

## Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

### Contenido:

**Demanda 1.** Identificación, evaluación y manejo integrado de plantas parásitas en cuatro regiones de México: Noroeste (Durango), Centro-Occidente (Michoacán y Jalisco), Oriente (Puebla y Veracruz), Centro-Sur (Estado de México y Tlaxcala).

Pág. 01 a 08

**Demanda 2.** Establecimiento y evaluación temprana de ensayos de progenies y ensayos clonales de *Eucalyptus urophylla* en el estado de Tabasco.

Pág. 08 a 14

**Demanda 3.** Selección, rescate clonal e inducción floral de árboles superiores de *Pinus caribaea var. hondurensis*.

Pág. 14 a 19

**Demanda 4.** Establecimiento y evaluación temprana de ensayos de progenies y ensayos clonales de *Gmelina arborea* para plantaciones forestales comerciales del sureste de México.

Pág. 19 a 25

**Demanda 5.** Reforzamiento al Sistema Nacional de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México para el pronóstico de conglomerados y área quemada.

Pág. 25 a 32

**Demanda 6.** Desarrollo de un equipo semiautomático para la extracción eficiente de cera de candelilla orgánica (*Euphorbia antysiphilitica*).

Pág. 32 a 37

---

### Demanda Específica

**Nombre de la demanda 1:** Identificación, evaluación y manejo integrado de plantas parásitas en cuatro regiones de México: Noroeste (Durango), Centro-Occidente (Michoacán y Jalisco), Oriente (Puebla y Veracruz), Centro-Sur (Estado de México y Tlaxcala).

#### Divisiones de investigación forestal IUFRO

División 7 - Salud de los Bosques

Enfermedades del follaje y tallo.

Plantas parásitas en los bosques

#### Antecedentes:

Las plantas parásitas con flores, son plantas que han modificado su raíz, desarrollando órganos especializados llamados haustorios, para lograr la penetración en los tejidos de otras plantas vasculares y obtener de ellas sus nutrimentos, agua y compuestos orgánicos, causando su debilitamiento y susceptibilidad al ataque de otras plagas, o hasta su muerte.

## Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

Las plantas parásitas se presentan en casi todos los ecosistemas naturales, teniendo una gran diversidad de hospederos. Las evidencias de infestación y daño causadas por estas plantas parásitas en los hospederos, se refleja en el crecimiento anormal de las ramas infectadas, formación de escobas de bruja, muerte de plantas jóvenes, deformaciones en ramas y troncos, formación de tumores en las ramas, muerte descendente de puntas y ramas y hasta del árbol completo, pérdida de vigor, reducción del crecimiento en diámetro y altura, reducción de la producción de conos y semillas e incremento de la susceptibilidad a otros agentes patógenos (Rey *et al.*, 1991; Hawksworth, 1961).

Existen cinco géneros importantes de plantas parásitas, divididos en dos grupos: muérdagos enanos (*Arceuthobium*) y muérdagos verdaderos (*Phoradendron*, *Psittacanthus*, *Cladocolea* y *Struthanthus*).

Generalmente la principal opción de manejo ha sido la poda de ramas infectadas, teniendo especial cuidado en remover las ramas con raíces epicorticales. También existen las opciones de selección de árboles individuales a cortar, selección en grupos considerando prioritariamente el derribo de los árboles más infectados, y la de tolerar grados bajos de infección en los estratos residuales y eliminar árboles dominantes infectados (Cibrián *et al.*, 2007).

### Justificación:

Las áreas forestales de México, presentan fuertes afectaciones de plantas parásitas. Durante el periodo de 2013 a 2017 se ha registrado afectación en 187,045 hectáreas, siendo el segundo agente causal de daño, después de los insectos descortezadores (Sistema Nacional de Gestión Forestal-SEMARNAT, 2018). La presencia de plantas parásitas se reporta para casi todo el territorio nacional, abarcando una gran diversidad de ecosistemas y hospederos.

Considerado como uno de los grupos más importantes por la afectación a bosques de coníferas, los muérdagos enanos son los de mayor importancia económica. En México se reportan reducciones en *Pinus hartwegii* de 47% y 22% en altura y diámetro respectivamente (Andrade, 1981; Andrade y Cibrián, 1980). Datos similares son reportados por Reséndiz *et al.*, 2012, que mencionan reducciones de 30 a 40% en altura y 40% en diámetro ocasionados por *Arceuthobium globosum*. Así también, Flores (2008) menciona reducciones de 60% y 17% para los mismos parámetros. Estas reducciones en crecimiento dependen de la intensidad del ataque, aunado a otros factores intrínsecos y extrínsecos como la especie de pino afectado, las condiciones del sitio, la fertilidad del suelo, capacidad de retención de agua, y la competencia con otros muérdagos que están afectando al mismo tiempo el mismo hospedero, así como eventos pasados de sequías, inundaciones o encharcamientos (Geils y Hawksworth, 2002).

Una infección severa de muérdago ocasiona un debilitamiento general del árbol, lo cual lo vuelve menos competitivo y en condiciones limitantes de humedad en épocas de sequía, se produce la mortalidad en rodales sin manejo y con mayor densidad de individuos (Roth, 2001).

La prevención es el método más económico y eficiente de reducir el impacto del muérdago enano. Para prevenir la infestación desde su inicio, todos los árboles infestados deben ser extraídos y quemados en cada área de regeneración, antes de que pueda infestarse un nuevo rodal tomando en consideración un perímetro de seguridad, determinado por la distancia de dispersión de la semilla del muérdago (Rietman *et al.*, 2005). La dispersión de los muérdagos desde los rodales infestados es un problema para las áreas contiguas de regeneración, por lo cual se debe procurar que las áreas de regeneración queden junto a áreas libres, cercanas a

### Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

rodales con especies no hospederas o a lo largo de barreras naturales y los árboles que tienden a infestarse deberán ser extraídos durante las cortas intermedias (Vázquez *et al.*, 1996).

En este sentido, se considera de suma importancia conocer el estado fitosanitario de los bosques respecto a la presencia y afectaciones por plantas parásitas; la distribución actual y niveles de infestación permitirá realizar ensayos y establecer estrategias de manejo silvícolas necesarias para reducir las infestaciones hacia niveles aceptables. La distribución potencial de plantas parásitas en todo el territorio nacional, permitirá orientar las actividades de monitoreo y prevención para reducir las afectaciones por este agente causal de daño. El conocimiento de los principales y efectivos agentes patogénicos del muérdago, así como la ubicación de hospederos con posible resistencia genética, serán opciones que permitirán un manejo integrado de plantas parásitas.

#### Objetivo general:

Desarrollar estrategias de manejo integrado de plantas parásitas en cuatro regiones geográficas de México.

#### Objetivos específicos:

1. Conocer la distribución espacial actual y niveles de infestación de bosques con presencia de plantas parásitas en cuatro regiones de México y determinar la distribución potencial de las especies de muérdago estudiadas a nivel nacional.
2. Evaluar tres hongos asociados al control biológico de muérdagos enanos (*Pestalotiopsis* spp., *Colletotrichum* spp., *Neonectria* spp.).
3. Plantear estrategias de manejo integrado de plantas parásitas con base en el diagnóstico y evaluación de bosques de clima templado.
4. Identificar individuos con posible resistencia genética a plantas parásitas como potenciales bancos de germoplasma.
5. Plantear una propuesta de NOM para el manejo de bosques infestados con plantas parásitas.
6. Desarrollar talleres de capacitación sobre identificación y manejo de plantas parásitas (uno por región de estudio), dirigido a: actores locales, prestadores de servicios forestales y personal de CONAFOR.

#### Productos esperados:

Producto 1	Subproductos que conforman la demanda
Atlas geográfico de plantas parásitas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Un atlas geográfico de plantas parásitas, que contenga como mínimo los siguientes temas y mapas temáticos:                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Distribución espacial actual de plantas parásitas registradas en las cuatro regiones de estudio.</li> <li>b) Niveles de infestación de bosques con presencia de plantas parásitas en las regiones bajo estudio.</li> <li>c) Individuos con posible resistencia genética al ataque de plantas parásitas, en las cuatro regiones de estudio.</li> <li>d) Distribución potencial a nivel nacional de plantas parásitas registradas en el estudio.</li> </ol> </li> </ol>

**Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2**

	<p>Cada uno con su respectivo contenido que incluya introducción, objetivos, metodología, resultados, conclusiones y bibliografía. Se deberán entregar ejemplares impresos y su correspondiente archivo digital editable.</p> <p>2. Base de datos de especies de muérdagos y niveles de infestación por zona de estudio. Una base de datos concentrada en formato Excel que contenga como mínimo de cada sitio de registro de plantas parásitas: Las especies de muérdago, las especies de hospederos, su ubicación geográfica, nivel de infestación, altitud y condiciones ecológicas en las que se encontraron.</p> <p>3. Geodatabase de productos generados. Se deberá entregar una geodatabase que integre los mapas finales en formato .mxd, los archivos raster y vectoriales de los resultados y los utilizados como insumo o variables, las bases de datos en formato .xls y demás información utilizada y generada durante el proyecto.</p>
<p><b>Producto 2</b></p>	<p><b>Subproductos que conforman la demanda</b></p>
<p>Documento técnico de efectividad biológica de hongos asociados a muérdagos</p>	<p>1. Un documento técnico: Que contenga la descripción de la efectividad biológica en laboratorio y en campo de los tres hongos aislados (<i>Pestalotiopsis</i> spp., <i>Colletotrichum</i> spp., <i>Neonectria</i> spp.) y su propuesta de producción masiva, conservación y aplicación para lograr su mayor efectividad en campo. Se deberá entregar 1 ejemplar impreso y su correspondiente digital, que incluya como mínimo los siguientes apartados: Introducción, antecedentes, objetivos, metodologías, resultados y discusión, conclusiones, bibliografía.</p> <p>2. Entregar copia sellada de recibido, de la solicitud de registro de protección ante el IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial) de las cepas con mayor efectividad biológica para el control de muérdago.</p> <p>La titularidad de protección ante el IMPI deberá ser compartida con la Comisión Nacional Forestal, en un porcentaje posteriormente definido.</p>
<p><b>Producto 3</b></p>	<p><b>Subproductos que conforman la demanda</b></p>
<p>Folleto técnico de estrategias de manejo y control de plantas parásitas</p>	<p>1. Folleto técnico: Que contenga las estrategias de manejo y control de muérdago, aplicadas y evaluadas, a través del establecimiento y monitoreo de parcelas permanentes. Se deberán entregar ejemplares impresos y un ejemplar digital editable.</p> <p>2. Guía básica de campo para la identificación taxonómica de muérdagos. Documento que permita de manera ilustrativa y práctica, la identificación taxonómica de plantas parásitas en cada región de estudio. Se deberán entregar ejemplares impresos y un ejemplar digital editable.</p>
<p><b>Producto 4</b></p>	<p><b>Subproductos que conforman la demanda</b></p>

**Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2**

<p>Base de datos de individuos con posible resistencia genética a plantas parásitas</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Base de datos de individuos con posible resistencia genética a plantas parásitas. Una base de datos concentrada, por región de estudio, en formato Excel que contenga como mínimo de cada sitio de colecta de accesiones de germoplasma: La especie de procedencia del germoplasma, la cantidad colectada y clave de la respectiva accesión, periodo de colecta, su ubicación geográfica, altitud y condiciones dasonómicas y ecológicas en las que se encontraron, las especies de plantas parásitas asociadas.</li> <li>2. Accesiones de germoplasma para ingresar a la colección nacional de recursos genéticos forestales dentro del CNRG (Centro Nacional de Recursos Genéticos). Se deberán considerar los protocolos establecidos por la CONAFOR para el ingreso de estas accesiones al CNRG.</li> </ol>
<p><b>Producto 5</b></p>	<p><b>Subproductos que conforman la demanda</b></p>
<p>Propuesta de NOM para el manejo de bosques infestados con plantas parásitas</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Un documento de propuesta de NOM, que contenga la información y sustento necesario para el manejo de bosques infestados con plantas parásitas. Se deberá entregar un ejemplar impreso y en formato digital Word.</li> </ol>
<p><b>Producto 6</b></p>	<p><b>Subproductos que conforman la demanda</b></p>
<p>Talleres de capacitación para transferencia de resultados</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cuatro talleres de capacitación sobre identificación y manejo de plantas parásitas, uno por cada región de estudio. Dirigido a actores locales, prestadores de servicios forestales y personal de CONAFOR, con un cupo máximo de 30 personas. Se deberá entregar una memoria documental impresa y digital por cada taller impartido, que contenga como mínimo: Contenido temático del taller, listas de asistencia, material fotográfico y material de apoyo utilizado (presentaciones, manuales, etc.).</li> </ol>

**Consideraciones:**

Todos los productos a entregar impresos a color y digitales (atlas, folletos, guías) deberán ser editados respetando las Normas Editoriales de la Comisión Nacional Forestal, dando el reconocimiento al Fondo Sectorial, con imágenes de mínimo 2 MB (la forma alterna de la entrega se propone sea mediante un link para carpeta compartida).

Para conocer la distribución espacial y los niveles de infestación se instalará un conjunto de sitios temporales de muestreo y se recolectará material biológico, para la identificación de las especies de muérdago. El análisis espacial de los datos colectados en campo permitirá la generación de mapas temáticos.

La colecta del material biológico afectado por fitopatógenos en los sitios de estudio así como las pruebas de patogenicidad en laboratorio y campo permitirán determinar las cepas más agresivas para el uso de control biológico en muérdagos.

