



PRONADEN
PROGRAMA NACIONAL DE DENDROENERGÍA
2016 - 2018





PRONADEN
PROGRAMA NACIONAL DE DENDROENERGÍA
2016 - 2018

MENSAJE DEL SECRETARIO DE ENERGÍA

En cumplimiento a lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, en el Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables 2014-2018, así como lo correspondiente de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos y en congruencia con la recién aprobada Ley de Transición Energética, se elaboró el Programa Nacional de Dendroenergía (2016-2018), cuyo propósito es servir como instrumento rector de la política nacional de fomento a la energía que se obtiene a partir de biocombustibles derivados de bosques, árboles y otra vegetación forestal.

El desarrollo de México debe ser incluyente de todos los sectores de la sociedad, debe aprovechar y respetar el medio ambiente y propiciar actividades económicas que mejoren la calidad de vida de la población menos favorecida. México demandará cada vez más energía limpia, y para ello la Secretaría de Energía trabaja promoviendo el uso de nuevas fuentes de energía renovable que apoyen también a la diversificación de la matriz energética y contribuyan con la seguridad energética y al desarrollo sustentable del país. Una de las fuentes de energía limpia menos explotada de manera sustentable en México es la biomasa forestal.

Gracias a la ubicación geográfica de nuestro país, la biomasa forestal es vasta y su potencial de aprovechamiento energético de manera sustentable es enorme. Se estima que existen 15 millones de hectáreas con potencial para el aprovechamiento forestal para usos dendroenergéticos. Actualmente únicamente el 22.8 % de la biomasa forestal autorizada es aprovechada, por lo que existen grandes oportunidades para utilizar biomasa forestal y contribuir al desarrollo y a las metas en energías limpias que el país ha establecido.

El Programa Nacional de Dendroenergía 2016-2018 (PRONADEN) establece las bases para aprovechar el potencial de la biomasa forestal para generar energía limpia con el propósito de potenciar el aprovechamiento de los recursos forestales de los bosques y selvas, contribuir a la seguridad energética del país, reducir las emisiones de contaminantes al agua, aire y suelo y mejorar la calidad de vida de los sectores sociales más desfavorecidos. Por ello, nos congratulamos con este documento que fortalece las acciones para alcanzar las metas país de una mayor generación de electricidad con fuentes limpias y renovables.

Pedro Joaquín Coldwell
Secretario de Energía

MENSAJE DEL SECRETARIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

En años recientes, México ha adquirido importantes compromisos internacionales en materia ambiental. Con ellos, se ha sumado al esfuerzo de transitar hacia una economía global baja en carbono que, además de preservar el medio ambiente, promueva el desarrollo sustentable de las naciones.

Con gran visión, el Presidente de la República, Enrique Peña Nieto, estableció como parte de uno de sus ejes de gobierno (Eje 4 México Próspero) la detonación del crecimiento sostenible e incluyente, orientado hacia la preservación de nuestro patrimonio natural y al mejoramiento de la calidad de vida de los mexicanos.

Bajo su liderazgo, se ha impulsado la integración de la conservación y del uso sustentable de la biodiversidad a los planes, programas y políticas sectoriales e intersectoriales como el mejor camino a seguir para lograr un desarrollo sustentable. Es decir, como parte de una política que ayude a erradicar el hambre y la pobreza, mejorar la salud humana y el equilibrio de los ecosistemas, y garantizar un presente y un futuro cada vez mejor, más limpio y más seguro para los mexicanos.

En este sentido y de manera específica, una de las acciones para dar cumplimiento a los planes y programas vigentes en materia ambiental y energética es la formulación del Programa Nacional de Dendroenergía (PRONADEN), un esfuerzo coordinado entre la Secretaría de Energía, a través de la Dirección General de Energías Limpias, y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, a través de la Comisión Nacional Forestal.

El PRONADEN establece las acciones que el Gobierno de la República promoverá para impulsar un aprovechamiento eficiente y sustentable de la energía generada a partir de la biomasa de los ecosistemas forestales.

Gracias a la reforma energética, México está generando crecimiento económico a partir de un sector energético más competitivo e innovador, que está atrayendo inversiones y que está generando empleos.

Estoy plenamente convencido de que este programa contribuirá a la construcción del México próspero que todos queremos, un México comprometido con acciones concretas de mitigación del cambio climático.

México es hoy un país en movimiento, que está cubriendo una creciente demanda de energía y, al mismo tiempo, que está protegiendo y valorando su capital natural.

Rafael Pacchiano Alamán
Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales

MENSAJE DEL DIRECTOR GENERAL

En México, poco más de 64 millones de hectáreas están cubiertas por bosques y selvas, es decir aproximadamente el 32% del territorio nacional, las cuales además de ser parte de un valioso patrimonio natural, que nos coloca entre los cinco países con mayor biodiversidad del planeta, representan oportunidades para el desarrollo económico y social del país si se realiza un manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos forestales.

En la actualidad, alrededor de 15 millones de hectáreas de la superficie arbolada, están sujetas a programas de manejo con fines de producción maderable, cumpliendo con lo establecido en la legislación forestal; superficie en la que entre otros productos se obtienen 6 millones de metros cúbicos de madera al año generando como producto secundario al menos 700 mil toneladas de biomasa que es susceptible de utilizarse como insumo para generar energía térmica y eléctrica.

Con el objetivo de fomentar el aprovechamiento integral de los recursos forestales y generar energías limpias contribuyendo a la conservación e incremento de los bosques y selvas de México; la Secretaría de Energía a través de la Dirección General de Energías Limpias y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales a través de la Comisión Nacional Forestal, con la participación de la Comisión Reguladora de Energía y la Comisión Federal de Electricidad, formularon el Programa Nacional de Dendroenergía (PRONADEN).

Este Programa establece estrategias y líneas de acción que vinculan al sector energético y al forestal para realizar acciones concretas y crear las condiciones legales e incentivos que permitan impulsar proyectos de generación de energía limpia a partir de biomasa forestal, que además de los beneficios ambientales que produzcan, a la vez contribuyan al desarrollo social y económico del sector forestal de México, creando oportunidades para mejorar la competitividad de las empresas forestales, principalmente las ejidales y comunales.

El PRONADEN, constituye así la base para que mediante el esfuerzo coordinado del Gobierno Federal, los productores y los consumidores de energía, se desarrolle una nueva opción de aprovechamiento sustentable de los recursos forestales, en este caso para producir energía limpia y contribuir a mantener un Crecimiento Verde en favor de un México Próspero.

Jorge Rescala Pérez
Director General de la Comisión Nacional Forestal

CONTENIDO

Introducción.....	9
Marco normativo.....	11
Capítulo I. Diagnóstico.....	13
1.1 Contexto internacional.....	15
1.2 Contexto nacional.....	17
1.3 Situación actual de la biomasa forestal en México.....	18
1.4 Perspectiva general para la generación de energía a partir de biomasa forestal.....	25
1.5 Antecedentes del PRONADEN.....	28
1.6 Justificación.....	29
1.7 Problemática identificada.....	29
Capítulo II. Objetivo del programa.....	35
Capítulo III. Alineación a metas nacionales.....	39
Capítulo IV. Estrategias y líneas de acción.....	47
Capítulo V. Indicadores y metas.....	53
Glosario.....	65
Siglas y acrónimos.....	69
Anexo I. Descripción metodológica de los indicadores.....	73
Anexo II. Actividades complementarias.....	83
Anexo III. Tablas de equivalencias.....	87
Bibliografía.....	89

Índice de figuras

Figura 1. Capacidad instalada e inversiones promedio de biomasa y residuos.....	16
Figura 2. Potencial de generación de energía eléctrica con fuentes renovables en GWh.....	17
Figura 3. Bosques y selvas de México.....	18
Figura 4. Cuencas de abasto y transformación de México.....	19
Figura 5. Zonas potenciales de generación de biomasa forestal en México.....	22
Figura 6. Industrias identificadas con demanda de biomasa forestal.....	23
Figura 7. Opciones de tipos de bioenergía para reemplazar energías fósiles.....	25
Figura 8. Árbol de problemas.....	31
Figura 9. Alineación del PRONADEN a otros programas nacionales.....	45

Índice de tablas

Tabla 1. Caracterización de la biomasa forestal para su aprovechamiento en México.....	20
Tabla 2. Potencial de biomasa forestal por zona.....	22
Tabla 3. Desglose del potencial total de suministro de biomasa para 2030.....	24
Tabla 4. Alineación del PRONADEN a las metas nacionales del PROSENER.....	41
Tabla 5. Alineación del PRONADEN a las metas nacionales del PROMARNAT.....	42
Tabla 6. Alineación del PRONADEN a las metas nacionales del PRONAFOR.....	43
Tabla 7. Alineación del PRONADEN a las metas nacionales del PEAR.....	45
Tabla 8. Alineación del PRONADEN a las metas nacionales del PECC.....	45
Tabla 9. Factores de emisión de electricidad promedio (tCO ₂ e/MWh).....	74
Tabla 10. Línea base y metas intermedias para el Indicador 1.....	76
Tabla 11. Línea base y metas intermedias para el Indicador 1.....	76
Tabla 12. Línea base y metas intermedias para el Indicador 2.....	77
Tabla 13. Línea base y metas intermedias para el Indicador 3.....	78
Tabla 14. Línea base y metas intermedias para el Indicador 4.....	80
Tabla 15. Línea base y metas intermedias para el Indicador 5.....	81
Tabla 16. Línea base y metas intermedias para el Indicador 6.....	82

INTRODUCCIÓN

Dentro de las acciones que realiza el gobierno federal para mantener la seguridad energética está el desarrollo de instrumentos de política energética como la Estrategia Nacional de Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía y la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. La reforma energética del 2014 introdujo el concepto de energías limpias, las cuales se fundamentan en dos principios: controlar las emisiones contaminantes y cumplir parámetros y normas de eficiencia energética. Al mismo tiempo las energías limpias contribuyen con la transición energética. La energía que se obtiene de la biomasa forestal es una energía renovable y limpia que de igual forma aporta a la transición energética.

En México los terrenos forestales representan el 70% del territorio nacional con 138 millones de hectáreas (ha) cubiertas por bosques, selvas y vegetación de zonas áridas, de esta superficie, se estima que 7.4 millones de hectáreas están sujetas a aprovechamiento forestal en el marco de lo establecido en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) y sustentan la producción forestal maderable del país; sin embargo, en México se consumen alrededor de 38 millones de m³/año de leña, de los cuales 24.9 millones de m³/año se utilizan en el sector doméstico, 6 millones de m³/año en el sector doméstico comercial, 6 millones de m³/año en el sector de las pequeñas industrias, y 0.7 millones de m³/año para producir carbón vegetal (1).

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por encargo de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), realizó un estudio en el año 2012 mediante el cual se determinó que a partir del aprovechamiento forestal sustentable se generan al menos 700 mil toneladas de biomasa al año susceptible de utilizarse para generar hasta 100 MW de energía eléctrica.

El nivel de aprovechamiento de los recursos forestales en superficies bajo manejo en México alcanza solo un 60% de la madera extraída en bosques y un 10% de la madera extraída en selvas, lo que provoca un sub-

aprovechamiento de los recursos forestales (1). Este porcentaje se incrementa si se considera que, en la extracción se descarta una elevada cantidad de árboles de diámetros menores provenientes del manejo forestal, así como el bajo o nulo aprovechamiento de especies forestales consideradas de escaso interés comercial. Sin embargo este sub-aprovechamiento de los recursos forestales representa una oportunidad para su uso como biomasa forestal contribuyendo a un manejo forestal integral y sustentable.

En este sentido, y ante la necesidad de encontrar fuentes de energía limpia, se vislumbra una oportunidad para el sector forestal mexicano en la generación de energía eléctrica a partir de biomasa forestal en empresas forestales comunitarias (EFC), ejidos y comunidades que permita elevar su competitividad a partir de un manejo forestal sustentable que garantice la conservación de la biodiversidad.

El Programa Nacional de Dendroenergía 2016-2018 (PRONADEN) tiene como objetivo principal “Aprovechar el potencial de la biomasa forestal para la generación de energía limpia”. Esta diversificación en el aprovechamiento forestal y la generación de energía a partir de biomasa forestal en México es una oportunidad para contribuir a satisfacer las necesidades básicas y mejorar la competitividad de ejidos, comunidades y empresas de las zonas forestales del país, al mismo tiempo que se fomenta la protección y valoración de la biodiversidad.

Derivado del objetivo principal de este programa, se plantean tres estrategias, dos son transversales y tienen como finalidad fortalecer el marco institucional e impulsar el desarrollo de capacidades en el sector forestal, para facilitar el desarrollo de la tercer estrategia, la cual considera el establecimiento de proyectos de generación de energía limpia a partir de biomasa forestal contribuyendo así a la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

De igual manera se describen las líneas de acción que deberán contribuir al aprovechamiento sustentable los recursos forestales, la expansión de la generación de

energía eléctrica mediante fuentes renovables, el uso y la transferencia de tecnologías limpias y la generación de fuentes de empleo en México.

Este programa contribuye al fortalecimiento del sector forestal y energético al mismo tiempo que se alinea con las metas y objetivos de los Programas Sectoriales de Energía (PROSENER) y de Medio Ambiente y Recursos Naturales (PROMARNAT), así como al Programa Nacional Forestal (PRONAFOR) y el Programa Especial para el

Aprovechamiento de Energías Renovables (PEAER), contribuyendo a lograr un México Próspero.

Con fundamento en el Art. 8 de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos este Programa contribuye a la producción y comercialización de insumos y con la producción, el almacenamiento, el transporte, la distribución, la comercialización y el uso eficiente de bioenergéticos.

MARCO NORMATIVO

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es el documento legal fundamental de México, la cual fue originalmente redactada en 1917. De conformidad con su artículo 25, corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, que fortalezca la Soberanía de la Nación y su régimen democrático. Por su parte, el artículo 26 establece que el Estado organizará un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional y prevé que habrá un plan nacional de desarrollo, al que se sujetarán obligatoriamente los programas de la Administración Pública Federal. Con sujeción al marco jurídico aplicable, el Titular del Ejecutivo Federal aprobó el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, mediante decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación, el 20 de mayo de 2013.

El Plan Nacional de Desarrollo, de conformidad con los artículos 25 y 26 constitucionales y los artículos 9o., 10, 16, 17, 21, 22, 23, 29, 30 y 31 de la Ley de Planeación, precisará los objetivos nacionales, estrategias y prioridades del desarrollo integral y sustentable del país, contendrá previsiones sobre los recursos que serán asignados a tales fines; determinará los instrumentos y responsables de su ejecución, establecerá los lineamientos de política de carácter global, sectorial y regional; sus previsiones se referirán al conjunto de la actividad económica, social y cultural, tomando siempre en cuenta las variables ambientales que se relacionen a éstas y regirá el contenido de los programas que se generen en el sistema nacional de planeación democrática.

El artículo 9o. de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal señala que las dependencias y entidades de la Administración Pública Centralizada y Paraestatal, conducirán sus actividades en forma programada, con base en las políticas que para el logro de los objetivos y prioridades de la planeación nacional del desarrollo, establezca el Ejecutivo Federal. El marco jurídico mexicano en materia de energía otorga la mayoría del control de esa industria al Estado, detallando a continuación los aspectos más importantes del marco regulatorio en el campo de la energía y el medio ambiente.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

El pasado 18 de diciembre del 2013 se expidió un decreto mediante el cual se reforma la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en los párrafos cuarto, sexto y octavo del artículo 25; el párrafo sexto del artículo 27; los párrafos cuarto y sexto del artículo 28; y se adiciona un párrafo séptimo, recorriéndose los subsecuentes en su orden, al artículo 27. Estas modificaciones a la carta magna es la denominada REFORMA ENERGÉTICA.

En materia de energía renovable.

De conformidad con los artículos 27 y 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, así como en lo dispuesto por el artículo 33 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, corresponde a la Secretaría de Energía (SENER) el establecer y conducir la política energética del país; ejercer los derechos de la Nación en materia del aprovechamiento de los bienes y recursos naturales que se requieran para generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación del servicio público; conducir y supervisar la actividad de las entidades paraestatales sectorizadas en dicha Secretaría, y llevar a cabo la planeación energética a mediano y largo plazo, así como fijar las directrices económicas y sociales para el sector energético paraestatal.

El Reglamento Interior de la SENER prevé, en su artículo 3, que esta dependencia planeará y conducirá sus actividades con sujeción a lo dispuesto en los instrumentos que se emitan en el marco del Sistema Nacional de Planeación Democrática y con base en las políticas que para el logro de los objetivos y prioridades del desarrollo nacional determine el Titular del Ejecutivo Federal.

El marco legal y regulatorio básico en materia eléctrica está integrado por las siguientes disposiciones: Ley de la Industria Eléctrica y su Reglamento; Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y su Reglamento; Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética

y su Reglamento; Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos y su Reglamento; Ley de la Comisión Reguladora de Energía y el Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, así como la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética.

En materia de medio ambiente y recursos forestales.

El artículo 16 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), establece, entre otros aspectos que, corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) formular y conducir la política nacional de desarrollo forestal sustentable y asegurar su congruencia con la política ambiental y de recursos naturales, así como las relacionadas con el desarrollo rural.

De igual forma la LGDFS establece que corresponde a la CONAFOR participar en la formulación y aplicación de la política nacional de desarrollo forestal sustentable, así como organizar y aplicar los instrumentos de política forestal previstos en dicha Ley. Así mismo, el artículo 36

del mencionado ordenamiento legal, establece que la planeación del desarrollo forestal como instrumento para el diseño y ejecución de la política forestal, deberá comprender la proyección correspondiente a los periodos constitucionales que correspondan a las administraciones, conforme a lo previsto en la Ley de Planeación para los Programas Sectoriales, Institucionales y Especiales.

El marco legal y regulatorio básico en materia de medio ambiente y recursos forestales está integrado por las siguientes disposiciones: Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental y en materia de Ordenamiento Ecológico, Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y su reglamento, Ley General de Cambio Climático, Ley de Desarrollo Rural Sustentable, Ley Agraria, Reglamento de la Ley Agraria en Materia de Ordenamiento de la Propiedad Rural.



CAPÍTULO I DIAGNÓSTICO

1.1 Contexto internacional

Productividad de los bosques en el mundo

En el 2010 la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés), en colaboración con sus Estados Miembros, realizó una evaluación de los recursos forestales mundiales en donde señala que el área total de bosque existente en el mundo asciende a algo más de 4,000 millones de hectáreas, correspondiente al 31% de la superficie total de tierra o a un promedio de 0.6 hectáreas per cápita. Dicha evaluación resalta que la Federación de Rusia, Brasil, Canadá, Estados Unidos de América y China, son los cinco países con mayor riqueza forestal y representan más de la mitad del área total de bosque, 10 países carecen totalmente de bosques y otros 54 tienen bosque en menos del 10% de su extensión total de su territorio (3).

La región de Europa está formada por 50 países, con un área total de bosque de aproximadamente 1,000 millones de hectáreas equivalente al 25% del área de bosque mundial. La extracción de madera es de aprox. 524 millones de hectáreas lo cual representa el 32% de las extracciones de madera en rollo para uso industrial en el mundo (3).

América Latina y el Caribe forman una región con abundantes recursos forestales. En 2010 casi el 49% de su superficie total estaba cubierta por bosques. Con una estimación de 891 millones de hectáreas, representa el 22% del área de bosque mundial. Brasil es uno de los cinco países con mayor riqueza forestal del mundo, con un 13% del área mundial de bosque, y el país con la mayor extensión de bosque tropical. Los cinco países con mayor área de bosque de la región son: Brasil, Perú, Colombia, Bolivia y Venezuela, los cuales representan el 84% del área total de bosque de la región (3).

