Sierra en el estado de Chiapas. Con el nuevo sistema biométrico se realizarán predicciones con certidumbre de las consecuencias del manejo forestal, ya que con el aumento constante en la demanda de madera y otros productos alternativos del bosque, en un trasfondo de ecosistemas en continua degradación y teniendo en cuenta el enfoque del concepto de sostenibilidad, nunca ha habido una mayor necesidad de obtener información confiable sobre las existencias volumétricas de los bosques.

Por otra parte, se podrá reorientar el manejo forestal a nivel regional a través de la implementación del nuevo sistema biométrico y de manera paralela, encaminado a garantizar el cumplimiento de los principios de sostenibilidad establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-152-SEMARNAT-2006; específicamente, se dará cumplimiento al numeral 5.2.7.2 que señala la información que deberá incluirse en la memoria de cálculo de los programas de manejo forestal, deberá incluir, entre otras cosas, las fórmulas y modelos utilizados en el cálculo del volumen. Finalmente, se podrá justificar ampliamente el uso de los modelos seleccionados, con la ventaja de que se conocerá la fuente de los mismos y cuál fue el procedimiento de su ajuste y selección.

Los resultados del proyecto constituirán entonces una respuesta a las necesidades de manejo forestal manifestadas por los diferentes actores involucrados de manera directa en la ejecución y regulación del aprovechamiento de los recursos forestales en el estado de Chiapas.

Objetivo general

Desarrollar un sistema biométrico regional como herramienta silvícola para el manejo forestal sustentable de los bosques con potencial maderable de Chiapas.

Objetivos específicos

1. Generar ecuaciones de volumen (i.e. cubicación en pie) y de índice de sitio regionales para las especies de importancia maderable en las dos zonas de reactivación forestal de Chiapas, comprendidas en la Estrategia Nacional de Incremento a la Producción y Productividad Maderable (ENAIPROS).
2. Integrar el conjunto de ecuaciones dentro de la Biblioteca digital del sistema biométrico para la planeación del manejo forestal sustentable de los ecosistemas con potencial maderable en México (SiBiFor, 2017: <http://fcfposgrado.ujed.mx/sibifor>) y dentro del Sistema de Planeación para Bosque Templado (SiPlaFor, 2017: <http://fcfposgrado.ujed.mx>), ambas plataformas de propiedad de la CONAFOR.

Productos esperados

Producto 1	Subproductos que conforman la demanda
Ecuaciones por especie y regionales de volumen y de índice de sitio	<p>4. Ecuaciones de cubicación en pie con y sin corteza (de volumen rollo total árbol, de volumen de ramas, de ahusamiento – volumen comercial) para las especies de importancia maderable en las dos zonas de reactivación forestal de Chiapas (Ver lista de especies en el anexo 1).</p> <p>5. Ecuaciones de índice de sitio para las especies del género <i>Pinus</i> muestreadas (Ver lista de especies de pino en el anexo 1).</p>
Producto 2	Subproductos que conforman la demanda
Integración de las ecuaciones en SiBiFor y en el SiPlaFor.	<p>6. Reporte con la evidencia de la integración de las ecuaciones desarrolladas dentro del SiBiFor.</p> <p>7. Reporte con la evidencia de la integración de las ecuaciones desarrolladas dentro del SiPlaFor.</p>
Producto 3	Subproductos que conforman la demanda
Manual, foro y taller de transferencia	<p>8. Manual técnico para productores, responsables técnicos, y otros interesados explicando el desarrollo y uso de las ecuaciones generadas.</p> <p>9. Un foro estatal de divulgación y transferencia de los resultados del proyecto (incluye reporte)</p> <p>10. Un taller de transferencia de resultados de dos días de duración para responsables técnicos.</p>

Descripción de los subproductos Producto 1.

1. Documento que contenga el conjunto ecuaciones de cubicación en pie para las especies de importancia maderable en las dos zonas de reactivación forestal de Chiapas, comprendidas en la ENAIPROS. El documento deberá incluir el tamaño de muestra y los estadísticos de bondad de ajuste de las ecuaciones. La metodología de muestreo de campo y de desarrollo de las ecuaciones deberá ser la misma que se utilizó en el proyecto “Sistema biométrico nacional para la planeación del manejo forestal sustentable de los ecosistemas con potencial maderable en México”, financiado por el Fondo Sectorial CONAFOR – CONACYT (2013-C01-209772), la cual será proporcionada por el área usuaria a través del contacto establecido.
2. Documento que contenga el conjunto ecuaciones de índice de sitio para las especies de pino de importancia maderable en las dos zonas de reactivación forestal de Chiapas, comprendidas en la ENAIPROS. El documento deberá incluir el tamaño de muestra y los estadísticos de bondad de ajuste de las ecuaciones. La metodología de muestreo de campo y de desarrollo de las ecuaciones deberá ser la misma que se utilizó en el proyecto “Sistema biométrico nacional para la planeación del manejo forestal sustentable de los ecosistemas con potencial maderable en México”, financiado por el Fondo Sectorial CONAFOR–CONACYT (2013-C01-209772), la cual será proporcionada por el área usuaria a través del contacto establecido.

Descripción de los subproductos del producto 2.

1. Documento que contenga la evidencia de la integración de las ecuaciones desarrolladas dentro del SiBiFor. Dicho documento deberá describir el acceso en línea para poder consultar las ecuaciones.
2. Documento que contenga la evidencia de la integración de las ecuaciones desarrolladas dentro del SiPlaFor. Dicho documento deberá documentar el uso práctico de las ecuaciones desarrolladas en el subproducto 1 durante las etapas de elaboración y ejecución de un programa de manejo forestal sustentable en el estado de Chiapas.

Descripción de los subproductos del producto 3.

1. Manual técnico dirigido a productores, responsables técnicos, tomadores de decisiones, y otros interesados documentando la estructura y el uso de las ecuaciones desarrolladas.
2. Realizar un foro estatal que permitan divulgar y transferir los resultados del proyecto, a través de la transferencia de los resultados del proyecto a productores, técnicos, dependencias, académicos e investigadores involucrados en el uso, manejo y preservación de las especies estudiadas.
3. Taller de transferencia de resultados de dos días de duración para responsables técnicos, en el cual se les capacite sobre el uso de las ecuaciones.

Los productos y subproductos se deberán entregar en formato electrónico, el foro y el taller deberán realizarse en coordinación con la CONAFOR.

Lugar de aplicación del proyecto:

Zonas de reactivación forestal del estado de Chiapas (Figura 1).

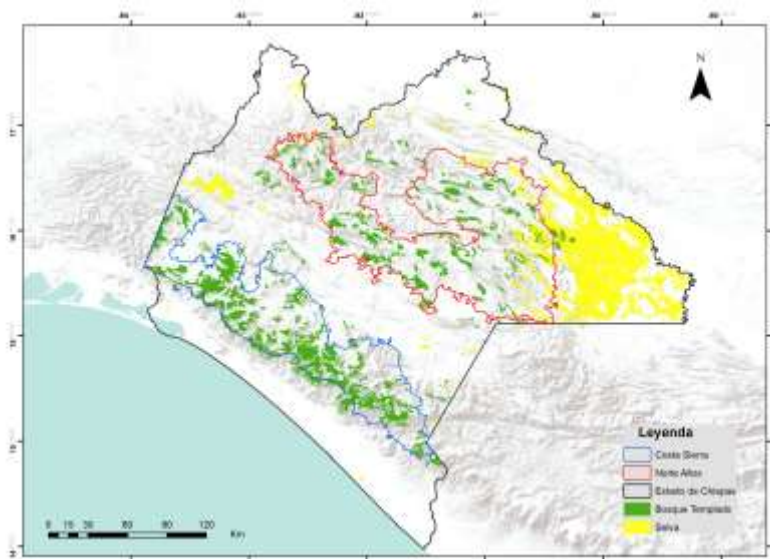


Figura 1. Zonas de reactivación forestal del estado de Chiapas comprendidas dentro de la ENAIROS (Fuente: CONAFOR).

