

ANEXO. DEMANDAS ESPECÍFICAS DEL SECTOR 2016-3

1. Sitios de Monitoreo Intensivo del Carbono en Ecosistemas Forestales Estratégicos de México

Divisiones de investigación forestal IUFRO

- 1. Bosque de Evaluación, Modelación y Gestión**
- 2. Medio Ambiente Bosque**
- 3. Política y Economía Forestal**

Introducción

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) contempla en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable artículo 45 fracción V la cuantificación de los recursos forestales, que incluya la valoración de los bienes y servicios ambientales que generen los ecosistemas forestales, así como los impactos que se ocasionen en los mismos.

Entre sus principales líneas de acción se encuentra el diseño e implementación de un sistema nacional para la Medición, Reporte y Verificación (MRV) de los flujos de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del sector forestal. La finalidad de este sistema es el proveer estimaciones transparentes, consistentes, comparables, completas y exactas, que den certidumbre al reporte de emisiones de GEI derivadas de perturbaciones, tanto naturales como antropogénicas, así como de acciones de mitigación como la reducción de la deforestación y degradación forestal, la conservación de la biodiversidad y manejo forestal sustentable (REDD+).

Entre las consideraciones para apoyar la evaluación de las acciones REDD+, es la integración de información sobre emisiones y remociones de GEI derivada de diferentes escalas de espacio y tiempo (Birdsey *et al.* 2013). Para ello, se necesitan realizar esfuerzos para la prueba de enfoques de medición y monitoreo de los reservorios y flujos de carbono a nivel sub-nacional, regional, y local, con el fin de reducir de forma costo-efectiva la incertidumbre de las estimaciones nacionales y, en la medida que sea práctico para el país, avanzar hacia el nivel de reporte de emisiones de GEI con menor incertidumbre o Tier 3 (IPCC 2003).

Desde el 2012 la CONAFOR coordina un esfuerzo dirigido a proveer elementos clave para el desarrollo de un MRV multi-escala (tiempo y espacio), mediante la formación de la Red Mexicana de Sitios de Monitoreo Intensivo del Carbono (Mex-SMIC). En dicha red, participan integrantes de gobierno (nacional e internacional), universidades, centros de investigación, organizaciones no gubernamentales (ONG), ejidos y comunidades. El propósito es fortalecer al sistema de monitoreo

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



nacional forestal mediante la generación de conocimiento en ecosistemas forestales estratégicos del país, que atienda a las necesidades de información sobre el ciclo del carbono en México y sobre el potencial que tienen este tipo de ecosistemas para mitigar el cambio climático (Olguín *et al.* 2015). La información es generada conforme a lineamientos internacionales, como los del grupo de expertos sobre cambio climático (IPCC en Inglés), reforzando desarrollo científico y tecnológico nacional, mediante la compilación e integración de información derivada de inventarios forestales, teledetección, datos de perturbación, mediciones de flujos de GEI en la interfaz atmósfera-vegetación, y la modelación ecosistémica (Mex-SMIC 2016).

La presente demanda describe actividades y productos que atienden de forma novedosa e integrada al Programa Nacional Forestal (PRONAFOR 2013-2018) objetivo cinco promover y propiciar un marco institucional facilitador del desarrollo forestal sustentable, sobre el fortalecimiento del sistema de monitoreo nacional forestal, como aquellos orientados a fortalecer el desarrollo de capacidades locales, el incremento de la producción y productividad forestal sustentable, además de impulsar la conservación y restauración de ecosistemas forestales.

Antecedentes

Desde su formación en el 2012 hasta la fecha, los esfuerzos de la Red Mex-SMIC se han centrado en la selección y establecimiento de áreas en las cuales se puedan probar diferentes enfoques para la medición detallada de la dinámica del carbono desde escalas locales hasta nivel de paisaje. En este proceso se han generado convenios de colaboración multi-institucionales, protocolos para la colecta y análisis de datos, bases de datos compatibles con el sistema de monitoreo nacional, talleres de capacitación y diversos tipos de publicaciones. A continuación se describe con más detalle los principales logros alcanzados en esta fase de establecimiento de la red.

a) Creación de una plataforma de colaboración.

Se han firmado diversos convenios de colaboración para el establecimiento y operación de sitios de monitoreo intensivo de carbono (SMIC), los cuales han tenido un énfasis en la colaboración interinstitucional con gobierno federal, academia y ONGs (Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur de la Comisión Nacional Forestal- CONAFOR, Colegio de Postgraduados – COLPOS, Centro de Investigación Científica de Yucatán –CICY, El Colegio de la Frontera Sur – ECOSUR, Uyoolche, A.C., Instituto Tecnológico de Sonora –ITSON, Universidad de Delaware – UD) y la cooperación internacional (i.e. Servicio Forestal de los Estados Unidos – USFS, Programa SilvaCarbon, Gobierno de Noruega, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD).

Así mismo, se han realizado esfuerzos de coordinación con otras instituciones de gobierno (CONABIO, CONANP) y con otras redes de investigación afines (MexFlux, Programa Mexicano del Carbono - PMC). Además, se ha generado el espacio para que otras agencias como el Programa Internacional del USFS, el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C., ProNatura A.C., la Alianza México-REDD+, The Nature Conservancy, Nature and Culture International, y la Comisión de Cooperación Ambiental, colaboren hacia la generación de capacidades para la conservación de los ecosistemas forestales mexicanos y el avance del conocimiento científico para entender la dinámica y el papel que juegan los ecosistemas de México en el contexto de cambio climático global.



b) Selección de áreas e infraestructura en los SMIC

En México, la Red Mex-SMIC tiene cinco sitios iniciales, localizados en paisajes considerados estratégicos por su importancia ecológica, la escases en la información disponible (CONABIO 2000), el interés como áreas de Acción Temprana REDD+ establecidas por CONAFOR (CONAFOR 2015), o de incremento a la productividad forestal (CONAFOR 2013). Los sitios se caracterizan por un mosaico de condiciones del bosque y actividades de perturbación que van desde bosques conservados, bosques bajo producción silvícola sustentable, en regeneración después de perturbaciones naturales (e.g. huracanes e incendios) o por abandono de milpas o extracción selectiva de madera. Por ejemplo, el SMIC-Hidalgo se encuentra en un bosque de coníferas, el cual ha estado bajo producción maderable con prácticas de silvicultura sostenible desde la década de 1980. Dos sitios están ubicados en la Península de Yucatán (SMIC-Yucatán, SMIC-Quintana Roo), representando una gama de tipos de bosques y tipos de intervención humana. La posibilidad de contar con estos sitios en la Península de Yucatán, ha permitido una mejor comprensión tanto de eventos meteorológicos extremos que afectan la dinámica de carbono a escala regional por ubicarse en un gradiente de precipitación y temperatura. Dos nuevos sitios se establecieron en el 2015, uno se localiza en un manglar arbóreo en la costa de Chiapas, afectado principalmente por incendios y obras que modifican la circulación natural de los ríos que desembocan al mar y el otro representa un gradiente de estados sucesionales del bosque tropical seco en la vertiente del Pacífico en Sonora, donde la influencia del monzón de Norteamérica determina la variación interanual en la productividad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Sitios de monitoreo intensivo constituidos como parte de la Red Mex-SMIC.

SMIC	Tipo de bosque y condición	Perturbación dominante	Componentes	Institución responsable
Chiapas	Manglar en Reserva de la Biósfera	Extracción selectiva, incendios y asolvamiento	8 conglomerados tipo INFyS, LiDAR, imágenes Landsat, MODIS, Radar, Torre de Covarianza de Vórtices	ECOSUR, UD
Hidalgo	Coníferas en bosques productivos ejidales	Producción maderable	40 conglomerados, LiDAR, imágenes Rapid Eye y Landsat, Torre de Covarianza de Vórtices	COLPOS
Quintana Roo	Tropical subperennifolio en área de protección y manejo comunitario	Agricultura itinerante, extracción de madera	32 conglomerados, LiDAR, imágenes Rapid Eye y Landsat	U'yoolche A.C.
Yucatán	Tropical subcaducifolio en área de conservación privada	Agricultura itinerante, pastoreo	32 conglomerados, LiDAR, imágenes Rapid Eye, y Landsat, Torre de Covarianza de Vórtices	CICY
Sonora	Tropical caducifolio en área de conservación privada dentro de Reserva de la Biósfera	Pastoreo, extracción de madera	24 conglomerados, LiDAR, imágenes Landsat y MODIS, Torre de Covarianza de Vórtices	ITSON

En todos estos sitios la infraestructura básica consiste de parcelas permanentes de medición forestal compatibles con el diseño básico del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFYS) de la CONAFOR, así como información satelital de diferentes resoluciones espaciales y temporales (e.g. LiDAR, Rapid Eye, Landsat), dentro de un área de 3 km x 3 km. Además, cuatro de los cinco sitios cuentan con todo el equipo necesario para la medición de flujos de carbono entre la atmósfera y el ecosistema con la técnica de covarianza de vórtices.

c) Generación y divulgación del conocimiento sobre el ciclo del carbono

En la era del Big Data se ha hecho una aportación importante hacia el desarrollo de criterios técnicos para buenas prácticas en la colecta, en el procesamiento y análisis de datos recabados con metodologías y escalas de integración contrastante (i.e. dasometría, materia orgánica en descomposición y suelo, caída de hojarasca, determinaciones del carbono en laboratorio, sensores remotos, covarianza de vórtices y modelos ecosistémicos; Méx-SMIC 2016). El conocimiento generado mediante el uso de estos protocolos ha resultado en reportes técnicos por tipo de ecosistema analizado en cada sitio, tesis de licenciatura y posgrado, artículos científicos, de divulgación, y memorias de congresos (ver Anexo 1). Si bien la mayoría de las publicaciones tienen como objetivo acrecentar el conocimiento sobre el ciclo del carbono en México, algunas incluyen temas con relevancia para el desarrollo de sistemas nacionales de monitoreo, la conservación de la biodiversidad o la mitigación del cambio climático.

d) Bases de datos y factores de emisión consistentes con INFYS

La información que ha colectado la Red Méx-SMIC posee mayor detalle sobre las estimaciones de los almacenes del carbono y sus cambios (flujos) en comparación con las del sistema MRV nacional basadas en el INFYS. Por ejemplo, en los SMIC, los cambios del contenido del carbono en biomasa aérea se estiman de la medición de todos los árboles dentro de las parcelas de 400 m², los cuales son marcados y re-medidos anualmente; mientras que en el INFYS, estos cambios se calculan de mediciones de árboles a nivel de la parcela de 400 m² (no se marcan los árboles), cada 5 años. Sin embargo, toda la información colectada en los SMIC es compatible con la lógica de las bases de datos del INFYS. Por ello, como parte del sistema nacional forestal, la Red Mex-SMIC ha contribuido con datos a la base nacional de Factores de Emisión para bosques de coníferas del estado de Hidalgo, y para las selvas bajas y medianas de la Península de Yucatán. Para revisar la base de Factores de Emisión se puede consultar la página del Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur <http://mrv.cnf.gob.mx/index.php/es/mrv-m/areas-de-trabajo/factores-de-emision.html>.