### **Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2**

Las estrategias de manejo integrado de plantas parásitas estarán sujetas al establecimiento de parcelas permanentes de monitoreo, donde se aplicarán tratamientos silviculturales orientados al control del muérdago.

La revisión de los sitios con niveles altos de infestación permitirá identificar individuos con posible resistencia a plantas parásitas.

El análisis de la información generada permitirá plantear un documento como propuesta de NOM para el manejo de bosques infectados por plantas parásitas.

La realización de talleres de capacitación permitirá difundir los resultados del proyecto y capacitar a los actores locales, investigadores y profesionales forestales en la identificación y manejo integrado de plantas parásitas.

#### **Lugar de aplicación del proyecto:**

En este estudio se priorizan las siguientes regiones de México: Noroeste (Durango), Centro-Occidente (Michoacán y Jalisco), Oriente (Puebla y Veracruz), Centro-Sur (Estado de México y Tlaxcala).

#### **Usuarios de los productos:**

Las Gerencias de: Sanidad, de Fomento a la Producción Forestal Sustentable y de Servicios Ambientales del Bosque de la CONAFOR.

Las organizaciones sociales, gobiernos municipales o estatales, profesionales forestales, dueños y poseedores de terrenos forestales que realizan actividades de saneamiento forestal serán los beneficiarios directos de los productos que se generarán con esta línea de investigación, pues les servirá para implementar las acciones de manejo integrado para plantas parásitas.

Algunas dependencias de Gobierno Federal tales como, SAGARPA, INECC, CONABIO, CONANP también serán usuarias de los resultados de esta demanda; las Delegaciones de la SEMARNAT y las Dependencias de Medio Ambiente Estatales y de los Municipios. Además, instituciones de investigación, miembros de la comunidad científica y técnica a nivel nacional.

**Tiempo de ejecución:** 24 meses.

**Monto de apoyo aproximado de hasta:** \$ 6.0 millones de pesos

#### **Datos de contacto:**

M.C. Abel Plascencia González.  
Gerente de Sanidad, CONAFOR.  
Tel. 01 3337777000 Ext. 2900  
Correo: [abel.plascencia@conafor.gob.mx](mailto:abel.plascencia@conafor.gob.mx)

Ing. Alejandro De Felipe Teodoro  
Subgerente de Diagnóstico  
Gerencia de Sanidad, CONAFOR.  
Tel. 01 3337777000 Ext. 2905  
Correo: [alejandro.defelipe@conafor.gob.mx](mailto:alejandro.defelipe@conafor.gob.mx)

### Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

M.C. Honoria Chávez González.  
Apoyo técnico en geomática.  
Gerencia de Sanidad, CONAFOR.  
Tel. 01 3337777000 Ext. 2912  
Correo: [sanidad.siq@conafor.gob.mx](mailto:sanidad.siq@conafor.gob.mx)

#### Referencias Bibliográficas:

- Andrade, E. V. 1981. Evaluación de efectos del muérdago enano (*Arceuthobium globosum* Hawk y Wiens, y *A. vaginatum* Willd) en rodales de *Pinus hartwegii* Lind. Tesis de licenciatura. Chapingo, México. 88 p.
- Andrade, E. V. y Cibrián, T. D. 1980. Evaluación de poblaciones de muérdago enano (*Arceuthobium globosum* Hawks y Wiens y *A. vaginatum* Willd) en bosques de *Pinus hartwegii* Lindl en Zoquiapan, Estado de México. Memoria. Primer Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal. Uruapan, Michoacán, México. 238 p.
- Cibrián, T.D., D. Alvarado R. y S.E. García D. (Eds.). 2007. Enfermedades Forestales en México/ Forest Diseases in México. Universidad Autónoma Chapingo; CONAFOR-SEMARNAT, México; Forest Service USDA, EUA; NRCAN Forest Service, Canadá y Comisión Forestal de América del Norte, COFAN, FAO. Chapingo, México. 587 p.
- Flores, V. M. Y. 2008. Evaluación del efecto que causa el muérdago enano (*Arceuthobium vaginatum* subsp. *vaginatum*) en el crecimiento de *Pinus cooperi* en Pueblo Nuevo, Durango. Tesis de Maestría. CIIDIR-Durango. IPN. 145 p.
- Geils, B. W., F. G Hawksworth. 2002. Damage, effects and Importance of dwarf mistletoe. Geils, B. W., J. Cibrián, T., B. Moody (eds.). Mistletoe of North American Conifers. U S Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station pp 57-65. Geils, B. W., J. Cibrián, T., B. Moody. 2002. Mistletoe of North American Conifers. US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station 123p.
- Hawksworth, F. G. 1961. Dwarf mistletoe of ponderosa pine in the Southwest. Tech Bull 1246. USDA, Washington DC. 112 p.
- Reséndiz, M. J. F., Pérez, S. M., Olvera, C. L. P., Arriola, P. N. J., Cortez, H. M. A. 2012. Hongos asociados a muérdago enano (*Arceuthobium globosum* Hawksw & Wiens) en el parque nacional Nevado de Toluca. In: Resúmenes de la VII Reunión Nacional de Innovación Forestal. Compiladores R.E. Madrid, A. y J.A. Prieto R. Querétaro, México. P 104.
- Rey, L., A. Sadik, A. Fer, S. Renaudin.1991. Trophic relations of the dwarf mistletoe *Arceuthobium oxycedri* with its host *Juniperus oxycedrus*. Jour. Plant Physiology 138: 411-416.
- Rietman, L. M., S. F. Shamoun and B. J. Vander Kamp. 2005. Assessment of *Neonectria neomacrospora* (anamorph *Cylindrocarpon cylindroides*) as an inundative biocontrol agent against hemlock dwarf mistletoe. Can. J. Plant. Pathol. 27: 603-609.
- Roth, L. F. 2001. Dwarf mistletoe-induced mortality in Northwest Ponderosa Pine growing stock. Western Jour. Applied Forestry 16(3):136-141.

## Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

Vázquez, C. I. y Cibrián, T. J. 1996. Guía para evaluar rodales infestados por muérdago enano (*Arceuthobium* spp.). SAGAR. INIFAP. Agenda técnica no. 1.ga-Cabrera, L., 2009. Regiones prioritarias y planeación para la conservación de la biodiversidad. En: CONABIO. 2009. Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. pp. 433-457.

### Demanda específica

**Nombre de la demanda 2:** Establecimiento y evaluación temprana de ensayos de progenies y ensayos clonales de *Eucalyptus urophylla* en el estado de Tabasco.

#### Divisiones de investigación forestal IUFRO

División 1.- Silvicultura

Ecología y silvicultura de plantaciones forestales tropicales.

División 2.- Fisiología y Genética

Plantaciones y recursos genéticos de coníferas

#### Antecedentes

El mejoramiento genético es una herramienta tecnológica esencial para el desarrollo sustentable de las plantaciones forestales comerciales, ya que junto con otras disciplinas de la silvicultura, permite aumentar su productividad y calidad, de tal forma que se asegure el cumplimiento de las metas de producción en cantidad y calidad de los productos derivados de ellas. Además, permite reducir el turno de cosecha y aumentar la homogeneidad de la materia prima, reduciendo los costos de transporte y procesamiento industrial. Las diversas experiencias de los programas de mejora genética que se han desarrollado en otros países tropicales, muestran que es posible obtener ganancias genéticas entre 25 y 30 por ciento en la productividad y calidad de la madera en el primer ciclo de mejora si se utiliza material clonal (Ferreira, 1992; Jayaraj et al., 1996; Leksono et al., 2008; Wee et al., 2012; Mondi Forests, 1999). Estas ganancias genéticas pueden convertirse en ganancias económicas mayores si se considera el efecto adicional de la mejora en la calidad y homogeneidad de los árboles al momento de la cosecha.

Un programa de mejora genética con un esquema de evaluación de campo bien estructurado permite, además, mejorar el estado de salud de las plantaciones en su interacción con agentes bióticos y abióticos, así como aumentar la adaptabilidad de los árboles a las condiciones ambientales de los sitios de plantación. Este es un aspecto fundamental en el contexto de la región del sureste de México, ya que ofrece la oportunidad para ampliar la superficie disponible de plantación hacia terrenos que actualmente se consideran marginales para el crecimiento de estas especies con criterios de rentabilidad económica. Por otro lado, la identificación y propagación de genotipos con mayor capacidad de adaptación y plasticidad fenotípica ante diferentes condiciones ambientales, es crucial para asegurar la producción sostenida de las plantaciones comerciales en el entorno de cambio climático que se pronostica en el mediano plazo para esta región del planeta.

Las experiencias generadas en otros países, muestran claramente que los beneficios económicos derivados de un programa de mejora genética en especies forestales, asegura la rentabilidad de la inversión inicial. Sin embargo, un programa de mejora genética forestal coordinado a nivel regional e integrado directamente con las actividades operativas de



### Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

plantaciones comerciales en el sureste del país es todavía más eficiente, ya que por economía de escala permite reducir sus costos. Un programa de esta naturaleza permitiría, además, obtener mayores ganancias genéticas al ampliar la intensidad de selección y los ambientes de evaluación mediante la integración de los materiales seleccionados por diferentes instancias en sus esfuerzos individuales. La integración y coordinación de las actividades de mejora genética que actualmente se realizan en la región hacia un objetivo común, aumentaría el impacto a corto plazo de la calidad del germoplasma en las plantaciones, asegurando la continuidad y visión de largo plazo del programa.

El avance del programa de mejora genética de cualquier especie, depende en gran medida de la rapidez con la que se establezcan ensayos de evaluación genética para validar el valor genético y genotípico de árboles superiores seleccionados en el campo. Los ensayos de progenies de árboles seleccionados, establecidos en condiciones de clima y suelo diversos, permiten obtener valores genéticos (reproductivos) de los árboles seleccionados, así como recrear la variabilidad genética al mezclar genes de los genotipos superiores seleccionados. Por su parte, los ensayos clonales permiten evaluar de manera directa el valor genotípico de los árboles superiores seleccionados en campo, para su uso como material vegetativo en el establecimiento de plantaciones forestales clonales en el corto plazo. El establecimiento de ambos ensayos de forma paralela para la evaluación genética de los árboles seleccionados fenotípicamente en las plantaciones y ensayos ya existentes, permitiría seleccionar los individuos de mejor desempeño para iniciar un nuevo ciclo de evaluación genética y validar clones de segunda generación que se propagarían con mayor intensidad para obtener plantaciones comerciales más productivas y con mayor calidad de madera.

Uno de los principales problemas en la perspectiva a largo plazo en un programa de mejora genética de especies forestales, es salvaguardar los recursos genéticos de valor actual o futuro para el desarrollo del programa. Por esta razón, se considera prioritario iniciar desde los primeros años del programa, el establecimiento de un banco o reserva clonal en el que se incorporen todos los árboles superiores seleccionados en las plantaciones, ensayos de procedencias y ensayos de progenies disponibles para el programa.

Esta reserva genética no solo es útil para conservar los materiales de mayor calidad, sino que también ofrece la oportunidad de mantener una población base con suficiente diversidad genética para los siguientes ciclos de mejora y permite la flexibilidad requerida en caso de que sea necesario modificar los criterios de selección o incorporar nuevas características de interés para las plantaciones (White *et al.*, 2007). El banco clonal también es útil al programa operativo de mejora genética para realizar cruzamientos (cruzas controladas) entre los diferentes clones, que permitan generar nuevas combinaciones de características deseadas dentro de una misma especie o entre especies relacionadas para el desarrollo de híbridos inter-específicos.

En las últimas décadas se han iniciado proyectos importantes de plantaciones forestales comerciales en el sureste de México, especialmente en la región que incluye los estados de Tabasco, Campeche, Chiapas, Veracruz y Oaxaca. Estos proyectos de plantaciones se han orientado a la obtención de múltiples productos maderables y no maderables y a la fecha han evolucionado en programas a largo plazo de empresas forestales establecidas en la región. Entre las principales especies incluidas en estos programas se incluye a *Eucalyptus urophylla* (y el híbrido *urograndis*). Para asegurar un mayor crecimiento y productividad de los árboles, se ha considerado necesario combinar las actividades culturales asociadas al manejo silvícola de la plantación con actividades permanentes de mejora genética.

## Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

En un diagnóstico realizado recientemente en las plantaciones de la región mencionada, se encontró que a la fecha se han realizado diversas actividades de mejoramiento genético en esta especie con diferente grado de éxito y diferentes perspectivas de permanencia a largo plazo, por lo que existen amplias oportunidades de mejora genética a corto plazo (CONAFOR, 2017a). En la región hay aproximadamente 20 mil hectáreas de plantaciones forestales comerciales de esta especie, de las cuales 13 mil hectáreas se encuentran en el estado de Tabasco, con edad e información suficiente para implementar una estrategia integrada de mejora genética a nivel regional, que permita reducir los costos de las actividades de mejora y aumente el potencial de respuesta genética y los beneficios económicos derivados del uso de germoplasma mejorado en toda la región de interés. Un programa de mejora genética bien estructurado e implementado a nivel regional es esencial para el desarrollo sostenible de las plantaciones forestales comerciales a largo plazo. El programa de mejora genética permite aumentar la productividad y calidad de los diversos productos esperados, así como reducir el turno de cosecha y aumentar la homogeneidad de la materia prima, reduciendo los costos de procesamiento industrial.

### Justificación

En la región de interés, la cual es la más dinámica en cuanto al establecimiento de plantaciones forestales comerciales del país, únicamente algunos programas de plantaciones realizan actualmente actividades sistemáticas de mejoramiento genético, más allá del control del origen del germoplasma utilizado para establecer las plantaciones; en muchos casos, incluso, se desconoce de manera precisa el origen nativo y la calidad del germoplasma empleado.