Usuarios de los productos

- La Gerencia de Fomento a la Producción Forestal Sustentable de la CONAFOR.

- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Productores Forestales del estado de Chiapas.
- Prestadores de Servicios
- Técnicos Forestales.
- Instituciones educativas y de investigación y organizaciones no gubernamentales.

Tiempo de ejecución: 12 meses

Datos de contacto

M.C. José Antonio Aceves Montaña

Gerencia de Fomento a la Producción Forestal Sustentable de la CONAFOR.

Correo electrónico [laceves@conafor.gob.mx](mailto:lanceves@conafor.gob.mx)

Tel. 01 33 3777 70 00 Ext. 2312.

Para cualquier información adicional o duda se sugiere se consulte con el área usuaria a través del contacto establecido.

Referencias bibliográficas

- Assmann E. 1970. The principles of forest yield study. Studies in the organic production, structure, increment and yield of forest stands. Pergamon Press. Oxford. 506 p.
- Davis L.S., Johnson K.N., Bettinger P., Howard T. 2001. Forest Management. 4a Edición. McGraw Hill Series in Forest Resources. 816 p.
- García O. 1994. The state-space approach in growth modeling. Canadian Journal of Forest Research, 24(9): 1894-1903.
- Hasenauer H. 1994. Ein Einzelbaumwachstumssimulator für ungleichaltrige Fichten-Kiefern- und Buchen-Fichtenmischbestände, Vienna, Austria Österreichische Gesellschaft für Waldökosystemforschung und Experimentelle Baumforschunggg. 152 pp.
- Hasenauer H. 2000: Die simultanen Eigenschaften von Waldwachstumsmodellen. Paul Parey Verlag. Berlin. 131 p.
- Monserud A. y Sterba H. 1996. A basal area increment model for even- and uneven-aged forest stands in Austria. Forest Ecology and Management 80: 57-80.
- Monserud A. y Sterba H. 1999. Modeling individual tree mortality for Austrian forest species. Forest Ecology and Management. 113:109-123.
- Nagel, J., 1999: Konzeptionelle Überlegungen zum schrittweisen Aufbau eines waldwachstumskund-lichen Simulationssystems für Norddeutschland. Schriften aus der Forstl. Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächs. Forstl. Versuchsanstalt 128, J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt/M. 122 p.
- Pretzsch H, Biber P, Dursky J. 2002. The single tree-based stand simulator SILVA: construction, application and evaluation. Forest Ecology and Management. 162(1): 3-21.
- SiBiFor 2017. Biblioteca digital del sistema biométrico para la planeación del manejo forestal sustentable de los ecosistemas con potencial maderable en México. [online] URL: [http:// http://fcposgrado.ujed.mx/sibifor/inicio/datos.php](http://http://fcposgrado.ujed.mx/sibifor/inicio/datos.php).

- Simental-Cano B, López-Sánchez CA, Wehenkel C, Vargas-Larreta B, Álvarez-González JG, Corral-Rivas JJ (2017) Species specific and regional volume models for twelve forest species in Durango State (Mexico). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 23(2), 155-171.
- SiPlaFor 2017. Sistema de planeación forestal para bosque templado. [online] URL: <http://http://fcfposgrado.ujed.mx/sibifor/inicio/datos.php>.
- Spurr S.H. 1952. *Forest Inventory*. Ronald Press Co. New York. 476 p.
- Subsecretaría Forestal y de la Fauna. 1976. *Inventario Forestal del Estado de Chiapas.*, Publicación No. 34. México.
- Leuschner, W. A. 1990. *Forest Regulation, Harvest Scheduling and Planning Techniques*. John Wiley & Sons. New York. EUA. 281 p.
- Valles, G. A.G., Islas, G.F., 2000. Sistema de ecuaciones del simulador de crecimiento maderable para la región de San Dimas, Dgo. Publicación especial No14. INIFAP, Durango.
- Vanclay J. 1994, *Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests*. CAB International, Denmark. 312 p.
- Vargas-Larreta, B. 2006. *Analyse und Prognose des Einzelbaumwachstums in Struktureichen Mischbeständen in Durango, Mexiko*. Diss. Univ. Göttingen, Alemania. 173 p.

Anexo 1. Lista de especies de interés por zona de reactivación forestal

Zona de reactivación	Especie
Norte Altos	<i>Pinus oaxacana</i>
	<i>Pinus devoniana</i>
	<i>Pinus pseudostrobus</i>
	<i>Pinus tecunumanni</i>
	<i>Pinus oocarpa</i>
	<i>Pinus teocote</i>
	<i>Pinus maximinoii</i>
	<i>Pinus montezumae</i>
	<i>Quercus laurina</i>
	<i>Quercus brachystachys</i>
	<i>Quercus sapotifolia</i>
	<i>Quercus elliptica</i>
	<i>Quercus candicans</i>
	<i>Quercus penduncularis</i>
	<i>Quercus crassifolia</i>
	<i>Quercus rugosa</i>
	<i>Liquidambar sp</i>
<i>Cupressus spp</i>	
<i>Juniperus spp</i>	
<i>Cedrela odorata</i>	
Costa Sierra	<i>Pinus oaxacana</i>

Zona de reactivación	Especie
	<i>Pinus devoniana</i>
	<i>Pinus tecunumanni</i>
	<i>Pinus oocarpa</i>
	<i>Pinus maximinoii</i>
	<i>Pinus montezumae</i>
	<i>Quercus laurina</i>
	<i>Quercus brachystachys</i>
	<i>Quercus crispipilis</i>
	<i>Quercus elliptica</i>
	<i>Quercus candicans</i>
	<i>Quercus penduncularis</i>
	<i>Quercus conspersa</i>
	<i>Quercus sapotifolia</i>
	<i>Quercus rugosa</i>
	<i>Cedrela odorata</i>
	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>
	<i>Ceiba pentandra</i>
	<i>Tabebuia rosea</i>
	<i>Tabebuia donell smithii</i>

Demanda 4: Tecnología para incrementar la producción de resina de las principales especies del genero *Pinus* en el estado de Michoacán.