América Central y el Caribe cuentan con un total de 83 millones de hectáreas productivas y de extracción

industrial, el 90% de la madera extraída de los bosques se destina a leña, mientras que en América del Sur las extracciones se reparten por igual entre madera en rollo para uso industrial y leña (3).

Por otro lado, los bosques de América del Norte cubren el 34% de la superficie de esa región y representaban el 17% del área de bosque del mundo. Aproximadamente un 14% del área de bosque en América del Norte está designada para la producción forestal con una superficie de aprox. 99 millones de hectáreas, de la cual el 93% se ubica en los Estados Unidos de América, frente a solo el 5% del área de bosque en México y el 1% en Canadá (3).

Situación internacional de la biomasa forestal

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), en el año 2009 la demanda total de energía primaria en el mundo fue de 509,491 exajoules (EJ), de los cuales el 13.1% corresponde a energías renovables. El 75.9% de la oferta total procedente de fuentes renovables, es decir 50,492 EJ, corresponde a bioenergía, distribuida de acuerdo a los siguientes porcentajes: 92.5% biomasa sólida, 4.5% biocarburantes, 1.8% biogás y 1.2% residuos (4).

La biomasa sólida es la mayor fuente de energía renovable en el mundo, debido a la existencia de la biomasa forestal sin procesar (leña), la cual se obtiene sin mediar transacción comercial en los países en vías de desarrollo. Supone el 9.2% de la oferta total de energía primaria en el mundo, el 70.2% de la oferta total de energía renovable (5).

La IEA y la FAO exponen que algunos países en vías de desarrollo obtienen el 90% de su energía de la leña y otros biocombustibles. Esta fuente de energía supone un tercio del consumo energético en África, Asia y Latinoamérica, siendo la principal fuente de energía en los hogares de 2,000 millones de personas (3).

En los países desarrollados la biomasa forestal procesada cuenta con niveles de alta eficiencia y es utilizada para generar energía

eléctrica, producir calor y/o refrigeración en los hogares y la industria. Existe evidencia de que las mejoras en tecnologías de generación eléctrica y desarrollo de sistemas de suministro pueden hacer que disminuyan los costos de generación eléctrica y de producción de calor a unos niveles económicamente rentables generando competitividad en los costos (3).

A nivel mundial, el combustible de madera recolectado en los bosques proporciona 496 millones de toneladas equivalentes de petróleo (tep) y el sector de la elaboración de productos forestales otros 277 millones de tep, lo que en total supone 772 millones de tep. Esta cifra representa alrededor del 6% del suministro total de energía primaria (STEP); dos tercios aproximadamente de este porcentaje provienen del combustible de madera y el otro tercio de la elaboración de productos forestales. Por “suministro total de energía primaria” (STEP) se entiende el consumo total de energía en un determinado país que, en las estadísticas energéticas, suele calcularse en millones de toneladas equivalentes de petróleo (tep) (6).

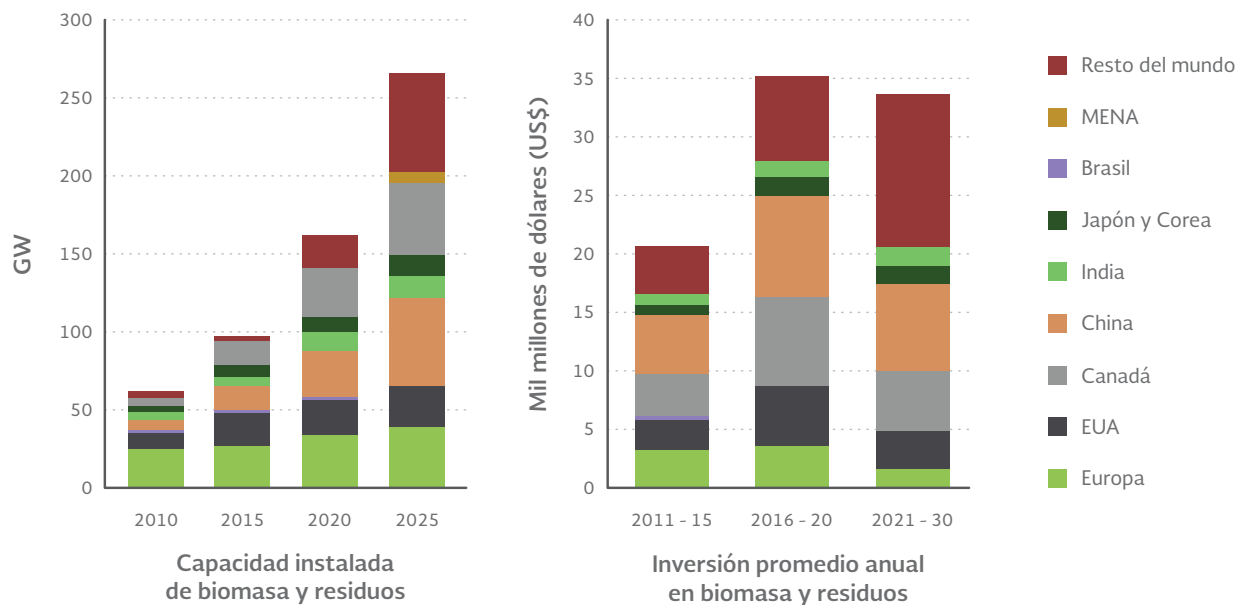
En América Latina y el Caribe y en África, la biomasa forestal realiza la mayor aportación al STEP (un 13% y un 27%, respectivamente). En ambas regiones el combustible de madera recolectado en los bosques representa la mayor parte de la biomasa forestal utilizada, registrándose la mayor contribución en África donde aproximadamente una cuarta parte de toda la energía consumida en la región proviene de los bosques y los árboles (6).

Actualmente la biomasa representa una pequeña participación de la capacidad instalada de electricidad por medio de energía renovable a nivel mundial, no obstante se espera un significativo crecimiento en los próximos años debido a la implementación de políticas de energía renovable en Europa y Norteamérica. De acuerdo a la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, por sus siglas en inglés), en una perspectiva a largo plazo (Figura 1), se prevé que la generación eléctrica a base de biomasa y residuos pueda crecer de 62 GWh en 2012 a 270 GWh en 2030.

La inversión esperada para dicho crecimiento deberá ser entre 21 billones de dólares a 35 billones de dólares distribuidos en diferentes países (5).

De acuerdo al Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), las aplicaciones energéticas de los tipos más comunes de biomasa reducen las emisiones de CO2 entre un 55% y un 98%, en comparación con los combustibles fósiles, aunque sea necesario transportar la materia prima a larga distancia, siempre que la producción de la biomasa no cause cambios en el uso de suelo. Cuando se usan residuos forestales o agrícolas, los ahorros en gases de efecto invernadero están normalmente por encima del 80% en comparación con los combustibles fósiles (7).

FIGURA 1. CAPACIDAD INSTALADA E INVERSIONES PROMEDIO DE BIOMASA Y RESIDUOS (5).



1.2 Contexto nacional

Potencial de las energías renovables en México.

La SENER desarrolló en el año 2013 un Inventario Nacional de Energías Renovables (INER), que proporciona a través de un sistema de información geográfica, la información sobre el inventario de generación de electricidad para el abasto del servicio público y particular.

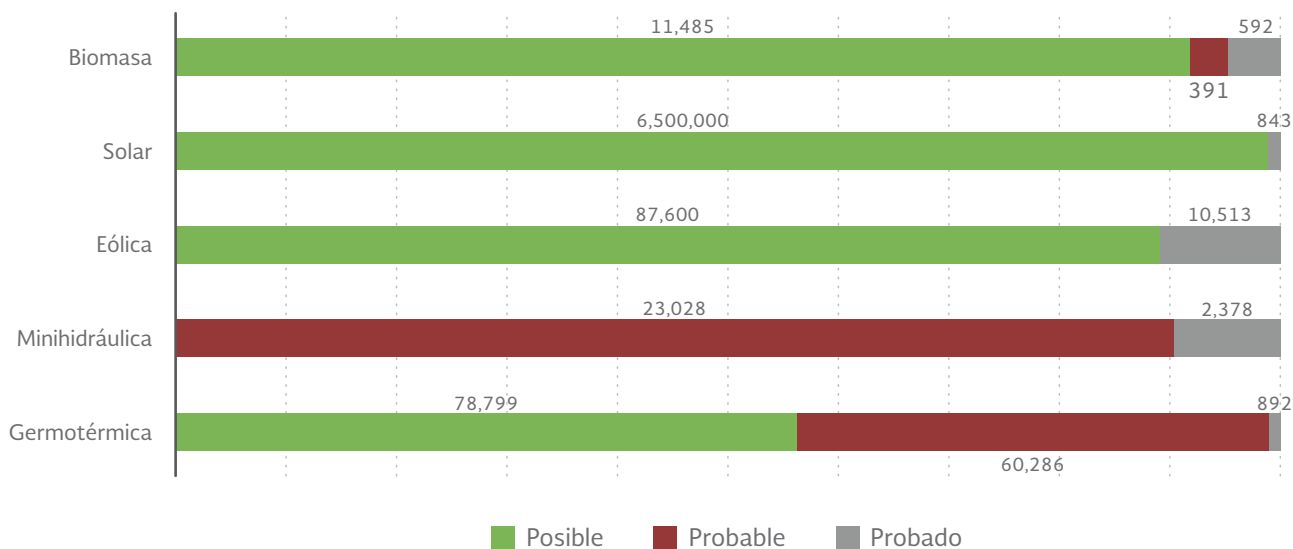
Con base en este inventario se muestra el mayor potencial probado para la generación de electricidad a partir de fuentes renovables de energía (Figura 2), encontrándose en primer lugar la energía eólica, seguido por la energía hidráulica en pequeña escala y geotérmica, y por último con un potencial prácticamente igual, la energía proveniente de la biomasa y la energía solar. Por otro lado, el mayor potencial probable identificado,

es decir, aquel que ya cuenta con estudios de campo, pero que por sí solos no son suficientes para comprobar su factibilidad técnica y económica, corresponde al aprovechamiento de los recursos geotérmicos.

Finalmente, el mayor potencial posible identificado, es decir, el potencial teórico para el cual no existen ni estudios de campo u otros que permitan comprobar su factibilidad técnica, económica, ambiental y social se encuentra las energías solares y eólicas, seguidas por los recursos geotérmicos y la biomasa.

México tiene un alto potencial de producción sustentable de biomasa, por un total de 1.713 PJ o el 18.5% de toda la energía primaria utilizada en el país en 2010 (3). La mayor parte de este potencial corresponde a biomasa forestal generada a partir del aprovechamiento sustentable de los bosques (54.3%), seguidos de las plantaciones energéticas (41.9%) y los residuos de aserraderos (3.7%).

FIGURA 2. POTENCIAL DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON FUENTES RENOVABLES EN GWH (3).



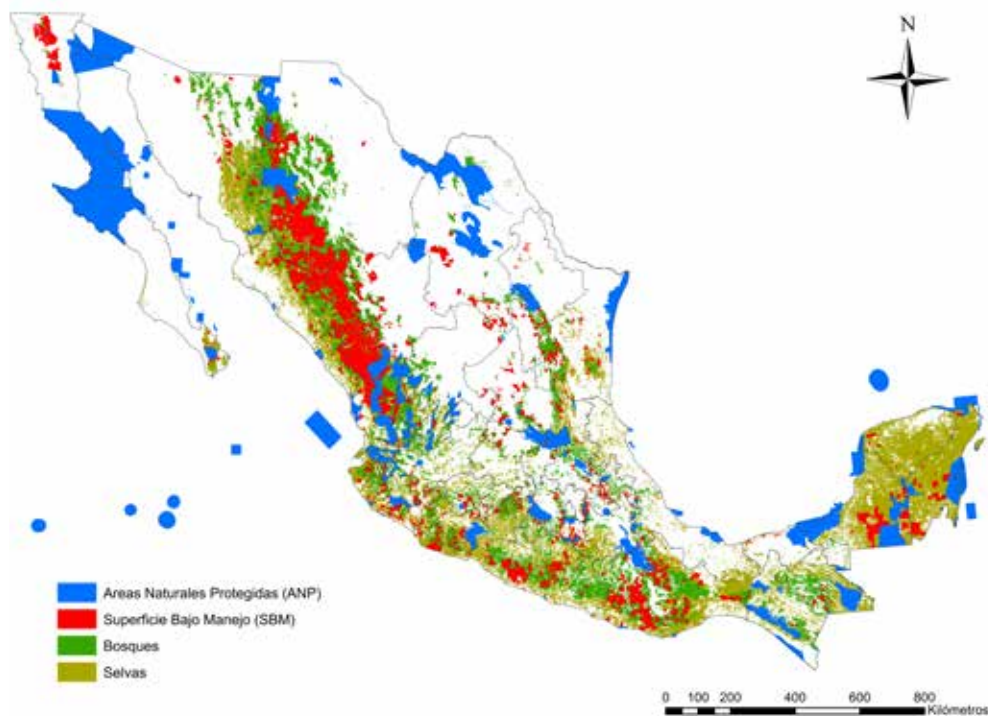
1.3 Situación actual de la biomasa forestal en México

México cuenta con 138 millones de hectáreas con vegetación forestal, equivalentes al 70% del territorio nacional. Los bosques y selvas son una parte importante de estos terrenos, y cubren 64.9 millones de hectáreas, de las cuales se estima que 15 millones de hectáreas tienen potencial para el aprovechamiento comercial (Figura 3).

El potencial de la biomasa forestal disponible se encuentra distribuido en diferentes zonas del país. Sin embargo, los mayores potenciales se concentran en las principales cadenas montañosas del país así como en la zona peninsular del sur del país. Estos recursos de biomasa forestal se consideran disponibles para usos dendroenergéticos.

La biomasa es el energético más común en países en desarrollo y ahora comienza a ser una alternativa en algunos procesos como sustituto de las fuentes de energía no renovables. La biomasa forestal es un componente muy importante de la energía que actualmente se consume en el mundo, llegando a cerca del 11% del consumo total mundial (8).

FIGURA 3. BOSQUES Y SELVAS DE MÉXICO. FUENTE CONAFOR 2015



Fuente CONAFOR 2015

En México el uso de la biomasa forestal como fuente de energía representa el 8% de la demanda de energía primaria y está centrada en el uso de leña residencial y de pequeñas industrias. Sin embargo, puede ser considerada

como una fuente alternativa para la generación de energía renovable y proporcionar múltiples beneficios en los Estados y Municipios de nuestro país.

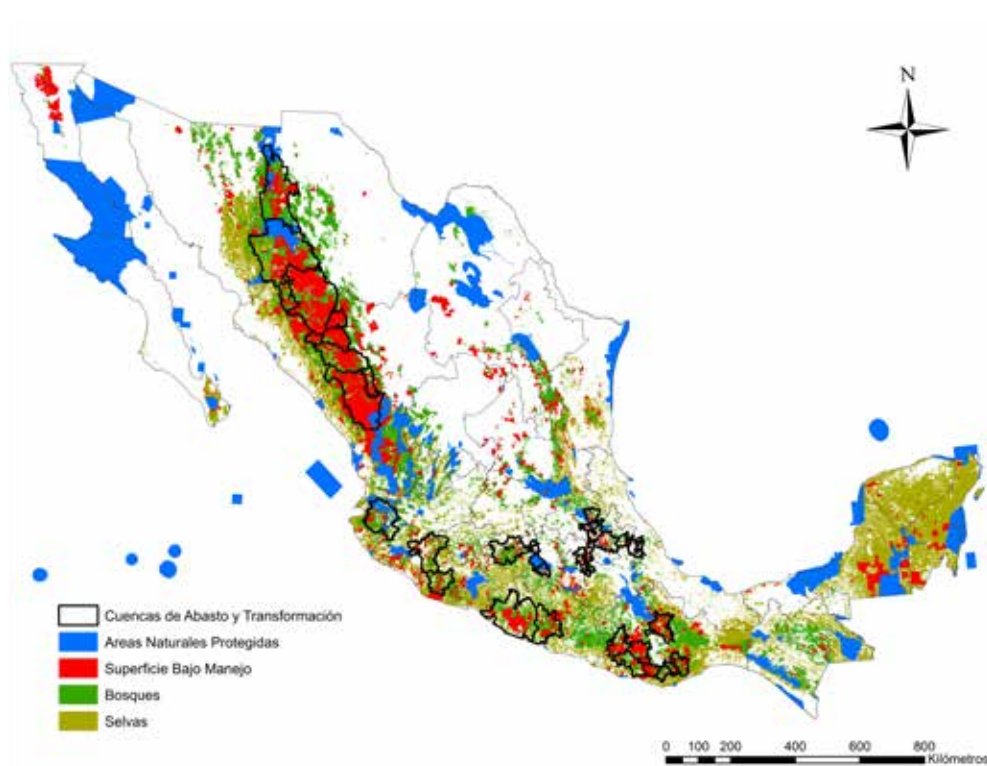
En 2005 se estimó de manera general que el potencial energético de la biomasa forestal en México es de 1,519 a 3,034 PJ/año en combustibles leñosos (8). En el 2013 el Atlas de Biomasa estimó un potencial de 1,732 PJ/año para bosque natural y plantaciones de eucalipto.

En el sector forestal se genera una importante cantidad de biomasa forestal residual como resultados de las actividades de manejo de los bosques, extracción e industrialización. Se han realizado estudios sobre el uso de los residuos forestales en la producción de bioenergía, cuyos resultados obtenidos indican que en México se generan 703,323.6 (1,774,994.0 m³r) toneladas de biomasa base seca de residuos forestales de los dos principales géneros: Pinus (pino) y Quercus (encino) (1).

De acuerdo con la producción de biomasa forestal 598,858.1 toneladas corresponden a pino y 104,465.5 toneladas a encino. Dicha biomasa forestal representa un recurso energético renovable de 3,063.7 Tcal (12,827.8 TJ), de éstos 2,728.8 Tcal (11,425.4 TJ) corresponden a pino y 334.9 Tcal (1,402.4 TJ) a encino (1).

En México se tienen identificadas las principales cuencas de abasto de la industria forestal (Figura 4), en las cuales se concentran una cantidad de residuos de aserrío la cual es considerable para el uso como combustible para sistemas integrados de generación de energía (térmica y eléctrica) útil para el autoconsumo en sus procesos o bien para la generación de combustibles de segunda generación que competirían por mercados ya existentes (1).

FIGURA 4. CUENCAS DE ABASTO Y TRANSFORMACIÓN DE MÉXICO.



Fuente CONAFOR 2015

El hecho de integrar los residuos forestales a la generación de energía es una oportunidad para las empresas forestales comunitarias, los ejidos y comunidades, de

generar ingresos, que provengan de una biomasa forestal que ahora se destina a desperdicio o bien que tiene una recuperación económica mínima.

Las ramas y puntas son desperdiciadas y actualmente no tienen un destino comercial, convirtiéndose en biomasa disponible y con alto potencial aprovechable en cuanto a su poder calorífico.

Por otra parte, es importante considerar la inclusión de especies que hasta ahora no se aprovechan, pero que pueden ser también materia disponible como fuente de energía. En el bosque templado existen especies de latifoliadas de bajo o nulo valor comercial actual, como es el caso de los encinos mexicanos. En selvas hay aún más heterogeneidad en cuanto a las mezcla de especies, haciéndolas más propensas a la subutilización dadas las exigencias de homogeneidad del mercado maderable (1).

De esta manera, al hacer un aprovechamiento integral de sus productos, las EFC son más competitivas y más sustentables, además de que reducen los desperdicios del aprovechamiento, eliminando así una potencial fuente de propagación de incendios forestales o plagas.

La experiencia actual en el país en cuanto a plantaciones dendroenergéticas es reducida comparada con otros países como Brasil o del Sudeste Asiático. Se estima que en México existe un total de 16.3 millones de ha con potencial para el establecimiento de plantaciones energéticas (8).