e) Acuerdos sobre acceso y uso justo de la información

La Red Mex-SMIC estableció desde sus inicios en mayo del 2012, criterios respecto al acceso y uso justo de la información que generan los sitios. Los acuerdos tienen la intención de fomentar una estrecha colaboración entre los miembros de la red, además de fomentar que otros usuarios (externos a la red) se beneficien de la información generada y ayuden en la generación de nuevos análisis de los datos originales. Entre los principales acuerdos están:

1.- Todos los datos e información generados por la Red Mex-SMIC estarán disponibles sus miembros, considerando que el especialista responsable de la investigación sea contactado vía correo electrónico para los siguientes temas:

- a) Informarle sobre el uso que se le dará en una nueva investigación.
- b) Confirmar que las bases de datos/información están actualizadas y así evitar una mala interpretación o uso.
- c) Darle oportunidad de que haga una aportación intelectual al nuevo estudio.
- d) Indicar la forma en que debe citarse la información a emplear, en caso que ésta aún no se haya publicado.
- e) Evitar que el nuevo estudio compita con la investigación no publicada del especialista responsable, en cuyo caso el usuario deberá esperar a que el trabajo sea sometido a publicación en un plazo de uno a dos años, dependiendo de la investigación, una vez concluida la colecta de los datos.

2.- Acceso a los datos e información para usuarios externos a la Red:

- a) Una vez realizado el control de calidad a las bases de los datos, estos se pondrán a disposición de cualquier usuario que la solicite vía la CONAFOR. Las bases de datos tendrán asociado un archivo metadato en el cual se indicará la información de contacto del especialista responsable, así como los insumos y métodos empleados en su elaboración.
- b) Los usuarios deberán registrarse en un directorio de la CONAFOR para dar seguimiento al uso de los datos y de la información generados por la Red Mex-SMIC, y fomentará su participación con los especialistas de la red en el desarrollo de nuevas investigaciones.
- c) Se enviará una copia a la CONAFOR y a la Red Mex-SMIC de las publicaciones derivadas de los datos e información producida por la Red.

Justificación

Institucionalmente, en México, el sistema de medición y monitoreo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se basa en la combinación de un Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFYS; CONAFOR 2013) e información de cambios en la cobertura vegetal basado en productos satelitales de alta resolución (Gerbhart *et al.* 2014). Sin embargo, la información generada por este sistema presenta retos para estimar con baja incertidumbre los flujos anuales de GEI por cambios en los cinco reservorios de carbono forestal considerados por el IPCC (p.ej. Biomasa aérea y subterránea, mantillo, madera muerta, y carbono orgánico en el suelo) y su relación con diversos procesos de perturbación natural o antropógena. Esta información es aún más limitada cuando se requiere de estimaciones a nivel sub-nacional, regional, o local, las cuales corresponden a su vez a la escala de implementación de varias de las actividades REDD+. Una aproximación para resolver estos retos es la selección de áreas para el monitoreo intensivo del carbono, en las cuales se puedan probar diferentes enfoques y herramientas para la medición detallada de la dinámica del carbono en distintas escalas para que la información generada pueda relacionarse con procesos que ocurren a escala de paisaje o región (Birdsey *et al.* 2013). Es bajo este contexto que el propósito de la Red Mex-SMIC es la generación e integración de información sobre la dinámica del carbono a diferentes escalas espacio-temporales (Olguín *et al.* 2015; Mex-SMIC 2016).

La Red Mex-SMIC busca aportar elementos innovadores al estar conformada por universidades y centros de Investigación, grupos sociales y gobierno, además de colaboradores internacionales. La

sofisticación tecnológica y organizacional de los SMIC permite, además de generar conocimiento básico sobre el funcionamiento de ecosistemas estratégicos de México, relacionar de manera explícita investigación aplicada (p.ej. REDD+) con el sistema nacional de monitoreo forestal que opera la CONAFOR y es compromiso internacional de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. Los SMIC son centros de intercambio de información, de transferencia de diversos tipos de tecnología, de educación y entrenamiento para estudiantes, técnicos y personal gubernamental relacionado con la gestión de ecosistemas forestales. Finalmente, toda la información generada en cada sitio de monitoreo se basa en protocolos estandarizados para la colecta y análisis de información, compatibles con lineamientos como el del IPCC (2003, 2006), para apoyar al cumplimiento de compromisos nacionales e internacionales sobre la contabilidad y la reducción de las emisiones del CO₂ y otros GEI (p.ej. CMNUCC, FCPC).

Objetivos

Objetivo general

Fortalecer al sistema nacional de monitoreo forestal mediante la evaluación intensiva de sitios permanentes de medición del carbono que genere estimaciones con baja incertidumbre de la dimensión y aspectos dinámicos de los flujos y reservorios de carbono en bosques estratégicos de México que permitan determinar el potencial de mitigación del cambio climático del sector forestal dentro del USCUS.

Objetivos específicos

- 1) Caracterizar la dinámica espacio-temporal de los cambios en los reservorios y los flujos del carbono en ecosistemas estratégicos de México, bajo diferentes esquemas de conservación y manejo.
- 2) Establecer áreas forestales que sean utilizadas como referente para calibrar y validar enfoques de monitoreo basadas en plataformas satelitales, torres de flujos, modelos ecosistémicos e inventarios forestales y de suelos (nacional, estatal o municipal).
- 3) Generar Factores de Emisión regionales con bajo nivel de incertidumbre para ecosistemas forestales estratégicos de México que contribuya al Sistema Nacional de Monitoreo Forestal de Gases de Efecto Invernadero.
- 4) Actualización de protocolos estandarizados existentes con el fin de mejorar las prácticas de colecta de información y estimación de parámetros para reducir incertidumbre. Así como su divulgación a las autoridades correspondientes.
- 5) Fomentar buenas prácticas para el intercambio de la información generada conforme a reglas sobre acceso y uso justo de datos.
- 6) Fortalecer esquemas de capacitación y formación de capital humano, dentro y fuera de la red, que sean capaces de coleccionar información sistemáticamente, integrar resultados de distintas fuentes de información y transferirla para la mejora de la toma de decisiones.
- 7) Generar y probar prácticas silviculturales para maximizar el aprovechamiento del potencial productivo de los ecosistemas forestales (particularmente en donde ya exista un manejo forestal, como en los SMIC de Hidalgo y Quintana Roo).

8) Generar información para identificar y cuantificar los servicios ambientales y actividades potenciales de mitigación al cambio climático, asociados a la dinámica del carbono en los ecosistemas forestales seleccionados.

Productos esperados y metodología de la demanda específica

Con base en los objetivos específicos los productos a entregar se dividen en ocho objetivos, los cuales a su vez contienen sub-productos que deberán entregarse en un plazo no mayor a los treinta y seis meses planteados como duración de la presente demanda.

Objetivos	Productos
<p>Objetivo 1. Caracterizar la dinámica espacio-temporal de los cambios en los reservorios y los flujos de carbono en ecosistemas estratégicos de México, bajo diferentes esquemas de conservación y manejo.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Un reporte técnico (estudios de caso) por SMIC con la información analizada e interpretada de las estimaciones (con nivel de incertidumbre) de los cambios en cada uno de los 5 reservorios de carbono considerados en las Guías de Buenas prácticas de IPCC (1. biomasa aérea, 2. mantillo, 3. madera muerta, 4. biomasa subterránea, 5. carbono orgánico en el suelo) y la variabilidad de flujos de carbono entre el bosque y la atmósfera (emisiones y absorciones de GEI). Asociado a cada reporte técnico, se incluirán bases de datos y mapas con información integral de las distintas mediciones, documentados bajo esquemas de control de calidad establecidos en la Guías de Buenas Prácticas para la cuantificación de incertidumbre, así como el reporte de inventarios de GEI, del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC 2003, 2006). 2. Documento de análisis sobre la sensibilidad del flujo del carbono en ecosistemas estratégicos en función de la variabilidad climática estacionalidad e interanual. 3. Documento de análisis y listado de especies vegetales con mayor capacidad de almacenamiento de carbono y otros atributos deseables para la adaptación al cambio climático. 4. Documentos de referencia para planes o estrategias de restauración forestal y de suelos que describan la variación de atributos estructurales, funcionales y de biodiversidad en distintos estados sucesionales de los ecosistemas representados en los SMIC.
<p>Objetivo 2. Establecer áreas forestales que sean utilizadas como referente para calibrar y validar enfoques de monitoreo basados en plataformas satelitales, torres de flujos, modelos ecosistémicos e inventarios forestales y de suelos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estudios de caso en los sitios de Yucatán, Hidalgo y Sonora, que muestren las metodologías y resultados que relacionan las mediciones de campo con información de sensores remotos (LiDAR, imágenes de satélite), datos de actividad y flujos ecosistémicos de torres que permitan realizar estimaciones de emisiones y remociones de carbono a nivel de paisaje. 2. Consolidación de cinco áreas forestales con conglomerados tipo INFYS, instrumentadas y operando bajo enfoque de monitoreo multiescala a largo plazo que permitan aportar de insumos a estrategias y programas como ENAREDD+, ENAIROS, PRONAFOR, entre otros. 3. Diseño e implementación de protocolos en dos nuevos sitios intensivos, en función de requerimientos de información de la CONAFOR sobre la dinámica del carbono en ecosistemas específicos (p.ej.. bosques secos del Pacífico o matorrales, selva mediana, plantaciones forestales comerciales tropicales) que adopten las estrategias de monitoreo intensivo del carbono multi-escala y de largo plazo.
<p>Objetivo 3. Generar Factores de Emisión regionales con bajo nivel</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bases de datos con factores de emisión asociados a las distintas actividades en los bosques (p.ej. deforestación, manejo forestal,