Divisiones de investigación forestal IUFRO

División 5.- Productos Forestales
Productos no madereros del bosque

Introducción

La producción nacional de resina se ha reducido de 70 mil toneladas anuales originales a menos de 20 mil toneladas actuales. Simultáneamente su importación se ha acrecentado en más de ocho veces. Causado por numerosas deficiencias, el sistema de producción de resina mexicano no es rentable y nada competitivo contra monocultivos de exportación como el aguacate hass, las berries y algunas hortalizas en la franja geográfica con potencial productivo común. La productividad actual a nivel de árbol es notoriamente baja (2.65 kg año) en comparación a lo observado para condiciones parecidas de otros países (7 kg año). Además, se efectúa en densidades muy bajas de arbolado, lo que desperdicia el terreno disponible y el arbolado es manejado inapropiadamente, sin riegos, fertilización, limpieza, ni atención preventiva o curativa contra plagas, enfermedades e incendios. Cuando se reforestan las áreas dañadas o cuando se establecen plantaciones se utiliza planta de mala calidad morfológica y fisiológica, y comúnmente de mala calidad genética. De hecho, se carece de fuentes de germoplasma con calidad genética deseable. Fabián-Plesníkova *et al.*, 2015

La problemática descrita hace imposible el desarrollo de una actividad rentable por lo que los monocultivos de exportación mencionados ganan terreno rápidamente y son motivo de la desaparición de los bosques en Michoacán, pero evaluaciones experimentales preliminares, de planta mejorada y obtenida bajo estándares de alta calidad de producción en vivero, han mostrado la posibilidad de triplicar dicha productividad (Fabián-Plesníkova *et al.*, 2015). La cosecha inicial también puede adelantarse de los 30-35 años actuales a ocho años, aún en densidades moderadas de arbolado (cercasas a 500 árboles/ha; datos no publicados de Reyes y Fabián-Plesníkova). Estas mejoras y un buen manejo pueden generar una productividad de 5 ton/ha/año. No obstante, los sitios de baja calidad (suelos pesados, pobres, delgados y sujetos a una estación seca larga) disponibles para la producción resinera, así como la falta de tecnología apropiada para el establecimiento y el manejo de las plantaciones resineras, impiden alcanzar el potencial referido y la alta rentabilidad ya que propician alta mortalidad (entre el 60 y el 85%), el crecimiento lento e irregular en campo y costos elevados (aspectos no evaluados). La mortalidad y las deficiencias en el desempeño temprano en campo, obligan a producir considerable planta extra, a replantar varias veces, a hacer numerosas aplicaciones de nutrientes y suplementos, y a enfrentar una larga espera para alcanzar la etapa productiva (más de 30 años).

Las resinas u oleorresinas son secreciones producidas por especies del género *Pinus* y de otras coníferas, están constituidas por ácidos resinosos disueltos en una mezcla de compuestos terpénicos. Se producen en las células del parénquima de la albura y permanecen en canales resiníferos (González, 2004), donde normalmente están sometidas a presiones altas que evitan su escurrimiento, en tanto no se presenten heridas por insectos o cortes en la corteza. La producción de la resina es paralela a la actividad vegetativa del árbol: inicia en primavera, con un máximo en verano y cesa en invierno (Ayala, 2011; Zamora-Martínez *et al.*, 2013).

En México, el aprovechamiento de la resina de pino data de finales del siglo XIX, en particular de *Pinus montezumae* Lamb., *P. teocote* Schiede ex Schltdl. et Cham. y *P. pseudostrobus* Lindl. Su principal aplicación era en el alumbrado público de la Ciudad de México. La importancia socioeconómica de la industria resinera en el país, y particularmente en Michoacán, radica en que constituye una fuente de trabajo permanente para el productor, ya que entre los aprovechamientos forestales la extracción de resina es el que mayor mano de obra emplea (Ayala, 2011). La normatividad vigente para la extracción de la resina de pino comprende la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su Reglamento, y la Norma Oficial Mexicana NOM-026-SEMARNAT-2005 (Semarnat, 2006).

El sistema de resinación utilizado en México es el patentado por el francés Pierre Hugues en el año 1848, modificado para las condiciones del país e implementado en 1937 por disposiciones oficiales, pero en Michoacán inició su aplicación hasta 1954. Consiste en realizar cortes (caras) en el fuste de 8 a 10 cm, que alcanzan la xilema y con una periodicidad de 10 a 15 días. La apertura de las caras se inicia en el arbolado cuyo diámetro, medido a 1.3 m del suelo, alcanza 20 cm o más, dependiendo de la calidad del sitio (González, 2004).

Antecedentes

En el caso particular del estado de Michoacán, principal productor, la actividad resinera en 2010, produjo una derrama económica del orden de 233 millones de pesos, en dicho monto se incluyen los costos referentes a la documentación forestal de transporte; servicios técnicos forestales; pago al campesino resinero por concepto de resina entregada en los depósitos; instalación en el monte de cacharros, viseras, clavos, herramientas; y los fletes del transporte desde el depósito hasta las plantas industriales. Durante 2011, a partir de los datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, se ejercieron 468 avisos para el aprovechamiento de resina que incluyeron 737 predios para un total de 87,000 ha y una producción estimada de 25,000 t, las cuales, con base en el régimen de propiedad, se distribuyeron de la siguiente manera comunal: 3,734 t, ejidal 10,459 t y pequeña propiedad 10,370 t. La derrama económica esperada era de aproximadamente 275 millones de pesos, en beneficio de tres mil jefes de familia (Ayala, 2011). En la actualidad operan en la entidad 17 plantas destiladoras de resina de pino, con una capacidad instalada de 55 mil toneladas/año, con turnos de ocho horas y un promedio de 200 días laborales por año (Ayala, 2011). De las 18,132 ha de terreno que posee Nuevo San Juan, 9,027 son de bosques, que tienen valor comercial para madera y resina. De estas, entre 40 y 50% se utilizan para la recolección de resina, que se extrae principalmente de tres especies: el pino chino (*Pinus leiophylla*), pino canis o pino blanco (*P. pseudostrobus*) y pino trompillo o artigo (*P. oocarpa*) (Arias y Chávez, 2006). En comunidades aledañas, de condiciones ecológicas y socioeconómicas menos favorables, estas especies son reemplazadas total o parcialmente por *P. lawsonii* y *P. pringlei*, especies también con elevada importancia en la producción de resina (Leyva-Ovalle *et al.*, 2012). La temporada seca (especialmente en marzo–junio) es la época más recomendable para la recolecta. En promedio, un pino resinero con tres caras produce un kilogramo de resina al mes, cantidad que puede variar en función del número de cortes verticales o caras que se realizan en el tronco. Un buen resinero recolecta entre 800 y 1

000 caras; aunque, hay quienes revisan hasta 1 200 caras en jornadas de nueve horas. Un resinero experimentado llega a recolectar 200 kilogramos (Arias y Chávez, 2006).

Justificación

La demanda de resina de pino para abastecer la producción industrial de más de 300 productos se encuentra en pleno crecimiento, mientras que la producción nacional va a la baja. La importación de este recurso ha crecido dramáticamente mientras que los bosques productores y sus importantes servicios ambientales han sido y continúan siendo reemplazados rápidamente por monocultivos en más de 150 mil hectáreas. Desafortunadamente la producción resinera además de ser muy costosa, laboriosa y ardua, es poco rentable y poco competitiva, lo cual resulta de ineficiencias operativas durante el aprovechamiento, incluidas las malas técnicas de extracción, recolección y transporte del producto; así como, de la mala calidad productiva de los pinos (por mala calidad genética), y de una baja densidad (105 individuos/ha) asociada a la alta mortandad del arbolado; a estos problemas contribuyen también las circunstancias adversas de topografía y acceso a los sitios, así como las altas restricciones ambientales (suelos pobres, delgados y pesados, y una estación seca y larga).

Para resolver la problemática descrita es necesario generar fundamentos técnicos, tecnología e innovaciones en cuanto a:

- a. Extracción de resina con nuevas opciones o innovaciones en al menos tres técnicas adaptables a distintas condiciones ambientales, socioeconómicas y productivas del país realizadas en bosques nativos.
- b. Uso de planta de buena calidad procedente de germoplasma genético seleccionado a partir de árboles donadores nativos,
- c. Uso de densidades moderadas de arbolado (densidades iniciales de 900 -1100 árboles ha, reducibles a 500-600 a partir de los 15 años de edad), y
- d. Aplicación de control de maleza y de prácticas de mejoramiento de la estructura, la fertilidad y la capacidad de retención de humedad del suelo.