El potencial energético alcanza entre 450 y 1.246 PJ/año dividida en 42-71 PJ/año en plantaciones de alta productividad, 318-636 PJ/año en plantaciones de

productividad media y 90-540 PJ/año en plantaciones de productividad baja (8).

Características físico-químicas y volumen residual de la biomasa forestal

Es necesario evaluar las características físico-químicas de los materiales disponibles, identificar sus fuentes de abastecimiento (residuos forestales que se derivan del manejo sustentable de los bosques, de las especies forestales de bajo o nulo valor comercial y de la industria forestal) y la prospectiva tecnológica que permiten su uso como energético renovable en México.

La composición fisicoquímica y el potencial energético de la biomasa forestal son aspectos importantes a considerar cuando se está evaluando su posible aprovechamiento energético. Las principales propiedades que se evalúan son la densidad, la humedad, y el poder calorífico.

De igual manera, es necesario identificar la productividad forestal por hectárea para poder determinar el volumen de residuos que se generan en dicha actividad, y evaluar su potencial como materia prima para la generación de biocombustibles. Así mismo, es importante conocer el volumen de residuos que se generan en la industria forestal y en las empresas forestales comunitarias.

TABLA 1. CARACTERIZACIÓN DE LA BIOMASA FORESTAL PARA SU APROVECHAMIENTO EN MÉXICO.

	BOSQUE TEMPLADO	SELVA
Coficiente total de biomasa disponible	44.1%	90.9%
Densidad	0.510 g/cm ³	0.657 g/cm ³
Poder calorífico	18.91 GJ/t	18.07 GJ/t

Fuente INIFAP 2012.

Con los principios mencionados, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) realizó un estudio para conocer la densidad básica y el poder calorífico en especies de bosque templado y selvas. En este estudio se estimó que la densidad promedio para bosque templado es de 0.510 g/cm³ con un poder calorífico

promedio de 18.91 GJ/t, y para las especies de las selvas la densidad promedio es de 0.657 g/cm³ con un poder calorífico promedio de 18.07 GJ/t (1). Los porcentajes generales de volúmenes disponibles que se genera tanto en campo como en la industria forestal para cada uno de los ecosistemas forestales se presentan en la Tabla 1.

Potencial disponible para el aprovechamiento de la biomasa forestal en México

El medir la cantidad de biomasa forestal disponible y su caracterización permite proyectar su uso como energético y tiene como fin incrementar el potencial productivo forestal, todo con la visión de hacer aprovechamientos integrales y mejorar el nivel de ingreso de los productores del bosque considerando la conservación de la biodiversidad de los ecosistemas.

El proceso de aprovechamiento forestal comienza con la autorización de volúmenes de madera a extraer por unidad de superficie, los árboles autorizados para aprovechamiento que no son extraídos representan biomasa aprovechable que debe ser removida para respetar la dinámica proyectada por el programa de manejo mediante la implementación de prácticas que promuevan la conservación de la biodiversidad del bosque.

En el manejo forestal para selvas se ejerce únicamente el 22.8% del volumen autorizado, el remanente dejado en pie representa en promedio un 77.2% de volumen autorizado, este porcentaje traducido en m³ representa un valor muy alto para no considerarlo en la producción de biomasa forestal. Aunado también el hecho de que en las selvas de México no han adoptado tecnologías adecuadas para árboles con dimensiones cortas y diámetros reducidos, ni búsqueda en la generación de productos nuevos a partir de maderas finas o de propiedades particulares (1).

Para el caso del manejo forestal en el bosque templado, se estima que el porcentaje de volumen no ejercido es menor en comparación con el volumen de la selva, siendo sólo del 10% para el pino y 27% para el encino. El principal problema para lograr ejercer el total del volumen autorizado, es la dificultad para colocar algunas maderas en el mercado, además de tener limitaciones tecnológicas para la transformación de maderas duras como el encino (1).

Actualmente el aprovechamiento maderable se enfoca solamente en satisfacer la demanda de ciertas especies en el mercado lo que genera una baja competitividad al no tener una diversificación y aprovechamiento integral de los productos forestales maderables.

En términos generales, el volumen residual en el sector es del 78.61%, sólo dos metros cúbicos de cada diez son transformados en producto final, como madera aserrada o productos de escuadría (tablas, barrote, vigas, durmientes, etc.), quedando los ocho restantes como residuo potencial para otros usos y apropiados para su uso como biocombustible (1).

La suma de los residuos de coníferas y hojosas muestra una disponibilidad de 1,847,143 m³. Esto equivale a 779,345.73 toneladas de biomasa seca susceptible de ser aprovechada para energía. Por lo tanto existe un gran potencial como fuente de energía renovable, sin considerar la superficie que no se encuentra bajo manejo forestal (1).

En 2013 el Inventario Nacional de las Energías Renovables reportó que se tiene un potencial de biomasa forestal apta para generar energía de 1,560,961 TJ, de los cuales 202,792 TJ corresponden a biomasa de bosque de encino, 19,568 TJ a biomasa de bosque mixto, 1,256,239 TJ a selva y 82,362 TJ a biomasa de bosque de pino.

Estas estimaciones muestran el gran potencial de la biomasa forestal en México y abre un enorme campo de oportunidades tecnológicas y económicas para el mejor aprovechamiento de dichos recursos bajo esquemas de sustentabilidad y cuidado de la biodiversidad.

Zonas potenciales de generación de biomasa forestal en México

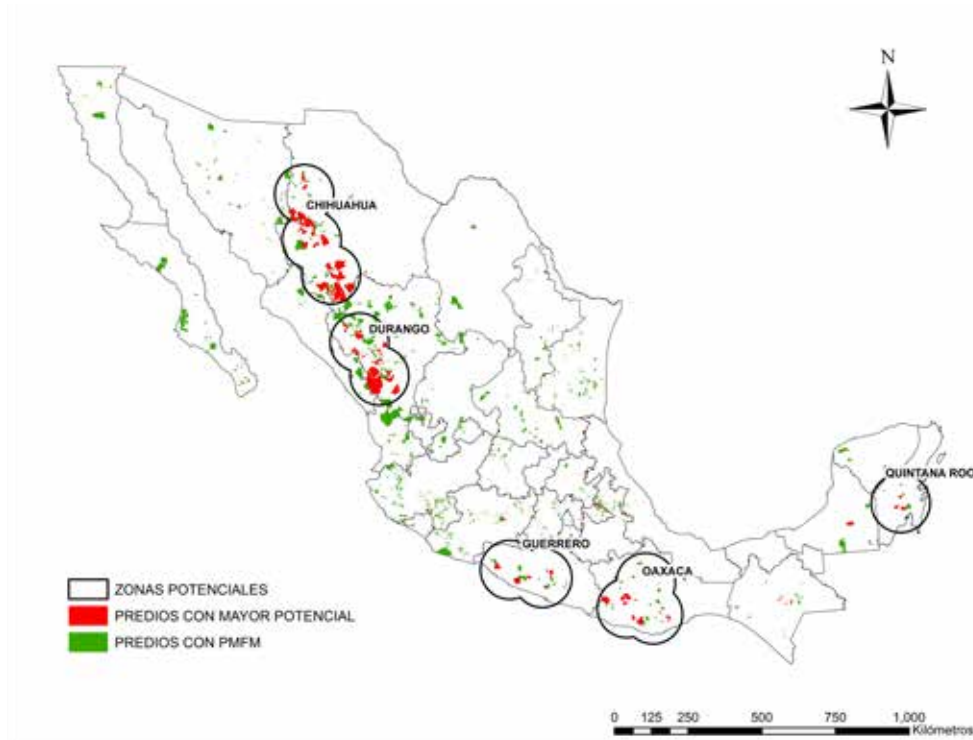
Como parte de la Estrategia Nacional de Manejo Forestal Sustentable para el Incremento de la Producción y Productividad (ENAIPROS), la CONAFOR identificó que el 90% de la producción forestal se concentra principalmente en 13 Estados del país: Chihuahua, Durango, Jalisco, Michoacán, México, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Veracruz, Guerrero, Oaxaca, Campeche y Quintana Roo que fueron identificados como los que sustentan los bosques y las selvas productivas en México.

También se tienen identificadas las zonas con alta, mediana y baja productividad forestal, con lo cual se puede visualizar las zonas potenciales que generan los mayores volúmenes de biomasa (Figura 5), con base en este criterio zonas en Durango, Chihuahua,

Oaxaca, Guerrero y Quintana Roo cuentan con la mayor productividad forestal en el país.

En la Tabla 2 se muestran los potenciales anuales para la generación de biomasa forestal para cada una de las zonas.

FIGURA 5. ZONAS POTENCIALES DE GENERACIÓN DE BIOMASA FORESTAL EN MÉXICO.



Fuente CONAFOR 2015.

TABLA 2. POTENCIAL DE BIOMASA FORESTAL POR ZONA.

ZONA	VOLUMEN RESIDUAL (m ³)	BIOMASA SECA (t)
Durango	477,129.331	244,649.044
Chihuahua	340,010.869	173,843.153
Oaxaca	80,215.537	40,964.228
Guerrero	30,095.745	15,348.830
Quintana Roo	7,729.640	5,078.374

Fuente CONAFOR 2015.

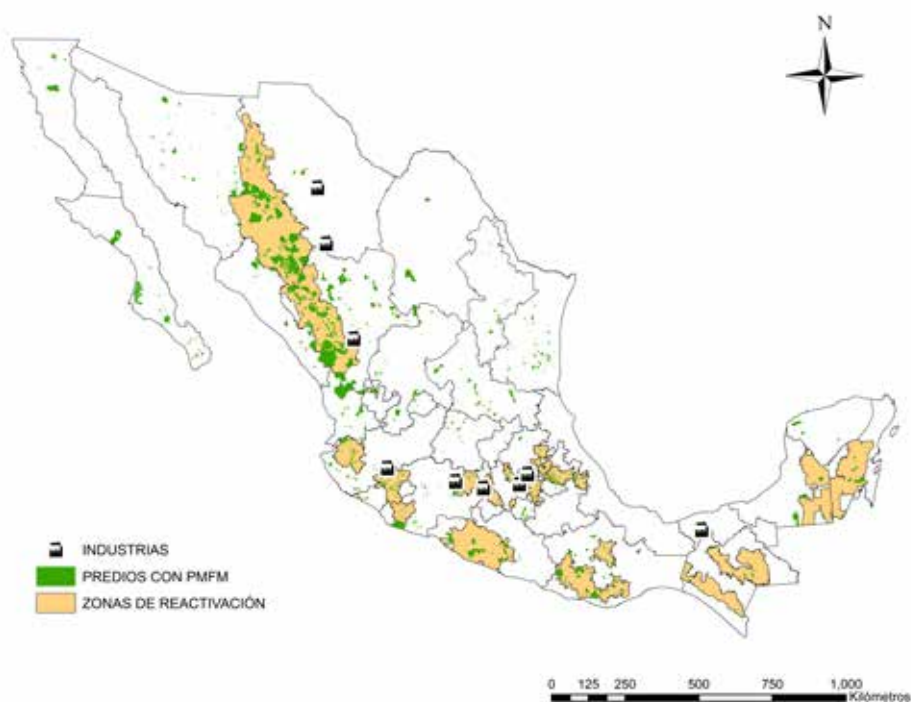
Usos concurrentes de la biomasa forestal proveniente de los centros de almacenamiento y transformación de materias primas forestales.

La biomasa residual que procede de las industrias de las empresas forestales comunitarias son subproductos de la

transformación, por ejemplo astillas y aserrín.

En México se han identificado industrias que tienen una demanda sobre la biomasa forestal como materia prima para la elaboración de tableros y celulosa. En la Figura 6 se muestra la ubicación de industrias que actualmente demandan biomasa forestal para elaborar sus productos.

FIGURA 6. INDUSTRIAS IDENTIFICADAS CON DEMANDA DE BIOMASA FORESTAL.



Fuente CONAFOR 2015.

Potencial de biomasa forestal al 2030

El potencial de suministro de bioenergía estimado para el 2030 se basa en un análisis comparativo en

las estimaciones realizadas por la Red Mexicana de Bioenergía (REMBIO) e IRENA (9,10). Según IRENA, el potencial total de suministro sustentable de la biomasa en México (sólo incluyendo los residuos) hasta 2030 es de 626 a 1 012 PJ / año.

TABLA 3. DESGLOSE DEL POTENCIAL TOTAL DE SUMINISTRO DE BIOMASA PARA 2030 (9,10).

	IRENA (PJ/año)	REMBIO (PJ/año)
Biogás	304	70
Plantaciones energéticas	-	1,063
Residuos agrícolas	129-350	427
Residuos procesados	55-216	494
Residuos forestal (Bosque)	-	1,515
Residuos forestales (Aserrío)	92-93	-
Madera (Residuos sólidos industriales/urbanos)	46	-
Total	626-1009	3,569

La estimación del potencial de la biomasa por REMBIO es de 3,569 PJ, este potencial es mayor que la estimación de IRENA debido a que REMBIO incluye el potencial de 1,515 PJ de los residuos generados en el bosque y 1,063 PJ de las plantaciones energéticas (9).

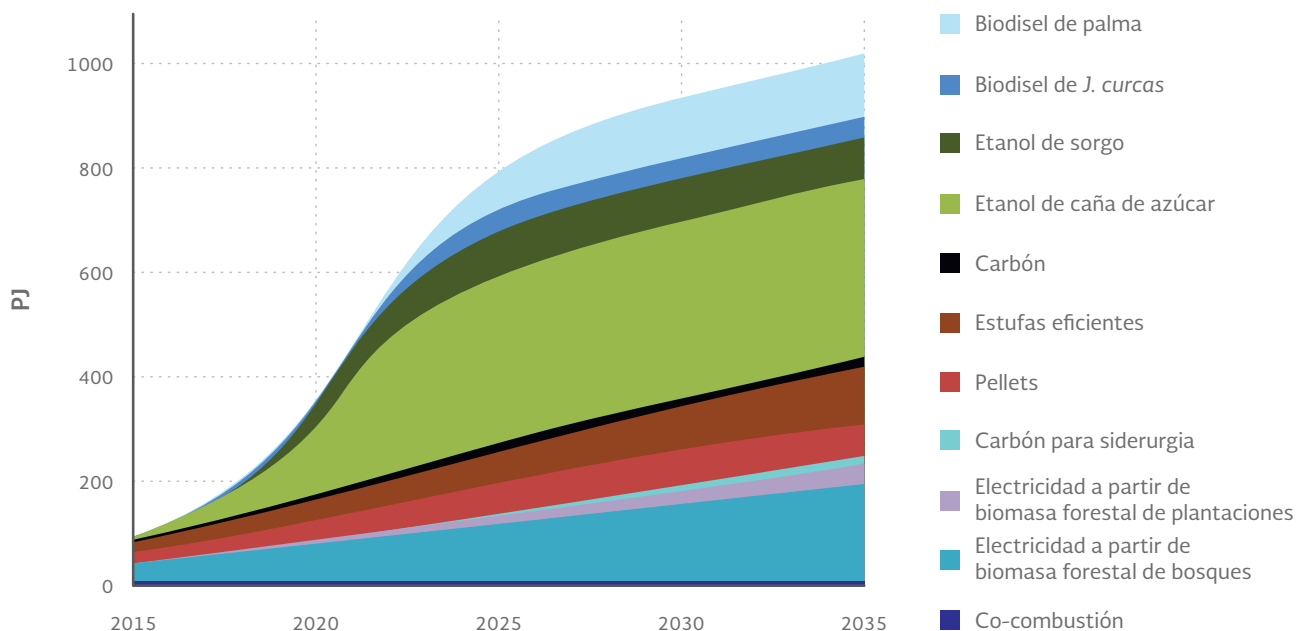
Según las estimaciones de la Tabla 3, REMBIO considera la biomasa que se genera en los bosques presentan el más alto potencial bioenergético. Las plantaciones energéticas no se consideran en el análisis de la IRENA debido a que estas plantaciones pudieran estar en competencia con la tierra y el aumento de la demanda de alimentos en México para 2030.

De acuerdo con REMBIO las plantaciones energéticas como el eucalipto, la caña de azúcar, el sorgo, el aceite de palma y *Jatropha curcas* son la segunda fuente más grande de biomasa después de la biomasa forestal. Teniendo en cuenta los esfuerzos de México para reducir la deforestación, el análisis de IRENA sólo considera a la biomasa de los residuos y desechos de los productos forestales (9).

El costo de suministro de la biomasa depende de donde se encuentra el recurso, donde se entrega y el medio en el que se transporta. Según las estimaciones de IRENA, los costos de suministro de biomasa para México (incluyendo los costos de transporte de 2-3USD/GJ) van desde un rango de 2.4 USD/GJ para el procesamiento de residuos y biogás hasta unos 4.6 USD/GJ para los residuos agrícolas. La biomasa forestal residual y madera proveniente de los desechos se estima que costará alrededor de 3.3 USD/GJ en 2030 (9).

En la Figura 7 se muestran diferentes tipos de bioenergía que pueden reemplazar a las energías fósiles, en una proyección a largo plazo, para el período 2015-2035, se considera que el consumo final de energía "reemplazable" por todas las opciones de bioenergía podría ser de 3,040 PJ a 6,253 PJ en 2035, lo que implica que 1,018 PJ/año de bioenergía podrían sustituir hasta el 16% de la energía fósil utilizada en 2035 (11).

FIGURA 7. OPCIONES DE TIPOS DE BIOENERGÍA PARA REEMPLAZAR ENERGÍAS FÓSILES (11).



Por otro lado, en una proyección del uso de la biomasa forestal como fuente renovable de generación de energía eléctrica, se puede alcanzar una capacidad instalada de 8,879 MW en 2035, esto podría sustituir el 82% de la capacidad instalada para gas natural y carbón que la CFE considera incrementar en el período 2015-2035, en donde las plantaciones energéticas podrían generar hasta 11.7 TWh o el 15.4% de la energía generada en el 2035 (11).

Se tiene previsto que las emisiones de gases de efecto invernadero para el periodo de 2015-2035 incrementarán de 200 a 470 MtCO₂e, debido principalmente a un mayor uso de gasolina y otros hidrocarburos, los cuales representan el 80% de todas las emisiones. Bajo un escenario alternativo la introducción de la bioenergía podría reducir las emisiones a 80.1 MtCO₂e, o 17% de la línea base en el año 2035 (11).

1.4 Perspectiva general para la generación de energía a partir de biomasa forestal

En México el mayor aprovechamiento energético de la biomasa forestal se lleva a cabo a través de procesos de generación de energía calorífica, su principal uso en el sector industrial es térmico.

Sin embargo, solo en la última mitad de este siglo la biomasa forestal ha sido explorada para generar electricidad. En años recientes, el creciente interés en las fuentes de energía renovables ha atraído la atención hacia el uso de residuos forestales para generar energía eléctrica.

Varios factores hacen que los residuos de madera constituyan una elección atractiva para los productores de electricidad:

- Pueden ser aprovechados localmente, lo cual aumenta la confiabilidad en el suministro y fortalece la economía local mientras disminuye los costos de transporte.
- Son producidos de fuentes renovables, con un balance neto de carbono igual a cero.
- Su utilización reduce los impactos ambientales negativos y colabora en la reducción de riesgos de incendios, plagas y enfermedades, permitiendo la conservación de la biodiversidad.
- Son productos de desecho que pueden ser obtenidos sin costo en los centros de almacenamiento y transformación de materias primas forestales, que de otra manera exigirían su eliminación.

Actualmente existen varios tipos de combustibles derivados de la madera, como el aserrín, astillas de madera, tiras, costeras, cortezas, pellets de madera, briquetas de madera y bio-aceites disponibles para ser utilizados en tecnologías de combustión. El aserrín, las astillas de madera, tiras, costeras y cortezas pueden ser alimentadas a los quemadores con poco o ningún tratamiento, mientras que los pellets de madera, las briquetas y los bio-aceites deben ser manufacturados.