<p>de incertidumbre para ecosistemas forestales estratégicos de México que aporte solidez de datos al Sistema Nacional de Monitoreo Forestal de Gases de Efecto Invernadero.</p>	<p>incendios, perturbaciones crónicas como pastoreo y extracción de madera, y eventos climáticos extremos) considerando los cambios en los 5 reservorios de carbono y su potencial variación temporal.</p> <ol style="list-style-type: none"> Manual para la generación de factores de emisión en bosques Mexicanos considerando los cambios en los distintos reservorios del carbono, a partir de datos de parcelas permanentes de medición y torres de covarianza de vórtices. Actualización continua de documentos de análisis comparativo sobre el uso de factores de emisión nacionales vs. los específicos generados para cada SMIC y publicados en la página de Internet de CONAFOR.
<p>Objetivo 4. Evaluar y elaborar protocolos estandarizados con el fin de mejorar las prácticas de colecta y estimación para reducir incertidumbre.</p>	<ol style="list-style-type: none"> Actualización y mejora de protocolos de colecta, procesamiento y análisis de la información generada en los conglomerados de los SMIC para adaptar situaciones particulares y de cambio de los sitios Protocolos para la integración de información sobre la dinámica del carbono derivada de los conglomerados, sistemas de intercambio de gases, sensores remotos y modelos, considerando la propagación de incertidumbre de las estimaciones generadas en las diferentes escalas espaciales y temporales. Documento con recomendaciones metodológicas costo-efectivas enfocadas en la mejora del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) y los inventarios forestales estatales en donde se encuentran los SMIC.
<p>Objetivo 5. Fomentar buenas prácticas para el intercambio de la información generada conforme a reglas sobre acceso y uso justo de datos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> Documento: Procedimientos para la apropiada documentación de las bases de datos de los SMIC con lineamientos claros para que los usuarios dentro y fuera de la Red accedan a las bases de datos calificadas y actualizadas, validado por CONAFOR. Vincular un repositorio electrónico a las bases de datos del sistema nacional de monitoreo forestal de fácil acceso para la información generada en los SMIC que permita generar estadísticas de uso de la información en la infraestructura informática de la CONAFOR
<p>Objetivo 6. Fortalecer el capital humano, dentro y fuera de la red, que sean capaces de coleccionar información sistemáticamente, integrar resultados de distintas fuentes de información y transferirla para la mejora de la toma de decisiones.</p>	<ol style="list-style-type: none"> Formación de cuadros especializados para la asimilación y manejo de datos de la estrategia multiescala para la estimación de reservorios y flujos del carbono en el largo plazo. Generar un esquema de capacitación virtual y presencial a través de talleres semestrales para armonizar las habilidades técnicas e infraestructura de los distintos SMIC basándose en las habilidades y fortalezas detectadas en cada sitio en coordinación con el Centro de Excelencia Virtual en Monitoreo Forestal en CONAFOR. Un foro anual de transferencia de conocimiento/métodos entre el grupo de trabajo y personal de las áreas usuarias de CONAFOR y otras instituciones. Un diplomado con validez curricular para la capacitación virtual definido en coordinación con el Centro de Excelencia Virtual en Monitoreo Forestal en la CONAFOR que permita la correcta implementación de técnicas y metodología para el monitoreo intensivo. Visitas técnicas de verificación (por lo menos diez) durante la vigencia del proyecto. Organización de un simposio anual temático en monitoreo intensivo ligado a las acciones de la CONAFOR. Un directorio de especialistas e instituciones en temas relacionados con el monitoreo de la dinámica de carbono en ecosistemas forestales. Un taller anual de capacitación de personal (estudiantes, técnicos,

	<p>ejidatarios) en la medición de carbono en productos forestales así como en el monitoreo de los flujos de carbono y la biodiversidad.</p>
<p>Objetivo 7. Generar y probar prácticas silviculturales para maximizar el aprovechamiento del potencial productivo de los ecosistemas forestales.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis de tasas de crecimiento, reclutamiento y mortalidad de especies forestales asociadas a la aplicación de prácticas silviculturales enfocado a la dinámica del carbono, utilizando insumos de modelos biométricos propios y de proyectos similares concluidos e información disponibles para los ecosistemas representados en los SMIC. 2. Documento de análisis de la diversidad de especies y aspectos funcionales relacionados con la captura y almacenamiento del carbono, considerando los impactos de los sistemas de manejo forestal sobre la conservación de la biodiversidad en el área de influencia de los SMIC como estrategia de mitigación del cambio climático. 3. Documento de análisis económico de alternativas silvícolas para determinar el potencial del manejo forestal como estrategia de mitigación del cambio climático en los SMIC con programas de manejo autorizados.
<p>Objetivo 8. Generar información para definir servicios ambientales y actividades de mitigación al cambio climático asociados a la dinámica del carbono en ecosistemas forestales.</p>	<p>Documentos con criterios e indicadores para el monitoreo de servicios ambientales, principalmente el secuestro de carbono y la biodiversidad vegetal:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Generar guías, criterios y principios metodológicos para el registro de proyectos forestales de carbono y la certificación del incremento en el acervo de carbono en ecosistemas representativos de México bajo la norma (NMX-AA-173-SCFI-2015). 2. Documento que contiene los elementos básicos para determinar costos asociados al monitoreo de la dinámica del carbono en los 5 reservorios representados en los SMIC. 3. Documento con escenarios de mitigación de emisiones basadas en herramientas de modelación consistentes con la estrategia de reducción de emisiones de GEI establecidas en PRONAFOR.

Lugares de aplicación del proyecto

Actualmente, el proyecto cuenta con influencia en 5 estados del país, dentro de ecosistemas que se consideran claves para actividades de conservación y manejo (manglares, selvas húmedas, selvas secas, y bosques templados) identificadas en estrategias nacionales como ENAREDD+ y ENAIROS, así como en programas estatales de cambio climático.



Usuarios de los productos

Las dependencias de gobiernos federal (p.ej. CONAFOR, INECC, CONABIO, CONANP), de las secretarías de medio ambiente estatales y de los municipios, los propietarios y poseedores de terrenos forestales o los titulares de autorizaciones de aprovechamiento de recursos forestales maderables y no maderables, y los responsables de los servicios técnicos forestales. Además, miembros de la comunidad científica y técnica a nivel nacional e internacional.

Todos los usuarios antes identificados, son beneficiados tanto por la calidad de la información técnica que se genera en el proyecto (p.ej. protocolos y datos para toma de decisiones), así como por la formación de recursos humanos (p.ej. estudiantes, monitores a nivel comunitarios, funcionarios de gobierno).

Impactos esperados:

Científicos

Se consolidará el trabajo que atiende una problemática fundamental para el país, como lo es la adaptación ante el cambio climático. Esta meta será alcanzada al proveer de conocimiento básico y aplicado sobre el funcionamiento de ecosistemas estratégicos de México en torno al ciclo del carbono. Se realizará por primera vez una síntesis sobre el potencial de emisión o secuestro de carbono en asociación con la variabilidad climática y la condición ecosistémica de bosques representativos de México.

La compilación de información en ecosistemas mexicanos permitirá la obtención de síntesis regionales y nacionales del papel que juegan los bosques en la mitigación del cambio climático, a través de la fijación y almacenamiento de carbono, y como estos procesos pueden verse afectados por el cambio en el régimen de perturbaciones. Por otro lado, si bien la Red de SMICS es mexicana, su integración en redes globales permitirá mejorar la comprensión de los flujos de carbono en los ecosistemas terrestres a nivel continental y mundial.

Tecnológicos

Nuevos enfoques para la integración de información sobre emisiones y remociones de GEI derivada de diferentes escalas de espacio y tiempo. A través de la prueba de enfoques de medición y monitoreo a nivel sub-nacional, regional, local, con el fin de reducir de forma costo-efectiva la incertidumbre de las estimaciones nacionales sobre el impacto de la actividad humana en los distintos reservorios y flujos carbono en ecosistemas estratégicos de México. La implementación de mejoras en el sistema de monitoreo nacional (reducción de incertidumbre) que permita cuantificar las actividades encaminadas a la reducción de emisión de GEI.

Social – económico

Desde un punto de vista socio-ecológico, el ciclo del carbono constituye la base de los servicios ambientales de soporte y regulación, y por lo tanto la base nuestro capital natural. En este contexto, resulta fundamental cuantificar y entender la variabilidad de este ciclo y su interrelación con las actividades humanas. Esto es importante para estimar la influencia de las actividades antropogénicas en los procesos de intercambio de carbono entre los bosques y la atmósfera y valorar así el potencial de los servicios que los ecosistemas pueden proporcionar a las poblaciones humanas, permitiendo definir políticas para su manejo y conservación. El monitoreo intensivo de carbono en zonas rurales permite, además de generar empleos dentro del esquema de monitoreo comunitario, el fortalecimiento de capacidades locales para el conocimiento de sus recursos forestales y su mejor aprovechamiento.

Ambiental

Se plantea apoyar las estrategias de conservación en bosques y ponderar el rol que tienen estos ecosistemas en las estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático.

Formación de recursos humanos

Fortalecer la formación de capital humano en el tema de monitoreo intensivo de carbono

Metodología

El diseño de los sitios de monitoreo intensivo del carbono se basa en Hollinger (2008) y Birdsey et al. (2013), y considera enfoques tanto “top-down” como “bottom-up”, lo cual permite identificar y evaluar procesos que influyen o controlan las emisiones y remociones de GEI en un paisaje de manera “costo-efectiva”. Cada uno de estos sitios registra información de sensores remotos, mediciones biométricas de árboles y variables de suelo en conglomerados tipo INFYS y se acompaña con mediciones dinámicas de los flujos de carbono utilizando torres de covarianza de vórtices. El cuadro 2 muestra la combinación de las variables y la estrategia de monitoreo jerárquico en cada uno de los SMIC.

Cuadro 2. Variables de medición empleados en los sitios de monitoreo intensivo del carbono, con su homologación con el Inventario Nacional Forestal y de suelos (INFyS), los Inventarios Estatales Forestales y de Suelos (IEFyS) y sensores remotos. Tomado de Mex-SMIC 2016, adaptado de Birdsey et al. 2013.

Variables de medición	SMIC	Inventarios forestales (INFyS e IEFyS)	Sensores remotos
Cobertura de vegetación/uso de suelo			
Índice de área foliar			
Disturbios naturales y antropogénicos			
Estructura/composición especies por tipo de rodal			
Biomasa aérea (viva, muerta)			
Suelo, madera muerta, mantillo			
Tasas de crecimiento, mortalidad, cosecha forestal			
Producción de hojarasca (NPP)			
Productividad de raíces			
Intercambio ecosistémico de carbono (CO ₂ , NEE, GPP Reco, y CH ₄)			
Flujos del suelo (CO ₂)			
Variables hídricas, periodos, Salinidad, COD, CID.			

El número ideal de conglomerados con parcelas permanentes en los SMIC es de entre 24 y 32. Cada conglomerado tiene forma de “Y” invertida, implementando la metodología del INFyS y en donde se miden la biomasa aérea, mantillo, madera muerta, biomasa subterránea, y el carbono orgánico en el suelo, de acuerdo a la guía del IPCC (2006). Si el conglomerado cuenta con un sistema de covarianza de vórtices, éste se ubica en el centro del SMIC, y se establece una mayor densidad de conglomerados en el km² alrededor de la torre (Figura 1).