Las aplicaciones que se deriven, deben garantizar mayores ingresos para los resineros mayor productividad por superficie trabajada, la conservación y enriquecimiento del bosque de pino, y una revaloración de los ecosistemas forestales templados que genere mayores expectativas que las generadas por los monocultivos locales de exportación.

Actualmente se utiliza el método de resinación Francés o de Hughes, esto para sujetarse a lo establecido en la NOM-026-SEMARNAT-2005, y en donde existe la necesidad de contar con más opciones sobre métodos de resinación para obtener la mayor producción posible de resina.

Con la presente demanda, se pretende enfocarse a temas de los cuales se ha dedicado poco esfuerzo de investigación, como los que se enlistan a continuación:

- Estudios para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales de especies resineras
- Estudios de selección y mejoramiento genético (ensayos de procedencias y progenies).
- Propagación vegetativa de materiales seleccionados

- Producción de plantas de calidad.
- Estudios de factibilidad económica y financiera actualizados.
- Estudios de mercado y estrategias de comercialización a nivel nacional e internacional.
- Estudios referentes a la innovación de procesos industriales.
- Diversificación de productos a partir de la resina de pino.

La importancia de llevar a cabo la investigación en el estado de Michoacán, es debido a que es el estado con mayor producción de resina en el país (80%), y el cual cuenta con al menos nueve especies del genero *Pinus* bajo producción.

El uso combinado de algunas de las innovaciones mencionadas como el uso de planta bien desarrollada, de buena calidad genética y el cambio a una densidad moderada, pueden incrementar la productividad anual actual, además se debe evaluar el incremento en la producción de resina al realizar acciones de desmalezado, fertilización y mejoramiento de la estructura del suelo.

Es deseable además, que los resultados de la investigación generen elementos técnico-científico de los métodos de extracción de resina, así como su procedimiento, restricciones, etc; esto con el objetivo de que los prestadores de servicios técnicos forestales, propongan el método idóneo en base a las especies presentes del genero *Pinus*, a las condiciones del predio y así obtener el mayor potencial productivo.

Objetivo general

Generar tecnología para mejorar la productividad del aprovechamiento de resina de pino de poblaciones naturales de *P. pringlei*, *P. oocarpa*, *P. michoacana*, y *P. leiophylla*, así como alguna otra de interés, que se ubican en el estado de Michoacán.

Objetivos específicos

1. Determinar el método más eficiente, mejor densidad, así como las mejores especies del genero *Pinus* para la extracción de resina, aplicados sobre árboles en bosques nativos.
2. Evaluar, a través de su progenie, a individuos de calidad genética superior como fuente de germoplasma sexual y asexual destinada a la regeneración asistida y al establecimiento de plantaciones de diferentes especies del genero *Pinus* con alta importancia en la producción de resina.
3. Evaluar prácticas de manejo del arbolado y de mejoramiento de la estructura y fertilidad del suelo para acelerar el crecimiento en diámetro que favorezca el inicio temprano de la extracción temprana de resina de pino.
4. Determinar densidades óptimas de arbolado para una mayor producción de resina de especies del género *Pinus*, por unidad de superficie.
5. Implementar un programa de difusión periódica de avances, con capacitación y difusión de genotipos selectos y de las mejores prácticas para inicio temprano y rendimiento mayor y más rentable, en la producción resinera de las especies estudiadas.

Productos esperados

Producto 1.

Documento conteniendo lo siguiente:

1. Resultados de la evaluación experimental que señalen el método de extracción de resina con mejores rendimientos en las principales especies del genero *Pinus* productoras de resina, densidad óptima, aplicado en árboles de bosques nativos.
2. Recomendaciones metodológicas y prácticas de mejora para la extracción de resina de arbolado adulto de pino.
3. Resultados de evaluación financiera de al menos tres métodos de extracción de resina de arbolado adulto de pino en bosques naturales.
4. Recomendaciones metodológicas, de prácticas de mejora y para el mejoramiento de la Norma Oficial de aprovechamiento de resina de pino.
5. Georreferenciación de los sitios donde se llevaron a cabo la toma de datos para obtener los resultados del producto 1.
6. Anexo fotográfico del proceso para obtener los resultados del producto.

Los documentos que comprenden el producto se deberán entregar en archivo electrónico

Producto 2

Documento conteniendo lo siguiente:

1. Criterios de selección de árboles superiores en producción de resina en al menos cuatro especies de pino con mayor producción de resina.
2. Protocolo para la selección, identificación, georreferenciación y manejo de árboles superiores en producción de resina.
3. Caracterización fenotípica de arbolado altamente productivo de resina de al menos cuatro especies del genero *Pinus* (60 árboles por especie), como base para contar con árboles selectos, útiles como fuente de germoplasma de alta calidad genética en la producción de resina de pino.
4. Protocolo para la colecta, procesamiento y manejo pre-germinativo de semilla de árboles superiores en producción de resina de las especies en estudio e ingreso de accesiones (semilla) de material genético al CNRG
5. Protocolo para la producción de planta de calidad a partir de semilla de árboles superiores en producción de resina para las cuatro especies de pino en estudio.
6. Protocolo para establecimiento y manejo temprano de planta en regeneración asistida y en plantaciones forestales, destinadas principalmente a la producción de resina.

Los documentos que comprenden el producto se deberán entregar en archivo electrónico

Producto 3

Documento conteniendo lo siguiente:

1. Evaluación de la respuesta temprana de la regeneración natural y de progenie de pinos selectos de las principales especies del genero *Pinus* presentes en el estado de Michoacán, ante el control de malezas, y la aplicación de prácticas de mejoramiento de la estructura y de la capacidad de retención de humedad del suelo.
2. Anexo fotográfico del proceso para obtener los resultados del producto.

Los documentos que comprenden el producto se deberán entregar en archivo electrónico

Producto 4

Documento conteniendo lo siguiente:

1. Evaluación experimental de la respuesta a la fertilización orgánica e inorgánica a diferentes dosis en arbolado de diferentes etapas de desarrollo.
2. Protocolo para el control de malezas y el manejo de la estructura, la fertilidad y la capacidad de retención de humedad del suelo en bosques y plantaciones de pino con producción de resina
3. Anexo fotográfico para obtener los resultados del producto.

Los documentos que comprenden el producto se deberán entregar en archivo electrónico

Producto 5

Documento conteniendo lo siguiente:

1. Fundamentos técnicos probados, basados en evaluación temprana de ensayos de progenie y en características fenotípicas de los árboles donadores nativos, que den soporte a su selección y recomendación de conservación y uso, como fuente de germoplasma sexual y asexual con calidad genética superior. (4 ejemplares)
2. Anexo fotográfico del proceso de la evaluación para obtener los resultados del producto.

Los documentos que comprenden el producto se deberán entregar en archivo electrónico

Producto 6

Documento conteniendo lo siguiente:

1. Fundamentos técnicos y recomendaciones sobre la densidad óptima de arbolado joven para la producción de resina en diferentes métodos de extracción y diferentes diámetros.

Los documentos que comprenden el producto se deberán entregar en archivo electrónico

Producto 7

Documento conteniendo lo siguiente:

1. Informe de la realización de dos foros de divulgación y transferencia de los resultados del proyecto, que promuevan el intercambio de experiencias entre productores, técnicos, dependencias, académicos e investigadores involucrados en el aprovechamiento de resina.