El marco regulatorio internacional y su influencia en la generación de energía a partir de biomasa forestal

Los cambios en las políticas y regulaciones sobre la sustentabilidad y el cambio climático, pueden influir en el mercado internacional. En este aspecto debemos mencionar las importantes determinaciones que está tomando tanto la Unión Europea como los Estados Unidos de América incorporando al análisis el cambio directo e indirecto del uso del suelo en relación a las emisiones de gases efecto invernadero.

En las nuevas legislaciones de algunos países se están incorporando los llamados biocombustibles de segunda

y tercera generación relacionándolos con las emisiones de gases de efecto invernadero tomando como línea base lo que actualmente se está emitiendo. De esta manera se impone una nueva consideración que impulsa el aprovechamiento de la biomasa forestal con fines dendroenergéticos, de tal manera que las metas de estas políticas se fijan en función a la reducción de emisiones atmosféricas por el uso de biocombustibles en lugar de combustibles fósiles y así contribuir a la matriz energética.

El desarrollo dendroenergético deberá darse en el marco de la cooperación e integración de recursos públicos y privados, incorporando el amplio potencial de colaboración internacional. En este sentido es relevante desarrollar y transferir conocimiento y tecnologías que contribuyan a la producción sustentable de la silvicultura, mediante la investigación, desarrollo, innovación y transferencia tecnológica observando las competitividades en relación con las políticas públicas.

Perspectiva tecnológica para la generación de energía a partir de biomasa forestal

La tecnología utilizada para generar calor, electricidad, o una combinación de ambos a partir de biomasa forestal, tienen los mismos componentes básicos que los sistemas convencionales de combustión para la generación de energía a partir de combustibles fósiles (12). Los procesos termoquímicos de conversión se basan en someter la biomasa forestal a la acción de altas temperaturas.

La tecnología aplicable a esta conversión puede dividirse en tres categorías, dependiendo de que la combustión se lleve a cabo con exceso de aire, en presencia de cantidades limitadas de aire (gasificación) o en ausencia completa del mismo (pirólisis) (12).

Los costos de instalación y operación de los sistemas de generación de energía dependen principalmente del tipo de tecnología, la capacidad de generación y la calidad del biocombustible.

Combustión Directa

Un sistema de energía de combustión directa es uno que simplemente quema biocombustible para producir

calor. Se trata de una tecnología madura y utilizada para la cogeneración a gran escala, la biomasa utilizada puede variar ampliamente en dimensión, composición y humedad.

Dentro de esta clasificación, existen dos tipos principales de variantes de esta tecnología, el Ciclo Rankine Convencional y el Orgánico (ORC). Sus principales diferencias están en función de que el sistema ORC requiere de una menor temperatura para su evaporación y presenta una latencia mayor del calor debido a que el fluido de trabajo es de mayor densidad. La eficiencia de estos sistemas, bajo condiciones de operación óptimas, tiene un rango de 20 a 25 %.

Gasificación

La gasificación es una tecnología que implica la transformación de biomasa de madera a un gas altamente combustible (gas de síntesis) compuesto de nitrógeno, monóxido de carbono e hidrógeno. Esto generalmente se logra calentando y oxidando el combustible de biomasa en un ambiente sin oxígeno lo cual previene la combustión completa del combustible liberando gas de síntesis.

En algunos casos donde existe un mercado para el gas de síntesis, los sistemas de gasificación de biomasa son utilizados solamente para producir gas de síntesis que es vendido a un consumidor. Existen dos tipos principales de sistemas de gasificación de biomasa utilizados para producir calor, electricidad, o la cogeneración de calor y electricidad.

Los sistemas de gasificación de biomasa de acoplamiento cerrado producen un gas de síntesis que es entonces quemado directamente para producir calor. Un sistema de gasificación de dos etapas produce un gas de síntesis que luego es acondicionado de manera que sea más limpio y pueda ser quemado en otros equipos como turbinas y motores a gas.

En esta tecnología, la exigencia de la calidad del combustible es alta y la eficiencia en la generación de energía eléctrica está en el rango de 10 a 25%.

Pirólisis

Se trata de una tecnología en desarrollo, en comparación con la combustión y la gasificación, los sistemas de pirólisis calientan la biomasa forestal en completa ausencia de

oxígeno. Una vez a una temperatura en el rango de 400-600 °C, una porción de la biomasa se vaporiza en un gas combustible que puede ser condensado en un bio-aceite líquido. El resto del material se transforma en residuo carbonizado. En comparación con otros sistemas, la pirólisis es muy costosa. Además, es importante que el combustible tenga un contenido muy bajo de humedad (alrededor de 10%), lo cual puede limitar las opciones de combustible o aumentar los costos del procesamiento del combustible.

Perspectiva ambiental en la generación de energía a partir de biomasa forestal

Usualmente a los sistemas de producción de energías renovables se les otorga el beneficio de la disminución de la carga contaminante provocada por los combustibles fósiles, sin embargo, en el caso de la biomasa forestal existen otros beneficios como fomentar el desarrollo rural y fortalecer el manejo integral forestal al darle el tratamiento adecuado a los residuos forestales y encontrar un nuevo mercado en la producción de energía.

Respecto a las aplicaciones energéticas, las calderas modernas de biomasa no producen humos como las antiguas chimeneas de leña, y sus emisiones son comparables a los sistemas modernos de gas.

La composición de estas emisiones es básicamente parte del CO₂ captado por los árboles con una baja presencia de compuestos de nitrógeno y con bajas o nulas cantidades de azufre, uno de los grandes problemas de otros combustibles. La mayor ventaja es el balance neutro de las emisiones de CO₂, al cerrar el ciclo del carbono que comenzaron los árboles al absorberlo durante su crecimiento, ya que este CO₂ sólo proviene del medio ambiente y necesita ser absorbido continuamente por los árboles si se desea mantener en funcionamiento la producción energética con biomasa forestal.

Restricciones ambientales en el aprovechamiento forestal: La extracción total de la biomasa forestal puede estimular la pérdida de nutrientes y en algunos casos la erosión del suelo al dejarlo semidesnudo. Existen estudios que han evaluado la cantidad óptima de material orgánico que debe dejarse en el suelo para compensar la pérdida de

nutrientes esenciales (Calcio, Magnesio, Potasio y Fosforo) por la extracción de material vegetal. La cantidad mínima de residuos forestales que se requiere para mantener la fertilidad del suelo puede variar entre 0.8 y 2.2 t/ha/periodo rotacional, dependiendo de las condiciones particulares de la zona (13).

Restricciones ambientales en la emisión de GEI en la generación de energía: Los principales contaminantes producidos durante la combustión de biomasa de madera son el monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), y materia particulada (MP). Las emisiones de MP dependen en gran medida de la composición del combustible y los controles de emisiones.

Las emisiones de NO_x de las instalaciones que queman corteza húmeda son típicamente más bajas que aquellas que queman madera seca por aproximadamente el 50%. Por el contrario, el secado inadecuado de los combustibles y las bajas temperaturas de combustión pueden causar el aumento de las emisiones de CO, CO₂, N₂O, CH₄ y MP (12).

Las emisiones a la atmósfera están directamente relacionadas con las características del combustible y la eficiencia de la tecnología y pueden controlarse aumentando la eficiencia en la combustión o agregando equipamiento para el control de emisiones a los escapes de las instalaciones.

Perspectiva socioeconómica en la generación de energía a partir de biomasa forestal

El fomento de la producción de biomasa para uso energético permite el desarrollo de una nueva actividad en las áreas rurales, en un mercado con una demanda continua y sin fluctuaciones, que genera puestos de trabajo estables, bien remunerados y supone una nueva fuente de ingresos para las industrias locales.

Esta oferta de empleo permite fijar la población en los núcleos rurales evitando algunos de los problemas sociales derivados de la migración hacia las grandes ciudades, como son el abandono de las actividades económicas primarias, migración y la aparición de zonas marginales y desempleo en las grandes ciudades.

Por otro lado, se espera que la aparición de una segunda fuente de ingresos en las industrias forestales, a través de la venta de sus residuos para la generación de energía, equilibre las fluctuaciones de los mercados de la biomasa forestal, incrementen la competitividad y brinden una mayor seguridad a las EFC.

1.5 Antecedentes del PRONADEN

En 2007, el Gobierno de México a través de la CONAFOR implementó el Programa Nacional de Dendroenergía Forestal 2007-2012, en donde el problema focal a atender fue el manejo sustentable forestal en las áreas de producción de leña y uso doméstico. Uno de los principales objetivos de este programa fue la contribución a la reducción de la pobreza rural, mediante el fomento de la producción y uso de la biomasa forestal con fines energéticos para alentar a las comunidades a participar mediante la creación de empleos e inversiones en el medio rural, considerando a la biomasa forestal como una fuente de energía más democrática, considerando que está al alcance de todos. Este programa consideró que, el impacto sobre el recurso no es directamente proporcional al volumen utilizado, pues la mayor parte de la leña proviene de árboles o ramas muertas, árboles fuera del bosque, residuos de madera y acahuals.

Hasta el 2013, la mayoría de los programas de manejo forestal indicaban una distribución óptima de los productos a obtener durante el aprovechamiento, sin considerar actividades específicas para el aprovechamiento combinado de materias primas forestales y madera para energía.

La CONAFOR a través de la Estrategia Nacional de Manejo Forestal Sustentable para el Incremento de la Producción y Productividad 2013-2018 (ENAIPROS) promueve el aumento de la productividad y la competitividad forestal, mediante el desarrollo e integración de cadenas productivas que incorporen valor agregado, mejoras tecnológicas a sus productos y nuevas opciones de uso y transformación, como lo es la generación de energía a partir de biomasa forestal. La ENAIPROS considera que la leña representa la principal fuente de energía en las áreas rurales del país y anualmente se utiliza un total aproximado de 18 millones de toneladas de materia seca (leña) que se usa como combustible (8).

Por otra parte, en 2008, de acuerdo a lo definido en la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos se creó la Comisión Intersecretarial para el Desarrollo de los Bioenergéticos (CIB), como la entidad de más alto nivel para promocionar el desarrollo de los biocombustibles en México. La cual está integrada por las siguientes dependencias: SENER, SAGARPA, SEMARNAT, SE, SHCP.

Sus principales funciones, de acuerdo a la fracción 1 del Reglamento de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos es la planeación y participación en el marco del Plan Nacional de Desarrollo y de los programas sectoriales, en la elaboración de programas de corto, mediano y largo plazos, relacionados con la producción y comercialización de insumos, y con la producción, el almacenamiento, el transporte, la distribución, la comercialización y el uso eficiente de bioenergéticos.

De manera paralela la SENER busca impulsar la generación de energía limpia a partir de fuentes renovables por los beneficios que implican, como aumentar el abasto a precios estables en el largo plazo y reducir las emisiones de gases contaminantes, particularmente las que contribuyen al calentamiento global.

Derivado de lo anterior, el 1 de octubre del 2013 en sesión de trabajo de la CIB, se creó el Grupo de Trabajo Interinstitucional (GTI) integrado por la SENER, CRE, CFE, SEMARNAT, CONAFOR, BID y GIZ, con la finalidad de desarrollar un Programa Nacional de Dendroenergía, para aprovechar la biomasa forestal para la generación de energía y, posteriormente, implementar proyectos pilotos con un enfoque en el incremento del coeficiente de aprovechamiento del árbol derivado del manejo forestal sustentable, dando preferencia a productores forestales nacionales certificados e impactando en el incremento de la competitividad de las EFC.

1.6 Justificación

El nivel de aprovechamiento de los recursos forestales en superficies bajo manejo en México alcanza solo un 60% de la madera extraída en bosques y un 10% de la madera extraída en selvas, lo que provoca un sub-aprovechamiento de los recursos forestales (1).

Este porcentaje disminuye si se considera que, en la extracción se descarta una elevada cantidad de árboles de diámetros menores provenientes del manejo forestal, así como el bajo o nulo aprovechamiento de especies forestales considerados de escaso interés comercial. Sin embargo este sub-aprovechamiento de los recursos forestales representa una oportunidad para su uso como biomasa forestal contribuyendo a un manejo forestal integral y sustentable.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por encargo de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), realizó un estudio en el año 2012 mediante el cual se determinó que a partir de las aprovechamiento forestal sustentable se generan al menos 700 mil toneladas de biomasa forestal al año susceptible de utilizarse para generar hasta 100 MWh/a de energía eléctrica.

Con base en lo anterior, el Programa Nacional de Dendroenergía 2016-2018 (PRONADEN) está planteado para dar atención al problema del sub-aprovechamiento de los recursos forestales de los bosques y selvas y tiene como objetivo el aprovechamiento del potencial de la biomasa forestal para la generación de energía limpia.

Esta diversificación en el aprovechamiento forestal y la generación de energía a partir de biomasa forestal en México es una oportunidad para contribuir a satisfacer las necesidades básicas y mejorar la competitividad de ejidos, comunidades y empresas de las zonas forestales del país, al mismo tiempo que se fomenta la protección y valoración de la biodiversidad.

1.7 Problemática identificada

Para integrar el diagnóstico se realizó un análisis de las causas que limitan el uso de la biomasa forestal como fuente renovable de energía y como alternativa de producción de las EFC, que imposibilitan el incremento del coeficiente de aprovechamiento de los árboles considerando la implementación de prácticas que conserven en condiciones favorables el bosque en beneficio de la biodiversidad. Estas causas fueron identificadas e integradas a partir de un análisis documental de programas, estudios e información estratégica en el sector forestal y energético discutida en las reuniones del GTI.

Entre los insumos de información estratégica para la elaboración del diagnóstico e identificación de la problemática, se revisó lo dispuesto el Plan Nacional de Desarrollo, el PRONAFOR y la ENAIPROS para el sector forestal, lo dispuesto en el Programa Sectorial de Energía, en el Programa de Aprovechamiento de las Energías Renovables, así como, el Inventario Nacional de Energías Renovables y el Atlas de Biomasa para el sector energético, esto con la finalidad de asegurar congruencia y alineación con estos documentos de planeación.

Planteamiento del problema

El problema central que busca atender el Programa Nacional de Dendroenergía 2016-2018 (PRONADEN 2016-2018) es: “El sub-aprovechamiento energético de la biomasa forestal”. Para dar atención al problema central, se identificaron sus causas.

Causas del problema

A continuación se enuncian algunas de las principales causas del problema central que plantea atender el PRONADEN 2016-2018.

- La ausencia de esquemas financieros para apoyar la introducción de tecnologías adecuadas para la producción de energía. Los esquemas de financiamiento no están adecuados para desarrollar proyectos dendroenergéticos. La mayoría de la población objetivo se encuentra en el sector rural, lo que limita su capacidad de acceso al financiamiento e inversión en la tecnología de generación de energía a partir de biomasa forestal.
- La biomasa es sub-aprovechada lo que deriva en una acumulación de residuos, manejo inadecuado, o el poco o nulo aprovechamiento de la biomasa forestal disponible.
- Existe poco conocimiento sobre el potencial de la biomasa forestal disponible para la generación de energía en el sector forestal. La falta de datos precisos y a partir de series históricas, son un obstáculo muy importante para proyectos de biomasa forestal, ya que, al aumentar la incertidumbre sobre la disponibilidad y calidad de la “materia prima” de estos proyectos, aumenta su riesgo financiero y disminuye la rentabilidad de los proyectos. Esto es particularmente notable en el caso de los recursos leñosos, que teniendo una alta importancia en el balance energético nacional, han sido evaluados en zonas muy acotadas del país.
- La utilización de la dendroenergía se encuentra limitada a la generación térmica. Acotándose a la utilización de leña, producción de carbón vegetal y la utilización en calderas.
- Los costos para el aprovechamiento de la biomasa forestal son elevados. El principal componente de los costos en este tipo de instalaciones es la compra de la biomasa. Los costos debidos al suministro de la biomasa varían según la cantidad demandada, la distancia de transporte y los posibles tratamientos para mejorar su calidad, así como, el secado, el astillado o la peletización.
- La infraestructura de las vías de comunicación y acceso a los terrenos forestales son escasas y deficientes, los inconvenientes asociados a la dispersión de los residuos forestales y su difícil accesibilidad, han impedido su utilización generalizada como biocombustibles sólidos.
- Existe un escaso desarrollo tecnológico en el sector dendroenergético. Para muchas aplicaciones de la biomasa, no se tienen proyectos demostrativos. Para que la biomasa sea competitiva en este contexto es necesario que la tecnología sea eficiente, sencilla, limpia y apropiada al sector rural, y sobre todo que tenga bajos costos de inversión y operación.
- La falta de un marco institucional que fomente el uso de la biomasa forestal como fuente de energía limpia. Los actores del sector forestal perciben un marco jurídico complejo en cuanto al entramado de leyes, reglamentos y normas que aplican a todas las actividades que requieren permisos y que se llevan a cabo en el sector, lo cual incrementa los costos para incursionar en actividades de aprovechamiento sustentable de la biomasa forestal y desincentiva la atracción de inversiones.
- Los esquemas regulatorios son complejos y limitantes para el impulso de proyectos de generación de energía a partir de biomasa forestal. Debido a los altos costos de transacción para los proyectos de energía renovable, entre ellos los dendroenergéticos, se enfrentan a costos relativamente mayores de desarrollo que los convencionales a partir de combustibles fósiles.
- La ausencia de incentivos económicos o subsidios para el fomento de la dendroenergía y de las energías renovables en general. No existen incentivos o subsidios específicos para promover el aprovechamiento de la dendroenergía.