Un diagnóstico realizado recientemente en las plantaciones forestales comerciales de la región, reveló que existe un uso limitado de germoplasma mejorado. A continuación se describe la situación del germoplasma utilizado en las plantaciones comerciales de *Eucalyptus urophylla*:

Las plantaciones de la especie en la región se iniciaron con el uso de semilla adquirida de Brasil (Aracruz Forestal) y otros países con diferentes grados de mejoramiento, aunque no se tiene el dato del origen natural. En la zona que va de Las Choapas en el sur del estado de Veracruz al municipio de Huimanguillo en el estado de Tabasco, las primeras plantaciones también se realizaron con semilla hasta el año 2012 y a partir del 2013, se están utilizando esquejes enraizados de árboles seleccionados de las plantaciones locales. En la zona de Tenosique – Balancán, no se ha establecido ningún ensayo de procedencias, pero se cuenta con áreas semilleras derivadas de la selección de árboles de buena calidad al momento de la cosecha y de algunos ensayos de progenie. También existe un ensayo clonal con árboles seleccionados en las plantaciones de la región. En la zona de Huimanguillo-Las Choapas, se tienen establecidos seis ensayos de procedencias, tres de ellos con una edad avanzada (siete años), dos de seis años y uno de dos años de edad. En la zona de Tuxtepec – Palomares, Oaxaca, se tienen dos ensayos de progenie (uno de *E. urophylla* y otro de *E. grandis*) con material seleccionado de plantaciones operativas de las empresas. Algunas empresas cuentan con protocolos de clonación de la especie por enraizado de estacas y han establecido jardines clonales para la propagación masiva de material mejorado en las plantaciones operativas. No existe un programa de cruces controladas entre los materiales seleccionados en los ensayos de *E. urophylla*, aunque se explora con la posibilidad de producir híbridos de *E. urophylla* con *E. pellita* y también existe la posibilidad de usar *E. grandis* para producir el híbrido *E. urograndis*.

En la región de interés se han realizado introducciones importantes de germoplasma de las especies de rápido crecimiento y algunas empresas privadas en la región han iniciado

## Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

algunas actividades de mejoramiento genético con ellas, aunque con diferente grado de avance y éxito en función de la magnitud y continuidad de los esfuerzos realizados. A pesar de que en algunos casos no se conoce de manera precisa el origen nativo (procedencia geográfica) y la calidad del germoplasma empleado en las plantaciones ya establecidas, es evidente que en la región en su conjunto, no se ha aprovechado de manera efectiva todo el potencial genético de este germoplasma, por lo que existen amplias oportunidades de mejora genética a corto plazo. En la región existe una superficie cercana a 20 mil hectáreas de plantaciones forestales comerciales establecidas de *Eucalyptus urophylla*, de las cuales al menos 13,000 hectáreas se localizan en Tabasco, con edad e información suficiente para desarrollar una estrategia de mejoramiento genético que considere actividades sistemáticas de selección, evaluación, propagación y cruzamiento de los materiales sobresalientes, con una visión regional, de largo plazo e integrada a las actividades operativas de plantaciones comerciales que llevan a cabo empresas y plantadores independientes (CONAFOR, 2017b).

Con la finalidad de fortalecer los esfuerzos de mejora genética que se han iniciado para *Eucalyptus urophylla* en la región, particularmente en el estado de Tabasco, se plantea la presente demanda de investigación que sentará las bases para ampliar las actividades de mejora genética que actualmente se realizan en la región, incrementando el impacto a corto plazo de la calidad del germoplasma y la productividad de las plantaciones.

### Objetivo general

Fortalecer las iniciativas de mejora genética de *Eucalyptus urophylla* en el sureste de México para incrementar la calidad genética del germoplasma utilizado en plantaciones forestales comerciales.

### Objetivos específicos

1. Establecer y evaluar ensayos de progenies y ensayos clonales de individuos seleccionados de *Eucalyptus urophylla*.
2. Establecer un banco clonal de genotipos seleccionados de *Eucalyptus urophylla* para su conservación *ex situ* y utilización en apoyo programas operativos de mejora genética.
3. Desarrollar investigación orientada a generar bases para la continuidad del programa operativo de mejora genética de *Eucalyptus urophylla*.

### Productos esperados

Producto 1	Subproductos que conforman la demanda
Documento del proceso de selección de árboles superiores para los ensayos de progenies.	Descripción del proceso utilizado para la selección de los árboles superiores para los ensayos de progenies, incluyendo una ficha técnica para cada uno.
Producto 2	Subproductos que conforman la demanda
Documento del proceso de selección de árboles superiores para los ensayos clonales.	Descripción del proceso utilizado para la selección de los genotipos superiores para los ensayos clonales, cuando estos sean diferentes a los árboles seleccionados para los ensayos de progenies, incluyendo una ficha técnica para cada uno.
Producto 3	Subproductos que conforman la demanda

**Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2**

Establecimiento en campo de ensayos de progenies y ensayos clonales.	Establecimiento en campo de los siguientes ensayos en la región de interés:		
	<b>Especie</b>	<b>Número de ensayos de progenies</b>	<b>Número de ensayos clonales</b>
	<i>Eucalyptus urophylla</i> *	4 ensayos, con la progenie de al menos 40 árboles seleccionados cada uno.	4 ensayos, con al menos 40 genotipos* cada uno.
<b>Producto 4</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>		
Documento con la descripción de diseños experimentales	Descripción del diseño experimental de cada ensayo de progenie. Descripción del diseño experimental de cada ensayo clonal.		
<b>Producto 5</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>		
Mapa de ubicación de los ensayos establecidos.	Mapa y shape file de ubicación geográfica del polígono de cada ensayo, de progenies y clonal, establecido.		
<b>Producto 6</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>		
Bitácora de seguimiento.	Bitácora de seguimiento del crecimiento y supervivencia de las familias (progenies) y clones incluidos en cada ensayo, con el porcentaje de mortandad por cada factor identificable.		
<b>Producto 7</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>		
Programa de mantenimiento de los ensayos.	Documento con los programas de mantenimiento de cada ensayo, de progenies y clonal, establecido.		
<b>Producto 8</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>		
Documento de resultados de evaluación temprana.	Documento con los resultados de la evaluación temprana del crecimiento y de características de interés, de las progenies y los clones de las especies de interés.		
<b>Producto 9</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>		
Anexo técnico y fotográfico	Anexo técnico y fotográfico mínimo 4MB por imagen del proceso de establecimiento de cada ensayo de progenie y clonal (la forma alterna de la entrega se propone sea mediante un link para carpeta compartida).		
<b>Producto 10</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>		
Establecimiento en campo de un banco clonal.	Establecimiento de un banco clonal de los al menos 40 genotipos de <i>Eucalyptus urophylla</i> seleccionados.		
<b>Producto 11</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>		
Documento del proceso de selección de genotipos adicionales para el banco clonal.	Descripción del proceso utilizado para la selección de los genotipos superiores que se establezcan en el banco clonal, cuando sean diferentes a los utilizados en los ensayos de progenie y clonales.		
<b>Producto 12</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>		
Estudio de diversidad genética del banco clonal.	Estudio de diversidad genética de al menos los mejores 20 genotipos establecidos en el banco clonal.		
<b>Producto 13</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>		
Documento con la descripción de la fenología de <i>Eucalyptus urophylla</i> .	Descripción de la fenología reproductiva (etapas) de <i>Eucalyptus urophylla</i> .		

**Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2**

<b>Producto 14</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Protocolo de manejo de polen y de polinización controlada de <i>Eucalyptus urophylla</i> .	Desarrollo y descripción de protocolos para el manejo de polen y la polinización controlada de <i>Eucalyptus urophylla</i> .
<b>Producto 15</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Documento de caracteres de interés de clones de <i>Eucalyptus urophylla</i> .	Caracterización física y tecnológica de la madera de clones candidatos de <i>Eucalyptus urophylla</i> , incluyendo las siguientes características: color, densidad básica, duramen, propensión al rajado y rectitud de hilo.
<b>Producto 16</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Realizar Foros de Transferencia de Tecnología.	Realizar al menos 1 Foro de Transferencia de Tecnología de los resultados en la región de estudio.

**Consideraciones**

El material genético que se utilice para establecer los ensayos de evaluación, deberá estar libre de restricciones para uso, ya que el material genético seleccionado resultado de los ensayos, debe ser susceptible de transferirse a terceros en las plantaciones forestales comerciales del país, mediante su comercialización.

Los ensayos de evaluación se deben establecer en diferentes condiciones climáticas, de acuerdo con las potencialidades de la especie y tomando en cuenta las posibilidades de expansión de las plantaciones forestales comerciales de esta especie.

Los ensayos se podrán establecer en terrenos de propiedad de los proponentes. Al finalizar el proyecto, los ensayos serán propiedad de los dueños de los terrenos y su mantenimiento, protección y seguimiento quedará a cargo de los mismos.

La CONAFOR podrá acceder a los individuos que resulten seleccionados y a los productos que se generen, con fines de replicar los ensayos en otras regiones, de común acuerdo entre las partes.

**Lugar de aplicación del proyecto:**

Terrenos aptos para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales del estado de Tabasco y regiones aledañas.

**Usuarios de los productos:**

Plantadores forestales comerciales operativos, Titulares de autorizaciones o registros para establecer plantaciones forestales comerciales, Propietarios y poseedores de terrenos preferentemente o temporalmente forestales que busquen establecer plantaciones forestales comerciales, Productores de planta forestal y Gobiernos de los tres niveles.

**Tiempo de ejecución:** 60 meses

**Monto de apoyo aproximado de hasta:** \$ 4.85 millones de pesos

**Datos de contacto:**

Ing. Hugo Medrano Farfán  
Gerente de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales, CONAFOR  
Tel. 01 3337777000 Ext. 2200  
Correo: [hugo.medrano@conafor.gob.mx](mailto:hugo.medrano@conafor.gob.mx)

## Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

M. en C. Diego Montiel Oscura  
Subgerente de asignación y operación de apoyos, CONAFOR  
Tel. 01 3337777000 Ext. 2211  
Correo: [dmontiel@conafor.gob.mx](mailto:dmontiel@conafor.gob.mx)

### Referencias bibliográficas:

CONAFOR, 2017a (en línea). Situación actual del germoplasma utilizado en los programas de plantaciones forestales comerciales en el sureste de México. Zapopan, Jalisco, México. 125 p. <<https://www.gob.mx/conafor/documentos/plantaciones-forestales-comerciales-27940>>

CONAFOR, 2017b (en línea). Propuesta de mejora genética en apoyo a los programas de plantaciones forestales comerciales en el sureste de México. Zapopan, Jalisco, México. 94 p. <<https://www.gob.mx/conafor/documentos/plantaciones-forestales-comerciales-27940>>

Ferreira, M. 1992. "Melhoramento e Silvicultura intensiva clonal". IPEF. Vol. 45. pp. 22 – 30.

Jayaraj, R. S. C., C. S. Kannan, R. Hedge, K. G. Ajith-Kumar, K. S. Venkataramanan, and K. Gurumurthi. 1996. A comprehensive method of assessing Eucalyptus clonal trials. Conferência IUFRO sobre Silvicultura e Melhoramento de Eucaliptos. Agosto 24-29. Salvador, Brasil. pp: 35-42.

Leksono, B., S. Kurinobu, and Y. Ide. 2008. Realized genetic gains observed in second generation seedling seed orchards of *Eucalyptus pellita* in Indonesia. Journal of Forest Research 13:110-116.

Mondi Forests.1999. Mondi Forest Tree Improvement Research (1968-1998) 30 Years in Perspective. Mondi Forest a division of Mindi Ltd. 64 p.

Wee, A. K. S., C. H. Li, W. S. Dvorak, and Y. Hong. 2012. Genetic diversity in natural populations of *Gmelina arborea*: implications for breeding and conservation. New Forests 43: 411–428.

White, T. L., T. W. Adams and D. B. Neale. 2007. Forest Genetics. CAB International, Oxford. 682 p.

---

**Nombre de la demanda 3:** Selección, rescate clonal e inducción floral de árboles superiores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

### Divisiones de investigación forestal IUFRO

División 1.- Silvicultura

Ecología y silvicultura de plantaciones forestales tropicales.

División 2.- Fisiología y Genética

Plantaciones y recursos genéticos de coníferas

### Antecedentes

## Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

El mejoramiento genético es una herramienta tecnológica esencial para el desarrollo sustentable de las plantaciones forestales comerciales, ya que junto con otras disciplinas de la silvicultura, permite aumentar su productividad y calidad, de tal forma que se asegure el cumplimiento de las metas de producción en cantidad y calidad de los productos derivados de ellas. Además, permite reducir el turno de cosecha y aumentar la homogeneidad de la materia prima, reduciendo los costos de transporte y procesamiento industrial. Las diversas experiencias de los programas de mejora genética que se han desarrollado en otros países tropicales, muestran que es posible obtener ganancias genéticas entre 25 y 30 por ciento en la productividad y calidad de la madera en el primer ciclo de mejora si se utiliza material clonal (Ferreira, 1992; Jayaraj et al., 1996; Leksono et al., 2008; Wee et al., 2012; Mondi Forests, 1999). Estas ganancias genéticas pueden convertirse en ganancias económicas mayores si se considera el efecto adicional de la mejora en la calidad y homogeneidad de los árboles al momento de la cosecha.