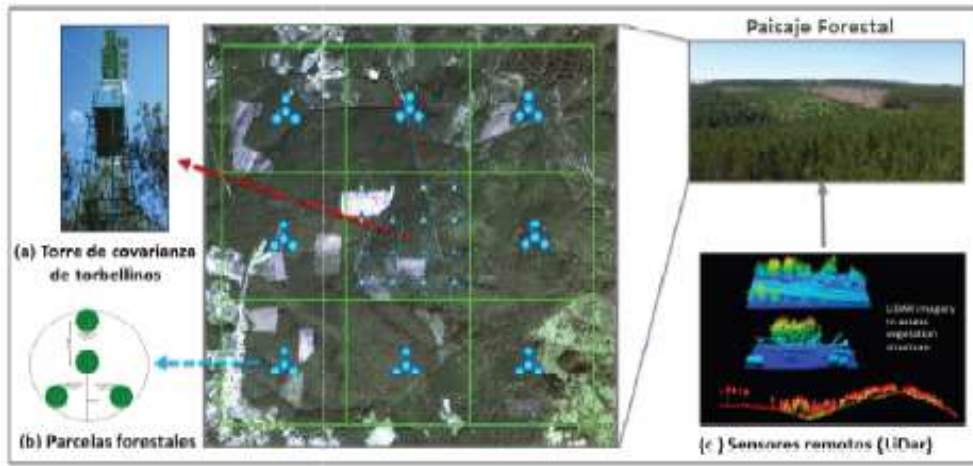


Figura 1. Representación del diseño espacial de un sitio de monitoreo intensivo del carbono 3 x 3 km, en el cual se identifica: (a) La torre de covarianza de vórtices en el centro de 1 km² b) Las parcelas forestales tipo conglomerado INFyS, y c) Otras herramientas (e.g Li DAR) para inferir la dinámica del carbono forestal a la región. Tomado de Mex-SMIC 2016.

Para monitorear de manera continua el flujo de carbono y el de energía entre el ecosistema y la atmósfera, algunos SMIC utilizan una técnica micro-meteorológica llamada covarianza de vórtices (EC por las siglas de eddy covariance en Inglés; Aubinet *et al.* 2012; Vargas *et al.* 2012; Verduzco *et al.* 2015). Esta técnica no es destructiva, y provee información a escalas temporales que van de fracciones de hora a varios años, y por lo tanto, resulta ideal para capturar la dinámica de los flujos en todo el intervalo de variación climática, desde los ciclos diarios hasta los fenómenos de largo plazo como el cambio ambiental global (Figura 2). La técnica resulta también adecuada para entender la respuesta de los ecosistemas a las perturbaciones, la historia de manejo y para realizar estudios comparativos entre ecosistemas con distintos tipos funcionales de organismos o en distinta etapa sucesional (Baldocchi 2014). Sin embargo, su aplicación es compleja ya que la instalación y operación de los instrumentos, como también el procesamiento y análisis de los datos requieren atención especial para obtener resultados correctos y representativos del ecosistema.

Un sistema básico de mediciones de flujos consiste en un anemómetro sónico tridimensional que permite medir los tres componentes de la velocidad del viento a través de señales ultrasónicas de alta frecuencia y un analizador de gases en el espectro infrarrojo, el cual permite determinar las concentraciones atmosféricas de vapor de agua, CO₂ y otros gases. El sistema de mediciones de flujos se complementa con equipo de monitoreo de variables meteorológicas básicas (p.ej. precipitación, temperatura, humedad relativa), variables para determinar el balance de energía del ecosistema (p.ej. el cociente entre la radiación neta y el calor latente y sensible) y variables representativas de las condiciones terrestres (p.ej. temperatura y humedad del suelo y vegetación).

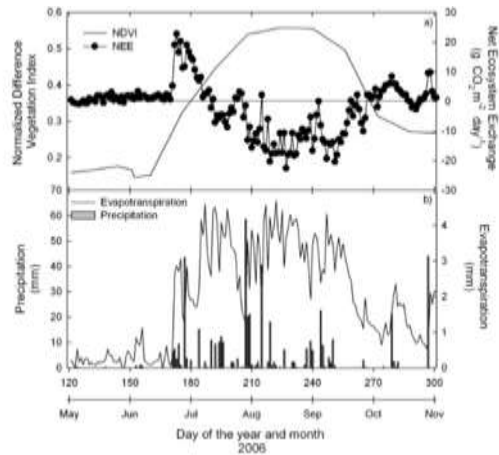


Figura 2. Serie de tiempo del intercambio de carbono neto del ecosistema (NEE) y valores diarios de NDVI (panel superior; valores positivos representan pérdida de CO₂ del ecosistema y valores negativos ganancia), así como el registro de precipitación y evapotranspiración (panel inferior) en un Bosque Tropical Seco del noroeste de México. Fuente: Pérez-Ruíz *et al.* 2010

La ventaja del enfoque multi-escala apoyado en la combinación de técnicas y metodologías para la determinación de los flujos y reservorios de carbono de los SMIC, es que se provee de información útil para probar distintos modelos de contabilidad del carbono (Birdsey *et al.* 2013; Olgún *et al.* 2016). Con estos modelos se pueden generar escenarios de respuesta de los ecosistemas a perturbaciones o variación climática con incertidumbres conocidas, los cuales son herramientas esenciales para delimitar estrategias de manejo ecosistémico. Por ejemplo, una vez calibrados y validados estos modelos para un tipo de bosque en particular, se puede establecer cuál ha sido el impacto de procesos de perturbación en el pasado (p.ej. la deforestación, reforestación, incendios), sobre la transferencia del carbono en un rodal particular o el conjunto de ellos dentro de una región (Figura 3). Se pueden generar múltiples simulaciones hacia el futuro, cambiando supuestos sobre cuál será el balance neto del carbono si las condiciones observadas en el pasado sobre tasas de perturbación de los bosques continúan sin modificarse en el futuro (escenario de línea base) o qué pasaría si se altera bajo el esquema de actividades REDD+ (p.ej reducción de la deforestación).

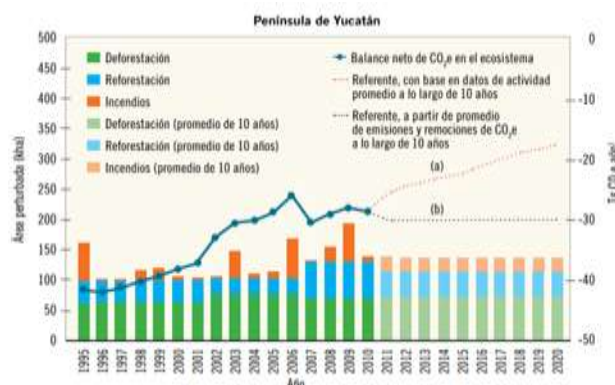


Figura 3. Escenario de simulación sobre flujos de GEI en los bosques de la Península de Yucatán (valores negativos representan absorción neta de CO_2e) durante el periodo histórico 1995-2010, por cambios en el uso de suelo e incendios, y su proyección al futuro (línea base) considerando para su construcción: a) El promedio de emisiones de GEI en la última década, o b) El promedio de perturbaciones de la última década. Tomado de Olguín *et al.* 2016.

La estrategia para la correcta implementación estandarizada de las mediciones planteadas en el Cuadro 2 en todos los SMIC, y la integración de la información que se coleccionará en base a esas mediciones, será diseminada e intercambiada entre los sitios a través de visitas técnicas de verificación apoyadas por el centro de excelencia virtual durante la vigencia del proyecto, en donde se tomarán las mayores fortalezas de cada uno de los sitios para fungir como cede de las visitas y ofrecer los mejores ejemplos para la capacitaciones y estandarización en la temática. Se considera, por ejemplo que los sitios actuales podrían auspiciar visitas enfocadas a: modelos de procesos y percepción remota (Yucatán), manejo de instrumentación y manejo forestal (Hidalgo), flujos ecosistémicos y síntesis de información (Sonora), bosques de manglar y reservorios de carbono en la interfaz tierra-agua (Chiapas), manejo comunitario y cambios en 5 almacenes de C (Quintana Roo).

Referencias

- Aubinet, M., T. Vesala y Papale, D. 2012. Eddy covariance: a practical guide to measurement and data analysis. Springer Science & Business Media.
- Baldocchi, D. 2014. Measuring fluxes of trace gases and energy between ecosystems and the atmosphere—the state and future of the eddy covariance method. *Global Change Biology* 20: 3600-3609.
- Hollinger, D. 2008. Defining a Landscape-Scale Monitoring Tier for the North American Carbon Program. En: *Field Measurements for Forest Carbon Monitoring*. Hoover, C. (Ed.). Springer-NY, USA. pp 3-16.
- Birdsey, R., G. Angeles, W. Kurz, A. Lister, M. Olguín, Y. Pan, C. Wayson, B. Wilson y K. Johnson. 2013. Approaches to monitoring changes in carbon stocks for REDD+. *Carbon Management* 4: 519-537.

- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2013. Estrategia Nacional de Manejo Forestal Sustentable para el Incremento de la Producción y Productividad 2013-2018 (ENAIPROS). CONAFOR, Zapopan, Jalisco.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2014. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Programa Nacional Forestal. Reporte Especial, CONAFOR. Zapopan, Jalisco.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2015. Modelo de Intervención en las Áreas de Acción Temprana REDD+. CONAFOR, Zapopan, Jalisco.
- Gebhardt, S., T. Wehrmann, M.A. Ruiz, P. Maeda, J. Bishop, M. Schramm, R. Kopeinig, O. Cartus, J. Kellndorfer, R. Ressler, L.A. Santos, M. Schmidt. 2014. MAD-MEX: Automatic Wall-to-Wall Land Cover Monitoring for the Mexican REDD-MRV Program Using All Landsat Data. *Remote Sensing* 6:3923-3943.
- Olguín, M., C. Wayson, V. Maldonado, D. López, R. Birdsey, G. Ángeles, J.L. Andrade, J. Arreola, J.L. Hernández, J.M. Dupuy, K. Johnson, L. Esparza, B. Méndez, G. Sánchez, J.P. Caamal, O. Carrillo. 2015. Consideraciones para una propuesta de colaboración a largo plazo de la Red Mex-SMIC y CONAFOR. Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur, CONAFOR, Red Mex-SMIC, USFS, SilvaCarbon. 16 p.
- Olguín, M., W.A. Kurz, C. 2016. Wayson, M. Fellows, V. Maldonado, D. López-Merlín, O. Carrillo y G. Ángeles. Estimating past and projected future GHG emissions. CEC. Commission for Environmental Cooperation. En: *Integrated Modeling and Assessment of North American Forest Carbon Dynamics: Tools for monitoring, reporting and projecting forest greenhouse gas emissions and removals*. Kurz, W., R.A. Birdsey, V.S. Mascorro, Z. Dai, D. Greenberg, M. Olguin y R. Colditz. Commission for Environmental Cooperation. Montreal, Canadá.
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). 2003. Good practice guidance for land use, land use change and forestry. Kanagawa, Japón. Institute for Global Environment Strategies.
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC). 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Ginebra, Suiza.
- Red Mex-SMIC. 2016. Protocolo para la estimación de la dinámica del carbono forestal en sitios de medición intensiva: un enfoque multi-escala. Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur, CONAFOR, Red Mex-SMIC, 143pp
- Perez-Ruiz, E.R., J. Garatuzo-Payan, C.J. Watts, J.C. Rodríguez, E.A. Yépez y R.L. Scott. 2010. Carbon dioxide and water vapor exchange in a tropical dry forest as influenced by the North American Monsoon System (NAMS). *Journal of Arid Environments* 74: 556-563.
- Vargas, R., E.A. Yépez, J. L. Andrade, G. Ángeles, T. Arredondo, A.E. Castellanos, J. Delgado, J. Garatuzo, E. González, W. Oechel, J.C. Rodríguez, A. Sánchez, E. Velasco, E.R. Vivoni y C. Watts. 2013. Progress and opportunities for monitoring greenhouse gases fluxes in Mexican ecosystems: the MexFlux network. *Atmósfera* 26: 325-336.
- Verduzco V.S., Garatuzo-Payan J., Yépez E.A. Watts C.J., Rodríguez J.C., Robles-Morua A., Vivoni E.R. 2015 Variations of Carbon Exchanges due to Seasonal Precipitation Differences in a Tropical Dry Forest of Northwest Mexico. *Journal of Geophysical Research – Biogeosciences* 120 (10): 2081-2094

**Anexo 1. Publicaciones recientes de los integrantes de la Red Mex-SMIC
Publicaciones científicas nacionales e internacionales**

- Birdsey, R., G. Angeles-Perez, W.A. Kurz, A. Lister, M. Olguin, Y. Pan, C. Wayson, B. Wilson y K. Johnson. 2013. Approaches to monitoring changes in carbon stocks for REDD+. Carbon Management 4: 537-555.
- Dai, Z., R.A. Birdsey, K.D. Johnson, J.M. Dupuy, J.L. Hernandez-Stefanoni y K. Richardson. 2014. Modeling carbon stocks in a secondary tropical dry forest in the Yucatan Peninsula, Mexico. Water, Air and Soil Pollution 225: 1925.
- Dai, Z., K.D. Johnson, R.S. Birdsey, J.L. Hernandez-Stefanoni y J.M. Dupuy. 2015. Assessing the effect of climate change on carbon sequestration in a Mexican dry forest in the Yucatan Peninsula. Ecological Complexity 24, 46-56.
- Hernández-Stefanoni, J.L., J.M. Dupuy, K.D. Johnson, R. Birdsey, F. Tun-Dzul, A. Peduzzi, J.P. Caamal-Sosa, G. Sánchez-Santos y D. López-Merlín. 2014. Improving species diversity and biomass estimates of tropical dry forests using airborne LiDAR. Remote Sensing 6: 4741-4763.
- Hernández-Stefanoni, K. Johnson, B.D. Cook, J.L., J.M. Dupuy, R. Birdsey, A. Peduzzi y F. Tun-Dzul. 2015. Estimating species richness and biomass of tropical dry forests using LIDAR during leaf-on and leaf-off canopy conditions. Applied Vegetation Science 18(4): 724-732.
- Mascorro, V.S., N.C. Coops, W.A. Kurz, y M. Olguín. 2014. Choice of satellite imagery and attribution of changes to disturbance type strongly affects forest carbon balance estimates. Carbon Balance and Management 10:30.
- Mascorro, V.S., N.C. Coops, W.A. Kurz, y M. Olguín. 2015. Attributing changes in land cover using independent disturbance datasets: a case study of the Yucatan Peninsula, Mexico. Regional Environmental Change 16: 213-228.
- Olguín M., C. Wayson, W.A. Kurz, R.A. Birdsey, M. Fellows, V. Maldonado, et al. 2015. Hacia un enfoque Tier 3 en paisajes estratégicos en México, modelos ecosistémicos y sitios de monitoreo intensivo del carbono. Memorias del XIV Congreso Forestal Mundial. 7-11 de Septiembre. Durban, Sudáfrica.
- Olguín, M., W.A. Kurz, C. 2016. Wayson, M. Fellows, V. Maldonado, D. López-Merlín, O. Carrillo y G. Ángeles. Estimating past and projected future GHG emissions. CEC. Commission for Environmental Cooperation. En: Integrated Modeling and Assessment of North American Forest Carbon Dynamics: Tools for monitoring, reporting and projecting forest greenhouse gas emissions and removals. Kurz, W., R.A. Birdsey, V.S. Mascorro, Z. Dai, D. Greenberg, M. Olguin y R. Colditz. Commission for Environmental Cooperation. Montreal, Canadá.
- Ortiz-Reyes, A.D., J.R. Valdez-Lazalde, H.M. de los Santos-Posada, G. Ángeles-Pérez, F. Paz-Pellat y T. Martínez-Trinidad. 2015. Inventario y cartografía de variables del bosque con datos derivados de LiDAR: comparación de métodos. Madera y Bosques 21: 111-128.
- Ortiz-Reyes, A.D., J.R. Valdez-Lazalde, G. Ángeles-Pérez, R. Birdsay y A. Peduzzi. 2015. LiDAR aerotransportado para el manejo de recursos forestales. In: Avances y Perspectivas de Geomática con aplicaciones Ambientales, Agrícolas y Urbanas. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. pp. 67-89.

- Santiago, W., H.M. de los Santos, G. Ángeles, J.R. Valdez, J.J. Corral, G. Rodríguez y E. García. 2015. Modelos de crecimiento y rendimiento de totalidad del rodal para *Pinus patula*. *Madera y Bosques* 21(3): 95-110.
- Soriano, Ma. de los A., G. Ángeles, T. Martínez, F.O. Plascencia y R. Razo. Aboveground biomass estimation by structural component in Zacualtipán, Hidalgo, Mexico. *Agrociencia* 49: 423-438.
- Verduzco V.S., Garatuza-Payan J., Yopez E.A. Watts C.J., Rodriguez J.C., Robles-Morua A., Vivoni E.R. 2015 Variations of Carbon Exchanges due to Seasonal Precipitation Differences in a Tropical Dry Forest of Northwest Mexico. *Journal of Geophysical Research – Biogeosciences* 120 (10): 2081-2094
- Wayson, C., K.D. Johnson, J.A. Cole, M.I. Olgún, O.I. Carrillo y R.A. Birdsey. 2015. Estimating uncertainty of allometric biomass equations with incomplete fit error information using a pseudo-data approach: methods. *Annals of Forest Science* 72: 825-834.

Reportes técnicos

- Ángeles-Pérez G., B. Méndez-López, R. Valdez-Lazalde, F. Plascencia-Escalante, H. de los Santos Posadas, G. Chávez, A. Ortíz, M. Soriano-Luna, Z. Zaragoza, E. Ventura, A. Martínez, C. Wayson, D. López, M. Olgún, O. Carrillo, V. Maldonado. 2016. Estudio de caso del Sitio de Monitoreo Intensivo del Carbono en Hidalgo. Reporte Técnico para el Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur, CONAFOR. Montecillos, Estado de México, 105 p.
- Caamal J.P., J. M. Dupuy, J.L. Andrade, J.L. Hernández, A. Huechacona, M. Tamayo, C. Wayson, M. Olgún, D. López, V. Maldonado, O. Carrillo, L. Vázquez. 2016. Estudio de caso del Sitio de Monitoreo Intensivo del Carbono en Yucatán. Reporte Técnico para el Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur, CONAFOR. Mérida, Yucatán, 89 p.
- Esparza L., N.A. González, I. Pérez, M.A. Hass, J.Y. Sima, D. Alvarez. 2016. Estudio de caso del Sitio de Monitoreo Intensivo del Carbono en Campeche. Reporte Técnico para el Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur, CONAFOR. Campeche, Campeche, 41 p.
- Sánchez G., J.A. Arreola, D. López, C V. Maldonado, M. Olgún, Wayson, O. Carrillo, R. Puc. 2016. Estudio de caso del Sitio de Monitoreo Intensivo del Carbono en Quintana Roo. Reporte Técnico para el Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur, CONAFOR. Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo, 133 p.
- Sánchez-Mejía Z.M., Vargas R., Olgún M., Tovilla C., Infante-Mata D., Birdsey R., Wayson C. 2015. Establish an eddy covariance system at the Intensive Carbon Monitoring Site (SMIC, Sitio de Monitoreo Intensivo de Carbono) La Encrucijada Biosphere Reserve, Chiapas México. Technical Report UDEL/CONAFOR. 30pp.
- Tovilla C., J.C. de la Presa, D. Infante, D. López, V. Maldonado, J. P. Caamal, M. Olgún, C. Wayson. 2016. Estudio de caso del Sitio de Monitoreo Intensivo del Carbono en Chiapas.

Reporte Técnico para el Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur,
CONAFOR. Tapachula, Chiapas, 43 p.

