

Sistemas de monitoreo forestal en México

Claudia Medellín
Lenin Corrales

División de Cambio Climático

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-01691

Sistemas de monitoreo forestal en México

Claudia Medellín
Lenin Corrales

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

Agosto 2019



Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo
Corrales, Lenin.

Sistemas de monitoreo forestal en México / Lenin Corrales, Claudia Medellín.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 1691)

Incluye referencias bibliográficas.

ISBN 978-9977-57-703-6 (PDF)

1. Forest monitoring-Mexico. 2. Forest management-Mexico. 3. Deforestation-Mexico.
4. Climate change mitigation-Mexico. I. Medellín, Claudia. II. Banco Interamericano de
Desarrollo. División de Cambio Climático. III. Título. IV. Serie.
IDB-TN-1691

Códigos JEL; Q2, Q23

Palabras clave: Cambio climático, monitoreo forestal, tecnologías en monitoreo.

Este documento sistematiza las experiencias de México en monitoreo forestal. Mediante este estudio se detectaron 23 iniciativas de monitoreo forestal que cumplen las funciones de recopilación de datos, generación, análisis y difusión de información. A lo largo de años recientes, México ha logrado desarrollar un marco institucional y legal, fundamental para el establecimiento y fortalecimiento de iniciativas de monitoreo forestal. Así se ha logrado asegurar la permanencia de las iniciativas de monitoreo y se ha favorecido la gestión de fondos, tanto nacionales como internacionales.

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2019 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



El proyecto Mecanismos y redes de transferencia de tecnología relacionada con el cambio climático en América Latina y el Caribe es implementado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM). El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) lidera las acciones del proyecto dirigidas a la transferencia de tecnologías que mejoren sistemas de monitoreo de recursos forestales.

Este informe que fue realizado con cierre octubre de 2017 forma parte de una serie de reportes que buscan sistematizar las experiencias en monitoreo forestal y las tecnologías utilizadas para este fin en Latinoamérica y el Caribe. Otros estudios de esta serie tratan sobre experiencias de monitoreo forestal en Brasil, Guatemala y un estudio regional sobre estado del monitoreo forestal en Latinoamérica y el Caribe.

Créditos

Preparado por:

Claudia Medellín

Lenin Corrales

Unidad de Modelado Ecosistémico
Programa de Bosques, Biodiversidad y
Cambio Climático - CATIE

Dirección y revisión:

Mario Chacón León

Bastiaan Louman

Programa de Bosques, Biodiversidad y
Cambio Climático – CATIE

Claudio Alatorre Frenk

Claudia Hernández

División de Cambio Climático – BID

Edición:

Marianella Argüello L.

Cris Soto

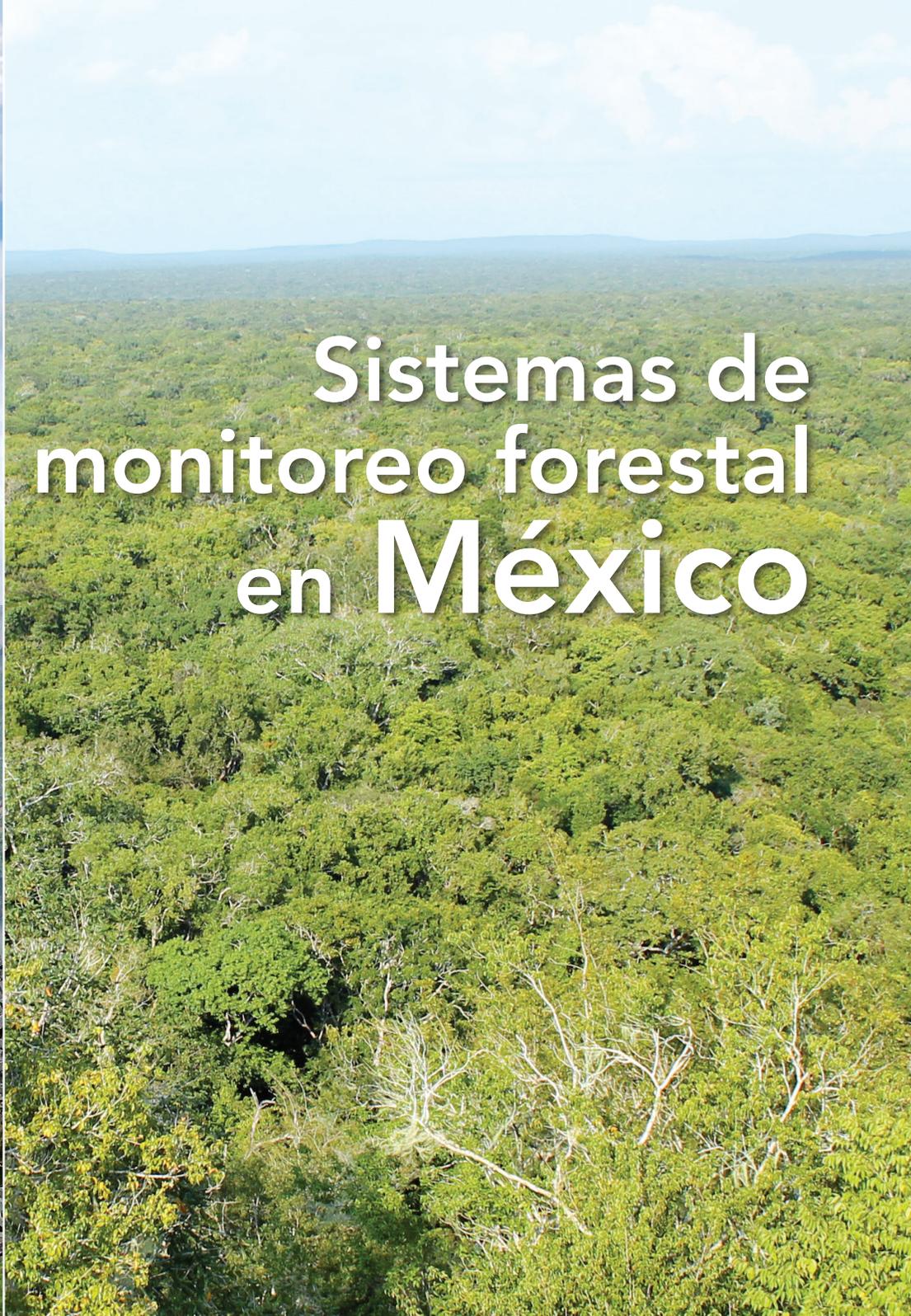
Diagramación:

Silvia Francis

Tecnología de Información
y Comunicación – CATIE

Fotografías:

Gonzalo Sánchez Santos



Sistemas de monitoreo forestal en México





Contenido

Siglas y abreviaturas	7
Agradecimientos	10
1. Introducción	11
2. Metodología	13
3. Contexto del monitoreo forestal en México	15
3.1 Contexto internacional	15
3.2 Contexto nacional de respuesta a los acuerdos internacionales	17
3.2.1 Inicios del monitoreo forestal y la evaluación de los recursos forestales mundiales de FAO	17
3.2.2 Avances en la implementación de los acuerdos derivados de la Convención de Río 1992	17
3.2.3 La implementación de mecanismos de mitigación de la CMNUCC en el sector forestal	18
4. Experiencias en monitoreo forestal	19
4.1 Marco legal y político	20
4.2 Marco institucional y formas de colaboración	23
4.3 Objetivos y participación de instituciones a cargo de iniciativas de monitoreo forestal	27
4.4 Instituciones, sus principales roles y flujos de información	29
4.5 Capacidades humanas existentes en materia de monitoreo forestal	33
4.6 Reporte y comunicación de la información	34
4.7 Variables, indicadores y frecuencia de monitoreo	38
4.8 Experiencias en el uso de tecnologías y metodologías para monitoreo forestal	40
4.8.1 Uso de imágenes a partir de sensores remotos	41
4.8.2 Software, metodologías y herramientas para el procesamiento de imágenes	41
4.8.3 Herramientas para la colecta de datos en campo	43
4.8.4 Almacenamiento, análisis y manejo de datos	44
4.8.5 Plataformas de almacenamiento y manejo de datos	45
4.9 Desafíos institucionales y oportunidades para mejorar el monitoreo y la adopción de tecnologías	47
4.9.1 Los desafíos	47
4.9.2 Las oportunidades	48
4.10 Sostenibilidad futura del monitoreo forestal	48
5. Consideraciones finales y lecciones aprendidas	53
Referencias bibliográficas	56
Anexos	
Anexo 1. Comunicaciones nacionales de México ante la CMNUCC.	64

Anexo 2.	Descripción de las iniciativas	65
Anexo 3.	Objetivos, indicadores y metas del Programa Nacional Forestal (2014-2018)	68
Anexo 4.	Ejemplos de variables e indicadores generados por iniciativas de monitoreo forestal que contribuyen al MRV en el contexto de REDD	69
Anexo 5.	Variables e indicadores que contribuyen al monitoreo en el manejo forestal sostenible	71
Anexo 6.	Principales tecnologías utilizadas por las iniciativas de monitoreo forestal que utilizan sensores remotos	69
Anexo 7.	Principales tecnologías utilizadas por los distintos SMIC	78
Anexo 8.	Principales tecnologías utilizadas por las iniciativas de monitoreo forestal que realizan recolección de información en campo.	79
Anexo 9.	Programas utilizados en el manejo de la torre de covarianza de vórtices	82
Anexo 10.	Ventajas y desventajas para la transferencia de tecnologías priorizadas.	83

Índice de figuras

Figura 1.	Iniciativas de monitoreo forestal identificadas y principales instituciones responsables de su implementación	30
Figura 2.	Flujos de información entre iniciativas	31

Cuadros

Cuadro 1.	Iniciativas de monitoreo forestal en México	21
Cuadro 2.	Principales instrumentos que dan apoyo legal y/o político a las iniciativas de monitoreo forestal en México.	23
Cuadro 3.	Objetivos principales por iniciativa de monitoreo forestal evaluada en México	28
Cuadro 4.	Roles de las principales instituciones involucradas en el monitoreo forestal, por iniciativa evaluada	32
Cuadro 5.	Principales formatos para la divulgación de información sobre monitoreo forestal en México	36
Cuadro 6.	Frecuencia del monitoreo realizado por las iniciativas de monitoreo forestal en México	40
Cuadro 7.	Principales ventajas y desventajas identificadas en las iniciativas de monitoreo que utilizan sensores remotos en México	42
Cuadro 8.	Principales ventajas y desventajas identificadas en iniciativas de monitoreo que realizan trabajo de campo en México	45
Cuadro 9.	Principales fuentes de financiamiento por iniciativa de monitoreo forestal evaluada en México	52

Recuadros

Recuadro 1.	Tipos de acuerdos utilizados en México para facilitar la colaboración inter-institucional.	24
Recuadro 2.	Usuarios de la información generada por las iniciativas de monitoreo.	34
Recuadro 3.	Información compartida por las iniciativas de monitoreo forestal en México	37
Recuadro 4.	Estructura modular del INFyS.	39
Recuadro 5.	Uso de imágenes spot en el contexto de PSA	42
Recuadro 6.	INFySCapp: sistema de captura móvil y para escritorio para el inventario nacional forestal y de suelos.	43
Recuadro 7.	Centro de excelencia virtual en monitoreo forestal en Mesoamérica	49
Recuadro 8.	Medidas habilitadoras	50

Siglas y abreviaturas

Amexic	Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo
ARI	Análisis y reporte internacional
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CCE	Comisión para la Cooperación Ambiental (Commission for environmental cooperation)
CDB	Convenio de Diversidad Biológica
Cencif	Centro Nacional de Control de Incendios Forestales
CEVMF	Centro de Excelencia Virtual en monitoreo Forestal
CICC	Comisión Intersecretarial de Cambio Climático
CICY	Centro de Investigación Científica de Yucatán
CMNUCC	Convención Marco de la Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CNULD	Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación
Colpos	Colegio de Postgraduados
Conabio	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
Conacyt	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
Conafor	Comisión Nacional Forestal
Conagua	Comisión Nacional del Agua
Conanp	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
Ecosur	Colegio de la Frontera Sur
EMSA	Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental
ENAIPROS	Estrategia Nacional de Manejo Forestal Sustentable para el Incremento de la Producción y Productividad
ENA-REDD+	Estrategia Nacional para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación
ENCC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
ERMex	Estación de recepción México
ESAN	Estudio satelital anual del índice de la cobertura forestal
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FCPF	Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (Forest Carbon Partnership Facility)
FMCN	Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza
FRA	Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (Global forest resources assessments)
FSC	Consejo de Administración Forestal (Forest Stewardship Council)
GEF	Fondo Mundial para el Medio Ambiente (Global Environment Facility)
GEI	Gases de efecto invernadero
IEFyS	Inventario estatal forestal y de suelo
INDC	Contribución prevista y determinada a nivel nacional (Intended nationally determined contribution)
Inecc	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
Inecol	Instituto de Ecología
Inegei	Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero
Inegi	Instituto Nacional de Estadística y Geografía

INF	Inventario nacional forestal
INFyS	Inventario nacional forestal y de suelo
INFySCapp	Sistema de captura móvil y para escritorio para el inventario nacional forestal y de suelos
INH	Inventario nacional de humedales
Inifap	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
IPCC	Grupo Intergubernamental de expertos en cambio climático (Intergovernmental Panel on Climate Change)
ISIMA	Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera
ITS	Instituto Tecnológico de Sonora
LCCS	Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra
LDRS	Ley de Desarrollo Rural Sustentable
Ledaps	Código Landsat de calibración, reflectancia, corrección atmosférica y preprocesamiento (Landsat calibration, reflectance, atmospheric correction preprocessing code)
LGCC	Ley General del Cambio Climático
LGDFS	Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
Lidar	Laser imaging detection and ranging (Detección y cálculo de imágenes láser)
Mad-Mex	Sistema para el monitoreo de datos de actividad Monitoring Activity Data for the Mexican REDD+ program)
MNPSA	Monitoreo del Programa Nacional de PSA
Modis	Espectroradiómetro para imágenes de resolución moderada (Moderate resolution imaging spectroradiometer)
Monafor	Monitoreo Nacional Forestal
MON-IND	Detección y monitoreo de incendios
MRV	Monitoreo, reporte y verificación
MSM	Monitor de la Sequía en México
NADM	Monitor de la Sequía en América del Norte (North American Drought Monitor)
NALCMS	Sistema de monitoreo del cambio en la cobertura del suelo en América del Norte (North American Land Change Monitoring System)
NAMA	Medidas de mitigación adecuadas al país (Nationally appropriate mitigation actions)
NDVI	Índice de vegetación de diferencia normalizada (Normalized difference vegetation index)
NLBI	Instrumento jurídicamente no vinculante para todos los tipos de bosques (Non-legally binding instrument on all types of forests)
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
PNUD	Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo
Profepa	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
Pronacose	Programa Nacional Contra la Sequía
Pronafor	Programa Nacional Forestal
Proyecto México -Noruega	Proyecto de Fortalecimiento del proceso de preparación para REDD+ en México y fomento a la Cooperación Sur-Sur financiado por la embajada de Noruega
PSA	Pago por servicios ambientales
QAQC	Garantía de calidad y control de calidad (Quality assurance & quality control)
REDD+	Reducción de emisiones por deforestación y degradación de bosques

SAC-MOD	Sistema de amplia cobertura para el monitoreo de la biodiversidad
Sagarpa	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SAR-MOD	Sistema de Amplia resolución para el Monitoreo de la Biodiversidad
SAT	Sistema de alerta temprana
SAT-Plagas	Sistema de alerta temprana y evaluación del riesgo de plagas forestales
SCE	Serie de cartas edafológicas y estudios de erosión
SEBC	Sistema de estimación de biomasa y carbono
Semarnat	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Senasica	Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria
SIAP	Servicio de información agroalimentaria y pesquera
SIGA	Sistema Integral de Gestión de Apoyos
Sinades	Sistema Nacional de Lucha Contra la Desertificación y Degradación de los Recursos Naturales
Sirvef	Sistema Integral de Referencia para la Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria
SMIC	Sitios de Monitoreo Intensivo de Carbono Forestal
SMMM	Sistema de Monitoreo de los Manglares de México
SNGF	Sistema Nacional Gestión Forestal
SNIF	Sistema Nacional de Información Forestal
SNMB	Sistema Nacional de Monitoreo de Biodiversidad
SNMF	Sistema Nacional de Monitoreo Forestal
SNMRV	Sistema Nacional de Monitoreo, Reporte y Verificación
SNMTDD	Sistema Nacional de Monitoreo de Tierras con Degradación y Desertificación
SPIFYs	Sitios permanentes de investigación forestal y suelos
Spot	Satélite para la observación de la Tierra (Satellite pour l'observation de la Terre)
UACH	Universidad Autónoma de Chapingo
UAGro	Universidad Autónoma de Guerrero
UJED	Universidad Juárez del Estado de Durango
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
USCUSS	Uso del suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura
USFS	Servicio Forestal de Estados Unidos (United States Forest Service)
Usuev	Uso del suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura
UTEMRV	Unidad Técnica Especializada en Monitoreo, Reporte y Verificación
VIIRS	Radiómetro de imagen infrarroja visible (Visible infrared imaging radiometer suite)

Agradecimientos

Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo técnico del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), agencia implementadora del proyecto Mecanismos y redes de transferencia de tecnología relacionada con el cambio climático en América Latina y el Caribe, y del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), quien provee los fondos a través de la Cooperación Técnica Regional No Reembolsable no. ATN/FM-14836-RG. Forma parte de una serie de estudios de caso que incluyen a Brasil y Guatemala y un estudio sobre sistemas de monitoreo forestal y uso de tecnologías en Latinoamérica y el Caribe.