Un programa de mejora genética con un esquema de evaluación de campo bien estructurado permite, además, mejorar el estado de salud de las plantaciones en su interacción con agentes bióticos y abióticos, así como aumentar la adaptabilidad de los árboles a las condiciones ambientales de los sitios de plantación. Este es un aspecto fundamental en el contexto de la región del sureste de México, ya que ofrece la oportunidad para ampliar la superficie disponible de plantación hacia terrenos que actualmente se consideran marginales para el crecimiento de estas especies con criterios de rentabilidad económica. Por otro lado, la identificación y propagación de genotipos con mayor capacidad de adaptación y plasticidad fenotípica ante diferentes condiciones ambientales, es crucial para asegurar la producción sostenida de las plantaciones comerciales en el entorno de cambio climático que se pronostica en el mediano plazo para esta región del planeta.

Las experiencias generadas en otros países, muestran claramente que los beneficios económicos derivados de un programa de mejora genética en especies forestales, asegura la rentabilidad de la inversión inicial. Sin embargo, un programa de mejora genética forestal coordinado a nivel regional e integrado directamente con las actividades operativas de plantaciones comerciales en el sureste del país es todavía más eficiente, ya que por economía de escala permite reducir sus costos. Un programa de esta naturaleza permitiría, además, obtener mayores ganancias genéticas al ampliar la intensidad de selección y los ambientes de evaluación mediante la integración de los materiales seleccionados por diferentes instancias en sus esfuerzos individuales. La integración y coordinación de las actividades de mejora genética que actualmente se realizan en la región hacia un objetivo común, aumentaría el impacto a corto plazo de la calidad del germoplasma en las plantaciones, asegurando la continuidad y visión de largo plazo del programa.

El avance del programa de mejora genética de cualquier especie, depende en gran medida de la rapidez con la que se establezcan ensayos de evaluación genética para validar el valor genético y genotípico de árboles superiores seleccionados en el campo. Los ensayos de progenies de árboles seleccionados, establecidos en condiciones de clima y suelo diversos, permiten obtener valores genéticos (reproductivos) de los árboles seleccionados, así como recrear la variabilidad genética al mezclar genes de los genotipos superiores seleccionados. Por su parte, los ensayos clonales permiten evaluar de manera directa el valor genotípico de los árboles superiores seleccionados en campo, para su uso como material vegetativo en el establecimiento de plantaciones forestales clonales en el corto plazo. El establecimiento de ambos ensayos de forma paralela para la evaluación genética de los árboles seleccionados fenotípicamente en las plantaciones y ensayos ya existentes, permitiría seleccionar los individuos de mejor desempeño para iniciar un nuevo ciclo de evaluación genética y validar

## Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

clones de segunda generación que se propagarían con mayor intensidad para obtener plantaciones comerciales más productivas y con mayor calidad de madera.

Uno de los principales problemas en la perspectiva a largo plazo en un programa de mejora genética de especies forestales, es salvaguardar los recursos genéticos de valor actual o futuro para el desarrollo del programa. Por esta razón se considera prioritario iniciar desde los primeros años del programa, el establecimiento de un banco o reserva clonal en el que se incorporen todos los árboles superiores seleccionados en las plantaciones, ensayos de procedencias y ensayos de progenies disponibles para el programa.

Esta reserva genética no solo es útil para conservar los materiales de mayor calidad, sino que también ofrece la oportunidad de mantener una población base con suficiente diversidad genética para los siguientes ciclos de mejora y permite la flexibilidad requerida en caso de que sea necesario modificar los criterios de selección o incorporar nuevas características de interés para las plantaciones (White *et al.*, 2007). El banco clonal también es útil al programa operativo de mejora genética para realizar cruzamientos (cruzas controladas) entre los diferentes clones, que permitan generar nuevas combinaciones de características deseadas dentro de una misma especie o entre especies relacionadas para el desarrollo de híbridos inter-específicos.

En las últimas décadas se han iniciado proyectos importantes de plantaciones forestales comerciales en el sureste de México, especialmente en la región que incluye los estados de Tabasco, Campeche, Chiapas, Veracruz y Oaxaca. Estos proyectos de plantaciones se han orientado a la obtención de múltiples productos maderables y no maderables y a la fecha han evolucionado en programas a largo plazo de empresas forestales establecidas en la región. Entre las principales especies incluidas en estos programas, se encuentra *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, la cual está orientada a la producción de resina. Estas plantaciones se ubican en el sur de Veracruz y su colindancia con el estado de Tabasco, en donde se han establecido cerca de 4 mil hectáreas en los últimos 6 años. Para asegurar un mayor crecimiento y productividad de los árboles de esta especie, se ha considerado necesario combinar las actividades culturales asociadas al manejo silvícola de la plantación con actividades permanentes de mejora genética.

### Justificación

En la región del sur de Veracruz y su colindancia con Tabasco, la cual es la más dinámica en cuanto al establecimiento de plantaciones forestales comerciales de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en el país, únicamente un programa de plantaciones realiza actualmente actividades sistemáticas de mejoramiento genético, más allá del control del origen del germoplasma utilizado para establecer las plantaciones.

Un diagnóstico realizado recientemente en las plantaciones comerciales de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, reveló que en las plantaciones establecidas en la región se han utilizado como propágulos semillas y estacas enraizadas. Inicialmente, las plantaciones operativas fueron de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* y del híbrido *Pinus elliotii* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (PEE x PCH), ambas generadas por semilla que procede de huertos semilleros asexuales de primera generación, con material seleccionado en Sudamérica a partir de fuentes reintroducidas de otros países. Las estacas provienen de materiales seleccionados de ensayos establecidos en las zonas de plantación evaluados a corta edad, así como de materiales evaluados y seleccionados en ensayos de procedencias y progenies en otras regiones. En años recientes se inició un programa de mejora con el establecimiento de



### Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

parcelas de evaluación de especies, incluyendo algunas variedades de *P. caribaea*, así como ensayos de procedencias y familias seleccionadas por CAMCORE o de materiales obtenidos por medio de intercambio con otras empresas internacionales. Se ha iniciado la selección temprana de árboles superiores (plus) y de buena calidad a partir de los ensayos de procedencias y en las plantaciones jóvenes. Se tiene además varios ensayos de procedencias, familias y clones de la especie *Pinus caribaea* (PCH) y del híbrido *P. elliottii* x *P. caribaea* (PEE x PCH) en proceso de evaluación. Se cuenta con un jardín clonal, se ha desarrollado el protocolo de enraizado para la multiplicación masiva de los clones seleccionados y se trabaja en el cruzamiento para la obtención de nuevos clones híbridos.

En la región del sur de Veracruz y su colindancia con el estado de Tabasco, existe una superficie cercana a 4 mil hectáreas de plantaciones forestales comerciales establecidas con *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, con edad e información suficiente para desarrollar una estrategia de mejora genética que considere actividades sistemáticas de selección, evaluación, propagación y cruzamiento de los materiales sobresalientes, con una visión regional, de largo plazo e integrada a las actividades operativas de plantaciones comerciales que llevan a cabo empresas y plantadores independientes (CONAFOR, 2017b).

Con la finalidad de fortalecer las iniciativas existentes de mejora genética para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en la región, se plantea la presente demanda de investigación que sentará las bases para potenciar las actividades de mejora genética que actualmente se realizan en la región, incrementando el impacto a corto plazo en la calidad del germoplasma y la productividad de las plantaciones forestales comerciales de esta especie.

#### Objetivo general

Desarrollar investigación sobre selección y propagación de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en apoyo a las acciones de mejora genética de la especie en las plantaciones forestales comerciales del sur de Veracruz y su colindancia con Tabasco.

#### Objetivos específicos

1. Seleccionar individuos superiores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* establecidos en las plantaciones forestales comerciales de la región de interés.
2. Rescatar mediante clonación a individuos superiores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.
3. Desarrollar investigación sobre inducción floral de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

#### Productos esperados

Producto 1	Subproductos que conforman la demanda
Documento del proceso de selección de árboles superiores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> .	Descripción del proceso utilizado para la selección de árboles superiores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> en plantaciones forestales comerciales.
Producto 2	Subproductos que conforman la demanda
Selección y rescate de árboles superiores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> .	Selección y rescate mediante clonación (injertado de rametos) de 120 árboles superiores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> incluyendo un ficha técnica para cada uno.
Producto 3	Subproductos que conforman la demanda
Mapa de ubicación de los árboles superiores seleccionados	Mapa y shape file de la ubicación geográfica de los individuos superiores de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>

**Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2**

<b>Producto 1</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
	seleccionados.
<b>Producto 4</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Documento del protocolo de injertado de rametos de <i>Pinus caribaea var. hondurensis</i> .	Descripción del proceso de injertado de rametos de individuos superiores de <i>Pinus caribaea var. hondurensis</i> , así como de las actividades para su mantenimiento.
<b>Producto 5</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Un banco clonal establecido con los individuos superiores seleccionados y rescatados.	Establecimiento de un banco clonal con los individuos seleccionados y rescatados mediante clonación (injertado de rametos) de <i>Pinus caribaea var. hondurensis</i> , incluyendo un mapa de ubicación del banco y de los rametos rescatados.
<b>Producto 6</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Documento con la descripción de la fenología reproductiva de <i>Pinus caribaea var. hondurensis</i> .	Documento con la descripción de la fenología reproductiva de <i>Pinus caribaea var. hondurensis</i> , incluyendo un anexo fotográfico de las diferentes etapas.
<b>Producto 7</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Protocolo de inducción floral de <i>Pinus caribaea var. hondurensis</i> .	Documento del protocolo de inducción floral de <i>Pinus caribaea var. hondurensis</i> , incluyendo un anexo fotográfico de los tratamientos evaluados.
<b>Producto 8</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Realizar Foros de Transferencia de Tecnología.	Realizar al menos un Foro de Transferencia de Tecnología de los resultados en la región de estudio.

**Consideraciones**

El material genético que se utilice, deberá estar libre de restricciones para uso, ya que el material genético seleccionado, debe ser susceptible de transferirse a terceros en las plantaciones forestales comerciales del país, mediante su comercialización.

El banco clonal se podrá establecer en terrenos de propiedad de los proponentes. Al finalizar el proyecto, el banco clonal será propiedad del dueño de los terrenos y su mantenimiento, protección y seguimiento quedará a cargo del mismo.

**Lugar de aplicación del proyecto:**

Sur de Veracruz y su colindancia con el estado de Tabasco, comprendiendo las áreas aptas para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales de *Pinus caribaea var. hondurensis*.

**Usuarios de los productos:**

Plantadores forestales comerciales operativos, Titulares de autorizaciones o registros para establecer plantaciones forestales comerciales, Propietarios y poseedores de terrenos preferentemente o temporalmente forestales que busquen establecer plantaciones forestales comerciales, Productores de planta forestal y Gobiernos de los tres niveles.

**Tiempo de ejecución:** 36 meses.

**Monto de apoyo aproximado de hasta:** \$ 1.25 millones de pesos

**Datos de contacto:**

## Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

Ing. Hugo Medrano Farfán  
Gerente de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales, CONAFOR  
Tel. 01 3337777000 Ext. 2200  
Correo: [hugo.medrano@conafor.gob.mx](mailto:hugo.medrano@conafor.gob.mx)

M. en C. Diego Montiel Oscura  
Subgerente de asignación y operación de apoyos, CONAFOR  
Tel. 01 3337777000 Ext. 2211  
Correo: [dmontiel@conafor.gob.mx](mailto:dmontiel@conafor.gob.mx)

### Referencias bibliográficas:

CONAFOR, 2017a (en línea). Situación actual del germoplasma utilizado en los programas de plantaciones forestales comerciales en el sureste de México. Zapopan, Jalisco, México. 125 p. <<https://www.gob.mx/conafor/documentos/plantaciones-forestales-comerciales-27940>>

CONAFOR, 2017b (en línea). Propuesta de mejora genética en apoyo a los programas de plantaciones forestales comerciales en el sureste de México. Zapopan, Jalisco, México. 94 p. <<https://www.gob.mx/conafor/documentos/plantaciones-forestales-comerciales-27940>>

Ferreira, M. 1992. "Melhoramento e Silvicultura intensiva clonal". IPEF. Vol. 45. pp. 22 – 30.

Jayaraj, R. S. C., C. S. Kannan, R. Hedge, K. G. Ajith-Kumar, K. S. Venkataramanan, and K. Gurumurthi. 1996. A comprehensive method of assessing Eucalyptus clonal trials. Conferência IUFRO sobre Silvicultura e Melhoramento de Eucaliptos. Agosto 24-29. Salvador, Brasil. pp: 35-42.

Leksono, B., S. Kurinobu, and Y. Ide. 2008. Realized genetic gains observed in second generation seedling seed orchards of *Eucalyptus pellita* in Indonesia. Journal of Forest Research 13:110-116.

Mondi Forests.1999. Mondi Forest Tree Improvement Research (1968-1998) 30 Years in Perspective. Mondi Forest a division of Mindi Ltd. 64 p.

Wee, A. K. S., C. H. Li, W. S. Dvorak, and Y. Hong. 2012. Genetic diversity in natural populations of *Gmelina arborea*: implications for breeding and conservation. New Forests 43: 411–428.

White, T. L., T. W. Adams and D. B. Neale. 2007. Forest Genetics. CAB International, Oxford. 682 p.

---

**Nombre de la demanda 4:** Establecimiento y evaluación temprana de ensayos de progenies y ensayos clonales de *Gmelina arborea* para plantaciones forestales comerciales del sureste de México.

### Divisiones de investigación forestal IUFRO

División 1.- Silvicultura

Ecología y silvicultura de plantaciones forestales tropicales.