Tesis de grado y postgrado

- Chávez-Aguilar, G. 2015. Producción de biomasa aérea y dinámica de raíces finas en un bosque de *Pinus patula* en Zacualtipán, Hidalgo. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. México. 95 p.
- Gámez Badouin J. I. 2014. Flujos de agua y carbono en ecosistemas estacionales de sonora por medio de covarianza de vórtices”, Tesis Ingeniería en Ciencias Ambientales, Instituto Tecnológico de Sonora.
- Santamaría-Rojas, S.L. 2014. Aboveground biomass and carbon stock of a médium stature semi-evergreen tropical forest in the Intensive Carbon Monitoring Site of Calakmul-Campeche, Mexico. Tesis de Maestría. The Faculty of Environmental Sciences of Technische Universität Dresden, Institute of International Forestry and Forest Products.
- López-Martínez, A. 2015. Producción de hojarasca en una cronosecuencia en un bosque bajo manejo en el estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla. Zacapoaxtla, Puebla. México. 71 p.
- Martínez-Castillo, B. E., 2014. Descomposición de la fracción foliar de *Pinus patula* Schltdl. & Cham. Y dinámica de la producción de hojarasca en un bosque manejado en el estado de Hidalgo. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de postgraduados. Postgrado Forestal. México. 103 p.
- Nevescanin Moreno, A. L.G. 2014 Estimación de la productividad primaria neta y descomposición en la selva baja caducifolia de Alamos, Sonora. Tesis Ingeniería en Ciencias Ambientales, Instituto Tecnológico de Sonora
- Ortiz-Reyes, A.D. 2014. Estimación de variables dasométricas mediante tecnología LiDAR. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, campus Montecillo.
- Soriano L., M.A. 2014. Estimación de biomasa y carbono en bosques manejados de Zacualtipán, Hidalgo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 95 p.
- Villanueva Hernández D.M.A 2015. Estimación de la biomasa aérea en parcelas tipo inventario nacional forestal en un bosque tropical seco de la Sierra de Álamos, Sonora” Tesis Ingeniería en Ciencias Ambientales, Instituto Tecnológico de Sonora.
- Zaragoza-Castañeda, Z. 2014. Carbono almacenado en mantillo en bosques de Atopixco, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla. Zacapoaxtla, Puebla. México. 67 p.

Participación en eventos académicos nacionales e internacionales (2012-2015)

Use of carbon accounting models as integrative frameworks to support MRV/REDD+ systems: lessons learned from a multi-institutional collaboration effort in Mexico.

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



Network of Intensive Carbon Monitoring Sites in Mexico: Forest management under REDD+, is it a feasible mitigation option? Gregorio Ángeles-Pérez, Benjamin Mendez-López, María Soriano-Luna, Francisca Plascencia-Escalante, Richard Birdsey, José Valdez-Lazalde. North American Carbon Program. Enero, 2015

Network of Intensive Carbon Monitoring Sites in Mexico: Multi-institutional collaboration to support Mexico's national MRV/REDD+ systems and North American carbon cycle research. Richard Birdsey, Craig Wayson, Marcela Olguin, Gregorio Ángeles-Pérez, Vanessa Maldonado, David Lopez, Juan Manuel Dupuy, José Arreola, Ligia Esparza, Enrique Serrano, Juan Pablo Caamal, Benjamín Méndez, Gonzalo Sánchez, Oswaldo Carrillo. North American Carbon Program. Enero, 2015

Network of Intensive Monitoring Sites in Mexico: soil physical properties to improve carbon modeling. Kristofer Johnson, Vanessa Maldonado, Gregorio Ángeles-Pérez, Juan Manuel Dupuy Rada, David López Merlín, José Arreola Palacios, Sebastian Puc, Carlos Robles, Gonzalo Sánchez, Juan Pablo Caamal Sosa, Manuela Tamayo, Craig Wayson, Enrico Yépez. North American Carbon Program. Enero, 2015

Carbon cycle dynamics of the Mexican tropical dry forest within the North American monsoon region. Enrico Yépez, Jaime Garatuza-Payan, Juan Gamez-Badouin, Marco Gonzalez-Pelayo, Miguel Rivera, Luis Mendez-Barrozo, Agustin Robles-Morua, Tonantzin Tarin, Joseline Benitez-Lopez, Kristofer Johnson, Rodrigo Vargas, Richard Birdsey. North American Carbon Program. Enero, 2015.

Breakout session: Intensive monitoring sites and modeling carbon: Examples from North America. Marcela Olguín, Craig Wayson. North American Carbon Program. Enero, 2015

International Program –US Forest Service: Intensive Carbon Monitoring Site in Atopixco, Hidalgo. Gregorio Ángeles, Richard Birdsey.

Network of Intensive Forest Monitoring Sites in Mexico: Progress and lessons learned from community-based monitoring in Quintana Roo, Yucatan Peninsula. Gonzalo Sánchez Santos, José Antonio Arreola Palacios, David López Merlín, Marcela Olguín-Álvarez, Vanessa Maldonado Montero, Oswaldo Carrillo, Craig Wayson. 10th North American Forest Ecology Workshop. Veracruz, México. Junio, 2015.

Network of Intensive Forest Monitoring Sites in Mexico: Progress at the Hidalgo site Benjamín Méndez López, Gregorio Ángeles Pérez, Eddy Ventura Palomeque, Zaira Zaragoza Castañeda, Marcela Itzel Olguín Álvarez, David López Merlin y Vanessa Maldonado Montero. 10th North American Forest Ecology Workshop. Veracruz, México. Junio, 2015.

Network of Intensive Forest Monitoring Sites in Mexico: Carbon fluxes from Wood decomposition in a tropical dry forest in Yucatan, Mexico. Juan Pablo Caamal-Sosa, Juan Manuel Dupuy, Manuela Tamayo, Astrid Huechacona, Sebastián Puc, Leydi Vázquez, Cristina Moreno, Pedro Martín, Filogonio May, David López, Vanessa Maldonado, Marcela Olguín, Craig Wayson, Roberto Díaz, Jessica Pereyra. 10th North American Forest Ecology Workshop. Veracruz, México. Junio, 2015.

Network of Intensive Forest Monitoring Sites in Mexico: Soil organic carbon estimates. Maldonado Vanessa, Kristofer Johnson, Wayson Craig, Tamayo Manuela, Puc Sebastián, López-Merlín David, Sánchez Gonzalo, Caamal Juan Pablo, Méndez Benjamín, Ángeles Gregorio, Dupuy Juan Manuel, Arreola José, Carrillo Oswaldo, Olguín Marcela. 10th North American Forest Ecology Workshop. Veracruz, México. Junio, 2015.



Mexican network of intensive forest carbon monitoring sites for supporting MRV systems development under REDD+: lessons learned and future perspectives. Gregorio Ángeles-Pérez (Colegio de Postgraduados), Richard Birdsey (US Forest Service), Marcel Olgún-Álvarez (Programa CONAFOR-Noruega); Craig Wayson (US Forest Service-SilvaCarbon); Juan Manuel Dupuy-Rada (Centro de Investigación Científica de Yucatán); Enrico Yépez (Instituto Tecnológico de Sonora); Enrique Serrano-Gálvez (CONAFOR). 10th North American Forest Ecology Workshop. Veracruz, México. Junio, 2015.

Hacia un enfoque Tier 3 en paisajes estratégicos en México, modelos ecosistémicos y sitios de monitoreo intensivo del carbono. Olgún M., Wayson C., Kurz W., Birdsey R., Fellows M., Maldonado V., López-Merlín D., Richardson K., Ángeles G., Andrade, J.L., Arreola J., Carrillo O., Caamal J.P., Dupuy J.M., Esparza L., Hernández, J.L., Johnson K., Mascorro V., Méndez M., Sánchez G., Morfín J., Serrano E. XIV Congreso Forestal Mundial. Durban, Sudáfrica. Septiembre, 2015.

Blue Carbon fluxes in México: GHG exchange between a mangrove ecosystem and the atmosphere Sánchez-Mejía, Z.M., M.L. Vargas-Terminel, R.C. Rodriguez, E. Yépez, R.Vargas. Mexican Carbon Program (PMC, Programa Mexicano del Carbono)- VI International Carbon Symposium in México. Villahermosa, Tabasco, México. Mayo, 2015.

Sniffing Greenhouse Gases: ecosystem monitoring with Eddy Covariance. Sánchez-Mejía, ZM. 2nd Seminar on Water and Forest Resources. Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agrícolas Campus IV Huehuetán, Chiapas, México. Abril, 2015.

Leaning into La Encrucijada Chiapas mangroves: NPP from ground measurements and MODIS. Sánchez-Mejía, Z.M, A.D. Vázquez-Lule, C. Tovilla, R. Colditz, R. Vargas. North American Carbon Program AIM5. Washington, DC, USA. Enero, 2015.

Contactos para consultas técnicas sobre la demanda

Ing. Rubí Angelica Cuenca Lara

Subgerente de Análisis e Información Forestal

Tel. (33) 37 77 70 00 Ext. 4205

rcuenca@conafor.gob.mx

Ing. Abel Juárez Cortez

Subgerente de Investigación

Tel. (33) 37 77 70 00 Ext. 3708

acortez@conafor.gob.mx

2. Diagnóstico y propuesta de mejora de las prácticas de manejo de las principales especies forestales no maderables de importancia económica en los ecosistemas áridos y semiáridos del norte de México.

Problemática del sector:

México cuenta con políticas pública limitadas del manejo de los Productos Forestales No Maderables (PFNM), su recolección y aprovechamiento sustentable, lo cual se refleja en que la información estadística sobre estos productos sea mínima (Tapia y Reyes, 2008).

Existe poca información sistematizada y confiable sobre la diversidad de usos, los volúmenes extraídos, los procesos de recolección y producción, y la comercialización de los PFNM. Las estadísticas oficiales en su mayoría solo registran los productos que se industrializan. Lo anterior, aunado a la variabilidad de la producción y de los mercados, ocasiona un vacío de información y limita la posibilidad de reconocer el papel de estos productos en el desarrollo de comunidades rurales y de establecer planes y estrategias de intervención adecuados (Anta y Carabias, 2008).

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

En virtud de lo anterior, es necesario contar con un “Diagnóstico y propuesta de mejora de las prácticas de manejo de las principales especies forestales no maderables de importancia económica en los ecosistemas áridos y semiáridos del norte de México”

Divisiones de investigación forestal IUFRO.

- 1- Silvicultura
 - a. 1.02.05 - Silvicultura y gestión en las regiones áridas y semiáridas
- 2- Productos Forestales
 - a. 5.11.00 - productos forestales no madereros
 - b. 05/12/00 - La utilización sostenible de los productos forestales
 - c. Análisis del ciclo de vida de los productos forestales
- 3.- Política y Economía Forestal.
 - a. Extensión y el intercambio de conocimientos

Antecedentes:

Los bosques, ofrecen importantes bienes y servicios ambientales dentro de los que se incluyen un sinnúmero de recursos biológicos como plantas comestibles y medicinales, frutos y semillas, resinas y exudados, estos bienes, que provienen tanto de bosques naturales, sistemas agroforestales y en menor medida de plantaciones, han sido llamados Productos Forestales No Maderables (PFNM) y han desempeñado un papel importante en la vida y el desarrollo de las poblaciones rurales y urbanas, tanto en México como en muchos otros países (López *et al.* 2005).

Los PFNM, han sido un elemento muy importante en la definición del desarrollo socioeconómico y cultural de muchas regiones rurales de México, como el henequén y el chicle en la Península de Yucatán; el cacao y otros frutos y semillas de regiones tropicales del sureste; el mezcal y el tequila en muchas zonas de climas semiáridos; el carbón vegetal de zonas templadas, y la cera de candelilla y la fibra de ixtle de zonas áridas del norte del país. Estos productos se han utilizado desde épocas prehispánicas y las técnicas tradicionales para su aprovechamiento se han ido transformando desde entonces hasta nuestros días (López *et al.* 2005).