Nuestro agradecimiento a las personas entrevistadas y a los participantes en el taller de validación, quienes brindaron información valiosa para la elaboración de este documento. De la Comisión Nacional Forestal (Conafor) a Enrique Serrano Valdez, de la Coordinación General de Planificación e Información; Raúl Rodríguez Franco, de la Gerencia del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal; Francisco Moreno y Carla Chávez Pech, de la Gerencia de Información Forestal; Oswaldo Carrillo, de la Unidad Técnica Especializada en Monitoreo Reporte y Verificación; Miguel Ángel Rosas, Mayra Salgado, Belinda Ibarra, Ángeles Gonzáles y Yosaira Pérez, de la Gerencia del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal; Eder Larios, Carmen Meneses y Rafael Mayorga, de la Unidad Técnica Especializada en Monitoreo Reporte y Verificación; Jorge Luis García, de la Gerencia de Suelos; Carlos Gonzáles, Ernesto Díaz y Sergio Hernández, del Centro de Excelencia Virtual en Monitoreo Forestal; Eduardo Santiago Cruz y Jesús Cortez, de la Gerencia de Desarrollo y Tránsito de Tecnología; Guillermo Muñoz, Iris Ruiz y Luis Alberto Saldaña, de la Gerencia de Servicios Ambientales del Bosque; Yucundo Coutiño, César Alberto Robles y Blanca Erika Nieves, de la Subgerencia del Centro Nacional de Control de Incendios Forestales; Antonio Aceves y Maribel Pineda, de la Subgerencia de Silvicultura y Manejo Forestal; Silvia Murillo, de la Subgerencia de Asignación y Operaciones de Apoyos; Abel Plascencia, Honoria Chávez, Marisol Ávila, Alejandro de Felipe y Mayra M. Valdez, de la Gerencia de Sanidad. Asimismo, agradecemos a Arturo Victoria Hernández, de Monitoreo de Recursos Naturales del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi); Ricardo Ríos, de Aprovechamiento Forestal de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y a José Javier Corral Rivas, del Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera (UJED).



Introducción

El sector forestal enfrenta un incremento en las necesidades de información sobre los bosques, por lo que el monitoreo forestal se ha convertido en un tema clave para los países, tanto para la elaboración de políticas nacionales de desarrollo como para mostrar avances en el cumplimiento de distintos acuerdos internacionales en materia forestal.

En la región mesoamericana, México ha sido uno de los países que, dada la importancia de sus bosques y biodiversidad en el contexto mundial, ha trabajado más fuertemente en el monitoreo de sus recursos. Es considerado un país megadiverso por la comunidad internacional (Kermez y Dirzo 1992, FAO 2014). En 2015, el país contaba con 66 millones de hectáreas de bosques, entre los que sobresalen los de coníferas, encinos y selvas; los bosques representan el 30 % de la superficie total del país (Inegi 2016). Sin embargo, estos bosques siguen amenazados por diversas actividades humanas, como la deforestación y degradación (Conabio 2009), las cuales constituyen fuentes de emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera. En 2013, el 4,9 % del total de emisiones se debieron a cambios de uso de la tierra relacionados con pérdida de bosques (Inecc y Semarnat 2015).

Como una forma de reducir la deforestación, el país ha estado implementado una serie de políticas nacionales ligadas al cumplimiento de compromisos internacionales. Ejemplo de

esto es la construcción de la Estrategia nacional para la reducción de emisiones por deforestación y degradación (ENA-REDD) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). Con dicha estrategia se busca mitigar el cambio climático, a la vez que se conservan la biodiversidad y los ecosistemas asociados¹; como resultado, se han instaurado una serie de iniciativas en monitoreo forestal lideradas por múltiples instituciones estatales que han permitido que el país tenga un mejor conocimiento de sus bosques y entienda mejor los retos futuros en temas de monitoreo (Arias 2008, Valderrama-Landeros *et al.* 2017, García-Alaniz *et al.* 2017, van der Sande *et al.* 2017).

Las experiencias de México en materia de monitoreo forestal y adopción de tecnologías representan un caso que puede ser analizado por los países de la región, ya que ofrecen lecciones importantes para el diseño de sistemas de monitoreo forestal. Este estudio tiene como objetivo analizar las experiencias de diseño, establecimiento e implementación de iniciativas de monitoreo forestal en México, incluyendo el uso y la transferencia de tecnologías para el monitoreo de los recursos forestales.

¹ Detalles sobre REDD+ México en página de Semarnat. Consultado en junio de 2017. <http://www.conafor.gob.mx/web/temas-forestales/bycc/redd-en-mexico/>

Metodología

Para la elaboración del presente estudio se trabajó en dos etapas durante el 2017. La primera consistió en la búsqueda de información sobre el contexto internacional y nacional del monitoreo forestal en México (acuerdos internacionales y política nacional). Se rescataron los principales acuerdos internacionales vinculados con el tema forestal suscritos por México y se revisó información disponible relacionada con la política forestal del país, con la finalidad de identificar los principales compromisos en materia forestal y determinar si estos incluyen aspectos de monitoreo forestal.

Una vez identificadas las iniciativas de monitoreo forestal en México, se recopiló información relativa a cada una de ellas. En este estudio se da énfasis a la descripción y análisis de iniciativas que contribuyen al monitoreo forestal enfocado en las condiciones, cambios y tendencia del ecosistema; sin embargo, también se han incluido algunas que contribuyen al monitoreo en el sentido definido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO²) y que, en conjunto, aportan al monitoreo de elementos temáticos del manejo forestal sostenible, tales como: i) extensión de los recursos forestales; ii) diversidad biológica de los bosques; iii) salud y vitalidad de los bosques; iv) funciones productivas de los recursos forestales;

² “Proceso integral que incluye la recopilación, análisis y divulgación de datos relacionados con los bosques y la producción de información y conocimiento a intervalos regulares que permitan el monitoreo de los cambios en el curso del tiempo” (FAO 2017b)

v) funciones de protección de los recursos forestales; vi) funciones socioeconómicas de los bosques y vii) marco de trabajo jurídico, político e institucional (FAO 2017a).

En la caracterización de cada sistema de monitoreo se tomaron en cuenta los siguientes elementos: i) objetivos y principales funciones de la iniciativa analizada; ii) marco legal que sustenta la iniciativa; iii) arreglos institucionales de colaboración; iv) capacidades con que cuenta la institución coordinadora (recursos humanos, financieros, infraestructura); v) frecuencia del monitoreo y cobertura; vi) reporte y comunicación de resultados. Una vez identificados los sistemas de monitoreo forestal, estos fueron descritos de acuerdo con lo siguiente: i) variables e indicadores; ii) tecnologías y metodologías utilizadas; iii) análisis y verificación; iv) medidas habilitadoras que han favorecido el uso de diferentes tecnologías y v) sostenibilidad; vi) barreras y oportunidades del monitoreo forestal.

En una segunda fase se procedió a entrevistar a representantes de las iniciativas identificadas; sobre todo aquellas que son responsabilidad de la Comisión Nacional Forestal (Conafor), o que cuentan con enlaces dentro de esa institución, o del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi), o de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), sin embargo, entre los entrevistados no hubo personal de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). Se logró contactar a representantes del 90 % de las iniciativas (no se entrevistó personal del Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM), ni del Inventario Nacional de Humedales (INH), logrando la participación de 33 personas en las entrevistas).

Con la información obtenida de la revisión de literatura y las entrevistas, se preparó un documento inicial sobre el monitoreo forestal en México. Este material se socializó en un taller realizado en las oficinas centrales de la Conafor, en la ciudad de Guadalajara. Se contó con la participación de funcionarios del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (SNMF), la Unidad Técnica Especializada en Monitoreo, Reporte y Verificación (UTEMRV), la Gerencia de Sanidad, el Centro Nacional de Control de Incendios Forestales (Cencif) y el Centro de Excelencia Virtual en Monitoreo Forestal (CEVMF).

Dentro de las limitantes que presentó esta metodología cabe mencionar la falta de tiempo necesario de los expertos para atender las solicitudes de entrevistas y algunos casos incluso el no poder del todo dar respuesta a la solicitud.

3

Contexto del monitoreo forestal en México

3.1 Contexto internacional

En el contexto internacional, el monitoreo forestal en México busca dar seguimiento a la colaboración que por décadas el país ha mantenido con entes internacionales de cooperación para el desarrollo; principalmente aquellos que forman parte de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). En el ámbito meramente forestal, el referente más antiguo a nivel mundial es el trabajo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), que ha permitido monitorear los bosques a intervalos de cinco a 10 años desde 1946, por medio de lo que actualmente se conoce como la Evaluación de Recursos Forestales Mundiales (FRA, por sus siglas en inglés) (FAO 2017b). Sin embargo, México también responde al Instrumento Jurídicamente No Vinculante para Todos los Tipos de Bosques (NLBI, por sus siglas en inglés), el cual surge en 2007 como resultado del Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques (UNFF, por sus siglas en inglés) y busca apoyar la implementación del manejo sostenible

de los bosques (ONU 2008). En 2015, el NLBI pasa a ser un instrumento del UNFF (ONU 2016a). México ha presentado informes ante este organismo sobre sus avances en la implementación del NLBI en tres ocasiones³ (2014-2018).

En un ámbito más amplio, México también realiza acciones de monitoreo forestal para dar seguimiento a los compromisos del país ante las distintas convenciones de la ONU, derivadas de los acuerdos de la Convención de Río 1992. Entre ellas están la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)⁴, la Convención de las Naciones Unidas sobre la Lucha contra la Desertificación (CNULD)⁵ y el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB)⁶.

La CMNUCC fue formulada en 1992 y entró en vigor en 1994; a la fecha ha sido ratificada por más de 190 países. Su objetivo es estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) “a un nivel que impida interferencias antrópicas peligrosas en el sistema climático” (ONU 1992). La CNULD busca promover una respuesta global ante la desertificación, con el fin de mitigar los efectos de la sequía en los países afectados (ONU 1994). CDB, por su parte, es un instrumento jurídico internacional, multilateral y legalmente vinculante que promueve el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad (Conabio 2016a,b).

Los países ratificatorios de estas tres convenciones están obligados a informar de sus avances en cuanto a los compromisos adquiridos; entre ellos, el monitoreo forestal juega un papel importante. Ante la CMNUCC, por ejemplo, los países deben presentar comunicaciones nacionales, inventarios nacionales de gases de efecto invernadero y reportes bienales de sus avances en materia de cambio climático. También pueden presentar sus Contribuciones Previstas Determinadas a Nivel Nacional (INDC, por sus siglas en inglés), un documento en donde se describen las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático que el país planea ejecutar- (CMNUCC 2014). La comunicación nacional se debe presentar cada cuatro años e incluye el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (Inegi), el cual debe basarse en las metodologías desarrolladas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) para este propósito. Los reportes bienales deben sintetizar información sobre los avances en la reducción de emisiones de GEI, así como del financiamiento y tecnologías relacionadas, según las metas establecidas por el país⁷.

Para alcanzar el objetivo de reducir la concentración de GEI en la atmósfera, la CMNUCC ha diseñado dos mecanismos: 1) la reducción de emisiones por deforestación, degradación forestal, manejo forestal sostenible e incremento del almacenamiento de carbono en bosques (REDD+) y 2) las Acciones de Mitigación Apropriadas para el Ámbito Nacional (NAMA, por sus siglas en inglés)⁸. México actualmente se encuentra preparando su estrategia nacional REDD+ (ver detalles en sección 3.2.3).

En cuanto a los compromisos adquiridos con el CDB, durante la COP 10 se adoptó el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, el cual incluye las llamadas 20 Metas de Aichi para la Biodiversidad. Aunque estas metas no se refieren específicamente al sector forestal, algunas de ellas son completamente aplicables al sector (CDB 2014).

³ Para acceder a los reportes presentados, véase UNFF. Consultado 21 mar. 2017. <http://www.un.org/esa/forests/documents/national-reports/unff9-2/index.html>

⁴ CMNUCC. Consultado 15 mar. 2017. http://unfccc.int/porta_espaaol/informacion_basica/la_convencion/items/6196.php

⁵ Ratificado mediante Decreto Ley no. 13-98. Consultado jun. 2017. <http://www.sip.marn.gob.gt/admin/docs/6p2p20.pdf>

⁶ Ratificado mediante Decreto no. 6-2014. Consultado jun. 2017. <http://old.congreso.gob.gt/archivos/decretos/2014/CCXCIX0060200010006201403032014.pdf>

⁷ NAMA: cualquier acción que reduce las emisiones en los países en desarrollo; se prepara en el marco de una iniciativa gubernamental nacional. Consultado jun. 2017. <http://unfccc.int/focus/mitigation/items/7172.php>

Además, el país se alinea con la comunidad internacional para alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)⁸. Los ODM responden a una iniciativa de la ONU para reducir los niveles de pobreza a nivel mundial y garantizar la sostenibilidad de los recursos naturales (p.e. reducción de la tasa de deforestación de bosques) (ONU 2015). Se trata de ocho objetivos que fueron establecidos en el año 2000, con vencimiento en 2015. En la cumbre de la ONU del 2015 se aprobaron los ODS, que dan continuidad a los ODM. Los ODS establecen metas de desarrollo específicas a ser alcanzadas por los países miembros en los próximos 15 años; esos objetivos deben incorporarse al marco nacional de desarrollo y deben ser monitoreados para medir los avances en su cumplimiento (ONU 2016b). De los 17 ODS⁹, el objetivo número 15 promueve la gestión sostenible de los bosques, la lucha contra la desertificación, el control de la degradación de las tierras y la pérdida de la biodiversidad (ONU 2016b).

3.2 Contexto nacional de respuesta a los acuerdos internacionales

3.2.1 Inicios del monitoreo forestal y la evaluación de los recursos forestales mundiales de FAO

Las evaluaciones forestales elaboradas por la FAO han incluido información de México desde 1953; tanto las fuentes como la calidad de la información presentada han mejorado a través de los años¹⁰. Por ejemplo, para el informe de 1958, la principal fuente de información fue el Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos de 1957, con información forestal procedente de la Dirección Forestal y de Caza de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) (FAO 1960). En la versión de 1963 se incluyó información de los inventarios forestales de los estados de Sonora, Chihuahua y Durango (FAO 1966), en tanto que para el FRA de 1980 se incluyó información provista por la Dirección Forestal y de la Fauna, la Dirección General del Inventario Nacional y la Dirección de Parques (FAO 1983). En décadas más recientes, después de la creación del Conafor, se cuenta con información en más detalle, con diversidad de mapas recientes de bosques e incluso de plantaciones forestales (FAO 2005); a partir del 2014 se empezó a integrar información relacionada con el almacenamiento de carbono (FAO 2014).

3.2.2 Avances en la implementación de los acuerdos derivados de la Convención de Río 1992

México ha presentado cinco comunicaciones nacionales ante la CMNUCCC (1997, 2001, 2006, 2009 y 2013); en el Anexo 1 se ofrece información de las estimaciones de GEI. En 2015, México presentó su primer informe bienal de actualización, con información más precisa obtenida con los cambios metodológicos aplicados para el Inegi (Ineccc y Semarnat 2015).