Los documentos que comprenden el producto se deberán entregar en archivo electrónico

Lugar de aplicación del proyecto: Michoacán

Usuarios de los productos

- La Gerencia de Fomento a la Producción Forestal Sustentable de CONAFOR.
- Los productores serán beneficiarios directos de los productos.
- Los Prestadores de Servicios Técnicos Forestales.
- Las instituciones educativas y de investigación.

Tiempo de ejecución: 60 meses

Datos de contacto

Ing. Luis Antonio Aceves Montaña

Subgerente de Silvicultura y manejo Forestal
Correo electrónico: [laceves@conafor.gob.mx](mailto:lanceves@conafor.gob.mx)
Tel. (33) 3777 7000 Ext. 2312.

Ing. José Antonio Pérez Ledezma

Departamento de Aprovechamiento Forestal No Maderable
Correo electrónico: perez.antonio@conafor.gob.mx
Tel. (33) 3777 7000 Ext. 2339

Referencias Bibliográficas

- Arias, T. A.A. y Chávez L.A. 2006. Resina: entre la madera y el desarrollo comunitario integral. CONABIO. Biodiversitas 65: pp 1-7.
- Ayala S., J. C. 2011. Diagnóstico de la situación actual y perspectivas de desarrollo en la producción de la resina de pino en México. In: Foro de intercambio de experiencias: Manejo, aprovechamiento y comercialización de los principales productos forestales no maderables en ecosistemas de bosques templados. SEMARNAT-CONAFOR. 29 y 30 de septiembre de 2011. Guadalajara, Jal. 37 p.
- Fabián-Plesníkova. I., Reyes, R. A., Villa, C.B, Bahena, B.L., y Sánchez, V.N.M. 2015. Crecimiento de planta de siete especies de pinos resineros al aplicar tres simbiontes en etapa de vivero en Michoacán, México. Congreso Internacional de Recursos Forestales. SOMERFO. Ixtapan de la Sal, Edo. de México, México. 411 p.
- González-García, L. 2004. Potencial resinero en seis distritos de Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. Texcoco, Estado de México. 108 p.
- Leyva-Ovalle, A., Velázquez-Martínez, A. Aldrete, A. Gómez-Guerrero, y A. Medina H. 2012. La producción de resina de pino en México. Comisión Nacional Forestal. Serie Biblioteca Virtual. Zapopan, Jal. 81 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2006. Norma Oficial Mexicana NOM-026-SEMARNAT-2005, que establece los criterios y especificaciones técnicas para realizar el aprovechamiento comercial de resina de pino. Diario Oficial de la Federación. 28 de septiembre de 2006, primera sección, pp 1-5.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2009. Anuario Estadístico de la Producción Forestal, 2009. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. 222 p.
- Zamora-Martínez, M. C., Velasco B., H. J. Muñoz F. y M. E. Romero S. 2013. Modelos predictivos para la predicción de productos forestales no maderables: resina de pino. Manual Técnico 9. CENID-COMEF, INIFAP. México, D.F. México. 44 p.

Demanda 5: Desarrollo de un paquete tecnológico para el manejo post cosecha de dos especies utilizadas como Árboles de Navidad en México.

Divisiones de investigación forestal IUFRO

División 2.- Fisiología y Genética
Árboles de Navidad

Introducción

Las plantaciones forestales comerciales en México constituyen una actividad prioritaria para el incremento de la producción forestal; de esta manera se ha favorecido la implementación de diversas estrategias que fomentan su desarrollo. La demanda del mercado nacional de árboles de Navidad es de 1.6 a 2.0 millones de árboles, de los cuales alrededor de 60% se cubre a través de importaciones procedentes de Canadá y Estados Unidos de América. Las principales especies importadas son *Abies balsamea*, *Pinus resinosa*, *Pinus sylvestris*, *Juniperuss virginiana*, *Picea mariana* y *Pseudotsuga menziesii* (Zamora, 2015). Del consumo total, el 60% corresponde a la Ciudad de México y su área metropolitana (CONAFOR, 2011).

Para el caso de México, los árboles de navidad no proceden de los bosques naturales, sino de plantaciones y viveros especializados, que los particulares establecen para abastecer la demanda creciente de este producto. El cultivo de árboles de navidad es una alternativa para el desarrollo sustentable en numerosas áreas rurales del país, pero al mismo tiempo es un agro negocio muy rentable si se cuenta con la asesoría técnica adecuada.

Antecedentes:

A nivel nacional, existen más de 250 plantaciones forestales comerciales, especializadas en el cultivo de árboles de Navidad de los que el 25 % ya están en producción (Cibrián, 2009). México cuenta con 11 mil 335 hectáreas de plantaciones comerciales de árboles de Navidad (CONAFOR, 2016), distribuidas en 11 entidades: Estado de México, Puebla, Michoacán, Nuevo León, Veracruz, Distrito Federal, Tlaxcala, Guanajuato, Jalisco, Morelos y Zacatecas. No obstante, los apoyos económicos y técnicos destinados a esta actividad, persiste el déficit en la oferta de árboles de Navidad. Las principales especies utilizadas son *Pinus ayacahuite*, *Abies religiosa*, *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus greggii*, *Pinus cembroides*, *Pinus patula*, *Pinus eldarica*, *Cupressus* y *Chamaecyparis*.

Justificación

Como producto comercial, en los árboles de navidad es fundamental el tiempo de vida del árbol después de cortado, ya que es deseable que el consumidor final obtenga un árbol ejemplar que permanezca verde, sin caída de las hojas y turgente durante el mayor tiempo posible. No todas las especies son adecuadas para soportar el corte, traslado y manejo post cosecha. Existe una gran variación al respecto, por lo que la decisión sobre qué especie producir deberá considerar esta característica. Se ha mencionado que las especies nativas de México tienen la desventaja del poco tiempo de permanencia de las hojas en el árbol una vez cortados. La duración de las hojas en las diferentes especies, obtenida a través de la observación directa durante más de 10 años, indica que *Abies*

religiosa (oyamel) tiene una durabilidad de alrededor de 15 días, *Pseudotsuga macrolepis* (Abeto) de 40 días, *Pinus ayacahuite* (Pino Blanco) y *Pinus eldarica* (Pino Afgano) de entre 18 y 30 días, mientras que *Pinus cembroides* (Piñonero) y *Pinus maximartinezii* (Pino Azul) de 40 días (FIPRODEFO, 2009). Si se considera que la fecha de inicio de la compra de árboles de Navidad en el centro de México inicia alrededor del 20 de noviembre y termina el 7 de enero, se requiere que los árboles mantengan una apariencia atractiva durante 50 días. Por otra parte, también es común encontrar gran variabilidad en la retención de hojas dentro de una misma especie, como ha sido reportado para *Abies balsamea* donde existen genotipos que retienen sus hojas en un tiempo tan corto como 6 días o tan largo como 60 días (Landa et al., 2015).

En el manejo post cosecha de árboles de Navidad, la pérdida de agua es un gran problema, lo que es especialmente crítico porque las yemas continúan creciendo. Según Chastagner (2002) un árbol de 1.80 m de *Abies grandis* (Dougl. ex D. Don) Lindl. o *Pseudotsuga menziesii* cortado bajo condiciones húmedas, pierde hasta 2.84 litros de agua en 24 horas. Por lo tanto, es indispensable para los productores determinar los mecanismos para reducir el estrés hídrico y así poder extender la vida en post cosecha (Duck et al., 2003). Así mismo también es fundamental detectar un conjunto de rasgos genéticos propios de la especie (genotipos) que estén implicados en los procesos fisiológicos que ayuden a alargar la vida útil del árbol después del corte y de esta manera seleccionar los individuos/genotipos con mayor potencial.