División 2.- Fisiología y Genética

## Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

### Plantaciones y recursos genéticos de coníferas

#### Antecedentes

El mejoramiento genético es una herramienta tecnológica esencial para el desarrollo sustentable de las plantaciones forestales comerciales, ya que junto con otras disciplinas de la silvicultura, permite aumentar su productividad y calidad, de tal forma que se asegure el cumplimiento de las metas de producción en cantidad y calidad de los productos derivados de ellas. Además, permite reducir el turno de cosecha y aumentar la homogeneidad de la materia prima, reduciendo los costos de transporte y procesamiento industrial. Las diversas experiencias de los programas de mejora genética que se han desarrollado en otros países tropicales, muestran que es posible obtener ganancias genéticas entre 25 y 30 por ciento en la productividad y calidad de la madera en el primer ciclo de mejora si se utiliza material clonal (Ferreira, 1992; Jayaraj et al., 1996; Leksono et al., 2008; Wee et al., 2012; Mondi Forests, 1999). Estas ganancias genéticas pueden convertirse en ganancias económicas mayores si se considera el efecto adicional de la mejora en la calidad y homogeneidad de los árboles al momento de la cosecha.

Un programa de mejora genética con un esquema de evaluación de campo bien estructurado permite, además, mejorar el estado de salud de las plantaciones en su interacción con agentes bióticos y abióticos, así como aumentar la adaptabilidad de los árboles a las condiciones ambientales de los sitios de plantación. Este es un aspecto fundamental en el contexto de la región del sureste de México, ya que ofrece la oportunidad para ampliar la superficie disponible de plantación hacia terrenos que actualmente se consideran marginales para el crecimiento de estas especies con criterios de rentabilidad económica. Por otro lado, la identificación y propagación de genotipos con mayor capacidad de adaptación y plasticidad fenotípica ante diferentes condiciones ambientales, es crucial para asegurar la producción sostenida de las plantaciones comerciales en el entorno de cambio climático que se pronostica en el mediano plazo para esta región del planeta.

Las experiencias generadas en otros países, muestran claramente que los beneficios económicos derivados de un programa de mejora genética en especies forestales, asegura la rentabilidad de la inversión inicial. Sin embargo, un programa de mejora genética forestal coordinado a nivel regional e integrado directamente con las actividades operativas de plantaciones comerciales en el sureste del país es todavía más eficiente, ya que por economía de escala permite reducir sus costos. Un programa de esta naturaleza permitiría, además, obtener mayores ganancias genéticas al ampliar la intensidad de selección y los ambientes de evaluación mediante la integración de los materiales seleccionados por diferentes instancias en sus esfuerzos individuales. La integración y coordinación de las actividades de mejora genética que actualmente se realizan en la región hacia un objetivo común, aumentaría el impacto a corto plazo de la calidad del germoplasma en las plantaciones, asegurando la continuidad y visión de largo plazo del programa.

El avance del programa de mejora genética de cualquier especie, depende en gran medida de la rapidez con la que se establezcan ensayos de evaluación genética para validar el valor genético y genotípico de árboles superiores seleccionados en el campo. Los ensayos de progenies de árboles seleccionados, establecidos en condiciones de clima y suelo diversos, permiten obtener valores genéticos (reproductivos) de los árboles seleccionados, así como recrear la variabilidad genética al mezclar genes de los genotipos superiores seleccionados. Por su parte, los ensayos clonales permiten evaluar de manera directa el valor genotípico de los árboles superiores seleccionados en campo, para su uso como material vegetativo en el establecimiento de plantaciones forestales clonales en el corto plazo. El establecimiento de ambos ensayos de forma paralela para la evaluación genética de los árboles seleccionados

## Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

fenotípicamente en las plantaciones y ensayos ya existentes, permitiría seleccionar los individuos de mejor desempeño para iniciar un nuevo ciclo de evaluación genética y validar clones de segunda generación que se propagarían con mayor intensidad para obtener plantaciones comerciales más productivas y con mayor calidad de madera.

Uno de los principales problemas en la perspectiva a largo plazo en un programa de mejora genética de especies forestales, es salvaguardar los recursos genéticos de valor actual o futuro para el desarrollo del programa. Por esta razón se considera prioritario iniciar desde los primeros años del programa, el establecimiento de un banco o reserva clonal en el que se incorporen todos los árboles superiores seleccionados en las plantaciones, ensayos de procedencias y ensayos de progenies disponibles para el programa.

Esta reserva genética no solo es útil para conservar los materiales de mayor calidad, sino que también ofrece la oportunidad de mantener una población base con suficiente diversidad genética para los siguientes ciclos de mejora y permite la flexibilidad requerida en caso de que sea necesario modificar los criterios de selección o incorporar nuevas características de interés para las plantaciones (White *et al.*, 2007). El banco clonal también es útil al programa operativo de mejora genética para realizar cruzamientos (cruzas controladas) entre los diferentes clones, que permitan generar nuevas combinaciones de características deseadas dentro de una misma especie o entre especies relacionadas para el desarrollo de híbridos inter-específicos.

En las últimas décadas se han iniciado proyectos importantes de plantaciones forestales comerciales en el sureste de México, especialmente en la región que incluye los estados de Tabasco, Campeche, Chiapas, Veracruz y Oaxaca. Estos proyectos de plantaciones se han orientado a la obtención de múltiples productos maderables y no maderables y a la fecha han evolucionado en programas a largo plazo de empresas forestales establecidas en la región. Entre las principales especies incluidas en estos programas se incluye a *Gmelina arborea*. Para asegurar un mayor crecimiento y productividad de los árboles se ha considerado necesario combinar las actividades culturales asociadas al manejo silvícola de la plantación con actividades permanentes de mejora genética.

### Justificación

Un diagnóstico realizado recientemente en las plantaciones forestales comerciales de *Gmelina arborea* en la región comprendida por los estados de Tabasco y Campeche, reveló que todas las plantaciones se han realizado por semilla. No se ha utilizado material vegetativo en forma operativa pero existe el interés de explorar esta opción en el futuro. Se ha introducido material genético de varios países de Centro y Sudamérica, pero no se tiene información precisa sobre el origen geográfico de dicho material, por lo que existe el riesgo de que éste tenga una base genética restringida, además la calidad genética del germoplasma es muy variada y heterogénea. En el estado de Campeche una empresa ha avanzado en la selección de árboles superiores y en el establecimiento de ensayos para la evaluación de procedencias, progenies y clones a nivel local, y ha establecido una área semillera, pero en las otras zonas de la región solo se tienen identificados árboles de buena calidad, candidatos para la selección de árboles superiores y se han establecido (o están en proceso de establecerse) un ensayo de procedencias y algunos rodales y áreas semilleras

En la región de interés se han realizado introducciones importantes de germoplasma de las especies de rápido crecimiento y algunas empresas privadas en la región han iniciado algunas actividades de mejoramiento genético con ellas, aunque con diferente grado de avance y éxito en función de la magnitud y continuidad de los esfuerzos realizados. A pesar de que en algunos casos no se conoce de manera precisa el origen nativo (procedencia

### Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

geográfica) y la calidad del germoplasma empleado en las plantaciones ya establecidas, es evidente que no se ha aprovechado de manera efectiva todo el potencial genético de este germoplasma, por lo que existen amplias oportunidades de mejora genética a corto plazo. En la región existe una superficie cercana a 13 mil hectáreas de plantaciones forestales comerciales establecidas de *Gmelina arborea*, con edad e información suficiente para desarrollar una estrategia de mejoramiento genético que considere actividades sistemáticas de selección, evaluación, propagación y cruzamiento de los materiales sobresalientes, con una visión regional, de largo plazo e integrada a las actividades operativas de plantaciones comerciales que llevan a cabo empresas y plantadores independientes (CONAFOR, 2017b).

Con la finalidad de iniciar un programa de mejora genética para *Gmelina arborea* en la región, se plantea la presente demanda de investigación que sentará las bases para integrar y coordinar las actividades de mejora genética que actualmente se realizan en la región, incrementando el impacto a corto plazo de la calidad del germoplasma y la productividad de las plantaciones

#### Objetivo general

Establecer las primeras etapas de una estrategia operativa de mejora genética de *Gmelina arborea* en el sureste de México.

#### Objetivos específicos

1. Establecer y evaluar ensayos de progenies y ensayos clonales de individuos seleccionados de *Gmelina arborea*.
2. Establecer un banco clonal de genotipos seleccionados de *Gmelina arborea* para su conservación *ex situ* y utilización en apoyo al programa operativo de mejora genética.
3. Desarrollar investigación orientada a generar bases para la continuidad del programa operativo de mejora genética.

#### Productos esperados

Producto 1	Subproductos que conforman la demanda		
Documento del proceso de selección de árboles superiores para los ensayos de progenies.	Descripción del proceso utilizado para la selección de los árboles superiores para los ensayos de progenies, incluyendo una ficha técnica para cada uno.		
Producto 2	Subproductos que conforman la demanda		
Documento del proceso de selección de árboles superiores para los ensayos clonales.	Descripción del proceso utilizado para la selección de los genotipos superiores para los ensayos clonales, cuando estos sean diferentes a los árboles seleccionados para los ensayos de progenies, incluyendo una ficha técnica para cada uno.		
Producto 3	Subproductos que conforman la demanda		
Establecimiento en campo de ensayos de progenies y ensayos clonales.	Establecimiento en campo de los siguientes ensayos en la región de interés:		
	Especie	Número de ensayos de progenies	Número de ensayos clonales
	<i>Gmelina arborea</i>	4 ensayos, con la progenie de al menos 80 genotipos seleccionados.	4 ensayos, con al menos 80 genotipos seleccionados.

**Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2**

<b>Producto 4</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Documento con la descripción de diseños experimentales	Descripción del diseño experimental de cada ensayo de progenie. Descripción del diseño experimental de cada ensayo clonal.
<b>Producto 5</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Mapa de ubicación de los ensayos establecidos.	Mapa y shape file de ubicación geográfica del polígono de cada ensayo, de progenies y clonal, establecido.
<b>Producto 6</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Bitácora de seguimiento.	Bitácora de seguimiento del crecimiento y supervivencia de las familias (progenies) y clones incluidos en cada ensayo, con el porcentaje de mortandad por cada factor identificable.
<b>Producto 7</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Programa de mantenimiento de los ensayos.	Documento con los programas de mantenimiento de cada ensayo, de progenies y clonal, establecido.
<b>Producto 8</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Documento de resultados de evaluación temprana.	Documento con los resultados de la evaluación temprana del crecimiento y de características de interés, de las progenies y los clones de las especies de interés.
<b>Producto 9</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Anexo técnico y fotográfico.	Anexo técnico y fotográfico mínimo 4MB por imagen del proceso de establecimiento de cada ensayo de progenie y clonal (la forma alterna de la entrega se propone sea mediante un link para carpeta compartida).
<b>Producto 10</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Establecimiento en campo de un banco clonal.	Establecimiento de un banco clonal de al menos 80 genotipos superiores seleccionados de <i>Gmelina arborea</i> .
<b>Producto 11</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Estudio de variabilidad genética del banco clonal.	Estudio de variabilidad genética de los genotipos establecidos en el banco clonal.
<b>Producto 12</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Documento del esquema de colaboración.	Desarrollar e implementar un esquema de colaboración entre empresas plantadoras, gobiernos e instituciones de investigación, para dar certeza y continuidad a los trabajos de mejora genética en la región de interés
<b>Producto 13</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Protocolo de propagación clonal para <i>Gmelina arborea</i> .	Definir y desarrollar un método operativo de propagación clonal para <i>Gmelina arborea</i> , con base en las expectativas a corto plazo de establecimiento de plantaciones en la región de interés.
<b>Producto 14</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Realizar Foros de Transferencia de Tecnología.	Realizar al menos dos Foros de Transferencia de Tecnología de los resultados en la región de estudio.

**Lugar de aplicación del proyecto:**

Sureste de México, comprendiendo las áreas aptas para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales de *Gmelina arborea* en los estados de Tabasco, Campeche y Quintana Roo.

## Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

### Usuarios de los productos:

Plantadores forestales comerciales operativos, Titulares de autorizaciones o registros para establecer plantaciones forestales comerciales, Propietarios y poseedores de terrenos preferentemente o temporalmente forestales que busquen establecer plantaciones forestales comerciales, Productores de planta forestal y Gobiernos de los tres niveles.

**Tiempo de ejecución:** 60 meses.

**Monto de apoyo aproximado de hasta:** \$ 4.65 millones de pesos

### Datos de contacto:

Ing. Hugo Medrano Farfán  
Gerente de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales, CONAFOR  
Tel. 01 3337777000 Ext. 2200  
Correo: [hugo.medrano@conafor.gob.mx](mailto:hugo.medrano@conafor.gob.mx)

M. en C. Diego Montiel Oscura  
Subgerente de asignación y operación de apoyos, CONAFOR  
Tel. 01 3337777000 Ext. 2211  
Correo: [dmontiel@conafor.gob.mx](mailto:dmontiel@conafor.gob.mx)

### Referencias bibliográficas:

CONAFOR, 2017a (en línea). Situación actual del germoplasma utilizado en los programas de plantaciones forestales comerciales en el sureste de México. Zapopan, Jalisco, México. 125 p. <<https://www.gob.mx/conafor/documentos/plantaciones-forestales-comerciales-27940>>

CONAFOR, 2017b (en línea). Propuesta de mejora genética en apoyo a los programas de plantaciones forestales comerciales en el sureste de México. Zapopan, Jalisco, México. 94 p. <<https://www.gob.mx/conafor/documentos/plantaciones-forestales-comerciales-27940>>

Ferreira, M. 1992. "Melhoramento e Silvicultura intensiva clonal". IPEF. Vol. 45. pp. 22 – 30.