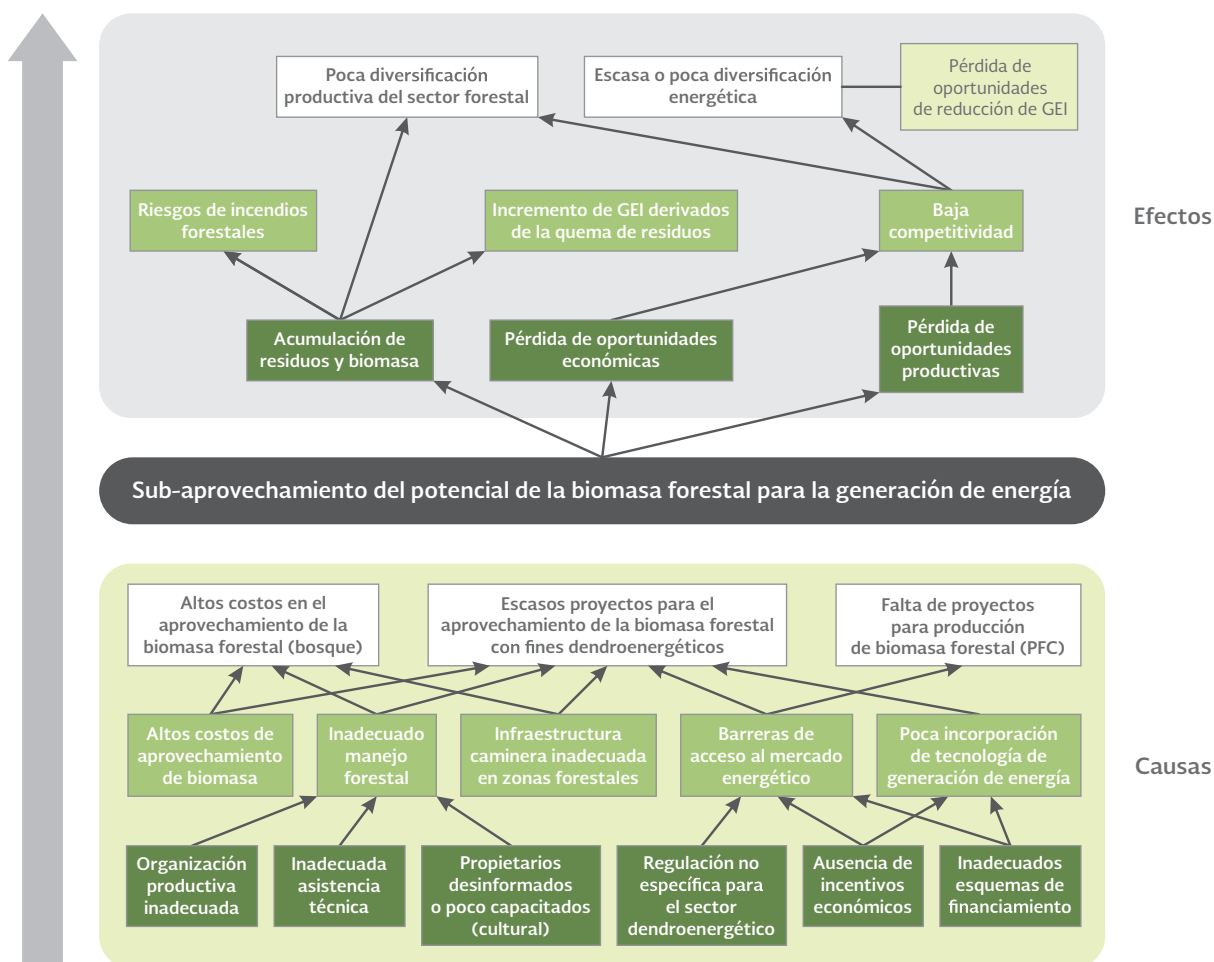
- El sector forestal no cuenta con asistencia técnica respecto de la diversificación energética en el sector forestal.
- No se cuentan con programas de capacitación en tecnologías basadas en el uso de biomasa forestal en todos los niveles educativos y de formación profesional.
- La falta de vinculación y coordinación institucional. Por su carácter multisectorial (ya que incluye aspectos energéticos, ambientales y sociales), el desarrollo de la bioenergía requiere de una buena coordinación entre instituciones públicas con vocaciones a veces contradictorias por lo que, muchas veces, lo que un sector promueve es frenado por otro.
- Existe poca vinculación entre gobierno e instituciones de investigación para transferencia de conocimientos

en el sector dendroenergético. Existen pocas instituciones de investigación, poca gente capacitada y recursos limitados destinados tanto a la investigación y desarrollo como a la formación de recursos humanos en el área de dendroenergía.

- La ausencia de programas de capacitación en evaluación financiera de riesgos y variables de sensibilidad en análisis financiero de proyectos de Bioenergía.

En la Figura 8, se muestra el árbol de problemas que busca atender el PRONADEN 2016-2018. En la parte inferior se plantean las causas principales del problema central, mientras que en la parte superior se plantean los efectos de esta problemática.

FIGURA 8. ÁRBOL DE PROBLEMAS.



Fuente. CONAFOR

Contexto del problema

De acuerdo con la causalidad de la problemática, su contexto se presenta a partir de las tres principales estrategias que componen al objetivo del Programa Nacional de Dendroenergía 2016-2018.

Ausencia de un marco institucional que fomente el desarrollo de la dendroenergía.

La falta de una política nacional para el aprovechamiento sustentable de biomasa forestal para generar energía limpia y la falta de planeación de programas nacionales que promuevan el desarrollo, la innovación y la transferencia de tecnología para el uso de la dendroenergía, provoca el aprovechamiento de solo el 26.04% (1) del potencial de la biomasa forestal disponible en México.

Así mismo, no existe una vinculación entre los gobiernos estatales, municipales e instituciones académicas y privadas para promover fondos para proyectos, etc. que permitan establecer industrias productoras de biocombustibles derivados de la madera, así como para elaborar inventarios forestales más completos, específicos y detallados que identifiquen cualitativamente y cuantitativamente la biomasa forestal disponible para ser aprovechada mediante un manejo forestal sustentable a nivel localidad. Adicionalmente, no se cuenta con la normatividad necesaria que regule la calidad de los bioenergéticos provenientes de la biomasa forestal ni de las tecnologías y procesos para su empleo en la generación de energía.

En el corto plazo, es imprescindible contar con un marco jurídico y legal apropiado que fomente el uso sustentable

de la biomasa forestal para la generación de energía eléctrica a gran escala. Dicho marco debe incluir todo un conjunto de incentivos económicos y de mercado que faciliten y generen seguridad para realizar inversiones a largo plazo, esquemas para la participación de pequeños productores, normas para la certificación desde el punto de vista de la sustentabilidad de la dendroenergía.

Poco conocimiento sobre el uso de la biomasa forestal disponible en la generación de energía en el sector forestal.

En México la tenencia de los recursos forestales se concentra en propiedad social, los ejidos y comunidades concentran alrededor de 70% de las superficies forestales (1). Sin embargo la falta de experiencia en el aprovechamiento y producción de biomasa forestal, así como en la ejecución de proyectos dendroenergéticos limita el desarrollo de una nueva actividad productiva en el sector forestal. La poca organización de los propietarios de los terrenos forestales, la falta de infraestructura y disponibilidad de tecnologías adecuadas plantean las principales barreras a vencer en el desarrollo de la actividad forestal y dendroenergética.

Poca incorporación de tecnología de generación de energía a partir de biomasa forestal.

La escasa investigación y la ausencia de una vinculación efectiva entre gobiernos con instituciones de investigación e innovación tecnológica, no permite asegurar la transferencia de tecnología, formación de recursos humanos y el establecimiento de cadenas de valor para el aprovechamiento de la biomasa forestal como una fuente de energía renovable.



CAPÍTULO II OBJETIVO DEL PROGRAMA

Un aprovechamiento forestal sustentable permite optimizar la productividad e incrementar la producción permitiendo así la diversificación en la generación de los productos y subproductos resultantes del mismo en beneficio de los dueños y poseedores del recurso.

Objetivo. Aprovechar el potencial de la biomasa forestal para la generación de energía limpia.

Como parte de esta diversificación productiva en el sector forestal es necesario el desarrollo de los instrumentos de regulación que impulsen y promuevan en coordinación con los tres niveles de gobierno y la sociedad el aprovechamiento sustentable de la biomasa forestal en el país para la generación de energía limpia.

De igual manera se debe promover un ambiente regulatorio que estimule el financiamiento e inversión de los distintos actores interesados en el desarrollo de proyectos de generación de energía a partir de la biomasa

forestal a todas las escalas, garantizando la participación y consulta social, así mismo favoreciendo el desarrollo económico y social local.

En el aspecto forestal es importante incrementar las capacidades locales en empresas forestales comunitarias de ejidos, comunidades, pueblos indígenas, organizaciones sociales, personas propietarias, poseedoras y administradoras de los recursos forestales, que les permitan desarrollar una mejor organización, conocimientos, capacidades empresariales, competitividad en el mercado y planeación de la inversión sobre aspectos de conservación de la biodiversidad.

Se fortalecerá la generación y transmisión de conocimientos básicos, tradicionales y aplicados, la investigación, el desarrollo y transferencia de tecnología, que responda a las necesidades y demanda de los actores del sector para la utilización de la biomasa forestal, producida de manera sustentable y de preferencia certificada, como fuente de energía renovable.



CAPÍTULO III

ALINEACIÓN A METAS NACIONALES

El Programa Nacional de Dendroenergía 2016-2018 (PRONADEN) está alineado al Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (PND) con la Meta Nacional IV "México Próspero".

El PRONADEN como programa derivado del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, requiere para su ejecución y logro de resultados, un enfoque transversal, el cual considera la colaboración y coordinación de acciones

con las siguientes dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (APF): SENER, CONAFOR, SEMARNAT, CRE y la CFE.

De esta manera el PRONADEN se alinea a lo establecido en el Programa Sectorial de Energía (PROSENER) y contribuirá al cumplimiento de los siguientes objetivos y estrategias sectoriales:

TABLA 4. ALINEACIÓN DEL PRONADEN A LAS METAS NACIONALES DEL PROSENER.

Alineación de las estrategias del PRONADEN al Plan Nacional de Desarrollo y Programa Sectorial de Energía					
Meta nacional	Objetivo de la meta nacional	Objetivos del PROSENER	Estrategia del PROSENER	Objetivo del PRONADEN	Estrategia del PRONADEN
IV. México próspero	4.6 Abastecer de energía al país con precios competitivos, calidad y eficiencia a lo largo de la cadena productiva.	Objetivo 5: Ampliar la utilización de fuentes de energía limpias y renovables, promoviendo la eficiencia energética y la responsabilidad social y ambiental.	5.1: Incrementar la participación de energías limpias y renovables en la generación de electricidad.	1. Aprovechar el potencial de la biomasa forestal para la generación de energía limpia.	Estrategia II. Impulsar el desarrollo de capacidades en el sector forestal para su incorporación en el sector de las energías limpias. (Transversal) Estrategia III. Promover el desarrollo de proyectos de dendroenergía.
	4.8 Desarrollar los sectores estratégicos del país.	Objetivo 6: Fortalecer la seguridad operativa, actividades de apoyo, conocimiento, capacitación, financiamiento y proveeduría en las distintas industrias energéticas nacionales.	6.3. Impulsar la formación de capital humano especializado, incluyendo técnicos y profesionistas certificados. 6.5. Promover la difusión de información, conocimientos y técnicas propias del sector. 6.6. Promover la participación de las empresas financieras y de seguros en los proyectos del sector.		

Con el Programa Sectorial de Medio Ambiente (PROMARNAT) se realizarán acciones de coordinación y colaboración en el marco de los siguientes objetivos sectoriales:

TABLA 5. ALINEACIÓN DEL PRONADEN A LAS METAS NACIONALES DEL PROMARNAT.

Alineación de las estrategias del PRONADEN al Plan Nacional de Desarrollo y Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales					
Meta nacional	Objetivo de la meta nacional	Objetivos del PROMARNAT	Estrategia del PROMARNAT	Objetivo del PRONADEN	Estrategia del PRONADEN
IV. México próspero	4.4 Impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo. 4.8 Desarrollar los sectores estratégicos del país.	Objetivo 1: Promover y facilitar el crecimiento sostenido y sustentable de bajo carbono con equidad y socialmente incluyente	1.1 Contribuir a una economía regional basada en la producción sustentable y conservación de los ecosistemas y sus servicios ambientales. 1.2 Propiciar una gestión ambiental integral para promover el desarrollo de proyectos de inversión que cumplan con criterios de sustentabilidad. 1.6 Promover instrumentos innovadores de financiamiento económico, tanto nacionales como internacionales, para apoyar el quehacer del sector ambiental.	1. Aprovechar el potencial de la biomasa forestal para la generación de energía limpia.	Estrategia I. Armonizar un marco regulatorio e institucional facilitador del desarrollo de la dendroenergía. (Transversal) Estrategia III. Promover el desarrollo de proyectos de dendroenergía
		Objetivo 2. Incrementar la resiliencia a efectos del cambio climático y disminuir las emisiones de compuestos y gases de efecto invernadero.	2.1 Incrementar la resiliencia ecosistémica y disminuir la vulnerabilidad de la población, infraestructura y servicios al cambio climático.		
		Objetivo 4. Recuperar la funcionalidad de cuencas y paisajes a través de la conservación, restauración y aprovechamiento sustentablemente del patrimonio natural.	4.2 Desarrollar y fortalecer la producción y productividad forestal, para mejorar la calidad de vida de propietarios y poseedores del recurso.		

Con el Programa Nacional Forestal (PRONAFOR), se prevé la alineación y contribución con los siguientes objetivos:

TABLA 6. ALINEACIÓN DEL PRONADEN A LAS METAS NACIONALES DEL PRONAFOR.

Alineación de las estrategias del PRONADEN al Plan Nacional de Desarrollo y Programa Nacional Forestal					
Meta nacional	Objetivo de la meta nacional	Objetivos del PRONAFOR	Estrategia del PRONAFOR	Objetivo del PRONADEN	Estrategia del PRONADEN
IV. México próspero	4.4 Impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo. 4.8 Desarrollar los sectores estratégicos del país.	Objetivo 1. Incrementar la producción y productividad forestal sustentable	1.2 Diversificar el potencial productivo de los recursos forestales. 1.3 Integrar la ejecución de mejores prácticas silvícolas y de conservación de la biodiversidad. 1.4 Impulsar la producción y el consumo de productos forestales de procedencia legal o certificada. 1.6 Desarrollar las cadenas de valor, los mercados y la vinculación con la industria forestal.	1. Aprovechar el potencial de la biomasa forestal para la generación de energía limpia.	Estrategia I. Armonizar un marco regulatorio e institucional facilitador del desarrollo de la dendroenergía. (Transversal)
		Objetivo 4. Impulsar y fortalecer la gobernanza forestal y el desarrollo de capacidades locales.	4.2. Fortalecer el modelo de desarrollo forestal comunitario. 4.4. Fortalecer el sistema de investigación, desarrollo y transferencia de tecnología para el desarrollo forestal sustentable. 4.5. Establecer e impulsar esquemas de capacitación y formación de capital humano.		Estrategia II. Impulsar el desarrollo de capacidades en el sector forestal para su incorporación en el sector de las energías limpias. (Transversal)
		Objetivo 5. Promover y propiciar un marco institucional facilitador del desarrollo forestal sustentable	5.1. Impulsar la articulación y coordinación de políticas y programas públicos con un enfoque de gestión territorial multisectorial. 5.7. Desarrollar e instrumentar una estrategia integral de financiamiento en apoyo a la generación de bienes y servicios del sector forestal.		Estrategia III. Promover el desarrollo de proyectos de dendroenergía.

TABLA 7. ALINEACIÓN DEL PRONADEN A LAS METAS NACIONALES DEL PEAER.

Alineación de las estrategias del PRONADEN al Plan Nacional de Desarrollo y Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables.					
Meta nacional	Objetivo de la meta nacional	Objetivos del PEAER	Estrategia del PEAER	Objetivo del PRONADEN	Estrategia del PRONADEN
IV. México próspero	<p style="text-align: center;">4.6 Abastecer de energía al país con precios competitivos, calidad y eficiencia a lo largo de la cadena productiva.</p> <p style="text-align: center;">4.8 Desarrollar los sectores estratégicos del país.</p>	Objetivo 1. Aumentar la capacidad instalada y la generación de electricidad a partir de fuentes renovables de energía.	<p>1.1. Adecuar el ejercicio de planeación para incrementar la participación de proyectos de energía renovable en la generación de electricidad.</p> <p>1.2. Desarrollar políticas públicas e instrumentos regulatorios que faciliten la incorporación de proyectos de energía renovable para la generación de electricidad.</p>	1. Aprovechar el potencial de la biomasa forestal para la generación de energía limpia.	<p>Estrategia I. Armonizar un marco regulatorio e institucional facilitador del desarrollo de la dendroenergía. (Transversal)</p> <p>Estrategia III. Promover el desarrollo de proyectos de dendroenergía.</p>
		Objetivo 2. Incrementar la inversión pública y privada en la generación, así como en la construcción y ampliación de la infraestructura para su interconexión.	<p>2.1. Adecuar la planeación para acelerar la inversión en proyectos competitivos de energía renovable en la generación de electricidad.</p> <p>2.3. Adecuar el entorno de financiamiento para facilitar el desarrollo de proyectos de energía renovable.</p> <p>2.4. Asegurar un nivel de inversión y ejecución adecuado para acelerar la incubación de proyectos.</p>		
		Objetivo 4. Impulsar el desarrollo tecnológico, de talento y de cadenas de valor en energías renovables.	<p>4.1 Apoyar el desarrollo tecnológico como pilar del desarrollo del sector de las energías renovables.</p> <p>4.2 Impulsar el desarrollo de talento mexicano en el sector.</p> <p>4.3 Desarrollar las cadenas de valor de la producción nacional a partir de fuentes renovables de energía.</p>		
		Objetivo 5. Democratizar el acceso a las energías renovables mediante la electrificación rural, el aprovechamiento térmico y la participación social.	<p>5.1. Facilitar la inclusión social de la población alejada de los centros urbanos, mediante la electrificación rural con energías renovables.</p> <p>5.2. Impulsar el aprovechamiento térmico de pequeña y gran escala.</p> <p>5.3 Impulsar el desarrollo de proyectos sociales y de participación que contribuyan a mejorar las condiciones de vida de las localidades.</p>		

Y por último el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) se alinea con el siguiente objetivo:

TABLA 8. ALINEACIÓN DEL PRONADEN A LAS METAS NACIONALES DEL PECC.

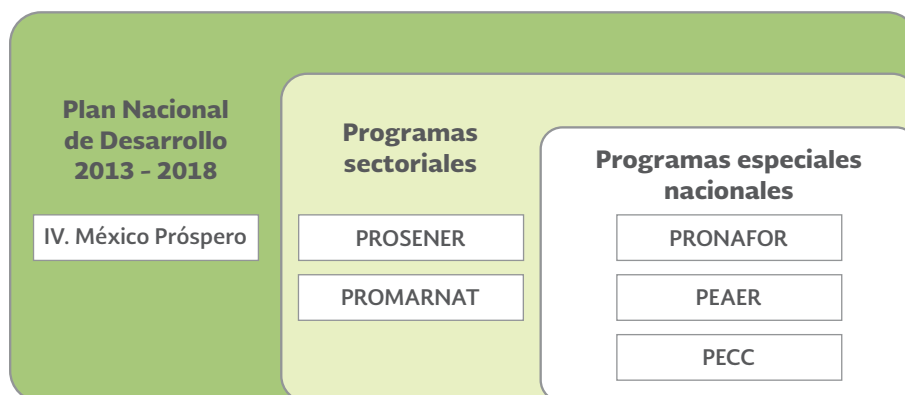
Alineación de las estrategias del pronaden al Plan Nacional de Desarrollo y Programa Especial de Cambio Climático					
Meta nacional	Objetivo de la meta nacional	Objetivos del PECC	Estrategia del PECC	Objetivo del PRONADEN	Estrategia del PRONADEN
IV. México próspero	4.4 Impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo	Objetivo 3. Reducir emisiones de gases de efecto invernadero para transitar a una economía competitiva y a un desarrollo bajo en emisiones.	3.1. Ejecutar proyectos y acciones de eficiencia energética. 3.3. Desarrollar herramientas e instrumentos que faciliten la transición energética. 3.4. Promover y facilitar acciones de reducción de emisiones del sector privado	1. Aprovechar el potencial de la biomasa forestal para la generación de energía limpia.	Estrategia III. Promover el desarrollo de proyectos de dendroenergía.

De acuerdo con los lineamientos del PND, los objetivos transversales son los elementos de planeación que permiten la consecución de los fines de las estrategias transversales del PND. En este sentido, se tienen tres programas transversales:

- Programa especial para democratizar la productividad;
- Programa para un gobierno cercano y moderno;
- Programa nacional para la igualdad de oportunidades y no discriminación contra las mujeres.

En la Figura 9 se muestra la alineación del PRONADEN con el PND, los Programas Sectoriales, Programas Nacionales y Programas Especiales.

FIGURA 9. ALINEACIÓN DEL PRONADEN A OTROS PROGRAMAS NACIONALES.





CAPÍTULO IV ESTRATEGIAS Y LÍNEAS DE ACCIÓN

Para alcanzar el objetivo general del PRONADEN, se plantean tres estrategias, de las cuales dos son

transversales y una de carácter técnico una vertical, las cuales se describen a continuación

Estrategia I. Armonizar un marco regulatorio e institucional facilitador del desarrollo de la dendroenergía. (Transversal)

Con base en esta estrategia se revisará el marco regulatorio aplicable a la industria eléctrica, los bioenergéticos, las energías renovables, el desarrollo forestal sustentable y cambio climático que tenga influencia en el sector dendroenergético para elaborar adecuaciones que faciliten el desarrollo de proyectos de generación de energía limpia a partir de biomasa forestal.

de investigación y universidades para fomentar la investigación, el desarrollo y transferencia de tecnología aplicable al sector dendroenergético. Se impulsarán esquemas de financiamiento involucrando a las diferentes instancias que proveen, regulan y fomentan las actividades productivas y de mercado.