Además, bajo el marco del Acuerdo de París¹², en 2015 el país presentó su INDC¹³, el cual incluye un anexo sobre adaptación al cambio climático y establece metas relacionadas con la reducción de GEI a nivel nacional en cinco sectores: energía, procesos industriales, agricultura, desechos y uso del suelo, cambio en el uso de suelo y silvicultura. Su compromiso de reducción de GEI para el año 2030 es del 25 % de las emisiones, considerando como línea base el escenario de *business as usual* y el año 2013.

8 NAMA: cualquier acción que reduce las emisiones en los países en desarrollo; se prepara en el marco de una iniciativa gubernamental nacional. Consultado jun. 2017. <http://unfccc.int/focus/mitigation/items/7172.php>

9 Mayor información sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible México en Gobierno de la República de México; Inegi (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, MEX). 2017. Objetivos de Desarrollo Sostenible (en línea, sitio web). Consultado 2 jun. 2017. <http://agenda2030.mx/index.html>

10 Lista completa de los 2030 indicadores de los ODS propuestos en ONU (2016c).

11 Informes históricos del FRA. Consultado 4 jun. 2017. <http://www.fao.org/forest-resources-assessment/past-assessments/es/>

12 Lista del estatus de países que ha ratificado el Acuerdo de París. Consultado may. 2017.

13 INDC de Brasil. Consultado may. 2017. <http://www4.unfccc.int/ndcregistry/Pages/Home.aspx>

Para medir este impacto, México espera consolidar su Inegi mediante la reducción de la incertidumbre de las estimaciones e incorporando información de datos de teledetección y del Inventario Nacional Forestal y de Suelo (INFyS) y de estimaciones a nivel subnacional (Olguín *et al.* 2014 citado en Olguín *et al.* 2016).

En cumplimiento con la CNULD, el país ya cuenta con el primer estudio nacional que integra indicadores de monitoreo de degradación de las tierras y la desertificación (Conafor y UACH 2013), así como con el protocolo para el SNMTDD (Conafor y UACH 2014). Además, ha presentado seis informes ante la CNULD¹⁴ (2000, 2002, 2006, 2010, 2012 y 2014).

En 2016, se elaboró la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad y su Plan de Acción 2016-2030 (Conabio 2016a), atendiendo a los compromisos asumidos con la CDB. En esta estrategia se diseña el mecanismo interinstitucional de integración de la biodiversidad, a partir de cuya implantación surge la Estrategia de Integración para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad en el Sector Forestal (2016-2022). Dicha estrategia considera nueve ejes estratégicos y 52 líneas de acción para el sector forestal, relacionados con temas como los siguientes: i) promoción de la producción forestal sustentable incorporando criterios de conservación y uso de la biodiversidad, ii) fortalecimiento de programas de restauración integral con criterios de biodiversidad, iii) impulso a la conservación de la biodiversidad en los ecosistemas forestales mediante el PSA, iv) preservación y mejoramiento de los recursos genéticos forestales, v) fortalecimiento de los sistemas de monitoreo y evaluación de la biodiversidad (Conafor y Semarnat 2016). Los informes que el país debe presentar ante el CDB ya toman en cuenta indicadores relacionados con el monitoreo del recurso forestal (Conabio 2014)¹⁵.

3.2.3 La implementación de mecanismos de mitigación de la CMNUCC en el sector forestal

Para impulsar la reducción de sus emisiones de GEI, México se encuentra preparando varias NAMA y su estrategia nacional REDD+. Las NAMA se encuadran dentro de los sectores energía, construcción y transporte; una NAMA en el sector agropecuario y forestal todavía se encuentra en fase de diseño (Ineccc 2018).

En cuanto a REDD+, el país ha estado preparando su estrategia a partir de los lineamientos de la CMNUCC, con el apoyo técnico y financiero de REDD+ por medio del Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF, por sus siglas en inglés) del Banco Mundial¹⁶, el programa ONU-REDD¹⁷ de Noruega y el proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur¹⁸ (Semarnat y Conafor s. f.). En la quinta versión de la Estrategia Nacional REDD, publicada en el 2015, se hace hincapié en la importancia de que la implementación e instrumentación de REDD+ no sea una iniciativa aislada, sino un todo articulado de políticas, programas, medidas y acciones entre distintos actores, tanto gubernamentales como de la sociedad civil, con injerencia en bosques y selvas (Semarnat y Conafor 2016, 2015).

El país ha logrado, mediante la construcción de REDD+, mejorar sus sistemas de monitoreo de bosques mediante el uso de sensores remotos, así como el diseño de su inventario nacional forestal. Estas mejoras han permitido que el país haya logrado presentar, en el año 2016, su nivel de referencia para REDD+ ante la CMNUCC (Conafor 2015a), como parte de los requisitos para optar por pagos basados en resultados.

¹⁴ Reportes presentados por México ante la CNULD. Consultado 27 mar. 2017. <http://www.unccd.int/en/programmes/Reporting-review-and-assessment/Reports/Pages/default.aspx>

¹⁵ Implementación del CDB en México. Consultado 25 abr. 2017. http://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/implementacion_cbd_mex.html

¹⁶ FCPF (Forest Carbon Partnership Facility). Consultado 28 mar. 2017. <https://www.forestcarbonpartnership.org>

¹⁷ UN-REDD program. Consultado 28 mar. 2017. <http://www.un-redd.org/>

¹⁸ Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur. Consultado 28 mar. 2017 <http://www.conafor.gob.mx/web/temas-forestales/bycc/acciones-de-preparacion-para-redd/proyecto-de-fortalecimiento-redd-y-cooperacion-sur-sur/>

4

Experiencias en monitoreo forestal

Mediante este estudio se detectaron 23 iniciativas de monitoreo forestal que cumplen las funciones de recopilación de datos, generación, análisis y difusión de información. Algunas de estas iniciativas han realizado mediciones una sola vez (p.e. el SNMTDD, el INH y el Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad; SNMB), mientras que otras han desarrollado varios ciclos de medición o actualizaciones (p.e. el INF, los SPIFyS y la serie de carta de uso de suelo y vegetación Usuev). En el Cuadro 1 se detallan las iniciativas encontradas y en el Anexo 2 se provee una sinopsis de cada una de ellas.

Algunas de estas iniciativas forman parte, estructuralmente, de otras más grandes. Por ejemplo, el INFyS y el Estudio satelital anual del índice de la cobertura forestal (ESAN) están bajo la supervisión directa del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal; en tanto que el MAD-Mex (*Monitoring Activity Data for the Mexican REDD+ program*) y el Sistema Europeo de Bancos Centrales (SEBC) forman parte del Sistema Nacional de Monitoreo Reporte y Verificación (MRV) para REDD+.

También se encontraron otros sistemas de gestión interna que realizan acciones de monitoreo para proyectos concretos financiados con fondos estatales; dada su reducida escala de impacto, estas iniciativas no se describen en este trabajo. Solo para dar un ejemplo, el Programa Nacional Forestal (Pronafor) brinda apoyo a la gestión del recurso forestal a través de varias gerencias de Conafor, las cuales son unidades de trabajo en temas específicos. Una de estas gerencias —Servicios Ambientales del Bosque— cuenta con el sistema de gestión de servicios ambientales del bosque¹⁹ para el monitoreo de impactos en terrenos forestales que reciben pagos por la conservación de la biodiversidad y el agua.

4.1 Marco legal y político

México tiene un marco legal construido a partir de instrumentos como leyes, políticas, acuerdos y programas nacionales e internacionales, el cual define la estructura y herramientas de monitoreo para la gestión de sus recursos forestales (Cuadro 2). Algunos de estos instrumentos dan apoyo al cumplimiento de acuerdos internacionales (p.e. en materia de cambio climático), mientras que otros apoyan acciones de interés meramente nacional (p.e. en materia de manejo productivo de los bosques).

En este contexto, el país ha establecido dos importantes leyes: la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) del 2003 cuya última reforma se dio en 2017²⁰ (Gobierno... 2003), y la Ley General de Cambio Climático (LGCC) del año 2012²¹ (Gobierno... 2012a, Conafor 2014b). Estas leyes regulan el trabajo de las principales instituciones rectoras del sector forestal del país, como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y la Comisión Nacional Forestal (Conafor), cuyas principales atribuciones se establecen en la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) (Arias 2008). En esta ley se aborda el monitoreo como mecanismo para dar seguimiento al manejo del recurso forestal, e incluye el monitoreo de bosques, suelos, productos maderables y emisiones de GEI (Gobierno... 2003, 2012b).

Otras leyes son el fundamento de iniciativas de monitoreo específicas, como la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS), que dio pie a la creación del Sistema Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Degradación de los Recursos Naturales (Sinades), vinculado con el Sistema Nacional de Monitoreo de Tierras con Degradación y Desertificación (Gobierno... 2001). La Ley de Aguas Nacionales de 1994, en su reforma del 2004, estableció como atribución de la Comisión Nacional del Agua (Conagua), la delimitación e inventario de los humedales (Gobierno... 2004).

Además de las leyes, también se cuenta con estrategias y programas nacionales que orientan las labores del monitoreo forestal en México. En relación con la reducción de GEI, el monitoreo forestal con enfoque en REDD+ es parte de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) y de la Estrategia Nacional REDD+ (ENA-REDD+). En esta última se establecen los pilares de política y líneas de acción que permiten instrumentar los sistemas de monitoreo y los de medición, reporte y verificación (MRV) (Semarnat 2013). Además, se incluye una línea de acción transversal a los distintos sectores, la cual contribuye a integrar y mantener un sistema nacional de información de salvaguardas, asociado a REDD+. Con el fin de realizar mediciones en el tiempo y mejorar de manera constante las metodologías para la estimación de factores de emisión, se han creado iniciativas de monitoreo como el Sistema de Estimación de Biomasa y Carbono (SEBC), los Sitios de Monitoreo Intensivo de Carbono Forestal (SMIC), el Sistema para el Monitoreo de Datos de Actividad (Mad-Mex) y el Sistema Nacional de Monitoreo, Reporte y Verificación (SNMRV) (Semarnat y Conafor 2016).

¹⁹ Muñoz, G; Ruiz, IL; Saldaña, LA. 18 abr. 2017. Monitoreo del Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales (entrevista). Zapopán, México, Conafor.

²⁰ La LGDFS fue publicada en el Diario Oficial de la Federación en febrero 2003; sus antecedentes fueron las leyes forestales de 1926, 1942, 1947, 1960, 1986 y 1992. Consultado 7 jul. 2017. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/259_240117.pdf

²¹ LGCC. Consultado 7 jul. 2017. http://www.inecc.gob.mx/descargas/2012_lgcc.pdf

Cuadro 1. Iniciativas de monitoreo forestal en México

N	Nombre	Acónimo*	Institución	Grado de establecimiento	Año	Principal contribución al monitoreo forestal*			
						GD	SDI	ARI	DF
1	Sistema Nacional de Información Forestal	SNIF	Conafor	Establecido	2003				X
2	Sistema Nacional de Monitoreo Forestal	SNMF	Conafor	Avanzando	2016		X	X	X
3	Estudio satelital anual del índice de la cobertura forestal	ESAN	Conafor, Conabio	Establecido	2003		X		X
4	Inventario nacional forestal y de suelos	INFyS	Conafor, Inegi	Establecido	2004	X	X	X	X
5	Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad	SNMB	Conabio, Conafor (metodología Sacmod), Conanp, FMCN (metodología Sarmod)	Iniciando	2014	X	X		X
6	Sistema Nacional de Monitoreo, Reporte y Verificación	SNMRV	Conafor, Conabio, Inegi, Inecc	Avanzando	2011		X	X	
7	Sistema para el Monitoreo de Datos de Actividad	Mad-Mex	Conabio, Conafor, Inegi	Avanzando	2011		X		
8	Sitios de monitoreo intensivo de carbono forestal	SMIC	Conafor, Colpos, Ecosur, CICY, U'yoolche A.C, ITS	Avanzando	2012	X	X		
9	Sistema de Estimaciones de Biomasa y Carbono	SEBC	Conafor	Establecido	2011		X		
10	Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero	Inegei	Inecc, Conafor, Inegi	Establecido	1990		X	X	
11	Sistema Nacional de Monitoreo de Tierras con Degradación y Desertificación	SNMTDD	Conafor, Universidad Chapingo	Iniciando	2012		X		
12	Detección y monitoreo de incendios	MON-IND	Conabio, Conafor, SMN	Establecido	1999** 2002		X		X
13	Sistema de Alerta Temprana y Evaluación del Riesgo de Plagas Forestales	SAT-Plagas	Conafor	Establecido	2016***	X	X		X
14	Sistema Integral de Gestión de Apoyos II	SIGA II	Conafor	Establecido	2007	X	X		
15	Monitoreo del Programa Nacional de PSA	MNPSA	Conafor	Establecido	2013		X		
16	Sistema de Monitoreo de los Manglares de México	SMMM	Conabio	Establecido	2005	X	X		
17	Inventario nacional de humedales	INH	Conagua, UNAM	Iniciando	2008		X		
18	Sistema Nacional de Gestión Forestal	SNGF	Semarnat	Establecido	2008	X	X		
19	Serie de carta de uso de suelo y vegetación	Usuev	Inegi	Establecido	1978		X		
20	Sistema de Monitoreo del Cambio en La Cobertura del Suelo de América del Norte	NALCMS	Inegi, Conabio, Conafor	Establecido	2006		X	X	X
21	Serie de cartas edafológicas y estudios de erosión	SCE	Inegi	Establecido	1982	X	X		
22	Monitor de la Sequía en México	MSM	Servicio Meteorológico Nacional, Conagua	Establecido	2002		X		X
23	Sitios permanentes de investigación forestal y suelos	SPIFyS	Conafor, Universidad Juárez del Estado de Durango	Avanzando	2007	X	X		

* Principal contribución al monitoreo forestal. **GD (generación de datos primarios)**: se trata de iniciativas que generan datos que no aportan a la descripción de estado forestal; para que sean de utilidad es necesario ordenarlos y analizarlos. **SDI (sistematización de datos y generación de información)**: se trata de iniciativas que generan información a partir de datos primarios; el análisis generado puede contribuir a la toma de decisiones. **ARI (análisis y reporte internacional)**: se refiere a iniciativas que analizan información con el fin de generar documentos de reporte ante compromisos internacionales; en particular, ante la CMNUCC. **DF (difusión de la información)**: incluye iniciativas cuya finalidad es difundir la información para consulta pública.

** En 1999 se implementa el programa “Detección de puntos de calor mediante técnicas de percepción remota”, el cual es el primer antecedente del sistema de alerta temprana de incendios a través de puntos de calor (Conafor 2005, citado por Conabio 2017a). Desde 1970 se monitorea el número de incendios y superficie afectada; el sistema de alerta temprana del Cencif se inició en 2002.

*** En el año 2016 se integra el Sistema de alerta temprana y evaluación del riesgo de plagas forestales (SAT-Plagas), sin embargo, algunas acciones iniciaron de manera independiente; el monitoreo aéreo, por ejemplo, se inició en 2004, el monitoreo de plagas exóticas en el 2015, los mapas de alerta temprana en el 2016.

La Estrategia Nacional de Manejo Forestal Sustentable para el Incremento de la Producción y Productividad (ENAIPROS) da seguimiento y evaluación a la red de sitios permanentes de monitoreo en paisajes productivos forestales; para ello ha puesto en operación los SPIFyS (Conafor 2013). La Estrategia Nacional del Manejo Sustentable de la Tierra, por su parte, es el instrumento rector del Sinades. Dicha estrategia trabaja en la generación y difusión de información para el manejo sustentable de los suelos (Semarnat 2011).

A nivel de programas, el más importante es el Pronafor, derivado del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 y alineado con otros programas sectoriales como el del Medio Ambiente y Recursos Naturales; el de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario; el de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, y el de Desarrollo Social (Semarnat 2014). En el Anexo 3 se detallan los objetivos, indicadores y metas del Pronafor. Este programa brinda el apoyo político para el fortalecimiento del monitoreo de plagas y enfermedades en ecosistemas forestales, así como para la detección de incendios forestales. También establece explícitamente el desarrollo y fortalecimiento del INFyS y los inventarios estatales, así como la implementación del sistema nacional de MRV para REDD+ (Semarnat 2014).