Jayaraj, R. S. C., C. S. Kannan, R. Hedge, K. G. Ajith-Kumar, K. S. Venkataramanan, and K. Gurumurthi. 1996. A comprehensive method of assessing Eucalyptus clonal trials. Conferência IUFRO sobre Silvicultura e Melhoramento de Eucaliptos. Agosto 24-29. Salvador, Brasil. pp: 35-42.

Leksono, B., S. Kurinobu, and Y. Ide. 2008. Realized genetic gains observed in second generation seedling seed orchards of *Eucalyptus pellita* in Indonesia. Journal of Forest Research 13:110-116.

Mondi Forests.1999. Mondi Forest Tree Improvement Research (1968-1998) 30 Years in Perspective. Mondi Forest a division of Mindi Ltd. 64 p.

Wee, A. K. S., C. H. Li, W. S. Dvorak, and Y. Hong. 2012. Genetic diversity in natural populations of *Gmelina arborea*: implications for breeding and conservation. New Forests 43: 411–428.



## Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

White, T. L., T. W. Adams and D. B. Neale. 2007. Forest Genetics. CAB International, Oxford. 682 p.

**Nombre de la demanda 5:** Reforzamiento al Sistema Nacional de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México para el pronóstico de conglomerados y área quemada.

### Divisiones de investigación forestal IUFRO.

División 8 - Medio Ambiente Forestal  
Incendios forestales.

#### Antecedentes:

El Sistema Nacional de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México, desarrollado en el proyecto CONAFOR-CONACYT, Clave 252620, integra las condiciones meteorológicas de peligro de incendio en tiempo real (Vega-Nieva et al., 2016, 2018a, 2018b) con los factores humanos de riesgo de incendio (Monjarás-Vega, 2018). Además de los factores humanos considerados actualmente para el riesgo de incendio en el sistema (distancia a localidades y poblaciones), la frontera agrícola/forestal y la biomasa forestal son factores importantes en la ocurrencia y propagación de incendios forestales en México (e.g. Román-Cuesta et al. 2004; Morfín Ríos et al. 2007; Rodríguez-Trejo et al. 2008, 2011; Carrillo et al. 2012; Castañeda Rojas et al. 2015), por lo que deberían ser incluidos en un índice de riesgo integral de incendio para mejorar la toma de decisiones sobre la priorización en la supresión de los incidentes.

Una parte importante de las tareas de monitoreo y control en los Centros Regionales de Manejo del Fuego, los Centros Estatales de Control de Incendios Forestales y en el Centro Nacional de Control de Incendios Forestales de la CONAFOR, consiste en la identificación y delimitación diaria de los conglomerados de puntos de calor. El mapeado de los conglomerados permite de una manera intuitiva dar seguimiento al avance diario del perímetro de los incendios, (e.g. Chiaraviglio et al., 2016) ayudando con ello en la toma de decisiones a nivel central y regional, pero sobre todo en las acciones de control y combate en campo. En este sentido, existen opciones para automatizar este proceso, permitiendo centrar el tiempo de los tomadores de decisiones en su interpretación y en la priorización del combate.

Por ejemplo, en el Sistema Norteamericano Wildland Fire Assessment System, se cuenta con una interfaz que automáticamente identifica los conglomerados en base a su proximidad geográfica y en el tiempo, y los muestra en tiempo real en una interfaz disponible online (<https://www.wfas.net/maps/>).

Este sistema cuenta con una versión para celulares que permite la consulta de las condiciones de peligro de incendio en las coordenadas del usuario del teléfono celular (<https://m.wfas.net>). La versión actual del sistema de peligro se encuentra disponible en una plataforma web (<http://forestales.ujed.mx/incendios/>), pero no cuenta con versión disponible para su visionado en telefonía móvil. Incluir una interfaz de delimitación automatizada de conglomerados, y migrar el sistema a una interfaz visible en dispositivos móviles, ahorraría tiempo a los tomadores de decisiones y permitiría una mejor aplicación en campo del sistema.

En el marco del citado proyecto, se ha desarrollado también una herramienta operacional para el mapeado de área quemada a partir de imágenes Landsat (Cruz et al., 2017). Una oportunidad de mejora para la citada herramienta sería la consideración de imágenes

## Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

gratuitas de mayor resolución, como son las imágenes Sentinel, para el mapeado a 10 m de los perímetros de las áreas quemadas. Esta herramienta de mapeo de área quemada requiere la elección de umbrales según el tipo de vegetación por el usuario, para lo que existe poca información en México, limitando la confiabilidad de los perímetros delimitados por imágenes de satélites, por lo que aún existe en el país gran incertidumbre de los impactos reales de los incendios en términos del área quemada. Por consiguiente, es necesaria una calibración y validación en campo de los umbrales empleados en la herramienta para el mapeado de área quemada, con la finalidad de generar estimaciones confiables del área afectada por incendios forestales, en los distintos tipos de ecosistemas del país (zonas áridas, bosque templado, bosque tropical).

Además de la predicción del número de incendios esperados, un componente importante de los sistemas de peligro es el comportamiento esperado de los incendios. En concreto, el tamaño e intensidad calórica de los incendios son variables importantes que influyen en la asignación del número y tipo de medios de supresión más apropiados (e.g. Rodríguez y Silva, 2014; Freeborn et al., 2015; Jolly et al., 2017). Esto es particularmente relevante dado que los grandes incendios absorben la mayor parte del presupuesto asignado a supresión (e.g. Roads et al., 2005; Preisler et al., 2009, 2011, 2016; Riley et al., 2015). Una tarea importante en consecuencia para el reforzamiento de la capacidad del sistema de peligro para la priorización del combate y la asignación proporcional del número y tipo de medios de combate más adecuados será el desarrollo de pronósticos del área quemada y de la dificultad de supresión esperados.

El desarrollo de estas herramientas permitirá:

Mejorar las predicciones de ocurrencia de incendio, considerando la frontera forestal/agrícola, donde suceden la mayoría de los incendios; permitiendo la toma de decisiones de combate y prevención por los actores involucrados en el manejo del fuego.

Dar seguimiento automatizado a la nueva ocurrencia y avance de los conglomerados de puntos de calor para mejorar la planeación y toma de decisiones del combate de incendios forestales.

Mapear de manera confiable los perímetros de incendios en los principales tipos de ecosistemas del país, para evaluar el avance de los incendios forestales y cuantificar de manera apropiada su impacto.

Pronosticar el número de conglomerados, área quemada y dificultad de supresión esperados, con la finalidad de mejorar la eficiencia del uso de los recursos para el combate y minimizar el impacto de los incendios forestales.

### Justificación

En México cada año se presentan en promedio 7,170 incendios y se reporta una superficie quemada de 347,226 ha/año, de las cuales, 45,198 ha corresponden a arbolado adulto (CONAFOR, 2003-2015). En la temporada 2017 la superficie afectada ascendió a 699,053 hectáreas, siendo 10, 654,960 hectáreas las salvadas gracias a las labores de combate. Los costos directos de supresión en dicha temporada fueron de aproximadamente \$ 133 Millones de pesos, a los que habría que sumar el valor económico y ecológico de las áreas afectadas. Sólo en términos de emisiones de gases de efecto invernadero, los incendios de 2017 supusieron una emisión de 25 Millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, siendo 406 Millones de toneladas de CO<sub>2</sub> las evitadas de emisión, gracias al combate (CONAFOR, 2017).

## Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

Desde los grandes incendios de 1998, se han venido dando pasos para contar con sistemas de apoyo a la toma de decisiones que mejoren la eficiencia del manejo del fuego en el país. En el año 2001 se logró la implementación de un sistema de monitoreo de puntos de calor, que permite mejorar la precisión en la ubicación de incendios para dar una respuesta más rápida y eficiente. Un importante avance ha sido el desarrollo inicial de un Sistema Nacional de Predicción de Peligro de Incendios Forestales en CONAFOR, que permite estimar el número esperado y ubicación más probable de incendios, permitiendo un uso más eficiente de recursos y la asignación del número y tipo de medios proporcionales al nivel de amenaza esperado en cada región y estado del país.

Además del número esperado de incendios y su ubicación potencial, el pronóstico del tamaño potencial y comportamiento esperado de los incendios es clave para la toma de decisiones en el combate, asignando el tipo de medios proporcionales al comportamiento e impacto esperado, permitiendo priorizar los incidentes, logrando incrementar la eficiencia en las acciones de supresión y, en consecuencia, disminuyendo los costos derivados de tal actividad, la cual absorbe gran parte del presupuesto asignado para el Programa Nacional de Prevención de Incendios Forestales. Dado el contexto anterior, se requiere desarrollar índices de predicción de área quemada y comportamiento esperado de incendios forestales que permitan mejorar la eficiencia en las acciones de supresión y disminuir el impacto ecológico y económico de los incendios forestales, anticipándose a la ocurrencia de grandes incendios y priorizando las acciones de combate en aquellos que puedan ser potencialmente más dañinos.

Al respecto, el uso de herramientas de teledetección es clave para mejorar la eficiencia de la planeación del combate. Diariamente, se da seguimiento a la evolución de puntos de calor en los Centros Regionales de Manejo del Fuego, los Centros Estatales de Control de Incendios Forestales y en el Centro Nacional de Control de Incendios Forestales de la CONAFOR, para identificar la ocurrencia de nuevos incendios y para monitorear el avance de los mismos. El mapeado automático de conglomerados de puntos de calor permitiría ahorrar tiempo en este proceso, así como realizar estimaciones intuitivas del grado de avance del perímetro de cada incendio, mejorando las decisiones de planeación del combate para un uso más eficiente de los recursos disponibles, adecuado al nivel de avance observado y esperado de cada incidente.

Una parte importante de los productos satelitales disponibles para el apoyo a la toma de decisiones de manejo del fuego son los perímetros de área quemada, que permiten evaluar el grado de avance del incendio y la cuantificación de su impacto. Dicha actividad se torna relevante derivado de la dificultad de delimitar los polígonos de los incendios en campo, así como a la gran incertidumbre asociada a las estimas de área quemada y la utilidad dentro de los Equipos de Manejo de Incidentes en el establecimiento de acciones para el control de incendios forestales de gran magnitud.

En este sentido, las imágenes satelitales permiten evaluar de manera más exacta el perímetro de los incendios, permitiendo monitorear su avance, así como evaluar su impacto. Para el uso confiable de estos productos satelitales de área quemada, se requiere de la definición de umbrales de área quemada para cada tipo de vegetación, calibrado y validado por datos de campo, para lo que existen pocos trabajos en México. La calibración y validación de los productos de área quemada en distintos tipos de ecosistemas (matorral, bosque templado, bosque tropical), permitiría su aplicación confiable en la estimación de avance del fuego y en la evaluación de impacto, mejorando sensiblemente la toma de decisiones en el manejo del fuego.

### Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

El desarrollo de las citadas herramientas para 1) mapear conglomerados y área quemada de incendios y 2) predecir tamaño y comportamiento esperado de incendios, permitiría un salto cuantitativo en la eficiencia del uso de los recursos empleados para el combate, asignando los medios proporcionales orientados a minimizar la ocurrencia de incendios forestales de mayor tamaño, intensidad y severidad, disminuyendo el impacto económico y ambiental de los mismos mediante un uso más eficiente de los recursos disponibles para el combate.

#### Objetivo general:

Reforzar al Sistema Nacional de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México mediante la ampliación de los índices de riesgo de ocurrencia de incendio y la herramienta de área quemada, así como la inclusión de nuevos módulos para el pronóstico de conglomerados, estimación del área quemada y dificultad de supresión esperada.

#### Objetivos específicos:

1. Ampliar el índice de riesgo con la inclusión de la frontera agrícola forestal y la biomasa forestal
2. Desarrollar una herramienta para la delimitación automatizada de conglomerados de puntos de calor en el sistema de peligro.
3. Desarrollar una nueva interfaz para el sistema para aplicación móvil que también incluya históricos de conglomerados de puntos de calor e incendios combatidos.
4. Desarrollar un índice de pronóstico del número de conglomerados de puntos de calor esperados por estado.
5. Ampliar y validar en campo la herramienta de mapeo de área quemada.
6. Desarrollar un módulo de pronóstico del área quemada y dificultad de supresión esperada.
7. Desarrollar manuales de usuario y entrenamiento, instalación y mantenimiento del Sistema de Peligro ampliado
8. Realizar talleres de transferencia para CONAFOR del sistema de peligro reforzado para el empleo de los nuevos índices y herramientas de riesgo y peligro de incendio forestales en el apoyo a la toma de decisiones de manejo del fuego.