Se diseñará un modelo de gestión dendroenergético que permita la integración y vinculación entre las instituciones gubernamentales de los tres niveles de gobierno, así como entre las instituciones gubernamentales y centros

Se realizarán estudios regionales sobre el potencial de la biomasa forestal disponible para la generación de biomasa forestal que permitan actualizar y fortalecer el Atlas de biomasa, el Inventario Nacional de Energías Renovables, el Inventario Forestal y de Suelos.

Líneas de acción

I.1	Impulsar el desarrollo y en su caso promover adecuaciones al marco regulatorio que facilite la generación de energía limpia a partir de la biomasa forestal.
I.2	Impulsar la incorporación de apoyos a través de reglas de operación, lineamientos y demás herramientas que faciliten y/o promuevan la generación de energía limpia a partir de la biomasa forestal en áreas de aprovechamiento forestal autorizadas y preferentemente certificadas, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad.
I.3	Apoyar el diseño y operación de esquemas de financiamiento para el desarrollo de proyectos dendroenergéticos.
I.4	Evaluar la aplicación de incentivos económicos para el desarrollo de proyectos dendroenergéticos.
I.5	Promover la vinculación entre los tres niveles de gobierno para el desarrollo de la dendroenergía.
I.6	Promover la vinculación entre el sector público, privado, universidades y centros de investigación para el desarrollo de la dendroenergía.
I.7	Generar y difundir información relevante sobre el potencial de la biomasa forestal que permita el desarrollo de proyectos dendroenergéticos.

Estrategia II. Impulsar el desarrollo de capacidades en el sector forestal para su incorporación en el sector de las energías limpias. (Transversal)

A partir de esta estrategia se estructurarán programas de capacitación especializados en los temas de manejo y aprovechamiento sustentable de la biomasa forestal así como de planeación y desarrollo de proyectos de generación de energía a partir de biomasa forestal.

Se realizarán eventos de capacitación y difusión considerando los aspectos técnicos, financieros, económicos y normativos aplicables a la generación de energía a partir de biomasa forestal dirigidos a ejidos, comunidades, empresas forestales comunitarias, prestadores de servicios técnicos forestales y demás actores que integran el sector dendroenergético.

Para el caso de los ejidos, comunidades y empresas forestales comunitarias se capacitarán de manera integral promoviendo la participación organizada en temas de aprovechamiento sustentable de la biomasa forestal así como, en temas de planeación, prácticas de conservación de la biodiversidad, certificación, normatividad y aspectos ambientales.

Se fomentará la cooperación internacional que promueva el intercambio de experiencias y la transferencia de tecnologías en materia dendroenergética.

Líneas de acción

II.1	Diseñar esquemas de capacitación integral para el aprovechamiento sustentable de la biomasa forestal.
II.2	Capacitar a ejidos, comunidades y EFC para emprender proyectos de generación de energía a partir de biomasa forestal, privilegiando aquellos que cuenten con certificación forestal.
II.3	Fortalecer las habilidades y capacidades de prestadores de servicios técnicos forestales para el aprovechamiento sustentable de la biomasa forestal y conservación de la biodiversidad.
II.4	Promover los distintos tipos de tecnología aplicable a la generación de energía a partir de biomasa forestal.
II.5	Fomentar la transferencia de tecnología para proyectos dendroenergéticos entre sectores y regiones dentro del país.

Estrategia III. Promover el desarrollo de proyectos de dendroenergía

A partir de esta estrategia se desarrollarán estudios de factibilidad que permitan definir los mercados y sus posibles escenarios para la comercialización de biomasa forestal generada a partir del aprovechamiento forestal sustentable y con preferencia de predios certificados, de las especies forestales que hasta ahora no cuentan con un mercado y de biocombustibles forestales procesados.

De igual forma se realizarán estudios de factibilidad técnica

para apoyar el establecimiento de proyectos de generación de energía eléctrica, térmico o ambas a partir de biomasa forestal en empresas forestales comunitarias que cuentan con manejo forestal sustentable y preferentemente certificadas.

Se elaborarán estudios técnicos para identificar la superficie potencial y especies elegibles de acuerdo a su productividad y rendimientos para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales con fines dendroenergéticos.

Líneas de acción

II.1	Realizar diagnósticos de barreras que inhiben el desarrollo de cadenas de valor dendroenergéticas y la competitividad de EFC.
II.2	Fomentar el aprovechamiento dendroenergético de la biomasa forestal residual generada en el aprovechamiento forestal sustentable y de las especies forestales que hasta ahora no tienen mercado, impulsando la competitividad del sector forestal y conservando la biodiversidad.
II.3	Promover la producción y comercialización de combustibles forestales procesados (pellets, briquetas, aserrín y astillas de madera).
II.4	Apoyar y brindar acompañamiento antes, durante y después del establecimiento de proyectos de generación de energía eléctrica, térmica u otra a partir de biomasa forestal.
II.5	Promover el establecimiento de plantaciones forestales comerciales de rápido crecimiento con fines dendroenergéticos.



CAPÍTULO V INDICADORES Y METAS

De acuerdo a lo dispuesto en este programa, se consideran los siguientes indicadores que permiten monitorear el comportamiento y avances alcanzados anualmente y, en su caso, plantear las medidas correctivas. Es importante mencionar que se realizará una evaluación de

los resultados en función de la atención a los problemas definidos para cada caso.

Por la naturaleza del PRONADEN, se formularon 7 indicadores, de los cuales, 2 corresponden a resultados que evalúan directamente el desempeño del programa.

INDICADOR 1: Capacidad instalada para generación de energía eléctrica a partir de biomasa forestal proveniente de terrenos con aprovechamiento sustentable y preferentemente certificados.

FICHA DEL INDICADOR

ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS
Indicador	Capacidad instalada para generación de energía eléctrica a partir de biomasa forestal proveniente de terrenos con aprovechamiento sustentable y preferentemente certificados.
Objetivo PRONADEN	Aprovechar el potencial de la biomasa forestal para la generación de energía limpia.
Estrategia PRONADEN	Estrategia III. Promover el desarrollo de proyectos de dendroenergía.
Descripción General	Mide la capacidad instalada para generación de energía eléctrica a partir de biomasa forestal con relación a la meta programada al 2018.
Observaciones	<p>Método de cálculo:</p> $PACIGE = \left(\frac{CIBF_t}{CIBF_p} \right) \times 100$ <p>Dónde: PACIGE = Porcentaje de avance en la capacidad instalada para generar de energía eléctrica a partir de biomasa forestal con relación a la meta programada al 2018. CIBF_t = Capacidad instalada para generación eléctrica a partir de biomasa forestal en el año t, dada en MW. CIBF_p = Capacidad instalada para generación eléctrica a partir de biomasa forestal programada al 2018, dada en MW.</p>
Periodicidad	Anual
Fuente	SENER/CONAFOR/CRE
Referencias Adicionales	La SENER será la entidad encargada del seguimiento.
LINEA BASE 2015	META 2018
0	100 % (1 MW).

INDICADOR 2: Propuestas de adecuaciones al marco regulatorio y aplicación de incentivos fiscales para el sector dendroenergético.

FICHA DEL INDICADOR

ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS
Indicador	Propuestas de adecuaciones al marco regulatorio y aplicación de incentivos fiscales para el sector dendroenergético.
Objetivo PRONADEN	Aprovechar el potencial de la biomasa forestal para la generación de energía limpia.
Estrategia PRONADEN	Estrategia I. Fortalecer un marco institucional facilitador del desarrollo de la dendroenergía. (Transversal).
Descripción General	Mide el número de propuestas de adecuaciones al marco regulatorio y aplicación de incentivos fiscales para el sector dendroenergético.
Observaciones	<p>Método de cálculo:</p> $PE = \sum_{i=2016}^t PE_i$ <p>Dónde: PE=Propuestas elaboradas en el periodo 2016 a t. PE_i=Propuestas elaboradas en el año t</p>
Periodicidad	Anual
Fuente	Secretaría de Energía/Comisión Reguladora de Energía/ Comisión Nacional Forestal.
Referencias Adicionales	La SENER será la entidad encargada del seguimiento, con colaboración de parte de la CRE y la CONAFOR.
LINEA BASE 2015	META 2018
0	2 propuestas elaboradas

INDICADOR 3: Convenios o acuerdos celebrados entre las dependencias de gobierno, instituciones de investigación y el sector privado para el desarrollo de la dendroenergía sustentable.

FICHA DEL INDICADOR

ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS
Indicador	Convenios o acuerdos celebrados entre las dependencias de gobierno, instituciones de investigación y el sector privado para el desarrollo de la dendroenergía sustentable.
Objetivo PRONADEN	Aprovechar el potencial de la biomasa forestal para la generación de energía limpia.
Estrategia PRONADEN	Estrategia I. Fortalecer un marco institucional facilitador del desarrollo de la dendroenergía. (Transversal).
Descripción General	Mide el número de convenios o acuerdos celebrados entre las dependencias de gobierno, instituciones de investigación y el sector privado para el desarrollo de la dendroenergía.
Observaciones	<p>Método de cálculo</p> $CC = \sum_{i=2016}^t CC_i$ <p>Dónde: CC = Convenios celebrados en el periodo 2016 a t. CC_i = Convenios celebrados en el año t.</p>
Periodicidad	Anual
Fuente	SENER/CONAFOR.
Referencias Adicionales	La CONAFOR será la entidad encargada del seguimiento.
LINEA BASE 2015	META 2018
0	18 convenios celebrados

INDICADOR 4: Ejidos, comunidades y empresas forestales comunitarias ricas en biodiversidad capacitadas en aspectos dendroenergéticos.

FICHA DEL INDICADOR	
ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS
Indicador	Ejidos, comunidades y empresas forestales comunitarias ricas en biodiversidad capacitadas en aspectos dendroenergéticos.
Objetivo PRONADEN	Aprovechar el potencial de la biomasa forestal para la generación de energía limpia.
Estrategia PRONADEN	Estrategia II. Impulsar el desarrollo de capacidades en el sector forestal para su incorporación en el sector de las energías renovables. (Transversal).
Descripción General	Mide el porcentaje de avance en ejidos, comunidades y empresas forestales comunitarias capacitadas en aspectos dendroenergéticos con relación a la meta programada al 2018.
Observaciones	<p>Método de cálculo</p> $PAECEC = \left(\frac{ECEC}{ECEC_p} \right) \times 100$ <p>Formula complementaria:</p> $ECEC = \sum_{i=2016}^t ECEC_i$ <p>Dónde: PAECEC = Porcentaje de avance en ejidos, comunidades y empresas forestales comunitarias capacitadas en aspectos dendroenergéticos con relación a la meta programada al 2018. ECEC = Ejidos, comunidades y EFC capacitados en el periodo 2016 a t. ECEC_p = Ejidos, comunidades y EFC capacitados programados al 2018.</p> <p>Dónde: ECEC = Ejidos, comunidades y EFC capacitados en el periodo 2016 a t. ECEC_j = Ejidos, comunidades y EFC capacitados en el año t.</p>
Periodicidad	Anual
Fuente	CONAFOR/SEMARNAT
Referencias Adicionales	La CONAFOR será la entidad encargada del seguimiento.
LINEA BASE 2015	META 2018
0	100 % (270 ejidos, comunidades y EFC capacitadas)

INDICADOR 5: Herramientas de valoración técnica elaboradas para promover el desarrollo de proyectos de generación de energía a partir de biomasa forestal proveniente de terrenos con aprovechamiento sustentable y preferentemente certificados.

FICHA DEL INDICADOR	
ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS
Indicador	Herramientas de valoración técnica elaboradas para promover el desarrollo de proyectos de generación de energía a partir de biomasa forestal proveniente de terrenos con aprovechamientos sustentable y preferentemente certificados.
Objetivo PRONADEN	Aprovechar el potencial de la biomasa forestal para la generación de energía limpia.
Estrategia PRONADEN	Estrategia II. Impulsar el desarrollo de capacidades en el sector forestal para su incorporación en el sector de las energías renovables. (Transversal).
Descripción General	Mide el número de herramientas de valoración técnica elaboradas para promover el desarrollo de proyectos de generación de energía a partir de biomasa forestal.
Observaciones	<p>Método de cálculo:</p> $HVT = \sum_{i=2016}^t HVT_i$ <p>Dónde: HVT = Herramientas de valoración técnica elaboradas en el periodo 2016 a t. HVT_i = Herramientas de valoración técnica elaboradas en el año t.</p>
Periodicidad	Anual
Fuente	CONAFOR/SEMARNAT
Referencias Adicionales	La CONAFOR será la entidad encargada del seguimiento.
LINEA BASE 2015	META 2018
0	2 herramientas de valoración técnica elaboradas

INDICADOR 6: Estudios de diagnóstico y evaluación para el establecimiento de proyectos dendroenergéticos.

FICHA DEL INDICADOR

ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS
Indicador	Estudios de diagnóstico para el establecimiento de proyectos dendroenergéticos.
Objetivo PRONADEN	Aprovechar el potencial de la biomasa forestal para la generación de energía limpia.
Estrategia PRONADEN	Estrategia III. Promover el desarrollo de proyectos de dendroenergía.
Descripción General	Mide el número de estudios de diagnóstico para el establecimiento de proyectos dendroenergéticos.
Observaciones	<p>Método de cálculo:</p> $ED = \sum_{i=2016}^t ED_i$ <p>Dónde: ED = Estudios de diagnóstico elaborados en el periodo 2016 a t. ED_i = Estudios de diagnóstico elaborados en el año t.</p>
Periodicidad	Anual
Fuente	CONAFOR
Referencias Adicionales	La CONAFOR será la entidad encargada del seguimiento.
LINEA BASE 2015	META 2018
0	46 estudios de diagnóstico elaborados.



GLOSARIO, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

GLOSARIO

Aprovechamiento forestal

La extracción de los recursos forestales del medio en que se encuentren, incluyendo los maderables y los no maderables (LGDFS).

Aprovechamiento sustentable

La utilización de los recursos naturales en forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por periodos indefinidos.

Astilla

Hojuela o partícula de madera con dimensiones de tres a doce milímetros de espesor y que es producto de la disgregación de materias primas maderables.

Balance neto de carbono

El Balance que permite contabilizar las emisiones de gases con efecto invernadero en un proceso dado.

Biocombustible

Combustible producido a partir de materia orgánica o de aceites combustibles de origen vegetal.

Biocombustible de segunda generación

Son combustibles producidos a partir de materias primas que no son fuentes alimenticias, para lo cual se utilizan tecnologías que todavía están en etapas de investigación y desarrollo y con costos de producción aún muy elevados.

Biodiversidad

La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

Bioenergéticos

Combustibles obtenidos de la biomasa provenientes de materia orgánica de las actividades, agrícola, pecuaria, silvícola, acuicultura, residuos de la pesca, domésticas,

comerciales, industriales, de microorganismos, y de enzimas, así como sus derivados.

Bioenergía

Tipo de energía renovable que se obtiene de la materia orgánica de origen biológico y no biológico, proveniente de las actividades agropecuarias, silvícolas, acuícolas, de procesos biotecnológicos, industriales y de investigación científica, así como de los residuos, excepto los peligrosos de conformidad con lo establecido en el art. 5 Fracc. XXXII de La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

Biomasa forestal

Materia orgánica generada en los bosques a partir de un proceso biológico, espontáneo o provocado, que puede ser utilizable como fuente de energía.

Bosque

Vegetación forestal, principalmente de zonas de clima templado, en la que predominan especies leñosas perennes que se desarrollan en forma espontánea, con una cobertura de copa mayor al 10% de la superficie que ocupa, siempre que formen masas mayores a 1,500 m². En esta categoría se incluyen todos los tipos de bosque señalados en la clasificación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Cadenas de valor

Sistemas productivos que integran conjuntos de empresas que añaden valor agregado a productos o servicios a través de las fases del proceso económico.

Calor residual

Es el calor contenido en los productos y subproductos de un proceso, que eleva su temperatura a niveles mayores de los adecuados para su emisión o almacenaje.

Cambio climático

Variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos comparables.

Captura de carbono

Extracción de carbono de la atmósfera para su almacenamiento a largo plazo en sumideros mediante procesos físicos o biológicos como la fotosíntesis.

Características biológicas

Conjunto de rasgos y atributos relativos al comportamiento, reproducción, desarrollo, distribución y estructura, que describen a un ejemplar o población o hábitat de una especie.

Características físicas

Conjunto de particularidades observables en un ejemplar, población, especie o área determinada.

Centro de almacenamiento forestal

Lugar donde se depositan temporalmente materias primas forestales para su conservación y posterior traslado.

Centro de transformación

Instalación industrial o artesanal, fija o móvil, donde por procesos físicos, mecánicos o químicos se elaboran productos derivados de materias primas forestales.

Certificación forestal

Proceso voluntario por medio del cual se evalúa el desempeño de las operaciones forestales a través de los diferentes instrumentos de certificación existentes en el país, que se incorporan en el “Sistema Nacional de Certificación Forestal y Cadena de Custodia”, como una sólida política institucional dirigida a promover el buen manejo forestal y uso sustentable de los recursos forestales.

Combustión

Reacción química que se produce entre el oxígeno y un material oxidable, que va acompañada de desprendimiento de energía y habitualmente se manifiesta por incandescencia o llama.

Dendroenergía

La energía obtenida a partir de biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos primarios y secundarios derivados de los bosques, árboles y otra vegetación existente en terrenos forestales.

Densidad

Es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia.

Desarrollo forestal sustentable

Proceso evaluable y medible mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, silvícola, económico y social que tienda a alcanzar una productividad óptima y sostenida de los recursos forestales sin comprometer el rendimiento, equilibrio e integridad de los ecosistemas forestales, que mejore el ingreso y la calidad de vida de las personas que participan en la actividad forestal y promueva la generación de valor agregado en las regiones forestales.

Dióxido de carbono equivalente (CO₂e)

Es una medida universal de medición utilizada para indicar la posibilidad de calentamiento global de cada uno de los gases con efecto invernadero. Es usado para evaluar los impactos de la emisión (o evitar la emisión) de diferentes gases que producen el efecto invernadero. El dióxido de carbono está compuesto de 44/12 partes, o 3.67 de carbono por peso.

Ecosistemas forestales

La unidad funcional básica de interacción de los recursos forestales entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados.

Eficiencia Energética

Se le denomina eficiencia energética a todas las acciones que conlleven a una reducción económicamente viable de la cantidad de energía necesaria para satisfacer las necesidades energéticas de los servicios y bienes que requiere la sociedad, asegurando un nivel de calidad igual o superior y una disminución de los impactos ambientales negativos derivados de la generación, distribución y consumo de energía.

Emisiones

Liberación a la atmósfera de gases de efecto invernadero y/o sus precursores y aerosoles en la atmósfera, incluyendo en su caso compuestos de efecto invernadero, en una zona y un periodo de tiempo específico.

Empresa Forestal Comunitaria (EFC)

Organización productiva de comunidades o ejidos con áreas forestales permanentes y bajo programa de manejo forestal, para la producción, diversificación y transformación con capacidad agraria y empresarial.

Energía limpia

Energías Limpias: Aquellas fuentes de energía y

procesos de generación de electricidad cuyas emisiones o residuos, cuando los haya, no rebasen los umbrales establecidos en las disposiciones reglamentarias que para tal efecto se expidan.

Energías renovables

Aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica, por ejemplo: el viento, la radiación solar en todas sus formas, el movimiento del agua, energía oceánica, el calor de los yacimientos geotérmicos, y los bioenergéticos.