A nivel internacional, múltiples estudios han evaluado la eficacia de antitranspirantes en especies forestales, pero los resultados han sido inconsistentes. Sin embargo, en México las experiencias sobre el tema se reducen significativamente (Alvarez, et al. 2009).

Algunos autores refieren que previamente a la cosecha, se puede asperjar al follaje colorante para árboles a razón de 1 lt en cada 20 litros de agua, aplicándolo con motobomba preferentemente. Las ventajas que ofrece esta acción son la reducción de la transpiración, prevención de incidencias de algunas plagas, mayor retención de follaje, mejor color y mayor durabilidad después del corte (amplía la vida de anaquel en un 30% a 50 %) (Patiño, 2006).

Por otro lado, algunos estudios identifican que la presencia del etileno (hormona de la senescencia) es el principal detonante que lleva a la abscisión de hojas, frutos y flores. De tal forma que en la medida que se pueda inhibir la presencia de este compuesto se podrá aumentar la vida post cosecha de cualquier especie.

Con la finalidad de generar alternativas que permitan a los productores, incrementar el tiempo de permanencia del follaje en árboles de navidad de las dos principales especies que se utilizan para este fin en México, y mejorar la calidad del producto que se oferta, se plantea la presente demanda de investigación.

Objetivo general:

Desarrollar un paquete tecnológico para el manejo post cosecha de árboles de navidad de *Pinus ayacahuite* y *Pseudotsuga menziesii* para incrementar su vida de anaquel.

Objetivos específicos:

1. Evaluar la efectividad de dos tratamientos post cosecha de dos tipos de antitranspirantes y tres diferentes dosis en *Pinus ayacahuite* y *Pseudotsuga menziesii* con la finalidad de mantener las siguientes características: coloración, turgencia y permanencia de la hoja.
2. Evaluar tratamientos de pre y post cosecha con soluciones preservantes (inhibidoras del etileno) en *Pinus ayacahuite* y *Pseudotsuga menziesii* con la finalidad de mantener las siguientes características: coloración, turgencia y permanencia de la hoja.
3. Identificar rasgos genéticos de *Pinus ayacahuite* y *Pseudotsuga menziesii* implicados en alargar la vida útil a nivel postcosecha.
4. Estimar la rentabilidad que obtienen los productores de plantaciones de árboles de navidad, empleando técnicas para alargar el tiempo de anaquel.

Productos esperados

Objetivo	Productos
1. Evaluar la efectividad de dos tratamientos post cosecha de dos tipos de antitranspirantes y tres diferentes dosis en <i>Pinus ayacahuite</i> y <i>Pseudotsuga menziesii</i> con la finalidad de mantener las siguientes características: coloración, turgencia y permanencia de la hoja.	<p>Documentos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Metodología, resultados y recomendaciones para el manejo post cosecha de árboles de navidad, con el uso de antitranspirantes en árboles de navidad de <i>Pinus ayacahuite</i> y <i>Pseudotsuga menziesii</i>. 2. Metodología, resultados y recomendaciones para el manejo post cosecha de árboles de navidad, con el uso de soluciones preservantes (inhibidoras del etileno) en las especies <i>Pinus ayacahuite</i> y <i>Pseudotsuga menziesii</i>. 3. Validación de la implicación de genes identificados en el proceso de senescencia y abscisión foliar de las especies estudiadas. 4. Protocolos de extracción de ácidos nucleicos útiles para análisis genéticos. <ul style="list-style-type: none"> • Folleto técnico del protocolo o proceso de aplicación de antitranspirantes para alargar la permanencia del follaje (coloración, turgencia y permanencia de la hoja) en árboles de navidad de <i>Pinus ayacahuite</i> y <i>Pseudotsuga menziesii</i>. (Documento con diseño para impresión). • Folleto técnico del protocolo o proceso de aplicación de inhibidores del etileno para incrementar la vida postcosecha de árboles de navidad de <i>Pinus ayacahuite</i> y <i>Pseudotsuga menziesii</i>. (Documento con diseño para impresión). • Conservación del material genético implicado en alargar la vida útil a nivel post cosecha de las especies de <i>Pinus ayacahuite</i> y <i>Pseudotsuga menziesii</i>.
2. Evaluar tratamientos de pre y post cosecha con soluciones preservantes (inhibidoras del etileno) en <i>Pinus ayacahuite</i> y <i>Pseudotsuga menziesii</i> con la finalidad de mantener las siguientes características del follaje: coloración, turgencia y permanencia de la hoja	
3. Identificar rasgos genéticos de <i>Pinus ayacahuite</i> y <i>Pseudotsuga menziesii</i> implicados en alargar la vida útil a nivel post cosecha.	

Objetivo	Productos
4. Estimar la rentabilidad que obtienen los productores de plantaciones de árboles de Navidad, empleando técnicas para alargar el tiempo de anaquel.	<p>Documento:</p> <p>1. Metodología y resultados de un estudio de rentabilidad del uso de antitranspirantes y soluciones inhibidoras del etileno en árboles de navidad de <i>Pinus ayacahuite</i> y <i>Pseudotsuga menziesii</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> Folleto técnico del estudio de rentabilidad del uso de antitranspirantes y soluciones inhibidoras del etileno en árboles de navidad de <i>Pinus ayacahuite</i> y <i>Pseudotsuga menziesii</i>. (Documento con diseño para impresión).
5.- Divulgación de Resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Un taller de capacitación: duración 2 días, 30 participantes con sede en Puebla. - Un foro de transferencia: duración 1 día para 60 participantes con sede en Puebla o Ciudad de México.

Lugar de aplicación del proyecto:

Centro de México. Plantaciones forestales comerciales de árboles de navidad de las especies *Pinus ayacahuite* y *Pseudotsuga menziesii*.

Usuarios de los productos:

- Plantadores forestales comerciales de árboles de navidad.
- Titulares de autorizaciones o registros para establecer plantaciones forestales comerciales de árboles de navidad.
- Propietarios y poseedores de terrenos preferentemente o temporalmente forestales que busquen establecer plantaciones forestales comerciales de árboles de navidad.
- Gobiernos de los tres niveles y Entidades Financieras y empresas comerciales de venta de árboles de navidad.

Tiempo de ejecución: 36 meses

Datos de contacto:

Biól. Jorge Pedro Flores Marker.

Gerente de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales.

Correo electrónico: jorge.flores@conafor.gob.mx,

Teléfono 01 33 37 77 70 00 Ext. 2200

M.C. Diego Montiel Oscura.