#### Productos esperados:

Producto 1	Subproductos que conforman la demanda
Índice de riesgo de ocurrencia de incendio incluyendo la frontera agropecuaria - forestal y la biomasa forestal	Informe técnico del desarrollo del índice de riesgo de incendio ampliado. Código del cálculo del índice de riesgo de incendio ampliado. Integración del Producto 1 a la interfaz del Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales para México. Integración a la Interfaz del Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales para México de la capa de modelos de combustibles forestales para México vigente.
Producto 2	Subproductos que conforman la demanda
Herramienta para la delimitación automatizada de conglomerados de puntos de calor en el sistema de peligro.	Informe técnico del desarrollo de la herramienta para la delimitación automatizada de conglomerados de puntos de calor. Código de la herramienta para la delimitación automatizada de conglomerados de puntos de calor. Integración del Producto 2 a la interfaz del Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México.
Producto 3	Subproductos que conforman la demanda

**Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2**

Interfaz para el sistema para aplicación móvil que incluya históricos de conglomerados de puntos de calor e incendios forestales combatidos.	Informe técnico del desarrollo de la interfaz para el sistema para aplicación móvil que incluya históricos y animaciones interactivas de índices de riesgo, conglomerados de puntos de calor e incendios combatidos. Integración operacional del Producto 3 en la web del Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México. 3 talleres de la interfaz ampliada del sistema incluyendo productos 1 a 3.
<b>Producto 4</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Índice de pronóstico del número de conglomerados de puntos de calor esperados por estado.	Informe técnico del desarrollo del índice de pronóstico del número de conglomerados de puntos de calor esperados por estado. Código del índice de pronóstico del número de conglomerados esperados por estado. Integración del Producto 4 a la interfaz del Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales para México.
<b>Producto 5</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Herramienta de mapeo de área quemada ampliada con la inclusión de satélite Sentinel y validada en campo.	Informe técnico del desarrollo de la herramienta de mapeo de área quemada ampliada con la inclusión de satélite Sentinel. Código de la Herramienta de mapeo de área quemada ampliada con la inclusión de satélite Sentinel. Informe técnico de la validación en campo de la herramienta de mapeo de área quemada con incendios del periodo 2019-2020. Manual técnico de la herramienta de mapeo de área quemada ampliada. 2 talleres de la herramienta de mapeo de área quemada.
<b>Producto 6</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Módulo de pronóstico del área quemada y dificultad de supresión esperada.	Informe técnico del desarrollo del módulo de pronóstico del área quemada y dificultad de supresión esperada. Lo anterior partir de insumos de topografía, tiempo atmosférico y modelos de combustibles para México vigentes; así como demás insumos necesarios para el desarrollo del producto. Código del módulo de pronóstico del área quemada y dificultad de supresión esperada. Integración del Producto 6 a la interfaz del Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México.
<b>Producto 7</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Manual de usuario y entrenamiento, así como manual de instalación y mantenimiento del Sistema de Peligro ampliado.	Manual de usuario y entrenamiento de la interfaz del Sistema de Peligro ampliado, incluyendo los productos 1 a 4 y 6. Manual de instalación y mantenimiento del Sistema de Peligro ampliado. 3 talleres de transferencia para el uso e interpretación del sistema, incluyendo el módulo de pronóstico del área quemada y dificultad de supresión esperada.

**Consideraciones:**

Los productos 1 a 4 y 6 se integrarán operacionalmente en la web del Sistema Nacional de Predicción de Peligro de Incendios Forestales de México.

## **Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2**

El producto 5 (módulo ampliado de área quemada) se transferirá como un plug-in gratuito en el software QGIS para ser empleado por CONAFOR.

Se hará disponible el código abierto de los módulos y herramientas disponibles para CONAFOR.

La persona o consorcio que sea apoyada deberá transferir el código fuente y ejecutables, así como los manuales de usuario y entrenamiento, instalación y mantenimiento; así como Tutoriales en Video a la Comisión Nacional Forestal.

Las publicaciones derivadas del presente proyecto deberán contener los créditos correspondientes al Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal CONACYT-CONAFOR.

La propiedad intelectual de los productos que se generen, a partir del presente proyecto, quedarán registrados ante el Instituto Nacional de Derechos de Autor a nombre de la Comisión Nacional Forestal como propietaria, con reconocimiento a los desarrolladores como autores.

**Lugar de aplicación del proyecto:** Aplicación nacional.

### **Usuarios de los productos:**

La Gerencia del Manejo del Fuego de la Comisión Nacional Forestal será la usuaria principal de los productos de la presente demanda, pero se extiende su aplicación a todos los integrantes del Programa de Manejo del Fuego.

**Tiempo de ejecución:** 36 meses.

**Monto de apoyo aproximado de hasta:** \$ 9.5 millones de pesos

### **Datos de contacto:**

Ing. Alfredo Nolasco Morales  
Gerente del Manejo del Fuego, CONAFOR  
01 3337777000 Ext. 2700  
Correo: [anolasco@conafor.gob.mx](mailto:anolasco@conafor.gob.mx)

### **Referencias bibliográficas:**

Carrillo García R.L., D.A. Rodríguez Trejo, H. Tchikoué, A.I. Monterroso Rivas, and J. Santillan Pérez. 2012. Análisis espacial de peligro de incendios forestales en Puebla, México. *Interciencia* 37(9): 678-683

Castañeda Rojas, M.F., A.R. Endara Agramont, M.L. Villers Ruiz, and G. Nava Bernal. 2015. Evaluación forestal y de combustibles en bosques de *Pinus hartwegii* en el Estado de México según densidades de cobertura y vulnerabilidad a incendios. *Madera y bosques* 21(2): 45-58.

Chiaraviglio N., T. Artés, R. Bocca, J. López, A. Gentile, J. San Miguel Ayanz, A. Cortés, T. Margalef. 2016. Automatic Fire Perimeter Determination Using MODIS Hotspots Information. IEEE 12th International Conference on e-Science (e-Science). Disponible en: <http://www.envcomp.eu/wp-content/uploads/2016/11/PresentacionECW.pdf>

### Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

- Isabel Cruz I., Cuahutle M., Ressler R., Vega-Nieva D.J. 2017. Módulo de mapeo satelital de áreas quemadas en México. Anexo 2. Informe segunda etapa del proyecto CONAFOR-CONACYT 252620 "Desarrollo de un Sistema de Predicción de Peligro de Incendios" Clave 252620
- Freeborn, Patrick H.; Cochrane, Mark A.; Jolly, W. Matt. 2015. Relationships Between Fire Danger And The Daily Number And Daily Growth Of Active Incidents Burning In The Northern Rocky Mountains, USA.
- Jolly, W. Matt; Freeborn, Patrick H. 2017. Towards Improving Wildland Firefighter Situational Awareness Through Daily Fire Behaviour Risk Assessments In The US Northern Rockies And Northern Great Basin. *International Journal of Wildland Fire*. 26: 574-586.
- Morfín Ríos, J.E., E. Alvarado Celestino, E.J. Jardel Peláez, R.E. Vihnanek, D.K. Wright, J.M. Michel Fuentes, C.S. Wright, R.D. Ottmar, D.V. Sandberg, and A. Nájera Díaz. 2007. Fotoseries para la Cuantificación de Combustibles Forestales de México: Bosques Montanos Subtropicales de la Sierra Madre del Sur y Bosques Templados y Matorral Submontano del Norte de la Sierra Madre Oriental. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-XXX. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station
- Monjarás-Vega, N.A. 2018. Mapeado del riesgo de ocurrencia de Incendio por factores humanos. Tesis de Maestría (en proceso). Maestría Institucional de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Preisler, H.K.; Burgan, R.E.; Eidenshink, J.C.; Klaver, J.M.; Klaver, R.W. 2009. Forecasting Distributions of Large Federal-Lands Fires Utilizing Satellite And Gridded Weather Information. *Int. J. Wildland Fire* 2009, 18, 508–516
- Preisler, H.K.; Westerling, A.L.; Gebert, K.M.; Munoz-Arriola, F.; Holmes, T.P. Spatially explicit forecasts of large wildland fire probability and suppression costs for California. *Int. J. Wildland Fire* 2011, 20, 508–517
- Preisler, Haiganoush K.; Riley, Karin L.; Stonesifer, Crystal S.; Calkin, Dave E.; Jolly, Matt. 2016. Near-Term Probabilistic Forecast Of Significant Wildfire Events For The Western United States. *International Journal of Wildland Fire*. 25: 1169-1180.
- Roads, J.; Fujioka, F.; Chen, S.; Burgan, R. Seasonal Fire Danger Forecasts for the USA. *Int. J. Wildland Fire* 2005, 19, 399–414
- Rodríguez-Trejo, D.A., H. Ramírez, H. Tchikoué, and J. Santillán. 2008. Factores que inciden en la siniestralidad de los incendios forestales. *Ciencia Forestal* 33: 37-58.
- Rodríguez-Trejo, D.A., H. Tchikoué, C. Cíntora, R. Contreras, and A. de la Rosa. 2011. Combustibles forestales, peligro de incendio y áreas prioritarias de protección en las zonas afectadas por el huracán Dean. *Agrociencia* 45: 593-608.
- Rodríguez y Silva, F.; Molina Martínez, J.R.; González-Cabán, A. A Methodology for Determining Operational Priorities for Prevention and Suppression of Wildland Fires. *Int. J. Wildland Fire* 2014, 243, 544–554
- Riley, K.; Stonesifer, C.; Calkin, D.; Preisler, H.K. 2015. Assessing predictive services' 7-day fire potential outlook. In *Proceedings of the Large Wildland Fires Conference*, Missoula,

## Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

- MT, USA, 19–23 May 2014; Keane, R.E., Jolly, M., Parsons, R., Riley, K., Eds.; Proc. RMRS-P-73. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station: Fort Collins, CO, USA, 2015; pp. 188–195.
- Román-Cuesta, R.M., J. Retana, and M. Gracia. 2004. Fire trends in tropical Mexico: a case study of Chiapas. *Journal of Forestry* 102:26–48.
- Vega-Nieva, D.J.; Briseño-Reyes, J.; Monjaras N., Calleros-Flores, E.; Nava-Miranda, M.G.; López-Serrano, P.M.; Corral-Rivas, J.J.; Cruz-López, M.I.; Cuahutle, M.; Ressler, R.; Alvarado-Celestino, E.; González-Cabán, A.; Morelli F., Setzer A.; Perez D., Cortes C., Jardel E.; Jiménez, E. 2016. Desarrollo de un Sistema de Peligro de Incendios para Mexico. Vega Nieva, D. 2016. Ponencia Oral en los Foros de Manejo del Fuego CONAFOR en Baja California y Campeche. Marzo 2016. Disponible online en: [http://forestales.ujed.mx/incendios/incendios/pdf/6-VegaD\\_PresentacionForosCONAFORBajaCaliforniayCampeche\\_2016.pdf](http://forestales.ujed.mx/incendios/incendios/pdf/6-VegaD_PresentacionForosCONAFORBajaCaliforniayCampeche_2016.pdf)
- Vega-Nieva, D.J.; Briseño-Reyes, J.; Nava-Miranda, M.G.; Calleros-Flores, E.; López-Serrano, P.M.; Corral-Rivas, J.J.; Montiel-Antuna, E.; Cruz-López, M.I.; Cuahutle, M.; Ressler, R.; Alvarado-Celestino, E.; González-Cabán, A.; Jiménez, E.; Álvarez-González, J.G.; Ruiz-González, A.D.; Burgan, R.E.; Preisler, H.K. 2018. Developing Models to Predict the Number of Fire Hotspots from an Accumulated Fuel Dryness Index by Vegetation Type and Region in Mexico. *Forests* 2018, 9, 190. Disponible en: <http://forestales.ujed.mx/incendios/incendios/pdf/forests-09-00190.pdf>
- Vega-Nieva, D.J.; Nava-Miranda, M.G.; Calleros-Flores, E.; López-Serrano, P.M.; Briseño-Reyes, J.; Corral-Rivas, J.J.; Cruz-López, M.I.; Cuahutle, M.; Ressler, R.; Alvarado-Celestino, E.; González-Cabán, A.; Perez D., Cortes C., Jardel E.; Jiménez, E. 2018 b. Temporal patterns of fire density by vegetation type and region in Mexico and its temporal relationships with a monthly satellite fuel greenness index. *Fire Ecology*. Disponible en: [http://forestales.ujed.mx/incendios/incendios/pdf/4-VegaD\\_et al REV\\_15Feb17\\_FireEcology\\_2017.pdf](http://forestales.ujed.mx/incendios/incendios/pdf/4-VegaD_et al REV_15Feb17_FireEcology_2017.pdf)
- Wildland Fire Assessment System. Disponible en: <https://www.wfas.net/maps/>

**Nombre de la demanda 6:** Desarrollo de un equipo semiautomático para la extracción eficiente de cera de candelilla orgánica (*Euphorbia antisyphilitica*).

### Divisiones de investigación forestal IUFRO:

División 1: Silvicultura

Silvicultura y gestión en las regiones áridas y semiáridas

División 5: Productos Forestales

Productos forestales no madereros

La utilización sostenible de los productos forestales

### Antecedentes:

La candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.), es un recurso forestal no maderable que se distribuye principalmente en el Desierto Chihuahuense, en los estados de Coahuila, Durango, Zacatecas, Chihuahua, Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí. Su aprovechamiento comercial más importante se restringe a los primeros cinco estados, entre los cuales Coahuila destaca como el principal productor de cera de candelilla (De la Garza et al., 1992; De la



### Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

Garza y Berlanga, 1993), debido a que esta especie se distribuye en más del 50% del territorio de ese estado. Se estima que en esos cinco estados productores de cera, existen alrededor de 5,000 productores ubicados en 226 ejidos de 33 municipios, quienes durante el año 2007, obtuvieron una producción aproximada de 1,500 toneladas.

La planta de candelilla es una especie forestal no maderable con casi un siglo de ser explotada para fines comerciales, por lo que su aprovechamiento presenta fuertes repercusiones sociales y económicas en las comunidades de las zonas áridas y semiáridas del norte de México. Su importancia radica en la cera natural que de ella se extrae y esto la hace ser apreciada nacional e internacionalmente. Tiene gran cantidad de usos por ser cera natural y no tóxica al ser utilizada como agente endurecedor de otras ceras y productos sintéticos, fabricación de pulidores y abrillantadores, para el transporte y almacenaje de productos, así como en diversas industrias como la alimentaria, cosmética, eléctrica, mecánica y productora de plástico.