Gases de efecto invernadero

Componentes gaseosos de la atmósfera, naturales y resultantes de la actividad humana, que absorben y emiten radiación infrarroja. Esta propiedad causa el efecto invernadero. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático reconoce seis: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

Gasificación

La gasificación es un proceso termoquímico en el que un sustrato carbonoso (carbón, biomasa, plástico) es transformado en un gas combustible mediante una serie de reacciones que ocurren en presencia de un agente gasificante (aire, oxígeno, vapor de agua o hidrógeno).

Gobernanza

Se refiere a quién toma decisiones y como se toman las decisiones, desde el nivel nacional hasta el local, incluyendo instituciones y reglas formales e informales, relaciones de poder y prácticas de toma de decisiones.

Humedad

Cantidad de agua, vapor de agua o cualquier otro líquido que está presente en la superficie o el interior de un cuerpo o en el aire.

Madera en rollo

Troncos de árboles derribados o seccionados, con un diámetro mayor a diez centímetros en cualquiera de sus extremos, sin incluir la corteza y sin importar la longitud.

Manejo forestal

El proceso que comprende el conjunto de acciones y procedimientos que tienen por objeto la ordenación, el cultivo, la protección, la conservación, la restauración y el aprovechamiento de los recursos y servicios ambientales de un ecosistema forestal, considerando los principios ecológicos, respetando la integralidad funcional e interdependencia de recursos y sin que merme la capacidad productiva de los ecosistemas y recursos existentes en la misma.

Mitigación

Aplicación de políticas y acciones destinadas a reducir las emisiones de las fuentes o mejorar los sumideros de gases y compuestos de efecto invernadero (LGCC).

Ordenamiento forestal

La organización económica de un área forestal tomando en cuenta sus características silvícolas, que implica la división espacial y temporal de las actividades del manejo forestal.

Plantación forestal comercial

El establecimiento, cultivo y manejo de vegetación forestal en terrenos temporalmente forestales o preferentemente forestales, cuyo objetivo principal es la producción de materias primas forestales destinadas a su industrialización y/o comercialización.

Pirolisis

Es la descomposición química de materia orgánica y todo tipo de materiales, excepto metales y vidrios, causada por el calentamiento a altas temperaturas en ausencia de oxígeno (y de cualquier halógeno).

Poder calorífico

Expresa la energía que puede liberar la unión química entre un combustible y el comburente y es igual a la energía que mantenía unidos los átomos en las moléculas de combustible menos la energía utilizada en la formación de nuevas moléculas en la materia formada en la combustión.

Producto forestal maderable

El bien obtenido del resultado de un proceso de transformación de materias primas maderables, con otra denominación, nuevas características y un uso final distinto.

Producto forestal no maderable

Son aquellos bienes de origen biológico que no son de madera y que se derivan de los bosques, de otras tierras boscosas y de los árboles fuera del bosque.

Puntas: Material leñoso de hasta diez centímetros de diámetro, proveniente de la parte terminal del tronco principal de un árbol.

Residuos forestales: Materiales que se quedan en los aprovechamientos maderables y no son extraídos habitualmente por no ser convertibles en subproductos pero que pueden ser utilizados como combustible orgánico. Los residuos generados directamente en los aprovechamientos maderables pueden tener su origen en actividades diversas: aclareos, podas, selección de rebrotes, etc.

Rodal: Unidad del paisaje relativamente homogénea que puede ser delimitada y diferenciada de otras unidades adyacentes. En silvicultura el rodal es la unidad básica de manejo.

Selva: Ecosistema forestal de clima tropical, en la que predominan especies leñosas perennes que se desarrollan en forma espontánea, con una cobertura de copa mayor al 10 por ciento de la superficie que ocupa, siempre que formen masas mayores a 1,500 m², excluyendo a los

acahuales. En esta categoría se incluyen a todos los tipos de selva, manglar y palmar de la clasificación del INEGI.

Servicios técnicos forestales: Las actividades realizadas para la planificación y ejecución de la silvicultura, el manejo forestal y la asesoría y capacitación a los propietarios o poseedores de recursos forestales para su gestión.

Silvicultura: De acuerdo con su etimología, es el “cultivo de los bosques”. La silvicultura es un componente del manejo forestal y consiste en el conjunto de intervenciones de corta y tratamientos que se aplican para regular la composición de especies y la estructura de edades y tamaños y para asegurar la regeneración y crecimiento de los rodales para el aprovechamiento sustentable de bienes y servicios derivados de los bosques.

Silvicultura comunitaria: Cultivo del bosque con la participación social de sus dueños y/o poseedores, y cuyos beneficios coadyuvan a fortalecer sus procesos de desarrollo. Una característica fundamental de esta variante respecto al concepto puro de la silvicultura es la existencia de un territorio de uso común en manos de una colectividad.

Turno: Periodo de regeneración de los recursos forestales que comprende desde su extracción hasta el momento en que éstos son susceptibles de nuevo aprovechamiento.

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

CFE	Comisión Federal de Electricidad
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CRE	Comisión Reguladora de Energía
DOF	Diario Oficial de la Federación
EFC	Empresas Forestales Comunitarias
ENAIPROS	Estrategia Nacional de Manejo Forestal Sustentable para el Incremento de la Producción y Productividad.
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Food and Agriculture Organization)
FIRA	Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GTI	Grupo de Trabajo Interinstitucional
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
INER	Inventario Nacional de Energías Renovables
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
LGCC	Ley General de Cambio Climático.
LGDFS	Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
PEAER	Programa Especial de Aprovechamiento de las Energías Renovables
PECC	Programa Especial de Cambio Climático.
PFC	Plantaciones Forestales Comerciales
PFNM	Productos Forestales No Maderables
PIB	Producto Interno Bruto
PND	Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018
PRODEPLAN	Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
PROMARNAT	Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018
PRONADEN	Programa Nacional de Dendroenergía
PRONAFOR	Programa Nacional Forestal
PROSENER	Programa Sectorial de Energía
RAN	Registro Agrario Nacional
SE	Secretaría de Economía
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
SENER	Secretaría de Energía
SFP	Secretaría de la Función Pública
STEP	Suministro total de energía primaria.



ANEXOS

ANEXO I. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA DE LOS INDICADORES

INDICADOR 1: Capacidad instalada para generación de energía eléctrica a partir de biomasa forestal proveniente de terrenos con aprovechamiento sustentable y preferentemente certificados.

Consideraciones para el indicador

De acuerdo al Inventario Nacional de Energías Renovables en México hasta diciembre del 2014 se tenía una capacidad instalada de 646.38 MW y una generación de 1,399.33 GWh/a con aprovechamiento de Biomasa (residuos agropecuarios, residuos de la industria alimenticia y/o los residuos sólidos urbanos), gran parte de estos aprovechamientos son sistemas híbridos que combinan la biomasa con hidrocarburos para la generación de electricidad para autoconsumo (14). Al 31 de diciembre de 2012 el INER reportó un potencial de 607 GWh/a probados y 11,485 GWh/a posibles para el desarrollo de nuevos proyectos.

Específicamente para el caso de biomasa forestal se conformó un grupo de trabajo integrado por la SENER, SEMARNAT, CFE, CRE, CONAFOR, BID y GIZ con la finalidad de implementar proyectos piloto para el aprovechamiento de biomasa forestal para la generación de electricidad.

Aunado a esto, México es un país en desarrollo que busca transitar hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbón, tal como lo establece la LGCC. De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (INEGEI) 1999-2010, las emisiones totales del país en el año 2010 fueron 748 millones de toneladas de CO₂ equivalente (MtCO₂e), un valor de 19% mayor al de 2001. México se ubicó entre los primeros quince países emisores en 2010 con el 1.4% de las emisiones globales (15).

Derivado de la reciente reforma energética en el sector eléctrico es importante monitorear la transición energética a fuentes de energía menos intensivas en carbono y el impacto de la implementación de tecnologías limpias. El incremento del uso de estas tecnologías en nuestro país reducirá la intensidad de las emisiones de CO₂e en la generación

eléctrica, y tendrá un impacto también en el uso de la misma. En México el Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables (PEAER) establece la meta de llegar en el 2018 al 34.6% de participación de energías renovables y tecnologías limpias en la capacidad instalada de generación de electricidad en el Sistema Eléctrico Nacional; lo que contribuye de manera importante a la reducción de emisiones de GEI en la generación y el uso de energía.

Definiciones para el cálculo del indicador

Biomasa forestal. Se refiere a los combustibles de origen forestal, empleados para la generación de energía eléctrica que atraviesan por un proceso de combustión directa, gasificación, pirolisis, etc.

Capacidad. Es la potencia máxima a la cual puede suministrar energía eléctrica una unidad generadora, una central de generación o un dispositivo eléctrico, la cual es especificada por el fabricante o por el usuario. Su unidad de medida es el watt (W).

Generación Neta. Es la energía eléctrica que una central generadora entrega a la red de transmisión. Su unidad de medida es el watt-hora (Wh).

Sistema Eléctrico Nacional. Se considera que es el sistema eléctrico integrado por los participantes públicos y privados, conectados a la red eléctrica nacional, y que intervienen en la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

Sistema Interconectado Nacional. Se considera que es el sistema eléctrico que está integrado por los sistemas eléctricos regionales que comparten a través de enlaces sus recursos de capacidad y funcionamiento de forma económica, confiable y eficiente.

Sistemas Aislados. Son sistemas de generación de electricidad aislados de la Red Eléctrica Nacional que sin embargo contribuyen a satisfacer la demanda de energía eléctrica y al grado de electrificación.

Generación distribuida. Generación de energía eléctrica que cumple con las siguientes características:

- a. Se realiza por un Generador Exento (de acuerdo con la Ley de la Industria Eléctrica).
- b. Se realiza en una Central Eléctrica que se encuentra interconectada a un circuito de distribución que contenga una alta concentración de Centros de Carga, en los términos de las Reglas del Mercado.

Factor de Planta. Conocido también como factor de utilización de una central, es la relación entre la energía eléctrica producida durante un intervalo de tiempo determinado y la energía que habría sido producida si este generador hubiese funcionado durante ese intervalo de tiempo, a su potencia máxima posible en servicio. Se expresa generalmente en porcentaje.

Factor de emisión eléctrico 2013

Las emisiones indirectas por consumo de electricidad también se pueden cuantificar de manera directa, sin utilizar ninguna herramienta de cálculo, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Emisión indirecta por consumo de electricidad (tCO}_2\text{e)} = \text{Datos de actividad en MWh} * \text{Factor de emisión eléctrico del año (tCO}_2\text{e/MWh)}.$$

El dato de actividad es la cantidad de energía eléctrica consumida en megawatts-hora, que se multiplica por el factor de emisión eléctrico correspondiente al año del reporte del inventario. El resultado será una cantidad de emisiones en toneladas métricas de bióxido de carbono equivalente (15).

El cálculo del factor de emisión promedio del Sistema Eléctrico Nacional se basa en el Consumo Total de Combustible y la Generación de Electricidad Neta Entregada a la Red (TOOL07, Methodological Tool: Tool to calculate the emission factor for an electricity system, Version 0.4.0, Average OM Method, Option B). Este método está aprobado por la Junta Ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio.

El sector privado agrupa las modalidades de cogeneración, autoabastecimiento, usos propios y exportaciones. El factor de emisión eléctrico que se emplea para la estimación de emisiones indirectas, provenientes del uso de electricidad comprada, varía cada año de acuerdo con la mezcla de combustibles empleados en la generación de electricidad distribuida por el Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

En la Tabla 9, se presentan los valores del Factor de emisión de electricidad calculados anualmente, cabe hacer mención que sólo se considera la electricidad entregada a la red, es decir, en el caso del sector privado, se referirá únicamente a los excedentes entregados a la CFE (15).

TABLA 9. FACTORES DE EMISIÓN DE ELECTRICIDAD PROMEDIO (TCO2E/MWH).(15)

Año	Factor de emisión de electricidad promedio. (tCO2e/MWh)
2007	0.5171
2008	0.4698
2009	0.5057
2010	0.4946
2011	0.5002*
2012	0.5165*
2013	0.4999

Datos estimados por el Programa GEI México.

* Los valores del factor de emisión eléctrico para los años 2011 y 2012 fueron ajustados de acuerdo con las actualizaciones realizadas en el Balance Nacional de Energía.

Nota: El factor de emisión eléctrico 2013 se calculó utilizando los potenciales de calentamiento global publicados en el Quinto Reporte de Evaluación del IPCC (AR5).

Supuestos

- La capacidad considerada en el cálculo del indicador es la capacidad bruta.
- La capacidad de generación es aquella que se encuentre en operación al finalizar el año de análisis.
- La generación de energía eléctrica a partir de biomasa forestal contribuye a la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, al sustituir el uso de combustibles fósiles por fuentes renovables.

Método de cálculo

$$PACIGE = \left(\frac{CIBF_t}{CIBF_p} \right) \times 100$$

Dónde:

PACIGE = Porcentaje de avance en la capacidad instalada para generar energía eléctrica a partir de biomasa forestal con relación a la meta programada al 2018.

CIBF_t = Capacidad instalada para generación eléctrica a partir de biomasa forestal en el año t, dada en MW.

CIBF_p = Capacidad instalada para generación eléctrica a partir de biomasa forestal programada al 2018, dada en MW.

Fuentes: Secretaría de Energía/Comisión Nacional Forestal/Comisión Reguladora de Energía.

Método de cálculo de la reducción de emisiones de GEI a partir de la generación de energía eléctrica a partir de biomasa forestal

$$MGEI_{BF} = (GEEBF_t) * (FE_{SEN})$$

Dónde:

MGEIBF = Mitigación de emisiones de GEI a partir de la generación de energía eléctrica con biomasa forestal, t CO₂e/a.

GEEBF_t = Generación de energía eléctrica a partir de biomasa forestal en el año t, dada en MWh/a.

FE_{SEN} = Factor de emisión de electricidad del SEN de 0.499 t CO₂e/MWh.

Fuente: Secretaría de Energía / Comisión Nacional Forestal.

Meta 2018

Durante el período 2016-2018 se establecerá una capacidad instalada de 1MW para generar 7 GWh/a de energía eléctrica a partir de biomasa forestal. El año 2015 se considera para la gestión y planeación necesaria para el establecimiento de los primeros proyectos en el año 2016, con una capacidad instalada inicial de 0.3 MW (Tabla 10).

La contribución a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), está en relación a la cantidad de energía eléctrica generada a partir de biomasa forestal. Por lo tanto, la meta al 2018 será la mitigación de 3,430 tCO₂e/a (Tabla 11).

TABLA 10. LÍNEA BASE Y METAS INTERMEDIAS PARA EL INDICADOR 1.

Año	Capacidad instalada (MW)	Factor de planta (%)	Generación eléctrica (GWh/a)	PACIGE (%)
2015	0	80	0	0
2016	0.3	80	2.1	30
2017	0.6	80	4.2	60
2018	1.0	80	7.0	100

TABLA 11. LÍNEA BASE Y METAS INTERMEDIAS PARA EL INDICADOR 1.

Año	Capacidad instalada a partir de biomasa (Gwh/a)	Mgeibf (Tco ₂ e/a)
2015	0	0
2016	2.1	1,029
2017	4.2	2,058
2018	7.0	3,430

INDICADOR 2: Propuestas de adecuaciones al marco regulatorio y aplicación de incentivos fiscales para el sector dendroenergético.

Consideraciones para el indicador

El desarrollo del sector dendroenergético, por su característica transversal, requiere un contexto favorable respecto del marco jurídico aplicable, el diseño y aplicación de políticas públicas, el fortalecimiento de capacidades institucionales, así como del acceso al financiamiento adecuado.

Dentro del marco regulatorio que influye en el desarrollo del sector dendroenergético se consideran los temas referentes a energías renovables, industria eléctrica, los bioenergéticos, desarrollo forestal, cambio climático y conservación de la biodiversidad. Por esta razón se plantea revisar y simplificar el marco regulatorio de tal forma, que se convierta en un factor facilitador de la generación de energía a partir de biomasa forestal.

Asimismo, se desarrollará una propuesta que considere la creación de incentivos económicos en la generación de energía a partir de biomasa forestal.

Método de cálculo

$$PE = \sum_{i=2016}^t PE_i$$

Dónde:

PE = Propuestas elaboradas en el periodo 2016 a t.

PE_i = Propuestas elaboradas en el año t.

Fuente: Secretaría de Energía /Comisión Nacional Forestal/Comisión Reguladora de Energía.

Meta 2018

Para el período 2016-2018 se realizarán 2 propuestas, una enfocada a adecuaciones al marco regulatorio y otra a la formulación de incentivos fiscales con la finalidad de promover el desarrollo del sector dendroenergético.

Debido a que en una primera acción se busca la formulación de las propuestas, estas deberán estar elaboradas al 2016, con la finalidad de someterlas a revisión, valoración y en su caso su aprobación (Tabla 12).

TABLA 12. LÍNEA BASE Y METAS INTERMEDIAS PARA EL INDICADOR 2.

Año	Propuestas elaboradas en el año	Propuestas elaboradas en el periodo
2015	0	0
2016	2	2
2017	0	2
2018	0	2

INDICADOR 3: Convenios o acuerdos celebrados entre las dependencias de gobierno, instituciones de investigación y el sector privado para el desarrollo de la dendroenergía sustentable.

Consideraciones para el indicador

El PRONADEN es un programa de políticas transversales que requiere de un entorno favorable, así como fortalecer las capacidades institucionales de las dependencias del sector ambiental federal y de los servidores públicos de éstas.

Por esta razón se debe de promover un modelo de gestión, que permita la integración de políticas públicas de los tres órdenes de gobierno y así la planeación y ejecución de los programas de apoyo de manera coordinada, creando sinergias que generen condiciones favorables para el beneficio de las comunidades, ejidos y empresas forestales comunitarias.

Por otro lado la vinculación con el sector privado, las universidades y las instituciones de investigación permitirán el desarrollo técnico y tecnológico en los proyectos de generación de energía a partir de biomasa forestal.

Método de cálculo

$$CC = \sum_{i=2016}^t CC_i$$

Dónde:

CC = Convenios celebrados en el periodo 2016 a t.

CC_i = Convenios celebrados en el año t.

Fuente: Secretaría de Energía / Comisión Nacional Forestal.

Meta 2018

En el período del 2016-2018 se celebrarán 18 convenios de colaboración considerando, las instituciones de gobierno en sus tres niveles, el sector privado, las universidades, agencias de cooperación e instituciones de investigación (Tabla 13).

TABLA 13. LÍNEA BASE Y METAS INTERMEDIAS PARA EL INDICADOR 3.

Año	Convenios celebrados en el año	Convenios celebrados en el periodo
2015	0	0
2016	6	6
2017	6	12
2018	6	18

INDICADOR 4: Ejidos, comunidades y empresas forestales comunitarias ricas en biodiversidad capacitadas en aspectos dendroenergéticos.

Consideraciones para el indicador

Para contribuir a la reactivación de la economía de ejidos, comunidades y empresas forestales comunitarias en temas del aprovechamiento de la biomasa forestal se hace necesario incentivar el desarrollo de capacidades e incrementar la productividad en el sector forestal, de ahí que, se busque diseñar mecanismos que les permitan desarrollar una mejor organización, conocimientos, capacidades empresariales y habilidades para la autogestión, planeación y desarrollo de proyectos dendroenergéticos.

De acuerdo a la naturaleza de los proyectos de generación de energía a partir de biomasa forestal se establecieron algunos criterios de selección que nos permiten identificar ejidos, comunidades y EFC con diferentes niveles de capacidades, y poder formular estrategias de capacitación y fortalecimiento de los mismos.