Otros programas nacionales también dan apoyo a iniciativas de monitoreo, como el Programa Nacional de Prevención de Incendios Forestales, una de cuyas herramientas fundamentales es el monitoreo de incendios (Conafor 2016a)²². El Programa Nacional Contra la Sequía (Pronacose) es el responsable por el monitoreo de la sequía en México (MSM), un insumo primordial en el proceso institucionalizado para la toma de decisiones, conocido como el protocolo de alerta y acciones contra la sequía (Conagua 2014).

Adicionalmente, el Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad (SNMB) y el Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM) se fundamentan en el acuerdo de creación de Conabio, publicado en el Diario Oficial de la Federación en 1992 (SDUE 1992). El Art. 6 de dicho acuerdo establece que entre las funciones de la Conabio está generar, compilar y manejar la información biológica del país.

Las Usuev²³, el Inegi²⁴ y el INFyS²⁵ son, de manera oficial, fuentes de información de interés nacional según acuerdos publicados en el Diario Oficial de la Federación en los años 2013 y 2014. Actualmente está en preparación una solicitud para que las cartas edafológicas y estudios de erosión (SCE) sean también declaradas como “información de interés nacional”.

²² Coutiño, YA. 19 abr. 2017. Monitoreo de incendios (entrevista). Zapopán, México, Conafor.

²³ Inegi (2013) Acuerdo por el que se determina como información de interés nacional a la carta de uso de suelo y vegetación a escala 1:250.000. Consultado 4 jun 2017. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5324032&fecha=02/12/2013

²⁴ Inegi (2014) Acuerdo por el que se determina como información de interés nacional al inventario nacional de gases y compuestos de efecto invernadero. Consultado 5 jun 2017. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355846&fecha=08/08/2014

²⁵ Inegi (2014) Acuerdo por el que se determina como información de interés nacional al inventario nacional forestal y de suelos. Consultado 5 jun 2017. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5033067&fecha=16/04/2008

Cuadro 2. Principales instrumentos que dan apoyo legal y/o político a las iniciativas de monitoreo forestal en México

	Acrómino	LGDFS 2003	Otras leyes nacionales	Acuerdos de información de interés nacional	Estrategias nacionales*	Programa nacional forestal 2014-2018	Otros programas nacionales	Acuerdos internacionales	Otros acuerdos y convenios**
1	SNIF	X				X			
2	SNMF							X	X
3	ESAN	X							
4	INFyS	X		X		X	X		
5	SNMB		X						
6	SNMRV	X			X	X		X	
7	Mad-Mex				X				X
8	SMIC				X				
9	SEBC				X				
10	Inegi			X	X				
11	SNMTDD		X		X			X	
12	MON-IND	X				X	X		
13	SAT-Plagas	X				X			
14	SIGA II								
15	MNPSA								
16	SMMM		X						
17	INH		X						
18	SNGF	X							
19	Usuev		X	X					
20	NALCMS							X	
21	SCE		X						
22	MSM						X		
23	SPIFyS				X				

* Presente en al menos una de las siguientes estrategias: ENCC 2013-2018, ENA REDD+, Estrategia Nacional de Manejo Forestal Sustentable, Estrategia Nacional del Manejo Sustentable de Tierra.

** La creación del SNMF se rige por lo establecido en el estatuto orgánico de la Conafor y el Manual de Organización publicado en el Diario Oficial de la Federación 2016 (Conafor 2016b). El desarrollo de Mad-Mex se sustenta en el mandato que la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) dio a la Conafor para desarrollar un sistema operativo de sensores remotos (ahora Mad-Mex).

4.2 Marco institucional y formas de colaboración

El monitoreo forestal en México se realiza mediante un marco de trabajo institucional que se da a lo interno y a lo externo de la Conafor, y que en años recientes se ha afianzado como resultado del proceso REDD+ que sigue el país. A lo interno de la Conafor existe una estructura que enmarca el proceso de monitoreo forestal según lo establecido en el estatuto orgánico publicado en el 2016²⁶. El estatuto crea, como una de las dependencias de la Conafor, la Coordinación General de Planeación e Información, de la cual depende el Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (SNMF). El SNMF es responsable por integrar y actualizar el INFyS, a partir de los inventarios estatales forestales y de suelos; colaborar con el Inegi para la generación de las cartas de uso del suelo y la vegetación; estandarizar e integrar la información geográfica producida por Conafor; integrar y mantener el acervo cartográfico, de imágenes satélite y fotografía aérea en materia forestal.

²⁶ Estatuto orgánico de la Conafor. Consultado 10 may. 2017. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5443543&fecha=05/07/2016

En lo referente al sistema de MRV para REDD+, la Conafor es responsable por el SNMRV; para ello se ha creado una Unidad Técnica Especializada de Monitoreo, Reporte y Verificación (UTEMRV) que brinda apoyo a la gerencia del SNMF. (En el Anexo 2 se ofrece mayor detalle al respecto). El sistema MRV para REDD+ puede operar en cuatro niveles de internalización institucional; con menor a mayor integración, los niveles son los siguientes: i) consultorías externas que generan poca interacción con instituciones gubernamentales; básicamente, se limitan a obtener información institucional; ii) consultorías externas que generan cierta vinculación con la institución proveedora de servicios de monitoreo forestal; iii) acciones coordinadas por la institución responsable del monitoreo forestal pero ejecutadas con apoyo externo y iv) pocas acciones dependen de consultores; hay mayor capacidad en el personal de las instituciones gubernamentales e, idealmente, presupuesto asignado para su operación a largo plazo. Este es el nivel donde hay mayor integración y el MRV se institucionaliza. En el caso de México, podría decirse que el país se ubica actualmente en el tercer nivel de integración²⁷.

Para facilitar la colaboración entre las distintas instituciones del Estado que realizan monitoreo forestal y, a la vez, establecer arreglos que la favorezcan, el país ha implementado diversos tipos de acuerdos que facilitan compartir información, mejorar la cooperación técnica y operativa, y apoyar la investigación. El Recuadro 1 muestra distintos ejemplos para cada uno de estos tipos de acuerdos.

Recuadro 1. Tipos de acuerdos utilizados en México para facilitar la colaboración inter-institucional

Acuerdos para compartir información entre entes

- Acuerdo entre Conafor y Conabio donde se establece la colaboración para proporcionar imágenes satelitales necesarias para el estudio satelital anual del índice de la cobertura forestal¹.
- Acuerdos entre Sagarpa (a través del proyecto ERMex²) y Conafor o Conabio para proporcionar imágenes SPOT para el monitoreo del Programa Nacional de Pagos por Servicios Ambientales³ o el SMMM.
- Acuerdo entre Semarnat e instituciones usuarias de información del Sistema Nacional de Gestión Forestal⁴, como Conafor y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa).
- Acuerdos para compartir información con el Sistema Nacional de Información Forestal, tanto a lo interno de Conafor como con otras instituciones.

²⁷ Larios, E. 5 may. 2017. Sistema para la estimación de biomasa y carbono y sitios de monitoreo intensivo de carbono (Skype). Zapopán, México, Conafor.

Acuerdos para la cooperación técnica y operativa

- En el 2004, se establecieron las bases de colaboración entre Semarnat, Conafor, Inegi, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y el entonces Instituto Nacional de Ecología, en el contexto de la ejecución del INFyS (Conafor 2012).

Convenio tripartito entre Conafor, Conabio y Conanp para obtener información y asistencia técnica que nutra al Sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad (SNMB)⁵ e impulse el establecimiento de la red de Sitios de Monitoreo Intensivo del Carbono (SMIC).

- Acuerdo interinstitucional entre Conabio, Inegi y Conafor en el contexto del proyecto
- Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur para el desarrollo de la herramienta Mad-Mex⁶.
- Acuerdos entre la Secretaría de Marina y Conabio para apoyar el sobrevuelo de manglares y realizar imágenes para la validación de mapas elaborados con sensores remotos por el SMMM (Valderrama-Landeros et al. 2017), procedimientos y ruta crítica necesarios para la colaboración institucional entre Conafor e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (Inecc) para el desarrollo del Inegei⁷.
- Acuerdo entre el Centro Canadiense de Teledetección (Canadá Centre for Remote Sensing), el Servicio de Estudios Geológicos de Estados Unidos (US Geological Survey) y el Inegi, Conabio y la Conafor para la elaboración del Sistema de monitoreo del cambio en la cobertura del suelo de América del Norte (Conabio 2017b).
- Convenios entre Conafor y la Comisión Forestal de América del Norte para la transferencia de tecnología a través del Servicio Forestal de Estados Unidos (US Forest Service) en el tema de manejo de plagas⁸.
- Convenios bilaterales de cooperación técnica con Estados Unidos y Canadá en el tema de manejo de incendios⁹.
- Acuerdo con la Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental (EMSA) para brindar asistencia técnica en el tema de incendios en Centroamérica.
- Acuerdo entre la Gerencia de Sanidad de Conafor y el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria de Sagarpa para implementar metodologías y tecnologías utilizadas por el Sistema Integral de Referencia para la Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (SIRVEF) (plataforma en línea, sitios de monitoreo y app para captura de información)¹⁰.

Acuerdos para apoyar la investigación en temas de interés para el monitoreo forestal

- Apoyo al SMIC; investigaciones de plagas a través del Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal (Conacyt-Conafor), o del Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo sobre el Agua (Conacyt-Conagua).
- Convenio entre Conafor y la Universidad de Delaware para apoyar un proyecto postdoctoral en el sitio La Encrucijada en Chiapas, en coordinación con el Colegio de la Frontera Sur¹¹.
- Convenios para realizar investigación en manglares, que alimente al SMMM entre Conabio y centros de investigación, universidades u organizaciones civiles (Valderrama- Landeros *et al.* 2017).
- Acuerdos para brindar asistencia técnica en monitoreo de plagas en países centroamericanos, en colaboración con la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo¹².
- Acuerdo entre la Gerencia de Sanidad de Conafor y la Sagarpa para implementar metodologías y tecnologías utilizadas por el Sirvef (plataforma en línea, sitios de monitoreo y app para captura de información) ¹³.

Fuentes:

1. Rosas, MA; Ramírez, M. 17 abr. 2017. Estudio satelital anual del índice de cobertura forestal (entrevista). Zapopán, México, Conafor.
2. Proyecto de monitoreo del territorio nacional a través de imágenes Spot, desarrollado por la Sagarpa y la Secretaría de la Defensa Nacional, para la instalación de la antena de la Estación de Recepción de México (ERMex) en la 22ª zona militar, administrada por el SIAP. Más información en Monitoreo satelital. Consultado 27 mar. 2017. <http://online.pubhtml5.com/clsi/mhph/#p=16>
3. Muñoz, G; Ruiz, IL; Saldaña, LA. 18 abr. 2017. Monitoreo del Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales (entrevista). Zapopán, México, Conafor.
4. Ríos, R. 31 may. 2017. Sistema nacional de gestión ambiental (entrevista). Ciudad de México, Semarnat.
5. Ibarra, B. 17 abr. 2017. Sistema nacional de monitoreo de biodiversidad (entrevista). Zapopán, México, Conafor.
6. Menses, C. 19 abr. 2017. Mad-Mex (entrevista). Zapopán, México, Conafor.
7. Más información en TDR publicados por PNUD. Consultado 10 jun. 2017. [http://www.mx.undp.org/content/dam/mexico/docs/Empleo/OfertaMexico/REDD/TdR%20Experto%20INEGI%20\(3\).pdf](http://www.mx.undp.org/content/dam/mexico/docs/Empleo/OfertaMexico/REDD/TdR%20Experto%20INEGI%20(3).pdf)
8. Plascencia, A. 20 abr. 2017. Gerencia de Sanidad y el sistema de alerta temprana (entrevista). Zapopán, México, Conafor.
9. Coutiño, YA. 19 abr. 2017. Monitoreo de incendios (entrevista). Zapopán, México, Conafor.
10. Valdez, M. 20 abr. 2017. Mapeo aéreo y plagas exóticas invasoras (presentación y entrevista). Zapopán, México, Conafor.
11. Larios, E. 17 abr. 2017. Unidad Técnica Especializada en monitoreo, reporte y verificación (correo electrónico). Zapopán, México, Conafor.
12. Plascencia, A. Loc. cit.
13. Valdez, M. Loc. cit.

4.3 Objetivos y participación de instituciones a cargo de iniciativas de monitoreo forestal

El monitoreo forestal en México busca alcanzar distintos objetivos mediante el trabajo de varias iniciativas de monitoreo con que cuenta el país (Cuadro 3), las cuales apoyan la toma de decisiones y, en algunos casos, el diseño de políticas. A continuación, se detallan los principales tipos de objetivos perseguidos y se dan algunos ejemplos.

■ Generación de información espacial

Uno de los objetivos centrales del monitoreo forestal es la generación de información espacial relacionada con el uso, cobertura o estado del suelo, a partir del análisis de datos obtenidos mediante sensores remotos.

Ejemplos

Objetivo de las Usuev: “Indicar la distribución de los tipos de vegetación natural e inducida, el nivel y tipo de afectación de las comunidades vegetales y su dinámica en México, además de conocer la localización de las áreas agrícolas de acuerdo a su disponibilidad de agua...” (Inegi 2014a).

Objetivo del SNMM: “Generar información sobre los cambios del ecosistema de manglar por medio de la evaluación de su distribución espacial y condición a través del tiempo” (Valderrama-Landeros *et al.* 2017).

■ Generación de información sobre el estado de los ecosistemas forestales para fines de manejo productivo y conservación

Con este objetivo se busca, a partir del enfoque de ecosistemas, dar seguimiento al estado de los bosques con fines productivos y de conservación de elementos como el suelo y la biodiversidad.

Ejemplos

Objetivo de la SCE: “Proporcionar información respecto a las características morfológicas, físicas y químicas en los suelos del territorio nacional” (Inegi s. f.).

Objetivo del SNMB: “Desarrollar un sistema de monitoreo capaz de registrar el impacto de las presiones a la diversidad biológica, así como el alcance de las acciones dirigidas a contrarrestar estas amenazas” (Conabio *et al.* 2016).

Objetivo del NFyS: “Contar con información cartográfica y estadística de los suelos y ecosistemas forestales del país para apoyar la política nacional de desarrollo forestal sustentable e impulsar las actividades del sector con información de calidad” (Conafor 2012).

Objetivo de los SPIFyS: “Conocer la dinámica, crecimiento y desarrollo de selvas y bosque productivos en México para contribuir a la toma de decisiones del manejo forestal sostenible” (Conafor 2015b).

■ Facilitación de la gestión administrativa /operativa

El país también ha establecido objetivos para apoyar la implementación de fondos federales (p.e. del Pronafor), o trámites relacionados con el aprovechamiento forestal (p.e. a través de Semarnat). Entre las iniciativas que buscan alcanzar este tipo de objetivos están el SIGA II, el SNGF y el MNPSA.

■ Generación de insumos o reportes específicos para el sistema MRV de REDD+ y la Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación

Debido a la importancia que tiene REDD+ para el país, algunas de las iniciativas evaluadas generan información necesaria para el sistema MRV; entre ellas, el SNMRV, el Mad-Mex y el SNMTDD. Este último responde al cumplimiento de los compromisos adquiridos con la CNLUD.

Objetivo del SNMTDD: “Desarrollar un protocolo para un sistema nacional de monitoreo de la degradación de tierras y la desertificación en México, mediante indicadores biofísicos y socioeconómicos, que permitan vigilar su situación en tiempo y en espacio” (Conafor 2014a).

■ Otros objetivos

Otros objetivos del monitoreo forestal en México se relacionan con la generación de información de apoyo para la toma de decisiones relacionadas con el manejo de riesgos dentro del sector forestal, principalmente plagas, incendios y sequías, o información geográfica asociada a sus intereses particulares. También hay objetivos relacionados con la supervisión y coordinación de iniciativas que dependen jerárquicamente del SNMF (como el INFyS y el ESAN) y objetivos para registrar, integrar, organizar, actualizar y difundir la información relacionada con el ámbito forestal, como lo hace el mismo SNMF y el SNIF (Gobierno 2003).