El proceso para la extracción de la cera de candelilla que se ha venido manejando desde hace un siglo aproximadamente es peligroso para el productor y causa daños al medio ambiente, ya que se utiliza el ácido sulfúrico y este es un solvente corrosivo, el cual es desechado sin ningún control, y la metodología es peligrosa por el contacto directo con el proceso (Ochoa *et al*; 2010).

En las zonas áridas y semiáridas de México la producción forestal no maderable cuenta con múltiples problemas, uno de ellos es la falta de modernización en los equipos para el aprovechamiento y transformación de estos productos, donde se hace necesario la búsqueda de mejores herramientas y equipo de trabajo que permita hacer eficiente el procesamiento de la materia prima y la obtención de buenos rendimientos en menor tiempo, además de la calidad del producto que el mercado requiere.

La recolección de la planta de candelilla para la obtención de la cera, ha sido una de las actividades económicas más importantes en ciertas regiones del norte de la República Mexicana, el principal estado donde se lleva a cabo esta actividad es Coahuila en los municipios de Ocampo, Cuatrociénegas y Sierra Mojada (CENAMEX, 2006). Muchos recolectores de la región norte del país dependen económicamente de esta actividad.

La metodología de extracción de la cera de candelilla se lleva a cabo mediante un método arcaico que se ha venido utilizando desde hace más de un siglo, el cual consiste en la inmersión de la planta en soluciones de ácido sulfúrico, el cual sigue vigente sin menores cambios (Foroughbakhch *et al.*, 2010). Se utilizan grandes cantidades de dicho ácido a concentraciones del 0.3 % aproximadamente, lo que ocasiona problemas de salud por la respiración de gases tóxicos, quemaduras en la piel entre los productores y contaminación ambiental por verter los desechos al suelo (De Leon-Zapata, 2008).

Para la extracción de la cera se emplean recipientes de hierro denominadas “pailas”, con una capacidad aproximada de 500 litros de agua acidificada, las cuales se llenan al 85% de la capacidad de la paila con el objetivo de dejar espacio para la planta, después se procede a un calentamiento mediante fuego directo hasta el punto de ebullición usando las plantas escaldadas anteriormente que se dejaron secar al sol. Una vez llegando al punto de ebullición del agua se le agrega más ácido sulfúrico para desprender la cera, la cual flota en forma de espuma y se recupera con un instrumento denominado espumadera, posteriormente la cera se vuelve a calentar en el cortador para eliminar impurezas y finalmente el cerote se deja enfriar para solidificar a temperatura ambiente aproximadamente 12 horas, después la cera

## Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

endurecida se fragmenta mediante una técnica de golpeo en trozos grandes de fácil manipulación y de esta manera es como se vende al acopiador.

### Justificación

La recolección para la obtención de cera de candelilla, es una de las actividades económicas más importantes en el noreste de México, de forma más específica, en la denominada región candelillera. Sin embargo, desde 1914 se utiliza el mismo método de extracción diseñado por los señores Borrego y Flores, el cual incluye el uso de ácido sulfúrico en altas concentraciones, lo cual genera contaminación al medio ambiente, provoca daños a la salud y reduce la calidad del producto, el cual pasa después por un proceso de filtrado y blanqueo (Rojas-Molina et al., 2011).

De León-Zapata (2008) propuso una tecnología alterna, en la que sustituye al ácido sulfúrico por ácido cítrico, como extractor, este agente presenta la característica de no emitir gases tóxicos. El autor redujo la concentración de ambos ácidos y obtuvo rendimientos similares, característica que hace eficiente el proceso alterno. Con respecto a las características físicas y químicas, consignó que, no existe diferencia en la estructura física entre las ceras extraídas por las dos metodologías (tradicional y alterna), pero con ácido cítrico se reduce el contenido de impurezas en un 25 %. Por tanto, el nuevo proceso extractivo es una opción viable, ya que mejora la calidad y las condiciones en las que se lleva a cabo la actividad.

Se han hecho algunos esfuerzos por sustituir el uso del ácido sulfúrico en las décadas pasadas, sin embargo no fue sino hasta el año 2010 que la Universidad Autónoma de Coahuila con apoyo del Fondo Sectorial CONACYT-CONAFOR desarrolló un método eficaz para la extracción de cera de candelilla con ácidos orgánicos, sustituyendo así el uso de ácido sulfúrico en el proceso.

Sin embargo, hasta la fecha no ha existido ningún esfuerzo por modernizar los actuales equipos de extracción, lo cuales además de ser implementos arcaicos requieren de un gran esfuerzo y tiempo para el candelillero en realizar el proceso de extracción de cera de candelilla al realizar en el cargado y descargado de la planta de candelilla a la hora de la “quema”, además de la continua exposición a los gases desprendidos de la paila y el riesgo constante a sufrir graves quemaduras.

Es por ello que este proyecto representaría el primer esfuerzo en su tipo para modernizar los actuales equipo de extracción por el diseño de un verdadero equipo cerrado, semiautomático y continuo para la extracción de la cera de candelilla; que permita disminuir el tiempo del proceso de extracción, el esfuerzo de cargado del equipo con uno de alimentación continua utilizando ácidos orgánicos, haciendo finalmente un equipo eficiente y destinado exclusivamente para la extracción de cera de candelilla orgánica; el cual contemple un verdadero proceso de alimentación continua de la planta, desprendimiento de la cera en forma de espuma y recuperado de la misma a través de un proceso continuo y semiautomático.

Por otro lado el diseño del equipo deberá contemplar y estar adaptado a las condiciones de operación de los candelilleros, por lo que las fuentes de energía a utilizar deberán ser las mismas que las actuales (hierba de candelilla agotada) o alguna otra que no implique un gasto adicional para el productor; considerando de igual forma el uso eficiente del agua; ya que al ser este un recurso escaso en las zonas semiáridas, deberá ser un factor de gran importancia a considerar en el diseño y funcionamiento del equipo. Además de todo lo anterior la institución que diseñe el equipo mencionado deberá de evaluar la pertinencia de

### Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

que dicho equipo sea fijo o móvil; así como también, que dicho equipo pueda ser utilizado en espacios cerrados y/o al aire libre.

#### Objetivo general:

Desarrollar un equipo semiautomático para el proceso de obtención de cera de candelilla que permita ser más eficiente el proceso de extracción y refinamiento, innovando los actuales equipos existentes, para mejorarlas actuales condiciones de operación, que disminuya los tiempos de extracción y sea más seguro para el operador.

#### Objetivos específicos:

1. Identificar los equipos y métodos existentes para la extracción de cera de candelilla, obteniendo información sobre costos, características, durabilidad y condiciones de existencia.
2. Diseñar, construir y validar un equipo microindustrial semiautomático para la extracción eficiente de cera de candelilla con ácidos orgánicos que pueda ser escalable para aumentar su volumen de producción y diseñado para la operación de los productores rurales en sus comunidades.
3. Divulgar los resultados a los productores dedicados al manejo y aprovechamiento de la planta de candelilla.

#### Productos esperados:

Producto 1	Subproductos que conforman la demanda
Documento descriptivo con información sobre la tecnología existente, métodos identificados, comparativo entre los equipos y su funcionamiento.	Comparativo entre los métodos de extracción y equipos identificados en literatura y en campo para la extracción de cera de candelilla utilizados anteriormente hasta la actualidad, analizando diseño, medidas, rendimientos, operación, durabilidad, costos de producción, lo anterior para identificar y obtener un primer bosquejo del funcionamiento y equipo a diseñar con características a mejorar. Resultado del diagnóstico de campo obtenido de entrevistas, encuestas, cuestionarios, etc. a productores referente a: 1) equipos utilizados, 2) métodos de extracción, 3) producción por temporada, 4) visión de cambio, 5) afectaciones en la salud, 6) empresas compradoras de cerote, 7) precio por kg, 8) entre otros.
Producto 2	Subproductos que conforman la demanda
Documento: Diseño del equipo semiautomático a desarrollar, la tecnología utilizada y su impacto en el producto final.	Información técnica que describa el desarrollo de la nueva tecnología para la extracción de cera de candelilla, indicando su funcionamiento, rendimientos, tiempos en el proceso de extracción, medidas, peso, material de construcción, costos de producción, entre otros. Documento que presente las mejoras de la cera con la utilización del nuevo diseño como por ejemplo: calidad, pureza, eliminación de impurezas, dureza, contracción, entre otros. Documento que contenga el diseño de la propuesta del equipo de extracción de cera que contenga especificaciones de materiales a utilizar y sus partes, para mejorar el rendimiento y durabilidad (Formato PDF). Diseños y maqueta a escala del equipo a construir.

**Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2**

<b>Producto 3</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Equipo microindustrial semiautomático para la extracción de cera de candelilla.	<p>Construcción del equipo microindustrial para la extracción eficiente de cera de candelilla con ácidos orgánicos. Propuesta de ácidos orgánicos a utilizar, rendimientos, precio, comercializadoras, etc. Documento que contenga la propuesta de especificaciones de materiales del prototipo. (Formato PDF). Documento que contenga el diseño del o los aditamentos del prototipo. (Formato PDF). Equipo funcional a nivel microindustrial validado (incluye informe del proceso de validación en campo del equipo, Análisis de la calidad de la cera obtenida del equipo diseñado, estimación del costo de producción del equipo diseñado. Manual de operación y mantenimiento del equipo microindustrial. Solicitud de Registro de diseño Industrial ante el IMPI del prototipo microindustrial.</p>
<b>Producto 4</b>	<b>Subproductos que conforman la demanda</b>
Demostración de la tecnología para la socialización del nuevo equipo	Dos eventos demostrativos de la tecnología con productores cooperantes del proyecto en Coahuila y Zacatecas.

**Lugar de aplicación del proyecto:**

Los estados donde se aprovecha la planta de candelilla dentro del Proyecto de Desarrollo Sustentable para las Comunidades rurales de Zonas semiáridas (Regiones Norte-Mixteca) que son Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León y Zacatecas.

**Usuarios de los productos:**

La Gerencia de Fomento a la Producción Forestal Sustentable de la CONAFOR, productores de cera de candelilla, Dependencias de Gobierno Federal como la Comisión Nacional de Zonas Áridas, los Gobiernos de los Estados y Municipios.

**Tiempo de Ejecución:** 18 meses.

**Monto de apoyo aproximado de hasta:** \$ 3.00 millones de pesos

**Datos de contacto:**

Ing. Luis Antonio Aceves Montaña  
Subgerente de Silvicultura y Manejo Forestal, CONAFOR  
Tel. 01 3337777000 Ext. 2312  
Correo: [laceves@conafor.gob.mx](mailto:lanceves@conafor.gob.mx)

Ing. José Antonio Pérez Ledezma.  
Departamento de Aprovechamiento Forestal No Maderable, CONAFOR.  
Tel. 01 3337777000 Ext. 2339  
Correo: [perez.antonio@conafor.gob.mx](mailto:perez.antonio@conafor.gob.mx)

**Referencias Bibliográficas**

CENAMEX. 2006. Ceras naturales mexicanas SA de CV. Boletín informativo, impreso en México.

## Anexo: Demandas específicas del sector 2018-2

De la Garza De la P., F. E. y C. A. Berlanga R. 1993. Metodología para la evaluación y manejo de candelilla en condiciones naturales. Folleto técnico No. 5. SARH-INIFAP-CIRNE. Campo Experimental La Saucedá. Saltillo, Coahuila, México. 46 p.

De la Garza De la P., F. E., C. A. Berlanga R. y F. J. Tovar V. 1992. Guía para el establecimiento y manejo de plantaciones de candelilla. Folleto divulgativo No. 2. SARH-INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Saltillo, Coahuila, México. 14p.

De León-Zapata M. 2008. Mejoras tecnológicas al proceso de extracción de cera de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* zucc.). Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Edo. de Coah. 58 p.

FAO. 1995. Memoria–Consulta de expertos sobre productos forestales no madereros para América Latina y el Caribe. Serie forestal N° 1. Dirección de Productos Forestales, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile.

FAO, Comisión Europea. 2002. Monografía de Países: Volumen 5. Estado de la información forestal en Colombia. En FAO, Información y Análisis para el manejo forestal sostenible: Integrando esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países tropicales en América Latina (pág. 252 pag.). Santiago, Chile. FAO.

Falconer, J. 1996. Developing research frames for non-timber forest products: experience from Ghana. In: M. Ruiz-Pérez y J. E. M. Arnold (Eds.) Current issues in non-timber forest products research. Centre for International Forestry Research, Bogor, Indonesia. P. 143-160.

Foroughbakhch P., R., M. A. Alvarado V., J. L. Hernández P., J. P. Serna O. y Ma. de la L. Flores del Á. 2010. Propagación vegetativa de candelilla (*Euphorbia antisyphilitica* Zucc.) en zonas áridas del estado de Coahuila. In: Memoria del VII Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas. Hermosillo, Son. México. pp. 26-47.

Ochoa R. E., Saucedo P. S, de la Garza H, Martínez D. G., Rodríguez R y Aguilar G. C. N. 2010. Extracción tradicional de cera de *Euphorbia antisyphilitica*. Volumen 2. Número 3. Revista científica de la Universidad Autónoma de Coahuila.

Rojas-Molina, R.; Saucedo-Pompa, S.; De León Zapata, M. A.; Jasso Cantú, D.; Aguilar N, C. 2011. Pasado, Presente y Futuro de la Candelilla. Rev. Mex. Cien. For. Vol. 2. Num. 6.

Tapia T., Estrella del C. y R. Reyes Ch. 2008. Productos forestales no maderables: Aspectos económicos para el desarrollo sustentable. Madera y Bosques. 4(3): 95-112.