Supuestos:

- Los sitios candidatos al establecimiento de un sistema de generación de energía eléctrica se encuentran dentro de las zonas de reactivación de la producción y productividad forestal en México.
- Los terrenos forestales de los ejidos, comunidades o de las empresas forestales comunitarias cuentan con Programa de Manejo Forestal vigente.
- Los ejidos, comunidades y/o empresas forestales comunitarias cuentan con centros de almacenamiento y transformación de materias primas forestales y derivado de sus procesos industriales generan una cantidad de biomasa forestal mayor a 700 tMS anuales.
- Las zonas de aprovechamiento forestal están ubicados a una distancia menor a 5 km de la red de caminos rurales o principales.

A partir de estos supuestos en 2016 se tienen identificada una población de 270 organizaciones forestales, entre los que se encuentran ejidos, comunidades y empresas forestales comunitarias, elegibles para su capacitación en temas dendroenergéticos.

Método de cálculo

$$PAECEC = \left(\frac{ECEC}{ECEC_p} \right) \times 100$$

Dónde:

PAECEC = Porcentaje de avance en ejidos, comunidades y empresas forestales comunitarias capacitadas en aspectos dendroenergéticos con relación a la meta programada al 2018.

ECEC = Ejidos, comunidades y EFC capacitados en el periodo 2016 a t.

ECEC_p = Ejidos, comunidades y EFC capacitados programados al 2018.

Formula complementaria:

$$ECEC = \sum_{i=2016}^t ECEC_i$$

Dónde:

ECEC = Ejidos, comunidades y EFC capacitados en el periodo 2016 a t.

ECEC_i = Ejidos, comunidades y EFC capacitados en el año t.

Fuente: Comisión Nacional Forestal/Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Meta 2018

Se cuenta con un registro de 270 ejidos, comunidades, empresas forestales comunitarias elegibles para ser capacitadas en el aprovechamiento de biomasa forestal para generación de energía limpia. Las metas intermedias se detallan en la Tabla 14.

TABLA 14. LÍNEA BASE Y METAS INTERMEDIAS PARA EL INDICADOR 4.

Año	Ejidos, comunidades y EFC capacitadas en el año	Ejidos, comunidades y EFC capacitadas en el periodo	Paecec (%)
2015	0	0	0
2016	108	108	40
2017	108	216	80
2018	54	270	100

INDICADOR 5: Herramientas de valoración técnica elaboradas para promover el desarrollo de proyectos de generación de energía a partir de biomasa forestal proveniente de terrenos con aprovechamiento sustentable y preferentemente certificados.

Consideraciones para el indicador

La investigación y desarrollo tecnológico pueden comportarse como un aspecto importante para la transferencia de tecnología. La generación de herramientas de valoración técnica facilitará la toma de decisiones para implementar proyectos dendroenergéticos.

Método de cálculo

$$HVT = \sum_{i=2016}^t HVT_i$$

Dónde:

HVT = Herramientas de valoración técnica elaboradas en el periodo 2016 a t.

HVT_i = Herramientas de valoración técnica elaboradas en el año t.

Fuente: Comisión Nacional Forestal.

Meta 2018

Para el periodo 2016-2018 se elaborarán 2 herramientas de valoración técnica que contribuyan a facilitar la gestión e implementación de proyectos dendroenergéticos.

Una herramienta contribuirá a la gestión de trámites y permisos para la generación de energía eléctrica a partir de biomasa forestal y otra que proporcione los requerimientos técnicos y tecnológicos mínimos para implementación de proyectos dendroenergéticos (Tabla 15).

TABLA 15. LÍNEA BASE Y METAS INTERMEDIAS PARA EL INDICADOR 5.

Año	Herramientas de valoración técnica elaboradas en el año	Herramientas de valoración técnica elaboradas en el periodo
2015	0	0
2016	1	1
2017	1	2
2018	0	2

INDICADOR 6: Estudios de diagnóstico y evaluación para el establecimiento de proyectos dendroenergéticos.

Consideraciones para el indicador

Para impulsar el desarrollo del sector dendroenergético e incrementar la competitividad forestal es importante conocer el potencial de la biomasa forestal, contar con estudios de factibilidad técnica y económica, conocer las áreas de oportunidad en la generación de mercados, y generar estudios regionales que sirvan como instrumentos de planeación y toma de decisiones para todos los actores del sector dendroenergético.

Método de cálculo

$$ED = \sum_{i=2016}^t ED_i$$

Dónde:

ED = Estudios de diagnóstico elaborados en el periodo 2016 a t.

ED_i = Estudios de diagnóstico elaborados en el año t.

Fuente: Comisión Nacional Forestal

Meta 2018

Para el periodo 2016-2018 se elaborarán 46 estudios de diagnóstico, de los cuales 15 permitirán conocer el potencial de biomasa forestal disponible a nivel cuenca de abasto, 30 estudios de factibilidad técnica y económica, y 1 estudio técnico para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales con fines dendroenergéticos (Tabla 16).

TABLA 16. LÍNEA BASE Y METAS INTERMEDIAS PARA EL INDICADOR 6.

Año	Estudios de diagnóstico elaborados en el año	Estudios de diagnóstico elaborados en el periodo
2015	0	0
2016	6	6
2017	20	26
2018	20	46

ANEXO II. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Además del Objetivo, Estrategias y Líneas de Acción, este Programa cuenta con un listado de actividades complementarias, incorporadas a este Anexo, ya que se consideran importantes para la instrumentación de la política nacional de dendroenergía.

Estrategia 1.1 Armonizar un marco regulatorio e institucional facilitador del desarrollo de la dendroenergía. (Estrategia transversal).		
Líneas de acción	Actividades	Responsable
I.1 Impulsar el desarrollo y en su caso promover adecuaciones al marco regulatorio que facilite la generación de energía limpia a partir de la biomasa forestal.	- Revisar, fortalecer y simplificar el marco regulatorio que tenga influencia en el sector dendroenergético, de tal forma que las adecuaciones que se presenten se conviertan en un factor facilitador para desarrollo de proyectos de generación de energía a partir de biomasa forestal. Aplicable a: Industria eléctrica, bioenergéticos, cambio climático, energías limpias, aprovechamiento forestal sustentable y conservación de la biodiversidad.	GTI: Se asignan responsables de acuerdo al sector, competencia y tema a desarrollar.
I.2 Impulsar la incorporación de apoyos a través de reglas de operación, lineamientos y demás herramientas que faciliten y/o promuevan la generación de energía limpia a partir de la biomasa forestal en áreas de aprovechamiento forestal autorizadas y preferentemente certificadas, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad.	- Vincular a las instituciones gubernamentales (Grupo de Trabajo Interinstitucional) mediante convenios de cooperación económica para conjuntar subsidios y/o apoyos económicos directos, los cuales estarán destinados a la asistencia técnica y el desarrollo de proyectos de generación de energía a partir de biomasa forestal.	CONAFOR
I.3 Apoyar el diseño y operación de esquemas de financiamiento para el desarrollo de proyectos dendroenergéticos.	- Diseñar e impulsar esquemas de financiamiento y otorgamiento de créditos involucrando a las diferentes instancias que proveen, regulan y fomentan las actividades productivas y de mercado, así como, con la participación de la banca de desarrollo, la banca privada y la iniciativa privada.	CONAFOR
I.4 Evaluar la aplicación de incentivos económicos para el desarrollo de proyectos dendroenergéticos.	- Presentar una propuesta de incentivos económicos que promuevan el desarrollo proyectos de dendroenergía.	CONAFOR
I.5 Promover la vinculación entre los tres niveles de gobierno para el desarrollo de la dendroenergía	- Diseñar un modelo de gestión con un enfoque dendroenergético que permita la integración de políticas públicas de los tres órdenes de gobierno. - Elaborar convenios de colaboración entre dependencias e instituciones gubernamentales para promover el desarrollo de la dendroenergía.	CONAFOR

PRONADEN
PROGRAMA NACIONAL DE DENDROENERGÍA
2016 - 2018

<p>I.6 Promover la vinculación entre el sector público, privado, universidades y centros de investigación para el desarrollo de la dendroenergía.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Promover la vinculación entre el sector público, privado, universidades y centros de investigación tanto nacionales como extranjeros mediante convenios de colaboración para fortalecer la transferencia de tecnología en proyectos de biomasa forestal; fomentar la generación de conocimientos básicos y aplicados, la investigación, el desarrollo tecnológico que responda a las necesidades y demanda de los actores del sector dendroenergético. 	<p style="text-align: center;">SENER</p>
<p>I.7 Generar y difundir información relevante sobre el potencial de la biomasa forestal que permita el desarrollo de proyectos dendroenergéticos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Generar y actualizar estudios regionales y particulares sobre el potencial de la biomasa forestal disponible para la generación de biomasa forestal. - Actualizar y fortalecer el Atlas de biomasa, el Inventario Nacional de Energías renovables, el Inventario Forestal y de Suelos, así como el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. - Difundir la información generada a través de los portales de información de instituciones involucradas (GTI). - Crear una plataforma para difundir información relevante sobre el potencial de la biomasa forestal para la generación de energía. 	<p style="text-align: center;">SENER</p>

Estrategia 1.2. Impulsar el desarrollo de capacidades en el sector forestal para su incorporación en el sector de las energías renovables. (Estrategia transversal).		
Líneas de acción	Actividades	Responsable
II.1 Diseñar esquemas de capacitación integral para el aprovechamiento sustentable de la biomasa forestal.	<ul style="list-style-type: none"> - Estructurar programas de capacitación especializados en el manejo y aprovechamiento sustentable de la biomasa forestal y sus usos dendroenergéticos. - Diseñar esquemas de capacitación específicos para cada uno de los componentes sociales de la cadena de valor. - Desarrollar programas de capacitación con sus alcances definidos, periodicidad y mecanismos de evaluación de los mismos. 	CONAFOR/ SENER
II.2 Capacitar a ejidos, comunidades y EFC para emprender proyectos de generación de energía a partir de biomasa forestal, privilegiando aquellos que cuenten con certificación forestal.	<ul style="list-style-type: none"> - Promover actividades de difusión que motiven la participación organizada de la sociedad en temas de aprovechamiento sustentable de la biomasa forestal. - Impartir eventos de capacitación y foros para ejidos, comunidades y empresas forestales comunitarias en temas de planeación, normatividad y aspectos ambientales. 	CONAFOR
II.3 Fortalecer las habilidades y capacidades de prestadores de servicios técnicos forestales para el aprovechamiento sustentable de la biomasa forestal y conservación de la biodiversidad.	<ul style="list-style-type: none"> - Impartir eventos de capacitación dirigidos a los prestadores de servicios técnicos forestales para el aprovechamiento de la biomasa forestal con fines dendroenergéticos. 	CONAFOR
II.4 Promover los distintos tipos de tecnología aplicable a la generación de energía a partir de biomasa forestal.	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar foros y eventos de capacitación especializados, considerando los aspectos técnicos y tecnológicos aplicables a la generación de energía a partir de biomasa forestal. 	SENER
II.5 Fomentar la transferencia de tecnología para proyectos dendroenergéticos entre sectores y regiones dentro del país.	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar herramientas de valoración técnica que faciliten la toma de decisiones para la implementación de proyectos dendroenergéticos (Paquetes tecnológicos). - Desarrollar mecanismos que promuevan la transferencia de tecnología sustentable. - Fomentar la cooperación internacional que promueva el intercambio de experiencias y la transferencia de tecnologías en materia dendroenergética. 	SENER

Estrategia 1.3. Promover el desarrollo de proyectos de dendroenergía.		
Lineas de acción	Actividades	Responsable
III.1 Realizar diagnósticos de barreras que inhiben el desarrollo de cadenas de valor dendroenergéticas y la competitividad de EFC.	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar herramientas para la valoración económica, técnica y social de los factores que influyen la implementación de los proyectos dendroenergéticos <p>Elaborar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diagnostico socioeconómico en las organizaciones productivas forestales que son elegibles para desarrollar proyectos dendroenergéticos. - Estudios de factibilidad de mercado. 	CONAFOR
III.2 Fomentar el aprovechamiento dendroenergético de la biomasa forestal residual generada en el aprovechamiento forestal sustentable y de las especies forestales que hasta ahora no tienen mercado, impulsando la competitividad del sector forestal y conservando la biodiversidad.	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar y caracterizar la biomasa forestal disponible a partir del aprovechamiento forestal sustentable. (Material residual productos de podas y pre-aclareos, diámetros pequeños). - Identificar y caracterizar de la biomasa forestal disponible a partir de especies forestales que no cuentan con un mercado (Po ejemplo, el encino entre otras). - Definir los mercados y sus posibles escenarios para la comercialización de biomasa forestal generada a partir del aprovechamiento forestal y de las especies forestales que hasta ahora no cuentan con un mercado. 	CONAFOR/ SENER
III.3 Promover la producción y comercialización de combustibles forestales procesados (pellets, briquetas, aserrín y astillas de madera).	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar y caracterizar los mercados y sus posibles escenarios para la comercialización de biocombustibles forestales procesados. - Apoyar el establecimiento de proyectos productivos de biocombustibles forestales procesados. 	CONAFOR
III.4 Apoyar y brindar acompañamiento antes, durante y después del establecimiento de proyectos de generación de energía eléctrica, térmica u otra a partir de biomasa forestal.	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer proyectos de generación de energía eléctrica, térmica u otra en empresas forestales comunitarias. 	CONAFOR/ SENER
III.5 Promover el establecimiento de plantaciones forestales comerciales de rápido crecimiento con fines dendroenergéticos.	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar estudios técnicos para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales con fines dendroenergéticos. <p>Caracterizar:</p> <ol style="list-style-type: none"> a). Las especies elegibles para el establecimiento de plantaciones dendroenergéticas. b). Superficie con potencial (ha) c). Productividad y rendimientos por ha. 	CONAFOR

ANEXO III. TABLAS DE EQUIVALENCIAS

Unidades básicas del sistema internacional		
Unidad	Símbolo de la unidad	Definición
Metro	m	Longitud que en el vacío recorre la luz durante un 1/299 792 458 de segundo.
Metro cuadrado	m ²	Es el área dentro en un cuadrado cuyos lados miden un metro.
Hectárea	ha	Equivalente a 10,000 metros cuadrados. Es la superficie que ocupa un cuadrado de 100 metros de lado.
Metro cúbico	m ³	Unidad de volumen o metro cúbico, resultado de combinar tres veces la longitud.
Kilogramo	kg	Es la unidad básica de masa del Sistema Internacional de Unidades (SI), y su patrón se define como la masa que tiene el prototipo internacional, compuesto de una aleación de platino e iridio, que se guarda en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) en Sèvres, cerca de París (Francia).
Tonelada	t	La unidad es de uso común para masas por encima de unos 10 ³ kg.
BTU	BTU	Es una unidad de energía. Se usa principalmente en USA. Un BTU equivale aproximadamente a: - 252 Calorías. - 1055,056 Joules.
Joule	J	Es la unidad derivada del Sistema Internacional utilizada para medir energía, trabajo y calor.
Caloría	cal	Unidad de energía térmica, que equivale a la cantidad de calor necesaria para elevar 1 grado centígrado la temperatura de 1 gramo de agua.

Múltiplos del sistema internacional para Joule (J)

Submúltiplos			Múltiplos		
Valor	Símbolo	Nombre	Valor	Símbolo	Nombre
10^{-1} J	dJ	Decijoule	10^1 J	daJ	Decajoule
10^{-2} J	cJ	Centijoule	10^2 J	hJ	Hectojoule
10^{-3} J	mJ	Milijoule	10^3 J	kJ	Kilojoule
10^{-6} J	μ J	Microjoule	10^6 J	MJ	Megajoule
10^{-9} J	nJ	Nanojoule	10^9 J	GJ	Gigajoule
10^{-12} J	pJ	Picojoule	10^{12} J	TJ	Terajoule
10^{-15} J	fJ	Femtojoule	10^{15} J	PJ	Petajoule
10^{-18} J	aJ	Attojoule	10^{18} J	EJ	Exajoule
10^{-21} J	zJ	Zeptojoule	10^{21} J	ZJ	Zettajoule
10^{-24} J	yJ	Yoctojoule	10^{24} J	YJ	Yottajoule

EQUIVALENCIAS DE ENERGÍA

Unidad	BTU	cal	J (SI)	kW/hr
1 BTU	1	252,164	1055,056	2,9307 Exp (-4)
1 caloría	3,96567 Exp (-3)	1	4,1840	1,16222 Exp (-6)
1 joule (SI)	9,47817 Exp (-4)	0,239006	1	2,77778 Exp (-7)
1 kW/hr	3412,14	8,60421 Exp (+5)	3,6 Exp (+6)	1

EQUIVALENCIAS DE ENERGÍA ESPECÍFICA

Unidad	BTU/lb	cal/g	J/g	J/kg (SI)
1 BTU/lb	1	0,555927	2,32600	2326,00
1 cal/g	1,79880	1	4,184	4184
1 J/g	0,429923	0,239006	1	1000
1 J/kg (SI)	4,29923 Exp (-4)	2,39006 Exp (-4)	0,001	1

BIBLIOGRAFÍA

- Carrillo Ávila, N., Fuentes López M.E., Aguilar Sánchez P. 2012. Uso de los residuos forestales en la producción de bioenergía. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, (INIFAP).
- Estrategia Nacional de Manejo Forestal Sustentable para el Incremento de la Producción y Productividad 2013-2018. Comisión Nacional Forestal.
- FAO. 2011. Situación de los bosques en el mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- IEA. 2012. Technology Roadmap Bioenergy for Heat and Power. International Energy Agency (IEA).
- IRENA. 2012. Biomass for Power Generation, Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series, Volume 1: Power Sector, Issue 1/5.
- FAO. 2014. El estado de los bosques del mundo. Potenciar los beneficios socioeconómicos de los bosques. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO.
- Metz, B. et al. eds. 2007. Summary for Policymakers, Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment, IPCC, Cambridge University Press, Cambridge and New York. Retrieved from: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar4/wg3/ar4-wg3-spm.pdf>
- Maser, O.R., Aguillón J. y Gamiño B, 2005. Estimación del recurso y Prospectiva Tecnológica de la Biomasa como Energético Renovable en México. Estudio prospectivo del Sector Energético. Secretaría de Energía. Anexo 2.
- Red Mexicana de Bioenergía. 2011. La Bioenergía en México. Situación Actual y Perspectivas. REMBIO.
- IRENA. 2014b. Global Bioenergy Supply and Demand Projections, working paper, IRENA, Abu Dhabi. Retrieved from: http://www.irena.org/remap/IRENA_REmap_2030_Biomass_paper_2014.pdf
- Carlos A. García, et.al. 2015. Sustainable bioenergy options for Mexico: GHG mitigation and costs. Renewable and Sustainable Energy Reviews 43 (2015) 545–552 Renewable and Sustainable Energy Reviews 43: 545–552.
- The Pembina Institut. 2010. Evaluación de la madera, la biomasa y el carbono de Bosques y las tecnologías potenciales de producción de energía a partir de Biomasa en Durango, México.
- McKendry P. 2002 Energy production from biomass (part 1): overview of biomass. Bioresource Technology;83:37–46.
- Balance Nacional de energía 2013/ Inventario Nacional de Energías Renovables
- SEMARNAT. 2014. Teoría de los conceptos generales para elaborar inventarios verificables de emisiones de gases de efecto invernadero. México.
- Secretaría de Energía. Atlas Mexicano de Biomasa 2013.
- Díaz, R. y O. Maser. 2003. Uso de la leña en México: situación actual, retos y oportunidades. Balance Nacional de Energía. Secretaría de Energía, México D.F.
- Díaz, R., 2000. Consumo de leña en el sector residencial de México. Evolución histórica y emisiones de CO₂; Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México D.F., México, pp. 113
- SEMARNAT. 2006. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2004. México, SEMARNAT.
- Maser, O, Coord. 2005. LA BIOENERGÍA EN MÉXICO. Un catalizador del desarrollo sustentable. REMBIO. México.



MÉXICO
GOBIERNO DE LA REPÚBLICA



SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

SEMARNAT
SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