Cuadro 3. Objetivos principales por iniciativa de monitoreo forestal evaluada en México

	Acronimo	Generar información espacial (uso de suelo, cobertura, suelos)	Generar información sobre el estado de los bosques/ biodiversidad para apoyar la toma de decisiones y generación de políticas	Facilitar la gestión administrativa / operativa de procesos	Generar insumos o reportes específicos para MRV y compromisos internacionales	Generar información de apoyo para la toma de decisiones relacionada a evitar / manejar riesgos del sector forestal	Integrar y analizar información del sector forestal	Registrar, integrar, organizar, actualizar y difundir información del sector forestal
1	SNIF							X
2	SNMF						X	
3	ESAN	X						
4	INFyS		X					
5	SNMB		X					
6	SNMRV				X			
7	Mad-Mex				X			
8	SMIC		X		X			
9	SEBC				X			
10	Inegei				X			
11	SNMTDD				X			
12	MON-IND					X		
13	SAT-Plagas					X		
14	SIGA II			X				
15	MNPSA			X				
16	SMMM	X	X					
17	INH	X						
18	SNGF			X				
19	Usuev	X						
20	NALCMS	X						
21	SCE	X						
21	MSM					X		
23	SPIFyS		X					

4.4 Instituciones, sus principales roles y flujos de información

En la operación de iniciativas de monitoreo, distintas instituciones gubernamentales juegan un rol importante. Sobresalen ocho instituciones que se interrelacionan para lograr que las iniciativas se implementen y desarrollen adecuadamente. Estas instituciones son Conafor, Conabio, Inegi, Inecc, Sagarpa, Semarnat, Conanp y Conagua; todas y cada una de ellas se vinculan entre sí y con otras iniciativas (Figura 1). Inegi, Conafor y Semarnat “operan con el mandato de estudiar, proteger y vigilar ecosistemas terrestres, marinos y de agua dulce, así como la biodiversidad que albergan.” Por ello, los procesos de colaboración interinstitucionales entre ellas provienen de sus mandatos operativos (García-Alaniz y Schmidt 2016).

Las instituciones tienen roles distintos que dependen de los objetivos de monitoreo propios de las iniciativas que albergan (Cuadro 4). Algunos de estos roles tienen que ver con labores de coordinación, provisión de información o datos que sirvan de insumo a procesos, o ejecución de tareas y análisis (p.e. programar herramientas o sistemas computacionales para gestionar y procesar datos). Otros roles tienen que ver con la implementación de acciones para coleccionar datos en campo, o para el control de la calidad de la información; otros se relacionan con la regulación o desarrollo de procedimientos y metodologías para el monitoreo y su posterior transferencia a distintos funcionarios mediante asistencia técnica.

La Conafor es la institución con mayores responsabilidades en materia de monitoreo forestal; de hecho, coordina 14 iniciativas (Cuadro 4) y supervisa la implementación y control de calidad a empresas autorizadas o consultores externos que realizan el trabajo de campo de dichas iniciativas. La Conafor provee información al menos a 13 iniciativas entre ellas, SNIF, SNMF y SIGA II a los que proporciona datos provenientes de distintos departamentos de esta instancia (Gerencia de Sanidad, Gerencia de Producción, Cencif). Conafor también participa en la programación de herramientas para el análisis y procesamiento de información, principalmente por intermedio de iniciativas como el Sistema integral de gestión de apoyos II (SIGA II), SEBC e INFyS.

Otras instituciones con fuertes responsabilidades en el monitoreo forestal son la Conabio, ente coordinador del SNMB, del SMMM y encargado del Mad-Mex, en estrecha colaboración con el Inegi y la UTEMRV. También coordina las acciones del Sistema de monitoreo del cambio en la cobertura del suelo de América del Norte (NALCMS) en conjunto con el Inegi. Por su parte, el Inegi coordina la Usuev y la SCE (incluyendo los estudios de erosión)²⁸, los cuales se alimentan con datos de campo e información generada por las otras instituciones. De igual manera, la información de la Usuev es indispensable para la ejecución del INFyS, ESAN, MNPSA, NALCMS. La serie de estudios de erosión producida por la SCE son un insumo indispensable en el desarrollo de la línea base del SNMTDD.

²⁸ Conjunto de datos de erosión del suelo elaborado por el Inegi, el cual identifica grados de erosión (extremo, fuerte, moderado, leve, estable) a nivel nacional. Se evaluaron más de 5000 sitios entre los años 2009 y 2013 (Inegi 2014b).

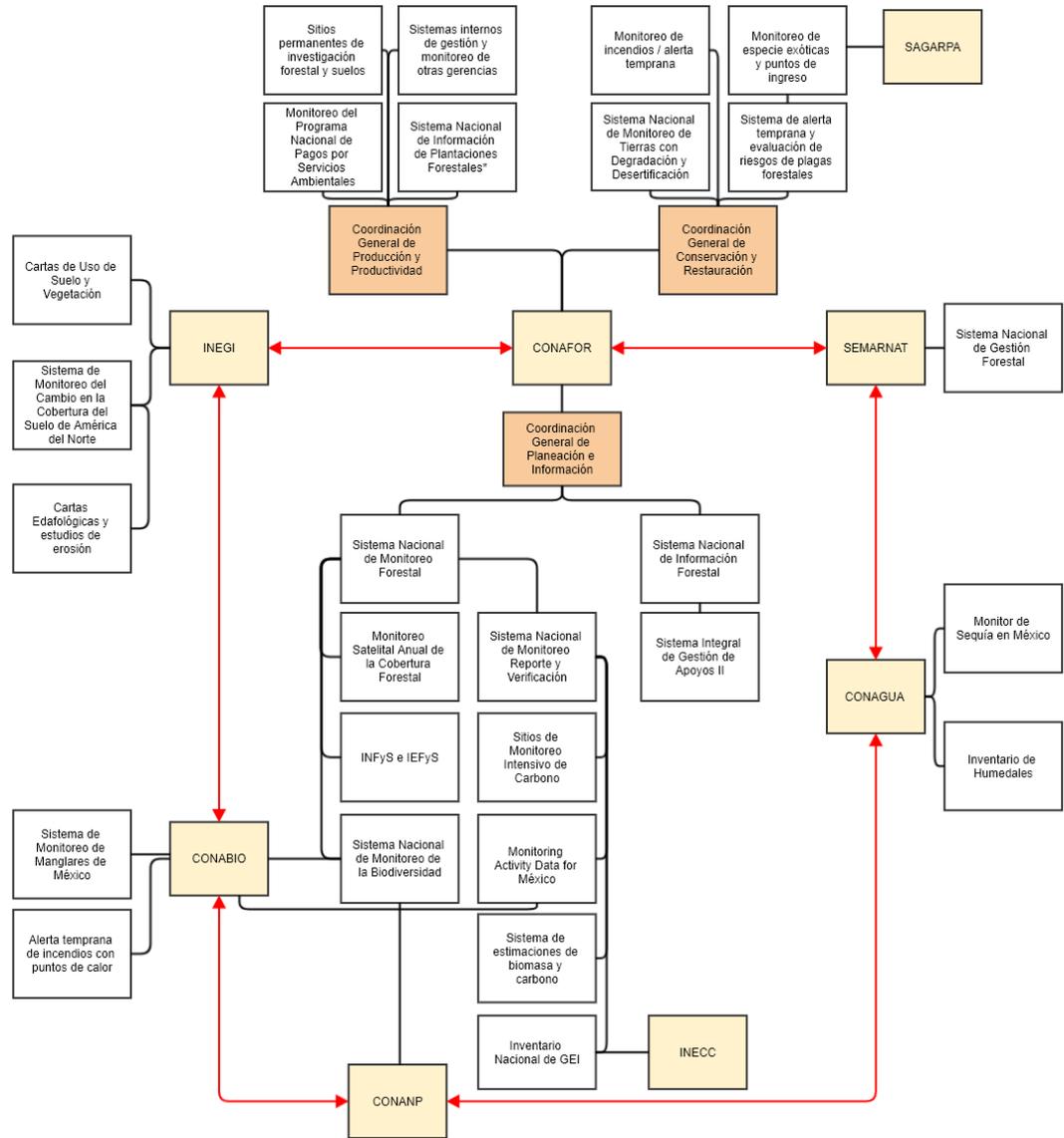


Figura 1. Iniciativas de monitoreo forestal identificadas y principales instituciones responsables de su implementación

Las líneas negras muestran la vinculación entre instituciones (recuadros amarillos) o coordinaciones de Conafor (recuadros anaranjados) responsables de las iniciativas. Las líneas rojas muestran las vinculaciones e intercambio de información entre las instituciones de mayor importancia para el monitoreo forestal. En el caso de Conafor, debido a la gran cantidad de iniciativas que coordina, estas se organizaron en la figura por la coordinación que tiene a su cargo cada una de ellas. Con línea roja se representan los vínculos interinstitucionales más importantes para el tema de monitoreo forestal

Los acuerdos de colaboración entre las instituciones que velan por el monitoreo forestal en México permiten que se compartan recursos; además, propician el flujo de información entre entidades e iniciativas de monitoreo (Figura 2). Un buen ejemplo es el SNMB, donde Conabio, Conafor y Conanp participan activamente; o el Mad-Mex donde el aporte de personal del Conabio, Conafor e Inegi ha sido esencial. Parte fundamental de la coordinación interinstitucional y la colaboración entre iniciativas pertenecientes a la misma organización es facilitar el flujo de información; esto es lo que se da entre las diferentes gerencias de Conafor por medio del SNIF. La colaboración estrecha entre el SNMF y la UTEMRV es otro caso que vale la pena resaltar.

La colaboración y el flujo de información se pueden extender incluso más allá del ámbito forestal. Por ejemplo, en situaciones de plagas o problemas fitosanitarios, Semarnat, Conafor y Sagarpa trabajan juntos para implementar protocolos similares de monitoreo y contingencia. La Sagarpa, por medio de Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica), ha realizado grandes avances en el desarrollo del Sistema integral de referencia para la vigilancia epidemiológica fitosanitaria (Sirfef) (Senasica 2017), el cual se está usando como plataforma tecnológica para el desarrollo de un nuevo y mejorado sistema integral de vigilancia y control fitosanitario forestal, aún en fase de diseño. Una versión preliminar se ha usado para el monitoreo de insectos ambrosiales en 19 estados, por medio de la aplicación móvil del Sirfef. En este mismo tema, el SNGF proporciona al SAT-Plagas las estadísticas de notificaciones de sitios con presencia de plagas.

Adicionalmente, la información producida por algunas iniciativas puede ser un insumo fundamental para otras. Por ejemplo, las Usuev son pieza clave de varias iniciativas, incluyendo el INFyS, el SNMB, el sistema de monitoreo de manglares, el inventario de humedales, el SNMTDD, el monitoreo de incendios y el sistema de alerta temprana de plagas. La información del INFyS se utiliza en múltiples iniciativas, como el SNMB, el SMMM, los Inegei, el SEBC.

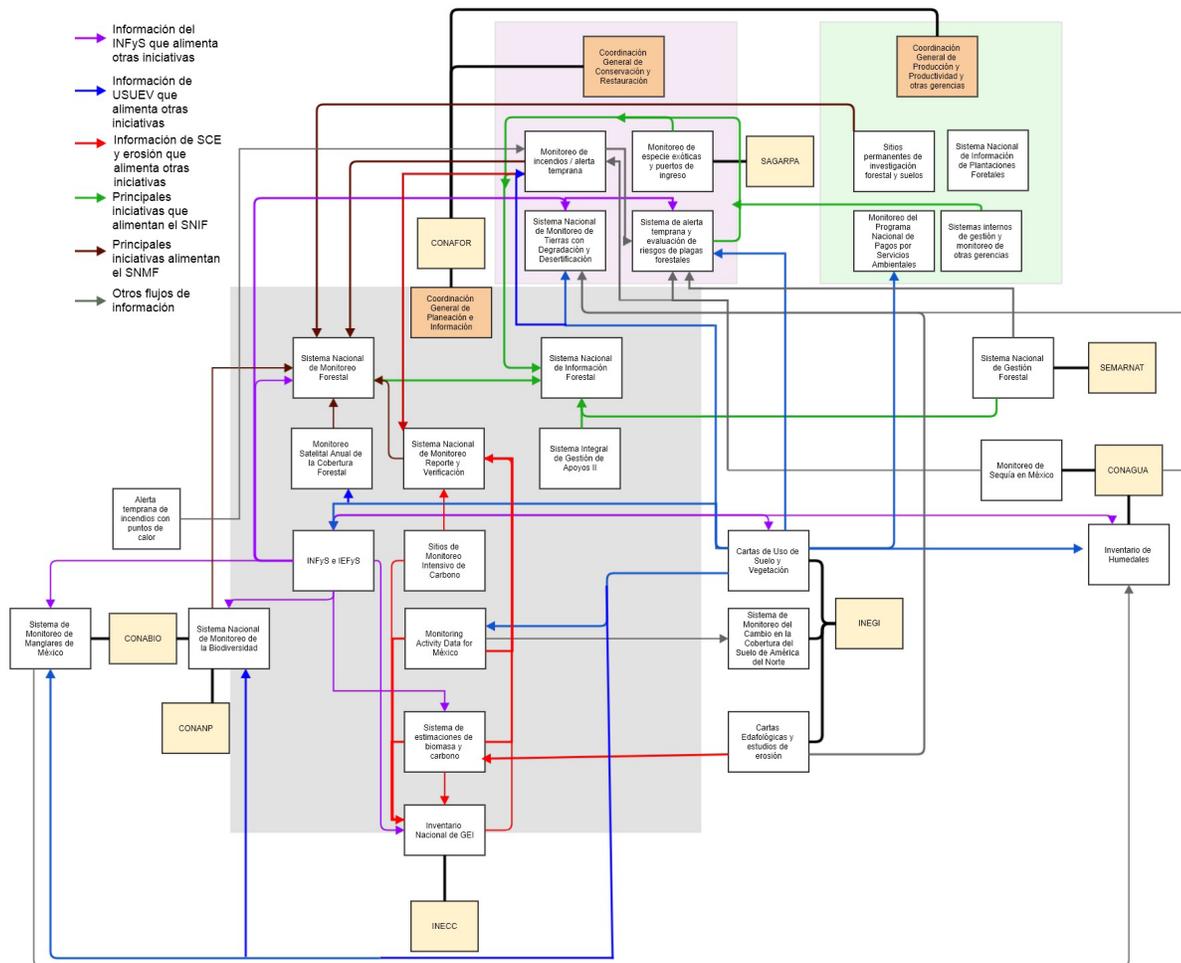


Figura 2. Flujos de información entre iniciativas

Los recuadros de colores agrupan las iniciativas bajo la supervisión de las distintas coordinaciones: Coordinación General de Planificación e Información, en gris; Coordinación General de Conservación y Restauración, en verde; Coordinación General de Producción y Productividad y otras gerencias, en morado. Las flechas representan el flujo de la información; por ejemplo, las líneas moradas, azules y rojas indican que la información fluye desde el INFyS, las Usuev y las SCE, respectivamente, hacia otras iniciativas; las líneas verdes y cafés indican que la información fluye hacia el SNIF y el SNMF, respectivamente, desde otras iniciativas

Cuadro 4. Roles de las principales instituciones involucradas en el monitoreo forestal, por iniciativa evaluada

	Acrónimo	Conafor	Conabio	Inegi	Inecc	Sagarpa	Semarnat	Conanp	Conagua	Universidades y centros de investigación	FAO/PNUD	Organizaciones civiles	Consultores externos
1	SNIF	C, I	I		I		I						
2	SNMF	C, I			I								
3	ESAN	C, E	I	I									
4	INFyS	C, CC		I			RPM				AT		IC
5	SNMB	C, CC	C, RPM, E, CC					IC, CC				IC	IC
6	SNMRV	C*, E*, I											
7	Mad-Mex	E*	C, E	CC									P, CC
8	SMIC	C, RPM								IC, E	AT		
9	SEBC	I, C* E*, CC*, P*											P
10	Inegei	I			C								
11	SNMTDD	C, I		I		I	I	I	I	RPM, E			
12	MON-IND	C, E, IC	I						I				
13	SAT-Plagas	C, E, IC				AT				P, E, IC			
14	SIGA II	C, E, P, I, CC											
15	MNPSA	C, E, I, CC		I		I							
16	SMMM	I	C			I				I, IC, E			
17	INH	I	I				I	I	C	IC, E			
18	SNGF						C, E						P
19	Usuev	I		C, E, IC									
20	NALCMS	I	C, E	C, I, CC									
21	SCE	I		C, E, IC									
22	MSM								C, E				
23	SPIFyS	C								IC, RMP, P, E, CC			

C: coordinación I: provee información IC: implementa en campo P: programación de herramientas/sistemas
 CC: control de calidad E: ejecuta análisis/herramientas RPM: regula procedimientos y metodologías AT: brinda asistencia técnica

* Por intermedio de la UTEMRV

4.5 Capacidades humanas existentes en materia de monitoreo forestal

Las instituciones encargadas de coordinar las distintas iniciativas de monitoreo forestal cuentan con personal encargado e infraestructura que les permite coordinar, desarrollar y ejecutar labores de monitoreo. Estos recursos son utilizados para labores que van desde la colecta de datos en campo (técnicos extensionistas) hasta el desarrollo de modelos de cambio de uso de la tierra o metodologías para estimar gases de efecto invernadero. En algunos casos se cuenta con equipo humano o de infraestructura especializado en temas concretos, como los abordados por el Inegi en materia de cambio climático, o por el Cencif y los centros regionales de manejo del fuego. Otro tipo de especialidad tiene que ver con el manejo de sistemas de alerta temprana, como el SAT-Plagas de la Gerencia de Sanidad.