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

La extracción incorrecta de un recurso no maderable puede poner en riesgo la supervivencia de su población, sobre todo cuando se incrementa su demanda. Por lo que es necesario contar con un diagnóstico y propuesta de mejora de las prácticas de manejo de las principales especies forestales no maderables de importancia económica en los ecosistemas áridos y semiáridos del norte de México que tienen potencial de aprovechamiento.

Objetivos:

Objetivo general:

Elaborar un diagnóstico que permita identificar las actuales prácticas de manejo sobre los recursos forestales no maderables de mayor importancia económica en los ecosistemas áridos y semiáridos del Norte de México, y proponer mejores prácticas de manejo para su aprovechamiento. De acuerdo al objetivo planteado, los resultados de esta investigación deberán ser entregados en un plazo no mayor a veinticuatro meses.

Objetivos específicos:

1. Realizar una evaluación sobre la actuales prácticas de manejo de las poblaciones de lechuguilla (*Agave lechuguilla*), candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*), orégano (*Lippia graveolens*), damiana (*Turnera difusa*), chile piquín y chiltepín (*Capsicum annum*), sotol

(*Dasyilirion cedrosanum*), laurel (*Litsea glaucescens*), bacanora (*Agave angustifolia*), maguey mezcalero (*Agave spp.*) y sangre de grado (*Jatropha dioica*) en los estados de Nuevo León, Tamaulipas, Coahuila, Durango, Chihuahua, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas.

2. Propuesta de mejores prácticas de manejo que fomenten la permanencia, regeneración y sostenibilidad de las principales especies comerciales de PFSM en los estados de Nuevo León, Tamaulipas, Coahuila, Durango, Chihuahua, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas.
3. Elaborar y actualizar las tablas de volumen o biomasa de las especies de interés, por región, considerando las regiones de mayor potencial productivo en los estados de Nuevo León, Tamaulipas, Coahuila, Durango, Chihuahua, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas.

Productos esperados y metodología

Producto 1	Subproductos que conforman la demanda
Documento descriptivo de las actuales prácticas de manejo de las principales especies no maderable de zonas áridas.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Documento que contenga la evaluación de las actuales prácticas de manejo de las especies de interés señaladas en el presente documento. 2. Anexo técnico metodológico ilustrado con fotografías. 3. Sistema de Información geográfica, que incluya las áreas de toma de datos en los estados de levantamiento de la información.
Producto 2	Subproductos que conforman la demanda
Documento que contengan las propuestas de mejora para las prácticas manejo y aprovechamiento de las especies señaladas en el presente documento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Documento que contenga las mejoras en las técnicas de aprovechamiento de los PFSM de las siguientes especies señaladas en el presente documento. 2. Tablas de volumen o biomasa para el aprovechamiento de las especies señaladas en el presente documento. 3. Publicación de un folleto técnico que contenga los resultados de la investigación. 4. Foro nacional de divulgación y transferencia de los resultados del proyecto que promueva el intercambio de experiencias entre los productores de estos PFSM, asesores técnicos e investigadores
Producto 3	Subproductos que conforman la demanda
Folleto técnico y foro	<ol style="list-style-type: none"> 5. Publicación de un folleto técnico que contenga los resultados de la investigación aplicada. 6. Foro nacional de divulgación y transferencia de los resultados del proyecto que promueva el intercambio de experiencias entre los productores que aprovechan los PFSM de las especies señaladas en el presente documento, los asesores técnicos e investigadores

Descripción de los subproductos del producto 1.

1. Documento que contenga la evaluación sobre las prácticas de manejo actual de las especies forestales no maderables señaladas en el presente documento.
2. Anexo técnico, en el cual se describa la metodología empleada para la recopilación de la información, así como evidencias fotográficas de los muestreos de campo que se realizaron.
3. Sistema de Información geográfica, que incluya las áreas donde se realizaron los muestreos para valorar las actuales prácticas de manejo, así como de los muestreos de las especies señaladas en el presente documento, para elaborar las tablas de volumen. Los shape files y la información, deberán organizarse por región, de acuerdo al criterio del investigador.

Descripción de los subproductos del producto 2.

1. Documento que contenga las mejoras en las técnicas de aprovechamiento. Con el objetivo de contribuir al manejo sustentable de los recursos, dicho documento deberá describir técnicas de aprovechamiento específicas para cada especie señaladas en el presente documento, así como los cambios propuestos para mejorar el aprovechamiento, rendimiento y la recuperación de los recursos.
2. Tablas de volumen o biomasa para el aprovechamiento de las especies señaladas en el presente documento. Las tablas se deberán realizar por región, considerando los criterios del investigador. Asimismo, se deberá incluir la metodología y modelos que se utilizaron para la obtención de dichas tablas.

Descripción de los subproductos del producto 3.

1. Publicación de un folleto técnico que contenga los resultados de la investigación aplicada
2. Realizar un foro que permita divulgar y transferir los resultados del proyecto a través del intercambio de experiencias entre los productores que aprovechan los PFNM de las especies señaladas en el presente documento, los asesores técnicos e investigadores.

Los productos y subproductos se deberán entregar en físico y electrónico, y el foro realizarse en alguno de los estados seleccionados (Nuevo León, Coahuila, Durango, Chihuahua, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas) en coordinación con la CONAFOR.

Lugar de aplicación del proyecto:

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

República Mexicana



Usuarios de los productos:

La Gerencia de Fomento a la Producción Forestal Sustentable de CONAFOR será la Gerencia usuaria de los productos de la presente demanda, para posteriormente aplicarlos en las zonas identificadas acorde a los alcances institucionales y objetivos específicos de los subsidios que se otorgan.

Los productores serán beneficiarios directos de los productos, pues les servirá como documento de consulta a la hora de solicitar aprovechamiento de los recursos y durante su manejo.

Los Prestadores de Servicios Técnicos Forestales responsables del manejo forestal, pues les servirá como herramienta que facilitará la toma de decisiones como manejador de los recursos naturales.

Las instituciones educativas y de investigación, como documento de consulta y referencia para estudios relacionados.

Las dependencias federales como la Comisión Nacional de Zonas Áridas, los Gobiernos estatales y municipales que tengan relación con este tipo de recurso forestal.

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

Bibliografía:

Anta, F. S. y Carabias, J. 2008. Consecuencias de las políticas públicas en el uso de los ecosistemas y la biodiversidad. In: Capital natural de México, vol. III: Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad. CONABIO. México, D.F. pp 87-153.

FAO, 2001. Evaluación de los recursos de los productos forestales no madereros. Experiencias y principios biométricos. Productos Forestales No Madereros. Roma, Italia. 143 p.

López C., S. Chanfón y G. Segura (Editores). 2005. La riqueza de los bosques mexicanos más allá de la madera. México, D.F. 201 p.

Tapia, T. E., y R. Reyes C. Productos forestales no maderables en México: Aspectos económicos para el desarrollo sustentable. In: Madera y Bosques, vol. 14, Núm. 3, 2008, Instituto de Ecología, A.C. México. pp. 95-112.

Contactos para consultas técnicas sobre la demanda

M.C. Pedro Alberto Castillo Castillo

Coordinador del Proyecto de Desarrollo Sustentable para las Comunidades Rurales de Zonas Semiáridas

Tel. (33) 37 77 70 00 Ext. 2054


zonasaridas01@conafor.gob.mx

Ing. Abel Juárez Cortez

Subgerente de Investigación

Tel. (33) 37 77 70 00 Ext. 3708

acortez@conafor.gob.mx

- 
- Métodos alternativos para la extracción de aceites esenciales en especies aromáticas (orégano, damiana, laurel, orégano de la sierra, poléo, etc.), e innovación del proceso para la obtención de fibra o ixtle de lechuguilla (Agave lechuguilla Torr.), para mejorar su aprovechamiento.**

Problemática del sector:

La producción forestal no maderable de las zonas áridas cuenta con múltiples problemas, entre ellos la búsqueda de herramientas y equipo que permita el procesamiento de grandes volúmenes de materia prima y la obtención de buenos rendimientos, además de la calidad que el mercado

requiere, teniendo en cuenta siempre el costo beneficio en la inversión para la adquisición de la tecnología adecuada para sus procesos productivos.

Actualmente el aprovechamiento de plantas aromáticas para la obtención de aceites esenciales es una práctica poco común entre los productores rurales, básicamente comercializan el producto sin darle ningún valor agregado. En el caso de los productores que extraen los aceites esenciales de las plantas aromáticas utilizan equipos semi industriales de muy baja calidad, generalmente ensamblados por personal no calificado en la construcción de equipos para estos fines.

El proceso de extracción del aceite consiste en el método más común, fácil y menos costoso (destilación por arrastre de vapor) obteniendo rendimientos muy bajos, donde las propiedades y composición del aceite no son aptos para su comercialización directa, teniendo que refinar, purificar u procesar nuevamente el compuesto para obtener un producto más puro y de mejor calidad.

Asimismo, la extracción de la fibra de ixtle del *Agave lechuguilla* Torr., es una actividad que se realiza desde hace 100 años de la misma manera, tallando de forma manual los cogollos (hojas más tiernas de la planta) con un instrumento llamado “tallador” (instrumento similar a un cuchillo sin filo) que sirve para despulpar la hoja, “banco” pedazo de madera sobre el cual se talla la fibra y el “bolillo” (instrumento de madera con forma ovalada) que utiliza el productor para sujetar la fibra al momento de ser tallada, el producto resultante del despulpado es llamado “guishe” y contiene hormonas y otros componentes que causan irritación y a la larga deforman las manos de los talladores. Esta es una de las principales actividades de subsistencia de los habitantes de las zonas áridas del centro-norte de México. En promedio, un tallador experimentado obtiene 6 kg de ixtle por día con el tallado manual. Por otra parte la extracción mecánica de la fibra de lechuguilla se inició en la década de 1970, cuando surgen las primeras máquinas “ripiadoras”, cuyo diseño consistía en un tambor macizo de madera con clavos y que funcionaba a base de energía eléctrica (Mayorga *et. al.*, 2004).

En la actualidad, las máquinas desfibradoras no difieren mucho de los primeros prototipos, un cilindro metálico con clavos incrustados de una pulgada de largos que funcionan con energía eléctrica. (Castillo *et. al.*, 2005).