Jefe del Departamento de Información y Desarrollo.
Correo electrónico: dmontiel@conafor.gob.mx
Teléfono 01 (33) 37 77 70 00 Ext. 2218

Referencias bibliográficas:

- Álvarez M. J.C., Colinas L.M.T., Sahagún C.J., Peña L.A. y Rodríguez De la O J. L. 2009. Tratamientos de postcosecha en árboles de navidad de *Pinus ayacahuite* Ehren y *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. *Rev. Cien. For. Mex.* 34(106): 171-190.
- Cibrián T., D. 2009. Manual para la identificación de plagas y enfermedades en plantaciones de árboles de navidad. Comisión Nacional Forestal, CONACYT, Universidad Autónoma Chapingo. 78 p.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2011. Manual para la producción de árboles de Navidad. Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico. 43 p.
- Comisión Nacional Forestal. 2016. Nota de Prensa.
(<http://www.gob.mx/conafor/prensa/ofrece-mexico-800-mil-arboles-para-navidad-2016>),
- Chastagner, G. A. and L. E. Hinesley. 2002. Maintaining moisture levels in cut Christmas trees. *Am. Christmas Tree J.* 44:10-16.
- Duck, M. W., B. M. Cregg, F. F. Cardoso, R. T. Fernández, B. K. Kehe and R. D. Heins. 2003. Can antitranspirants extend the shelf life of table-top Christmas trees? In: Tanino, K. K. (Ed.) XXVI International Horticulture Congress: Environmental Stress. *Acta Hort.* 618:153-162.
- Fideicomiso para la Administración del Programa de Desarrollo Forestal de Jalisco (FIPRODEFO) 2009. Experiencias y Manual para la Producción de Árboles de Navidad en el estado de Jalisco, México. Guadalajara Jalisco México. 65 p.
- Lada, R. R., & MacDonald, M. T. 2015. Understanding the Physiology of Postharvest Needle Abscission in Balsam Fir. *Frontiers in Plant Science*, 6, 1069.
- Patiño A. E. A. 2006. Manual Práctico para el cultivo de plantaciones de árboles de Navidad en México. México 169 p.
- Zamora M., M.C. 2015. Producción de árboles de Navidad. Editorial. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales.* 6 (32) México.

Demanda 6: Cambios demográficos, reproducción y estatus de poblaciones naturales de *Picea mexicana* Martínez y *Picea martinezii* Patterson en México: especies susceptibles a eventos de variabilidad climática.

Divisiones de investigación forestal IUFRO

División 2.- Fisiología y Genética

Genética de la conservación, poblacional y ecológica.

División 4 - Evaluación Forestal, Elaboración de Modelos y Gestión

Efectos de los cambios ambientales sobre el crecimiento de los bosques

La adaptación al cambio climático

Introducción.

Las poblaciones de *Picea* en México presentan diferencias en cuanto a su distribución espacial, así como en la asociación de especies. *Picea mexicana* se encuentra en la Sierra Madre Oriental hasta 3 200 msnm, en la Sierra Madre Occidental en una altitud superior a 3 000 msnm, correspondiendo estas a las zonas subalpinas (Ledig *et al.*, 2000b; Ledig *et al.*, 2004). Mientras que *Picea martinezii* se halla geográficamente en la Sierra Madre Oriental en asociación con especies que corresponden al tipo de vegetación de Bosque Mesófilo de Montaña (Capó *et al.*, 1997; Valdez *et al.*, 2003). *Picea mexicana* Martínez y *Picea martinezii* Patterson son dos de los taxones endémicos, relictos del norte de México con una distribución limitada a la Sierra Madre Oriental y Occidental de manera irregular (Ledig *et al.*, 2004). En la actualidad se describen tres poblaciones para *P. mexicana* (Ledig *et al.*, 2002) y cuatro para *P. martinezii* (Ledig *et al.*, 2000a), y resulta prioritario conocer su estructura ya que es una variable crítica para la toma de decisiones en el manejo del bosque especialmente en los esfuerzos de la conservación (Aguirre *et al.*, 2003; Gordon *et al.*, 2005).

Antecedentes.

Considerando que los estudios desarrollados sobre estructura de los bosques donde se encuentran las poblaciones en *P. mexicana* y *P. martinezii* han sido muy limitados (i.e. Capó *et al.*, 1997), resulta crucial conocer su estructura y composición, para el manejo y para planes de conservación (Bauche *et al.*, 2002; Priego *et al.*, 2003). Es importante la estimación de los indicadores reproductivos de una especie a través del potencial y la eficiencia reproductiva que está asociada a la producción de semillas de los árboles y otras características de los conos y semillas (Mosseler *et al.*, 2000; Flores-López *et al.*, 2005). A partir de estos datos se puede inferir y comprobar la presencia de depresión endogámica, ya que el primer efecto de ésta es la reducción de semillas llenas (Ledig *et al.*, 2000a). Por lo anterior los indicadores reproductivos en las poblaciones permite evaluar el estado genético y monitorear la viabilidad de las poblaciones es especial las pequeñas y aisladas.

Justificación

Dado que las poblaciones de *P. mexicana* y *P. martinezii* son relictos, es urgente realizar estudios ecológicos y genéticos de estas especies que permitan evaluar el recurso para su conservación, ya que son más propensas a procesos de pérdida de su diversidad y aumento de su tasas de autocruzamiento; por lo que, los programas de regeneración y restauración serían más efectivos si se contara *a priori* con el conocimiento sobre

ecología y genética de las poblaciones para determinar las fuentes potenciales productoras de semilla con alta diversidad genética (Mosser y Rajora, 1998; Hedrick, 2000; Frankham *et al.*, 2002), así como los métodos idóneos para la conservación y detección de su susceptibilidad ante los eventos de variabilidad climática y a más largo plazo al cambio climático (Ledig *et al.*, 2010 y Ledig, 2012) que comprometan su sobrevivencia. Así mismo, es necesario recalcar que las Piceas son especies idóneas para utilizarlas como árboles de navidad, lo cual agrega mucho más valor a estas especies desde el punto de vista económico para el sector forestal (para plantaciones forestales comerciales).

Por lo que realizar este proyecto permitirá hacer la conservación *ex situ* de estos recursos genéticos, incluyendo ya los efectos del cambio climático sobre estas especies, y permitirá tener otras especies alternativas como árboles de navidad a los plantadores forestales comerciales en la actualidad y a futuro.

Objetivo general

Evaluar cambios en la demografía y tamaño de las poblaciones, fenología, producción e indicadores reproductivos, así como la variación morfológica de poblaciones naturales de *Picea mexicana* Martínez y *Picea martinezii* Patterson, como especies susceptibles a los eventos de variabilidad climática.

Objetivos Específicos

1. Evaluar los cambios en la demografía y tamaño actual de las poblaciones a través de sitios permanentes de muestreo establecidos y exploración de áreas con probabilidad de nuevos rodales.
2. Definir el estatus actual de las poblaciones.
3. Determinar la fenología, producción y eficiencia de semillas durante los años 2018-2019.
4. Determinar indicadores reproductivos de conos, semillas y plántulas de al menos 30 árboles por población.
5. Evaluar vigor, anormalidad y variación morfológica de plántulas en estado de vivero.
6. Elaborar una guía y manual técnico de colecta, manejo y propagación sexual de las dos especies de *Picea*.
7. Elaborar una monografía de los estudios realizados de *Picea mexicana* Martínez y *Picea martinezii* Patterson.