En ocasiones, debido a recortes de personal en las instituciones o a falta de experiencia en temas particulares, se hace necesario contratar consultores. Tal es el caso del Mad-Mex, donde el desarrollo de la herramienta, el postprocesamiento y la verificación dependen de consultores externos. El SEBC también tiene un componente importante de consultorías externas, principalmente de programadores; en el Inegi, la actualización ha estado en manos de consultores externos (PNUD 2015). En el SNMTDD se prevé la contratación de consultores externos para realizar estudios de erosión, en tanto que la implementación de campo del INFyS y del SNMB (en conglomerados del INFyS) está en manos de consultores externos o empresas prestadoras de servicios, las cuales son supervisadas por Conafor²⁹³⁰. En el Inegi no se identifican procesos en manos de consultores externos.

Para mejorar las capacidades del recurso humano, las instituciones que realizan monitoreo forestal en México tratan de que su personal se actualice de manera constante en cuanto a nuevos conocimientos, habilidades y tecnologías. El fortalecimiento de las capacidades del recurso humano se ha logrado con apoyo de la cooperación externa y, en algunos casos, de instituciones nacionales hermanas. Por ejemplo, el Inegi invierte en la formación temática de sus colaboradores relacionada con sistemas de información geográfica; el personal de Conafor ha recibido capacitaciones de FAO en manejo de sensores remotos³¹, colecta, análisis, manejo e interpretación de información de inventarios forestales nacionales³² y ha participado en intercambios de experiencias en monitoreo forestal y MRV a través del Centro de Excelencia Virtual en Monitoreo Forestal (CEVMF)³³.

En relación con el intercambio de capacidades entre instituciones nacionales, se rescata el trabajo de la Conafor, el Cencif y el Inegi, que ofrecen capacitación a personal de estas y otras instituciones, incluso en otros países, en materia de monitoreo forestal. La Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental³⁴ se ha beneficiado con esta colaboración. El Cencif por ejemplo, desde el 2014 ha participado activamente en la capacitación a personal de otros países, y cuenta con un catálogo variado de cursos técnicos. Otros entes, como la Gerencia de Sanidad, también han ofrecido capacitaciones en Centroamérica (Guatemala, Belice, Nicaragua y Honduras) en temas de monitoreo terrestre y aéreo³⁵. Si bien el país ha logrado fortalecer su recurso humano en este tema, en años recientes algunas instituciones como Conafor, Inegi y Semarnat han sufrido una disminución debido a recortes presupuestales.

²⁹ Ibarra, B. 17 abr. 2017. Sistema Nacional de Monitoreo de Biodiversidad (entrevista). Zapopán, México, Conafor.

³⁰ Rodríguez, R. 17 abr. 2017. Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (entrevista). Zapopán, México, CONAFOR

³¹ Rosas, MA; Ramírez, M. 17 abr. 2017. Estudio satelital anual del índice de cobertura forestal (entrevista). Zapopán, México, Conafor.

³² CATIE y FAO aliados para fortalecer capacidades en la región. Consultado 28 may. 2017. <https://www.catie.ac.cr/tecnologias-monitoreo-forestal/catie-y-fao-aliados-para-fortalecer-capacidades-en-la-region/>

³³ Detalles de talleres realizados en alianza con el CEVMF. Consultado 10 jun. 2017. <http://www.monitoreoforestal.gob.mx/talleres/>

³⁴ La EMSA es una propuesta que busca profundizar y diversificar la cooperación regional, con la finalidad de promover el desarrollo sustentable en los países de la región mesoamericana: Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y Panamá. Consultado jun. 2017. <http://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/emsa.html>

³⁵ Plascencia, A. 20 abr. 2017. Gerencia de Sanidad y el sistema de alerta temprana (entrevista). Zapopán, México, Conafor.

4.6 Reporte y comunicación de la información

La mayoría de las iniciativas generan información que es reportada y comunicada o transferida a los diferentes usuarios (Recuadro 2) mediante canales internos institucionales y mediante la puesta a disposición de los interesados a través de plataformas en línea. Más recientemente, se ha empezado a emplear las plataformas de comunicación de uso público (redes sociales). La información es compartida en distintos formatos (Cuadro 5), que van desde datos primarios hasta documentos con información procesada e interpretada.

Los datos primarios que se comparten incluyen información espacial para la preparación de mapas (por ejemplo en formato “raster”), usualmente acompañados de memorias técnicas y documentos de apoyo para la interpretación. También, se comparten datos organizados en forma de bases de datos, usualmente con gran cantidad de información que se almacena de manera estructurada utilizando diferentes programas.

Recuadro 2. Usuarios de la información generada por las iniciativas de monitoreo

La gama de usuarios de información derivada de procesos de monitoreo forestal es muy amplia; sin embargo, se pueden agrupar en tres grandes grupos.

Usuarios institucionales. Las iniciativas de monitoreo con énfasis en la generación de información para usuarios institucionales que la utilizan con varios fines:

- **Planificación.** Las Usuev y la información de suelos (escala 1:250.000) generada por el Inegi se han convertido en insumos importantes para diversas dependencias de gobierno, que los utilizan para la ejecución de programas institucionales, manifestaciones de impacto ambiental y programas de ordenamiento territorial (Inegi 2014a). Las Usuev también se utilizan como fuente oficial para la definición de sitios prioritarios del programa de PSA de la Conafor. La información generada por los sitios de monitoreo en paisajes forestales podría contribuir al proceso de planificación de la Coordinación General de Producción y Productividad de la Conafor. La información del SAT-Plagas se utiliza para elaborar estrategias de control de plagas, una vez identificadas.
- **Reporte de actividades relacionadas con programas específicos de la Conafor;** por ejemplo, el Sistema Integral de Gestión de Apoyos o el Monitoreo del Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales. Tales reportes de resultados y uso de los recursos federales buscan cumplir con requisitos del Gobierno Federal y la Secretaría de Hacienda.
- **Insumo para otros procesos de monitoreo.** Por ejemplo, la Usuev se utiliza en la ejecución del INFyS y del mapa de monitoreo de la cobertura de la tierra de

América del Norte (elaborado por el Inegi, Conabio y Conafor); la información de suelos y erosión hídrica contribuye con la implementación del SNMTDD.

- Como insumo para generar reportes internacionales y/o cumplir con compromisos como la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (FRA, por su sigla en inglés), los niveles de referencia de REDD+, o informes ante la Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación (CUNLD). La información del Mad-Mex, del SNMTDD, o del SMIC –todavía en proceso de generación– será de gran relevancia al respecto; la producida por la Usuev, el INFyS, el MON-IND y SAT-Plagas ya son utilizados con este propósito.

Academia. La mayor parte de la información generada para el monitoreo forestal puede ser utilizada por la academia, aunque no toda es de acceso público; tal es el caso de la información generada por SIGA II y el monitoreo de pagos por servicios ambientales (PSA). Algunas iniciativas tienen un fuerte enfoque de investigación y colaboración con la academia; entre ellas, el SMIC y las redes de investigación.

Usuarios especializados (técnicos o gestores de áreas forestales). Los sitios de monitoreo en paisajes forestales productivos brindan información de utilidad para técnicos y administradores de áreas forestales productivas, la cual permite evaluar el cumplimiento de objetivos propuestos en los planes de manejo (Corral-Rivas et al. 2013). La información generada por el SAT-Plagas también puede ser utilizada por este grupo de usuarios para tomar decisiones sobre la gestión y el manejo.

Otra forma de compartir la información es mediante informes y artículos científicos. Regularmente, las instituciones preparan informes internos que no son de libre acceso público, sino para la gestión operativa o administrativa. También se preparan informes técnicos que son publicados y puestos a disposición del público en general. El Cencif, por ejemplo, genera reportes diarios de uso interno, y semanales que se publican en la página del SNIF³⁶; a petición de los usuarios, los reportes pueden ser enviados por correo electrónico. El SAT-Plagas también utiliza el SNIF para publicar los mapas de alerta temprana de presencia de plagas de insectos descortezadores³⁷ y defoliadores³⁸; además, aporta información a los enlaces de sanidad en los estados, incluyendo reportes diarios de monitoreo de escarabajos ambrosiales.

Otros informes se presentan a la comunidad internacional por medio de las plataformas de los distintos convenios y acuerdos internacionales. Los Inegei, por ejemplo, deben enviarse a la CMNUCC (Inecc 2015).

³⁶ Incendios forestales. Consultado 3 jun. 2017. <http://187.218.230.5/mapas-reportes-y-estadisticas/incendios-forestales>

³⁷ Informes del sistema de alerta temprana sobre descortezadores. Consultado 3 abr. 2017. <http://www.gob.mx/conafor/documentos/insectos-descortezadores?state=published>

³⁸ Informes del sistema de alerta temprana sobre defoliadores. Consultado 3 abr. 2017. <https://www.gob.mx/conafor/documentos/insectos-defoliadores?state=published>.

Cuadro 5. Principales formatos para la divulgación de información sobre monitoreo forestal en México

Acrónimo	Principales productos generados					
	Capas de información espacial	Bases de datos	Informes de uso interno	Informes nacionales	Informes internacionales	Artículos científicos
SNIF				X		
SNMF			X	X	X	
ESAN	X			X		
INFyS		X		X		
SNMB						
SNMRV					X	
Mad-Mex	X		X			
SMIC		X				X
SEBC		X				
Inegei		X			X	
SNMTDD				X		
MON-IND	X	X		X		
SAT-Plagas	X	X		X		X
SIGA II			X			
MNPSA	X	X	X			
SMMM	X	X		X		
INH	X			X		
SNGF		X	X			
Usuev	X			X		
NALCMS	X			X	X	X
SCE	X			X		
MSM	X			X		
SPIFyS		X				X

Para comunicar o divulgar información, algunas iniciativas lo hacen a través de sus páginas en internet. Los usuarios externos tienen acceso a la información generada con el SMIC a través de la Red Mex-SMIC, con acceso desde la Conafor (Fondo Sectorial... 2016). Otras iniciativas como SIGA III, Sistema Nacional Gestión Forestal (SNGF), o el Monitoreo del Programa Nacional de PSA (MNPSA) no generan informes públicos ni tienen información abierta en la web, pues su función es generar información de uso interno.

Recuadro 3. Información compartida por las iniciativas de monitoreo forestal en México

- El SNIF cuenta con un sitio web oficial, donde se pone a disposición información organizada en cuatro grandes grupos: información académica; inventario y registro forestal; mapas, reportes y estadísticas; salvaguardas¹.
- El ESAN ofrece mapas y metadatos de las versiones anteriores al 2013 y para el año 2016. Los productos elaborados entre el 2013 y el 2015 no son públicos. El ESAN comparte su información a través del SNIF².
- El INFyS tiene información disponible a través del SNIF; por ejemplo, los resultados del primer ciclo (informe, anexos, malla de puntos, tablas y mapas de resultados)³. También se ofrecen las bases de datos con información de campo para los ciclos 2004-2009 y 2009-2014 en el portal nacional de datos.gob.mx⁴.
- El sistema de alerta temprana de incendios cuenta con un visualizador de mapas en línea donde se publican diariamente los puntos de calor y su caracterización⁵.
- El NALCMS cuenta con un visualizador en línea y archivos descargables en el sitio web de la CCE (Commission for environmental cooperation, Canada)⁶.
- La Usuev genera informes metodológicos, diccionarios de datos, guía para la interpretación de cartografía de uso de suelo y vegetación, mapas en formato vectorial o imagen, capas poligonales tipo vectorial (vegetación, agricultura, fisonomía, altura, nomadismo, cobertura, entre otras) y un visualizador en línea disponible en el sitio web del Inegi^{7,8}.

Fuentes:

1. SNIF. Consultado 3 may. 2017. <http://187.218.230.5/p>
2. Reportes del ESAN. Consultado 2 jun. 2017. <http://187.218.230.5/mapas-reportes-y-estadisticas/estudio-satelital-anual-del-indice-de-la-cobertura-forestal>
3. Reportes y datos del INFyS 2004-2009. Consultado 2 jun. 2017. <http://187.218.230.5/inventario-y-registro/inventario-nacional-forestal-y-suelos-infys/resultados-2004-2009>
4. Bases de datos del INFyS. Consultado 1 jun. 2017. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/inventario-nacional-forestal-y-de-suelos>
5. Visualizador del sistema de alerta temprana de incendios. Consultado 7 abr. 2017. <http://incendios1.conabio.gob.mx/>
6. North American land change monitoring system. Consultado 13 may. 2017). <http://www.cec.org/tools-and-resources/north-american-environmental-atlas/north-american-land-change-monitoring-system>
7. Documentos y visualizador en línea del Usuev. Consultado 22 may. 2017. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recreat/usosuelo/>
8. Archivos shape de las Usuev. Consultado 2 jun 2017. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/sfi/detalle2.aspx?s=est&upc=0&pf=prod&ef=0&f=2&c=0&tg=3587&c=265&ct=205040000&titulo=Nacional>

4.7 Variables, indicadores y frecuencia de monitoreo

México, a través de sus diferentes iniciativas de monitoreo forestal, ha establecido una serie de variables e indicadores que sirven para dar seguimiento a los cambios derivados del manejo y conservación de los bosques y a las emisiones y remociones de GEI ligadas a los sistemas de monitoreo de bosques y al MRV-REDD+.

Tales variables no son responsabilidad de una sola iniciativa o institución, sino que pueden ser medidas por varias instituciones, dependiendo del objeto de interés. Desde la perspectiva REDD+, por ejemplo, el monitoreo forestal se centra en la toma de datos sobre variables e indicadores para la determinación de datos de actividad y factores de emisión³⁹. En el Anexo 4 se presenta un resumen de indicadores de importancia para el MRV y las iniciativas que los generan. Mediante el fortalecimiento del SNMRV, principal responsable a nivel nacional, México pretende aumentar la complejidad y reducir las incertidumbres de las estimaciones de GEI, y mejorar los enfoques de medición y monitoreo de reservorios y flujos de carbono a nivel subnacional, regional y local. Otras iniciativas también aportan al MRV para REDD+; una de ellas es el SMIC, la cual proporciona información sobre la dinámica de flujos de carbono en reservorios de los que no se tienen muchos datos, como el mantillo (hojarasca y capa de fermentación), el material leñoso caído y los suelos.

En el país también se ha establecido una serie de criterios que contribuyen a medir y monitorear aspectos relacionados con los bosques, tales como la extensión del recurso forestal, la diversidad biológica, salud y vitalidad, así como las funciones productivas, de protección y socioeconómicas del recurso forestal. Diversas iniciativas tienen responsabilidad por el monitoreo de una o más de estas funciones en distintos tipos de bosques y otros ecosistemas (p.e. manglares o humedales); también se monitorea la diversidad de flora y fauna y aspectos productivos, como número de hectáreas de bosques bajo manejo forestal sostenible certificado (ver detalles en el Anexo 5). En el **Recuadro 4**, mediante el ejemplo del INFyS, se muestra cómo México pretende medir y monitorear distintas variables a la vez.