El tallado con maquinaria genera aspectos positivos y negativos para la comercialización de la fibra. Un aspecto negativo se debe a la menor calidad de la fibra, derivado del maltrato mecánico que sufre esta por los clavos y a una mayor cantidad de residuos orgánicos que quedan adheridos a ella, además, la fibra sufre de manchado durante el proceso de desfibrado y no se seca uniformemente, por lo cual, al obtener menor calidad se tiene menor precio por su venta. Sin embargo, con el desfibrado a máquina el productor puede tallar mayor cantidad de fibra por jornada laboral y con menor esfuerzo (Castillo, *et. al.*, 2005).

Por lo anterior, se hace necesario contar con métodos alternativos para la extracción de aceites esenciales en especies aromáticas (orégano, damiana, laurel, orégano de la sierra, poléo, etc.), e innovación del proceso para la obtención de fibra o ixtle de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.), para mejorar su aprovechamiento.

Divisiones de investigación forestal IUFRO.

- 1.- Silvicultura
 - a) 1.02.05 - Silvicultura y gestión en las regiones áridas y semiáridas
- 2.- Productos Forestales
 - a) 5.11.00 - productos forestales no madereros
 - b) 05/12/00 - La utilización sostenible de los productos forestales
 - c) Análisis del ciclo de vida de los productos forestales
- 3.- Política y Economía Forestal.
 - a) Extensión y el intercambio de conocimientos

Antecedentes:

El aprovechamiento de los Productos Forestales No Maderables (PFNM) se realiza por recolección; con el fin de generar beneficios económicos precarios y estacionales, muchas veces representan la única fuente alternativa de ingresos económicos de la población rural de las zonas áridas y semiáridas de nuestro país, que coadyuvan al bienestar familiar mediante el suministro de recursos adicionales a los obtenidos por el trabajo asalariado, o bien a través de las actividades agrícolas, pecuarias o forestales (FAO, 1995 ; Tapia y Reyes, 2008).

Se calcula que de las 20,000 especies vegetales que existen en el país, sólo 950 de estas se le pueden obtener productos forestales no maderables (PFNM) útiles, y el 10% de éstas se comercializa, además se encuentran sujetas a alguna forma de regulación gubernamental. En las zonas áridas y semiáridas se estima que alrededor de 450 especies tienen un uso actual, 425 son de uso local y regional pero sólo 25 especies tienen un uso comercial.

Para revalorizar la importancia de los PFNM, debemos partir del conocimiento de sus características únicas y potenciales, con el fin de fortalecer los mecanismos, lineamientos y la diversificación de su aprovechamiento y uso múltiple, dentro del concepto de sustentabilidad, mediante el impulso a la transferencia de tecnología, la organización productiva y su comercialización, el manejo técnico, la conservación, la promoción de esquemas de financiamiento y asistencia técnica, así como el establecimiento de un sistema de información para su seguimiento y control.

Dentro de las especies forestales no maderables se encuentran las aromáticas o que proveen de algún aceite esencial. Los aceites esenciales son sustancias aromáticas de constitución lipídica encontradas en todas las plantas, son numerosos y se localizan en las distintas partes de la planta: raíces, tallos, hojas, flores y frutos. Además son componentes heterogéneos de terpenos, sesquiterpenos, ácidos, ésteres, fenoles, lactonas, separables por métodos químicos o físicos, como la *destilación*, la *refrigeración*, la *centrifugación* entre otros (Vázquez *et al.*, 2001).

Los aceites esenciales son los principales constituyentes del aroma y sabor de las especias. Estos son destilados por arrastre de vapor sencillo, en seco, a vacío u obtenidos por presión en frío (Farrel, 1985).

Por otra parte las plantas proveedoras de fibra natural juegan un papel preponderante, debido a los usos múltiples que estas poseen. Para este caso específico se trata del *Agave lechuguilla* Torr. (Lechuguilla). Esta planta ha representado por años una fuente importante de ingresos para los

campesinos de las zonas áridas del centro-norte de México. En realidad el aprovechamiento del ixtle se puede considerar la actividad forestal-industrial más importante de estas zonas, debido que a pesar de ser una de las pocas opciones de subsistencia de la población rural, es la de mayor magnitud y tradición, principalmente en los estados de Coahuila, Durango, San Luis Potosí, Nuevo León, Tamaulipas y Zacatecas. La demanda de fibra de la lechuguilla es nacional e internacional y en algunos otros países como Asia y Europa se ha incrementado el interés por este producto debido a que el desempeño obtenido difícilmente se compara con fibras sintéticas de plástico como el polipropileno o los poliésteres. Sin embargo desde hace 60 años la demanda de esta fibra denominada ixtle ha disminuido de manera drástica, especialmente para el uso en cuerdas y lazos, debido a la baja competitividad en los costos de producción, aprovechándose de esta situación las empresas con más competitividad que se dedican a la producción masiva de resinas como las poliamidas, poliésteres y poliofelinas.

Por la importancia de los PFMN en las zonas áridas del Centro y Norte del país, se requiere de contar con métodos alternativos para la extracción de aceites esenciales en especies aromáticas (orégano, damiana, laurel, orégano de la sierra, poléo, etc.), e innovación del proceso para la obtención de fibra o ixtle de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.), para mejorar su aprovechamiento.

Objetivos:

Objetivo general:

Innovar el proceso de extracción de aceites esenciales y fibra de lechuguilla mediante tecnología adecuada para elevar la producción y mejorar la calidad del producto final, impulsando la competitividad en el mercado, el valor agregado e incrementando los ingresos y calidad de vida de los productores rurales.

De acuerdo al objetivo planteado, los resultados de esta investigación deberán ser entregados en un plazo no mayor a 18 meses.

Objetivos específicos:

1. Identificar los métodos, equipos y maquinaria existente para la extracción de aceites esenciales y fibra de lechuguilla, obteniendo información sobre costos, características y disponibilidad y condiciones de existencia.
2. Innovar las tecnologías necesarias para la extracción de aceites esenciales y fibras naturales, que permita a los productores rurales aprovechar de manera más eficiente estos productos.
3. Rediseñar un equipo microindustrial para la extracción eficiente de aceites esenciales que pueda ser operado por productores rurales en sus comunidades.
4. Rediseñar un equipo para la extracción eficiente de fibra de lechuguilla para ser operado por productores rurales en sus comunidades.

5. Divulgar los resultados a los productores dedicados al manejo y aprovechamiento de las especies seleccionadas.

Productos esperados y metodología

<i>Producto 1</i>	<i>Subproductos que conforman la demanda</i>
Documento descriptivo con información sobre las tecnologías y métodos identificados y comparativo entre los equipos óptimos para cada tipo de producto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caracterización técnica de los equipos analizados para la obtención de fibra (rendimientos, capacidad instalada, costos de adquisición, costos de operación, costos de mantenimiento, características del producto obtenido). ▪ Comparativo entre los métodos alternativos identificados para la extracción de aceites esenciales, identificando los más eficientes teniendo en cuenta la relación beneficio costo, volumen de producción por día y pureza del producto final. ▪ Tipificación de productores, acorde a las necesidades de transformación, para visualizar el tipo y capacidad de maquinaria que se adapta a sus necesidades (fibra).
<i>Producto 2</i>	<i>Subproductos que conforman la demanda</i>
Documento que describa el cambio o modelo innovador de la tecnología utilizada para cada producto y su impacto en el producto final.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Información técnica de los cambios propuestos a la tecnología o equipo para la extracción de fibra de lechuguilla, así como describir la característica física y mecánica del producto obtenido (densidad lineal o fineza, dureza, alta resistencia, durabilidad de la fibra, calidad del producto final). ▪ Información técnica que describa la adaptación o innovación al método de extracción de aceite, según la tecnología seleccionada, indicando rendimientos, composición química y pureza. ▪ Deberá presentar un análisis de los productos identificados en el diagnóstico. ▪ Datos sobre cantidades demandadas por los consumidores. ▪ Presentaciones y prototipos de los productos obtenidos. ▪ Identificar los intereses por estos nuevos productos. ▪ Hacer un perfil de los recolectores, procesadores y consumidores.
<i>Producto 3</i>	<i>Subproductos que conforman la demanda</i>
Prototipo para la extracción eficiente de aceites esenciales.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Equipo funcional a nivel microindustrial para la extracción eficiente de aceites esenciales. ▪ Manual de operación del equipo microindustrial para la extracción de aceites esenciales.
<i>Producto 4</i>	<i>Subproductos que conforman la demanda</i>

Prototipo para la extracción eficiente de fibra de lechuguilla.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Equipo funcional a nivel microindustrial para la extracción eficiente de fibra de lechuguilla. ▪ Manual de operación del equipo microindustrial para la extracción eficiente de fibra de lechuguilla.
Producto 5	Subproductos que conforman la demanda
Demostración de la tecnología	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evento demostrativo de la tecnología con productores cooperantes del proyecto.

Lugar de aplicación del proyecto:

Los estados prioritarios del Proyecto de Desarrollo Sustentable para las Comunidades rurales de Zonas semiáridas (Regiones Norte-Mixteca) tendrán lugar en: Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas; sin embargo su impacto permitirá replicar el proyecto al resto de las áreas semiáridas del país.

Usuarios de los productos:

- La Gerencia de Fomento a la Producción Forestal Sustentable de CONAFOR, instancia que será la encargada de difundir los resultados con recolectores de plantas aromáticas, productores de aceites esenciales y fibra de lechuguilla.
- Productores de los PFNM de las especies seleccionadas.
- Dependencias de Gobierno Federal como la Comisión Nacional de Zonas Áridas, los Gobiernos de los Estados y Municipios.

Bibliografía:

Castillo Q., D., C. A. Berlanga R. y A. Cano P. 2005. Recolección, extracción y uso de la fibra de lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.) en el Estado de Coahuila. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Publicación especial N° 6 Coahuila, Mexico. 13 p.

Cunningham, A. 2001. Applied ethnobotany: people, wild plant use, and conservation. People and plants conservation manuals. WWF. Earthscan.

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.

Farrel, K. T. 1985. Spices, Condiments and Seasonings Avi Connecticut. EE.UU. 414p.

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



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.

Vásquez, O., Alva y Marreros, J. 2001. Extracción y caracterización del aceite de je Engineering. Elsevier. Nueva York. EE.UU. 70

Contactos para consultas técnicas sobre la demanda

M.C. Pedro Alberto Castillo Castillo

Coordinador del Proyecto de Desarrollo Sustentable para las Comunidades Rurales de Zonas Semiáridas

Tel. (33) 37 77 70 00 Ext. 2054

zonasaridas01@conafor.gob.mx

Ing. Abel Juárez Cortez

Subgerente de Investigación

Tel. (33) 37 77 70 00 Ext. 3708

acortez@conafor.gob.mx