Productos esperados

Productos	Descripción
1: Un documento que describa los cambios demográficos y estructura en poblaciones de dos especies de <i>Picea</i> .	Evaluación de sitios permanentes y Análisis de estructura de poblaciones
2: Un documento de Evaluación y	Evaluar el estatus actual de las poblaciones

divulgación y un informe de exploración de áreas potenciales de nuevas poblaciones de Picea.	de <i>Picea</i> y Exploración de áreas posibles a localizar nuevas poblaciones.
3: Un documento que describa la fenología, producción y eficiencia de semillas en poblaciones de dos Piceas.	Evaluación de fenología en campo de 10-20 árboles. Procedimiento de análisis de conos y semillas, comparación de variables continuas y discretas, correlación entre variables morfológicas y de producción.
4: Un documento en donde se analice la variación en indicadores reproductivos e interpretación.	Determinación de coeficientes de endogamia basados en análisis de conos y semillas, correlación de variables. Comparación de pre tratamientos germinativos. Evaluación en vivero de vigor de plántula y estimación de plántulas anormales.
5: Un manual técnico de colecta, manejo y propagación sexual de <i>Picea mexicana</i> Martínez y <i>Picea martinezii</i> Patterson. (50 ejemplares)	Descripción de las actividades para el manejo y propagación sexual de las Piceas estudiadas. Los ejemplares son para ser distribuidos al personal técnico de las Gerencias Estatales y enviar ejemplares a la COFAN.
6: Una monografía de los estudios realizados sobre <i>Picea mexicana</i> Martínez y <i>Picea martinezii</i> Patterson. (50ejemplares)	Compilación y redacción de la monografía. Los ejemplares son para ser distribuidos al personal técnico de las Gerencias Estatales y enviar ejemplares a la COFAN.
7.- Divulgación de resultados	Un foro de transferencia de resultados dirigido a los diferentes actores que conforman el sector forestal, (productores, académicos, empresarios, entre otros); para divulgar los resultados obtenidos en la demanda. Saltillo, Coahuila.

Lugar de aplicación del proyecto

En los ecosistemas alpinos, y mesófilos de México.

Usuarios de los productos

- Las Gerencias de programas de la CONAFOR. - Para posteriormente aplicarlos en las zonas identificadas acorde a los alcances institucionales y objetivos específicos de los subsidios que se otorgan.
- Propietarios de las áreas. - Como documento de consulta a la hora de solicitar aprovechamiento de los recursos y durante su manejo.
- Prestadores de Servicios Técnicos Forestales responsables del manejo forestal. - Información que facilitará la toma de decisiones como manejador de los recursos genéticos forestales.
- Instituciones educativas y de investigación. - Como documento de consulta y referencia para estudios relacionados.
- Dependencias federales como la Comisión Nacional de Biodiversidad, los Gobiernos estatales y municipales que tengan relación con este tipo de recursos

genéticos forestal. Organizaciones no gubernamentales que tengan injerencia en los estados en los cuales se llevará a cabo la investigación y estén relacionadas con el manejo de los recursos forestales.

- El Grupo de Trabajo de Recursos Genéticos Forestales de la Comisión Forestal de América del Norte (COFAN), como referencia de futuros trabajos en conjunto.

Tiempo de ejecución: 24 meses

Datos de contacto:

Ing. Alfredo Arciniega Mendoza.

Gerente de Restauración Forestal.

Correo electrónico: alfredo.arciniega@conafor.gob.mx.

Tel. 01 333 7777 000 Ext. 2800.

Ing. Fernando Miranda Piedragil.

Subgerente de Recursos Genéticos Forestales.

Correo electrónico fmiranda@conafor.gob.mx.

Tel: 01 33 37 77 70 00 Ext. 2812.

M.C. José Angel López López.

Jefe de departamento de Conservación y Mejoramiento de Recursos Genéticos Forestales.

Correo electrónico angel.lopez@conafor.gob.mx.

Tel: 01 33 37 77 70 00 Ext. 2816

Referencias Bibliográficas

Aguirre C., O. A., J. J. Jiménez P., H. Kramer y A. Akça. 2003. Análisis estructural de ecosistemas forestales en el Cerro del Potosí, Nuevo León, México. *Ciencia UANL* 2(6): 219 – 225.

Bauche, P., P. R. Villavicencio G., A. Gallegos R. y M. Huerta M. 2002. Índices de diversidad aplicados a comunidades arbóreas en la zona de protección de flora y fauna “Sierra de Quila”, estado de Jalisco. CUCBA, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México. 9 p.

Capó A., M., S. Valencia M., C. Flores L., y S. Braham S. 1997. Informe final de actividades del proyecto: Autoecología del género *Picea* en Nuevo León. Presentado a: Consejo Consultivo Estatal para la Preservación y Fomento de la Flora y Fauna Silvestre de Nuevo León. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. 160 p.

Flores-López, C., J. López-Upton y J. J. Vargas-Hernández. 2005. Indicadores reproductivos de poblaciones de *Picea Mexicana* Martínez. *Agrociencia* 39 (1): 117-126.

Frankham, R., D. A. Briscoe, and J. D. Ballou. 2002. *Introduction to conservation genetics*. Cambridge University Press, New York, New York, USA. 642 p.

- Gordon, E. A., O. E. Franco and M. L. Tyrrell. 2005. Protecting biodiversity: a guide to criteria used by global conservation organizations. Global Institute of Sustainable Forestry, Yale School of Forestry and Environmental Studies, New Haven, USA 165 p.
- Hedrick, P. W. 2000. Conservation genetics: where are we now? *Trends in Ecology and Evolution*. 16:629–636.
- Ledig, F. T. 2012. Climate change and conservation. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 8: 57–74.
- Ledig, F. T., B. Bermejo V., P. D. Hodgskiss, D. R. Johnson, C. Flores L. and V. Jacob C. 2000b. The mating system and genetic diversity in Martínez spruce, an extremely rare endemic of México's Sierra Madre Oriental: an example of facultative selfing and survival in interglacial refugia. *Canadian Journal Forest* 30 (9): 1156-1164.
- Ledig, F. T., G. E. Rehfeldt, C. Sáenz-Romero and C. Flores-López. 2010. Projections of suitable habitat for rare species under global warming scenarios. *American Journal of Botany* 97(6): 970-987.
- Ledig, F. T., M. Mápula L., B. Bermejo V., C. Flores L., V. Reyes H., and M. A. Capó A. 2000a. Locations of endangered spruce populations in Mexico and the demography of *Picea chihuahuana*. *Madroño* 47:71-88.
- Ledig, F. T., P. D. Hodgskiss and V. Jacob-Cervantes. 2002. Genetic diversity, mating system, and conservation of a Mexican subalpine relict, *Picea mexicana* Martínez. *Conservation Genetics* 3 (2): 113-122.
- Ledig, F. T., P. D. Hodgskiss, K. U. Krutovskii, D. B. Neale and T. Eguiluz-Piedra. 2004. Relationships among the Spruces (*Picea*, Pinaceae) at Southwestern North America. *Systematic Botany* 29(2): pp. 275-295.
- Mosseler, A., and O.P. Rajora. 1998. Monitoring population viability in declining tree species using indicators of genetic diversity and reproductive success. In *Environmental Forest Science*. Edited by K. Sissa. Kower Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands. pp. 333-344.
- Mosseler, A., J. E. Major, J. D. Simpson, B. Daigle, K. Lange, Y.-S. Park, K.H. Johnsen, y O.P. Rajora. 2000. Indicators of populations viability in red spruce, *Picea rubens*. I. Reproductive traits and fecundity. *Canadian Journal of Botany* 78:928-940.
- Priego, A., H. Morales, A. Fregoso, R. Márquez y H. Cotler. 2003. Diagnóstico biofísico. *In: Diagnóstico bio-físico y socio-económico de la cuenca Lerma-Chapala*. INE, Dirección General de Investigaciones en Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. 13 – 84 pp. [En línea]. 03 de setiembre de 2007. Disponible en: http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/download/dag_lerma_chapala .pdf
- Valdez T., V., R. Foroughbakhch P. y G. Alanís F. 2003. Distribución relictual del bosque mesófilo de montaña en el noreste de México. *Ciencia UANL* 6(3): 360 - 365.