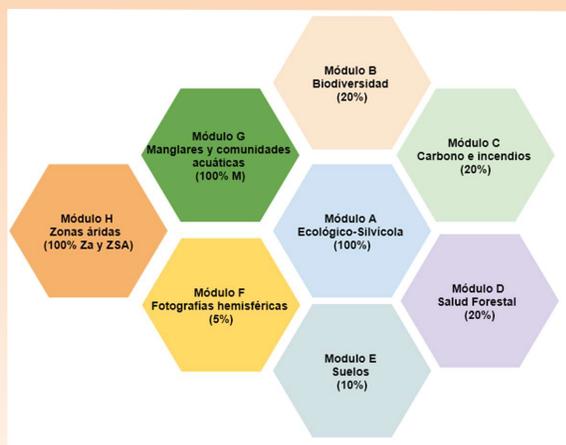
La frecuencia con la que se mide y genera información para el monitoreo forestal depende de la naturaleza del fenómeno o actividad de interés y la escala. En algunos casos, la frecuencia va de días a semanas o meses, como el monitoreo de procesos dinámicos (incendios o plagas). De ambos se recibe información diaria y, al menos para los incendios, se generan reportes diarios, semanales, mensuales y un histórico anual. Para las plagas se generan informes semanales de sitios de monitoreo con trampas, monitoreo en puntos de evaluación quincenal, mapas de riesgo e informes mensuales de brigadas estatales⁴⁰.

³⁹ Datos de actividad: contemplan los cambios en la cobertura forestal; se obtienen por medio de sensores remotos (imágenes satelitales principalmente). Factores de emisión: contenido de carbono por unidad de área; se calcula con información de campo, principalmente a partir de información de inventarios forestales y sitios de monitoreo.

⁴⁰ Principales plagas exóticas invasoras de importancia forestal que se monitorean a través del SAT-Plagas: palomilla del nopal (*Cactoblastis cactorum*), ácaro rojo de las palmas (*Raoiella indica*), psilido del eucalipto (*Glycaspis brimblecombei*), roya de la teca (*Olivea tecnonae*), cochinilla rosada (*Maconellicoccus hirsutus*), termita asiática (*Coptotermes gestroi*). Además, se monitorea la incidencia de insectos descortezadores y defoliadores.

Recuadro 4. Estructura modular del INFyS

El INFyS, para su primer ciclo, propone incrementar el número de variables a medir; para ello, el inventario fue estructurado de manera modular. Cada módulo es definido como “un conjunto de datos particulares de variables vinculadas a un tema o aspecto de interés que se toma sobre un objeto de estudio específico” (Serrano-Gálvez et al. 2015). La siguiente imagen muestra los nueve módulos que conforman la estructura del INFyS 2015; entre paréntesis se destaca la intensidad de muestreo en cada módulo.



Fuente: Serrano-Gálvez et al. (2015)

En otros casos, el monitoreo se realiza de manera anual, cada dos o más años. Por ejemplo, el monitoreo de cambio de uso de la tierra a nivel nacional realizado por el ESAN, Mad-Mex o el NALCMS ha permitido generar mapas con cinco años de diferencia (2005 y 2010) (Conabio 2017b). En el acuerdo de información de interés nacional de las Usuev⁴¹ se establece que dicha información debe generarse en forma regular y periódica, aunque no se establece un plazo. En la práctica se espera que la actualización del uso del suelo y la cobertura vegetal nacional a escala de 1:250.000, realizada para las Usuev, se ejecute al menos cada cinco años y preferiblemente cada tres años.

Otras iniciativas, como el SIGA II, MNPSA y el SNGF, recopilan información diariamente, con la que se generan informes en cualquier momento y con distintos horizontes temporales (mensuales, trimestrales, semestrales) y generalmente cierres anuales.

Las iniciativas que buscan generar información sobre el estado del bosque, incluyendo variables dasométricas, tienen ciclos de recolección de información a lo largo de varios años para cubrir la totalidad de unidades de muestreo, pero el análisis se realiza en ciclos de al menos tres años (SPIFyS para

⁴¹ Acuerdo por el que se determina información de interés nacional para la carta de uso de suelo y vegetación a escala 1:250.000. Consultado 4 jun. 2017. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5324032&fecha=02/12/2013

unidades de muestreo en selvas) cinco años (p.e. INFyS, SPIFyS en bosques templados y SNMB). Adicionalmente, el SNMRV genera reportes de acuerdo con los requerimientos de la CMNUCC; por ejemplo, los reportes bienales y las comunicaciones nacionales, mientras el SEBC genera información de manera constante para mejorar las estimaciones que se utilizan para MRV-REDD+.

Cuadro 6. Frecuencia del monitoreo realizado por las iniciativas de monitoreo forestal en México

Acónimo	Frecuencia									
	Diario	Semanal	Quincenal	Mensual	Anual	3 años	4 años	5 años	10 años	Otro
SNIF*										
SNMF*										
ESAN					X					
INFyS								X		
SNMB								X		
SNMRV										X
Mad-Mex					X					
SMIC	X							X		
SEBC										X
Inegi							X			
SNMTDD								X	X	
MON-IND	X	X		X	X					
SAT-Plagas		X	X	X	X					
SIGA II	X				X					
MNPSA					X					
SMMM								X		
INH*										
SNGF	X									
Usuev								X		
NALCMS								X		
SCE*										
MSM			X							
SPIFyS						X		X		

* Para el SNIF y el SNMF no se logró determinar la frecuencia específica.

4.8 Experiencias en el uso de tecnologías y metodologías para monitoreo forestal

En la implementación del monitoreo forestal se utiliza una variedad de tecnologías para la medición de variables espaciales, como la extensión de los bosques y la colecta de datos en campo para inventario de árboles, y tecnologías que permiten almacenar y analizar los datos resultantes. Una vez organizada, la información puede ser distribuida y utilizada para preparar reportes. En general, las tecnologías ofrecen ventajas y desventajas, dependiendo del contexto en el que se emplean; es decir que las ventajas para unos no lo son necesariamente para otros. A continuación, se mencionan las ventajas y desventajas identificadas en el contexto mexicano.

4.8.1 Uso de imágenes a partir de sensores remotos

Las experiencias con el uso de tecnologías geoespaciales en México incluyen las imágenes satelitales a partir de sensores remotos o imágenes generadas por medio de vuelos con aeronaves tripuladas o con drones. En el Anexo 6 se resumen las tecnologías de sensores remotos empleadas por las iniciativas y en el Anexo 7, las tecnologías utilizadas por los distintos SMIC.

Las principales imágenes satelitales utilizadas son el Modis, usado por ESAN, SMIC, la alerta temprana de incendios, el INH y NALCMS; RapidEye, utilizado por Mad-Mex en el periodo 2011-2015 y algunos sitios del SMIC; Landsat 5, 6, 7 u 8, usado por Mad-Mex, SMIC, el monitoreo de incendios y plagas, INH, Usuev y SCE; Lidar, usado en labores de monitoreo en sitios permanentes que tienen un componente fuerte de investigación (SMIC⁴² y SPIFyS). También se utiliza el Spot –Recuadro 5–, para cuya recepción hay una antena en México en la estación ERMex⁴³, bajo la administración del SIAP, una dependencia de la Sagarpa. Las imágenes Spot son utilizadas por MNPSA, SMMM, INH y anteriormente por Usuev y SCE. En el contexto de los SPIFyS se utilizan drones en fase experimental⁴⁴ para obtener imágenes de alta resolución. En el Cuadro 7 se identifican las ventajas y desventajas en el uso de tecnologías por parte de las iniciativas que utilizan sensores remotos.

El uso de estas imágenes es para cumplir varios propósitos; por ejemplo, en el desarrollo metodológico para el inventario nacional de humedales y su validación a nivel piloto se utilizaron imágenes Modis para la localización y tipo de humedal a nivel nacional a escala 1:250.000. Pero también se usaron imágenes Landsat, Aster y Spot para análisis de localización, expansión y contracción de áreas (UNAM 2010b).

4.8.2 Software, metodologías y herramientas para el procesamiento de imágenes

Unos de los softwares más utilizados para trabajar con imágenes y archivos vectoriales es ArcGis®, aunque también se usan otros para el procesamiento más específico de imágenes; entre ellos, Ledaps®, Berkeley image segmentation software®, See5/C5®, Erdas®, ER-Mapper®, Contextual fire detection algorithm® y la herramienta desarrollada por Mad-Mex en Python. Solamente una iniciativa utiliza la versión libre de QGIS (SPIFyS).

⁴² Estimación de la riqueza de especies y la biomasa de bosques tropicales secos utilizando Lidar (Lecciones aprendidas en el establecimiento y operación de SMIC (1. 2017, Pachuca, Mx)). Consultado 20 jun. 2017. https://drive.google.com/file/d/0B_YLwYrk293YbXdILXVXQnJsM00/view

⁴³ Proyecto Ermex: monitoreo satelital. Consultado 27 mar. 2017. <http://online.pubhtml5.com/clsi/mhph/#p=16>

⁴⁴ Corral-Rivas, JJ. 6 jun.2017. Sitios permanentes de investigación forestal y suelos (entrevista) Durango, México. Universidad Juárez del Estado de Durango.

Recuadro 5.

Uso de imágenes spot en el contexto de PSA

El monitoreo del Programa Nacional de Pagos por Servicios Ambientales utiliza imágenes Spot para la revisión y evaluación de los polígonos que forman parte de las solicitudes de apoyo bajo el esquema de pagos por servicios ambientales (PSA). Dichos polígonos son elaborados por el técnico que acompaña el proceso de presentación de los expedientes y se reciben en archivo tipo vectorial. A través del vector se ubica el polígono y se analiza en imagen Spot, utilizando el programa Erdas©. Si la cobertura arbórea es inferior al 50 % en paisajes del norte del país, o inferior al 70 % en el sur, la solicitud es rechazada. En algunos casos se pueden realizar ajustes al área solicitante del apoyo. Si el apoyo es aprobado, durante los siguientes cinco años (duración del apoyo) se realizará un monitoreo anual para corroborar que la cobertura forestal no se haya reducido y, por consiguiente, que el sitio sigue siendo sujeto de pago.

Fuente: Muñoz et al. (2017)¹.

1 Muñoz, G; Ruíz, IL; Saldaña, LA. 18 abr. 2017. Monitoreo del Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales (entrevista). Zapopán, México, CONAFOR

Cuadro 7. Principales ventajas y desventajas identificadas en las iniciativas de monitoreo que utilizan sensores remotos en México

Ventajas	Desventajas
Acceso gratuito a imágenes Modis	Desplazamiento en imágenes después del 2013
Acceso gratuito a imágenes Landsat Buena resolución espacial de imágenes Landsat, lo cual permite que mapas elaborados por Mad-Mex utilicen 1 ha como unidad mínima de mapeo.	Bandeado en imágenes de Landsat 7. La resolución temporal de Landsat 8 no es adecuada para monitoreo del avance de incendios, a menos que duren más de un mes.
Alta resolución de imágenes Spot	Debido al tamaño de México, el horizonte temporal para tener imágenes de todo el país es mayor a un año, lo cual complica su uso para cumplir con compromisos internacionales, como la comunicación bienal a la CNUCC.
Alta resolución de imágenes Rapid Eye Banda Red-Edge facilita la identificación de manglar	Alto costo, ya que se necesitan aproximadamente 4200 imágenes para cubrir el territorio nacional mexicano.
La clasificación automática de imágenes con la herramienta Mad-Mex contribuye a generar información de cobertura en tiempos requeridos por la CMNUCC, de manera estandarizada y costo-eficiente (Gebhardt <i>et al.</i> 2014).	La clasificación automática que utiliza Mad-Mex es muy problemática en casos de países grandes y heterogéneos como México (Mas <i>et al.</i> 2016).
La interpretación visual de las imágenes que utiliza el Inegi para la elaboración de las Usuev tiene menor incertidumbre que los procesos automatizados.	La necesidad de técnicos altamente especializados y la intensidad de mano de obra requerida, lo cual puede aumentar significativamente los costos, sobre todo en países de gran tamaño.

4.8.3 Herramientas para la colecta de datos en campo

Para la colecta de datos y mediciones en campo se siguen utilizando los materiales convencionales, como cintas diamétricas, clinómetros y papel; sin embargo, ya se ha empezado a experimentar con nuevas tecnologías. Por ejemplo, el SPIFyS y el INFyS están realizando pruebas piloto con dispositivos móviles (tabletas electrónicas) para la captura de información en campo (Recuadro 6). El SAT-Plagas también los emplea para el monitoreo de escarabajos ambrosiales en 19 estados mexicanos, por medio de la aplicación móvil del Sirvef desarrollada para Senasica.

Recuadro 6. INFySCapp: sistema de captura móvil y para escritorio para el inventario nacional forestal y de suelos

El desarrollo del INFySCapp se inició en el marco del Proyecto de Fortalecimiento a la Preparación REDD+ y Fomento a la Cooperación Sur-Sur, aunque ahora es manejado por la UTEMRV, en estrecha colaboración con la gerencia del SNMF.

El INFySCapp busca optimizar la gestión de la información del INFyS mediante el uso de nuevas tecnologías que sustituyan los formularios en papel, el software Access y la Colectora Allegro Mx Juniper System. Con esto, se busca minimizar los errores de captura en el campo (se incluye un catálogo de especies de árboles), reducir el tiempo de digitalización de la información por medio de una interfaz amigable que cumpla con los requisitos de usabilidad y portabilidad. En cuanto al manejo de los datos, se busca unificar la información y mejorar el control de calidad y la migración de la información a la base final.

El INFySCapp es compatible con sistemas operativos Android, Linux y Windows, y puede ser utilizado por dispositivos móviles (celulares, tabletas) y computadoras de escritorio. En el diseño del sistema se consideran tres rubros, en cada uno de los cuales se utilizan distintas tecnologías:

- **Aplicación móvil:** fue diseñada con la herramienta QT Creator, QT y QML con librerías de C++ y QT.
- **Base de datos:** desarrollada en Sqlite
- **Gestión de la información:** se utiliza la herramienta Talend, la cual es una herramienta para “extraer, transformar y cargar” utilizada para manejar grandes cantidades de datos provenientes de diferentes sistemas.

Fuente:

CEVMF (Centro de Excelencia Virtual en Monitoreo Forestal, México) 2017. Sistema de captura móvil de datos provenientes del Inventario Nacional Forestal: México y Honduras (en línea, memorias del taller). Zapopan, México. Consultado 3 abr. 2017. Disponible en <http://www.monitoreoforestal.gob.mx/reunion-utemrv-conador-honduras/#1491927962977-ca68d64f-957e>.

Un esfuerzo importante de colecta en campo se lleva a cabo en el contexto del INFyS, el cual se basa en un muestreo estratificado sistemático por conglomerados (unidades primarias), dentro de las cuales se establecen unidades secundarias de muestreo (parcelas) (Conafor 2017b). Estas parcelas son utilizadas por el SNMB; SMIC y SPIFyS hacen uso de metodologías similares para establecer

sus parcelas. Algunos SMIC utilizan torres de covarianza de vórtices para medir el flujo de gases. Por ejemplo, la red nacional de sitios de monitoreo intensivo de carbono instaló una torre de covarianza de vórtices en el sitio La Encrucijada, Chiapas, con la finalidad de “caracterizar el intercambio de energía, vapor de agua, CO₂ y CH₄ entre el humedal costero y la atmósfera” (Vargas y Sánchez-Mejía 2016).

Para el monitoreo de biodiversidad y de incendios se emplean otros tipos de metodologías. El SNMB utiliza dos metodologías para el levantamiento de información en campo: i) el Sistema de Amplia Cobertura de la Diversidad (SAC-MOD), implementado en sitios de monitoreo de INFyS, con una duración de 24 horas de monitoreo por sitio; ii) el Sistema de Alta Resolución para Monitoreo de la Biodiversidad (SAR-MOD), implementado en sitios de monitoreo en áreas protegidas con una duración de 15 días, dos veces por año. Ambos sistemas usan cámaras trampa, grabadora de sonido y los transectos para registro de huellas y excretas; en los sitios SAR-MOD se implementan, además, puntos de conteo (Conabio *et al.* 2016).

El sistema de monitoreo de incendios utiliza torres de detección y rondas de inspección para apoyar la colecta de información de campo relacionada con incendios; además recibe reportes ciudadanos y de centros regionales vía correo o teléfono⁴⁵.

4.8.4 Almacenamiento, análisis y manejo de datos

Las iniciativas de monitoreo forestal en México utilizan varios equipos y **software** para almacenar y manejar los datos (mayor detalle en Anexo 8). Los principales medios para almacenar la información son memorias electrónicas portátiles (principalmente para información que viene de campo), discos duros externos, servidores y, en algunos casos, plataformas en línea en internet.

Los principales **softwares** utilizados para el análisis de datos del INFyS son Access, Excel, el sistema gestor de base de datos Microsoft SQL server. Estos programas también son empleados por el SEBC y el SPIFyS, junto con el programa R. Las torres de flujo también capturan datos y utilizan distintos programas de programación, calibración, descarga y análisis de datos. La torre del SMIC de Chiapas utiliza el programa Eddy Pro 6.0.0 para acceder a los datos (Anexo 9).

El SEBC usa el lenguaje de programación R para la automatización de procesos replicables y consistentes; sin embargo, a veces en la automatización se puede perder comprensión técnica de los procesos, sobre todo si la comunicación entre programadores y técnicos de monitoreo forestal no es buena. Otro aspecto a considerar es que cuando se automatizan procesos es más difícil contar con protocolos escritos y se pierde transparencia en el proceso de reporte⁴⁶.

Una de las principales desventajas identificadas en las iniciativas que realizan trabajo de campo fue el uso de distintas metodologías de medición en campo, aunque esto se ha venido corrigiendo a través del tiempo. Los inventarios nacionales realizados en México antes del INFyS, por ejemplo, usaban distintas metodologías y terminologías, periodos desiguales y distintos criterios; como resultado, era imposible establecer comparaciones entre diferentes periodos (Conafor 2017b). Actualmente, se identifica un fuerte esfuerzo por homogenizar y estandarizar metodologías que permitan comparaciones

⁴⁵ Coutiño, YA. 19 abr. 2017. Monitoreo de incendios (entrevista). Zapopán, México, Conafor.

⁴⁶ Larios, E. 5 may. 2017. Sistema de estimaciones de biomasa y carbono y sitios de monitoreo intensivo de carbono (Skype). Zapopán, México, Conafor

entre distintas fechas. La información del INFyS se complementa con información generada por otras iniciativas como los SMIC o los SPIFyS. El **Cuadro 8** resume las ventajas y desventajas identificadas en las iniciativas evaluadas. El Anexo 10 detalla las ventajas y desventajas para la transferencia de distintas tecnologías.

Cuadro 8. Principales ventajas y desventajas identificadas en iniciativas de monitoreo que realizan trabajo de campo en México

Ventajas	Desventajas
Las parcelas permanentes contribuyen a robustecer la información y conocer con mayor detalle la dinámica forestal.	En algunas ocasiones no se realizan remediciones por diversas razones, entre ellas: falta de demarcación permanente, información insuficiente para su reubicación o falta de fondos para su mantenimiento.
Los formatos en papel permiten establecer una guía de las variables a capturar y llevar un control de la captura; además, dejan constancia escrita de los datos recolectados*.	El almacenamiento de los formatos en papel es delicado; se requiere espacio físico y con condiciones que reduzcan el deterioro. Cuando se usan formatos en papel, el proceso de QAQC debe realizarse post-levantamiento de la información, lo que implica invertir recursos para post-digitalización*.
Por medio de Access, es posible concentrar y administrar los datos, generar reportes y hacer más eficiente la revisión en oficina*.	El traspaso de información de papel a Access incrementa la posibilidad de error; además presenta una secuencia rígida de captura*.
La colectorora Allegro MX Juniper System es de precio aceptable, fácil de transportar y resistente al uso rudo. Se ha usado con éxito en otros inventarios forestales.*	La pantalla de la colectorora Allegro MX Juniper System es pequeña, lo que dificulta la legibilidad. El <i>software</i> es de uso específico para el dispositivo y no compatible con otros dispositivos. En algunas ocasiones el <i>software</i> falló durante la secuencia de captura*.
Funciona con equipo de fácil uso; p.e., el modelo de cámaras trampa utilizado en el SNMB es sencillo de programar.	Los equipos son importados.
Las torres de flujo proveen información a una escala temporal de alta resolución.	La instalación de las torres es compleja**.
El mapeo aéreo se realiza de manera extensiva y oportuna (disponibilidad temporal) para detectar brotes de insectos y establecer estrategias de control. Es costo-eficiente, si se compara con los costos de pérdidas originadas por plagas no detectadas oportunamente. Hay menos margen de error en la identificación de brotes de plagas que con imágenes satelitales.	Es adecuado para superficies de poco relieve. Es necesario tener acceso a una aeronave. Es aplicable solamente para monitoreo de bosques templados.

*Tomado de Conafor (2017c).

**La instalación de la torre debe hacerse a una altura adecuada para conseguir representatividad y homogeneidad, lo cual depende de la vegetación, la dirección predominante y la velocidad media del viento (Moncrieff *et al.* 2000 citado por Tovilla-Hernández *et al.* 2015). El suministro eléctrico debe ser diseñado y evaluado cuidadosamente, pues los equipos se dañan si falla el suministro. La operación de los instrumentos, el procesamiento y análisis exigen capacidades muy específicas y atención para asegurarse de que

los resultados sean correctos (Conacyt-Conafor 2016).

4.8.5 Plataformas de almacenamiento y manejo de datos

El país actualmente cuenta con cuatro plataformas para la captura de datos. Una de ellas es la del SIGA II, que se desarrolló mediante el lenguaje de programación Java. Esta plataforma es de uso interno de la Conafor y tiene vinculación con el sistema bancario para realizar gestiones automáticas de pagos. El SIGA II y sus sistemas de consulta ofrecen dos grandes beneficios: i) reducción de tiempo y esfuerzo

para generar reportes –anteriormente se podía tardar semanas, en tanto que hoy se generan en un clic y ii) la gestión automatizada de pagos y control de desembolsos ha eliminado una gran carga de trabajo al personal que antes lo hacía en forma manual⁴⁷.

La plataforma de la Universidad Juárez del estado de Durango (UJD) para capturar la información de los SPIFYs se denomina Monafor. Esta plataforma fue desarrollada en línea con una estructura cliente-servidor, a través de la cual el usuario puede modificar registros, realizar consultas, georreferenciar los sitios y exportar archivos tipo Excel, vector y pdf (Nava-Miranda *et al.* 2016). El sistema de gestión de datos utilizado por el Monafor –el Microsoft SQL server– es un **software** libre, con un motor de búsqueda de alto rendimiento, con características de seguridad y protección de los datos y una amplia red de soporte (Corral-Rivas *et al.* 2013).

Una tercera plataforma fue desarrollada para la implementación del SNGF. Se trata de una plataforma en línea con distintos módulos y niveles de usuario (uno para visualizar la información, otro para captura de datos en los distintos estados y en la oficina central, administración, un módulo de reporte y otro de gestión) y fue desarrollada en GeneXus por la empresa IDT⁴⁸. Este **software** ha generado buenos resultados y una herramienta en línea (plataforma del Sistema Nacional de Gestión Forestal; SNGF) completamente funcional y operativa. Sin embargo, presenta limitaciones al momento de la gestión de memoria: si varios usuarios acceden al mismo tiempo, la respuesta es lenta. Otra limitación es el uso de algunos scripts, lo cual se puede solucionar si se fracciona un script en varios; sin embargo, se usa mayor cantidad de memoria porque los procesos son más largos.

Sirvef es la cuarta plataforma electrónica y aplicación móvil, usada por el SAT-Plagas para registrar la captura de datos de monitoreo de escarabajos ambrosiales con trampas en rutas de muestreo en 19 estados. Esta aplicación fue desarrollada por la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro)⁴⁹.

⁴⁷ Moreno, FA; Chávez-Pech, CG. C. 17 abr. 2017. SNIF y SIGA II (entrevista). Zapopán, México, Conafor.

⁴⁸ México: protección ambiental en Semarnat con GeneXus. Consultado 22 may. 2017. <https://www.genexus.com/Historias-de-exito/semarnat?es>

⁴⁹ Sirvef. Consultado 25 abr. 2017. <http://sinavef.senasica.gob.mx/SIRVEF/>

4.9 Desafíos institucionales y oportunidades para mejorar el monitoreo y la adopción de tecnologías

4.9.1 Los desafíos

Sin bien México ha logrado avanzar en el monitoreo forestal y la adopción de tecnologías, aún existen una serie de barreras técnicas, procedimientos administrativos y falta de recursos que significan serios desafíos a futuro. A nivel técnico, una de las barreras tiene que ver con la falta de personal capacitado o de infraestructura. Por ejemplo, para lograr que una iniciativa de monitoreo como Mad-Mex pueda entrar en funcionamiento, es necesario tener un *hardware* con alta capacidad de procesamiento de imágenes satelitales; también se requiere el apoyo de consultores externos con capacidades técnicas avanzadas en manejo y desarrollo de *software* y sistemas de información geográfica. Para asegurar la transferencia de tecnologías a las instituciones nacionales también se requiere el apoyo de consultores externos.

En cuanto a procedimientos administrativos, la reducción de barreras a los procedimientos que impiden una pronta adopción de tecnologías constituye otro desafío. Por ejemplo, para el uso de imágenes Rapid Eye de alta resolución no solo es necesario tener el presupuesto para comprarlas, sino sortear procesos burocráticos complejos; debido a los altos montos, en algunas ocasiones la dependencia compradora debe enfrentar procesos de auditorías financieras⁵⁰. Los procedimientos administrativos con frecuencia dificultan la contratación de técnicos especializados debido a topes salariales que hacen imposible contratarlos como parte de la institución.

El establecimiento de sistemas permanentes de monitoreo mediante tecnologías de avanzada exige un alto costo. Volviendo al caso de las imágenes Rapid Eye, el costo para cubrir un territorio tan grande como el de México resulta una inversión difícil de sustentar. El SIGA II, por otra parte, es un sistema en estado de madurez que, después de diez años de trabajo (desde la creación de SIGA I), ha sido ampliamente utilizado por la Conafor; sin embargo, su actualización y mantenimiento requiere de inversiones cada vez mayores. Otro ejemplo es el uso de imágenes Spot 5 en la Serie IV de la Usuev. Aunque el Inegi hubiera preferido mantenerse con Spot 5, tuvieron que volver a Landsat debido a los costos y los trámites administrativos burocráticos para obtener las imágenes de Spot a través de ERMex (monitoreo satelital).

Hay eventos externos y fuera de control de las instituciones que coordinan iniciativas de monitoreo que a menudo desembocan en recortes presupuestales a las actividades de monitoreo forestal. Por ejemplo, los recortes presupuestales a nivel nacional debido al contexto económico internacional, o la reducción de los ingresos del estado por baja en los precios del petróleo mexicano, entre otros.

La pérdida de personal capacitado es otro desafío importante. Por ejemplo, el SIGA II invierte en el fortalecimiento de capacidades de su personal técnico —en especial, programadores especializados en Oracle—; sin embargo, una vez que el personal técnico desarrolla capacidades necesarias para el manejo y mantenimiento del sistema, las ofertas laborales en la empresa privada representan una mejor opción que permanecer en una institución gubernamental. Al perder personal, la gerencia debe generar nuevas capacidades; el reto consiste en cómo mantener al personal capacitado⁵¹.

⁵⁰ Victoria, H. 21 abr. 2017. Cartas de uso de la tierra y vegetación (entrevista). Zapopán, México, Conafor.

⁵¹ Ibid.

Los procesos dependientes de consultores externos son necesarios en algunos casos; sin embargo, es necesario asegurar la transferencia de tecnologías a la institución o, al menos, asegurarse de que haya memoria documental para poder replicar el proceso y lograr la comparabilidad entre información generada en distintos años.

4.9.2 Las oportunidades

Este estudio determinó que si bien el país debe enfrentar serios desafíos para mejorar el monitoreo forestal y la adopción de tecnologías, también cuenta con oportunidades valiosas. Procesos como Mad-Mex pueden ser replicados con mayor facilidad operativa en países con menor superficie y menor diversidad de ecosistemas –en consecuencia, las necesidades técnicas serían menores, aunque debe considerarse si el costo de la automatización del proceso de imágenes y sus beneficios sería eficiente. Como una alternativa, cuando el *hardware* es insuficiente, es posible usar la nube en internet para procesar y almacenar imágenes; en México, sin embargo, todavía no se implementa esta opción. Otras oportunidades aprovechables en México son las siguientes:

- Las Usuev a escala de 1:250.000 ya no satisfacen las necesidades de usuarios como Conafor, que requieren de mayor detalle. Por ello, se está trabajando en la posibilidad de reducir el área de mapeo mínima⁵².
- La existencia de iniciativas de cooperación en el tema de monitoreo forestal, como Silvacarbon⁵³, favorece la creación de capacidades. El personal del Departamento de Teledetección y Monitoreo de la Cubierta Forestal del SNMF ha sido bien capacitado y, ahora, realizan pruebas con imágenes Landsat por medio de Google Earth Engine⁵⁴.
- La vinculación de diferentes iniciativas con el CEVMF en Mesoamérica (Recuadro 7) ha permitido compartir experiencias y ofrecer capacitaciones. Por ejemplo, en marzo de 2017 se desarrolló un taller sobre el sistema de captura de datos para el INF en México y Honduras, y se extrajeron las lecciones aprendidas del establecimiento y operación de sitios de monitoreo intensivo de carbono; además, en noviembre de 2016 se ofreció entrenamiento para el procesamiento geoespacial en la nube⁵⁵.

4.10 Sostenibilidad futura del monitoreo forestal

Diversos factores han favorecido la adopción de tecnologías y metodologías para el monitoreo forestal en México. Estos factores van desde medidas habilitadoras, como el marco político que permite al país contar con arreglos institucionales y asegurar fondos nacionales, hasta factores externos, como el apoyo que la cooperación internacional brinda en términos de asistencia técnica y financiamiento para el monitoreo forestal. En el Recuadro 8 se enlista una serie de medidas habilitadoras que han propiciado acciones de monitoreo.

Como ya se ha dicho en secciones anteriores, el marco político ha sido importante para que, a través de los años, se haya logrado la institucionalización de iniciativas de monitoreo con la asignación presupuestal necesaria y una robusta coordinación institucional. La coordinación intra e interinstitucional

⁵² Victoria, H. Loc.cit.

⁵³ SilvaCarbon. Consultado 4 may. <http://www.silvacarbon.org/>

⁵⁴ Rosas, MA; Ramírez, M. 17 abr. 2017. Estudio satelital anual del índice de cobertura forestal (entrevista). Zapopán, México, Conafor.

⁵⁵ Capacitaciones y talleres ofrecidos por el CEVMF en el 2016. Memorias de Talleres. Consultado 8 abr. <http://www.monitoreoforestal.gob.mx/talleres/>

Recuadro 7. Centro de excelencia virtual en monitoreo forestal en Mesoamérica

En el 2015 tuvo lugar la IV reunión de Ministros de la Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental (EMSA), durante la cual se identificó la necesidad de promover el fortalecimiento de capacidades técnicas para el monitoreo forestal. En ese mismo año, durante la XV Cumbre de Tuxtla, que contó con la presencia de los jefes de Estado de diez países (México, Belice, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, República Dominicana y Colombia) se acordó la creación de un Centro de Excelencia Virtual de Monitoreo Forestal (CEVMF).

En forma simultánea, se inició en México el “Proyecto de Fortalecimiento a la Preparación REDD+ y Fomento a la Cooperación Sur-Sur” financiado por el gobierno de Noruega. Por medio de este proyecto, se logró concretar la formación del CEVM, que inició operaciones en enero de 2016. Este centro tiene su sede operativa en las oficinas nacionales de la Conafor en Guadalajara, México. EL CEVMF ha desarrollado una plataforma de interacción virtual enfocada en tres rubros:

- Información: se facilita el acceso a información de alta calidad a través de recursos abiertos de monitoreo forestal y un repositorio digital especializado (el cual contiene colecciones especializadas de publicaciones legales, publicaciones de la Conafor y de Alianza México REDD+).
- Aprendizaje: se comparten memorias de talleres, videoconferencias y se accede al campus en línea (con oferta de cursos virtuales).
- Redes: se gestionan tres plataformas de comunicación —la comunidad EMSA-FAO de monitoreo forestal, la comunidad del Comité Operativo (ambas de acceso restringido) y la comunidad abierta de monitoreo forestal.

Personal del CEVMF ha identificado cuatro factores que favorecen la sostenibilidad de la iniciativa:

- a. Claridad en su objetivo y soporte político de la EMSA.
- b. Viabilidad financiera, el comité directivo conformado por representantes de FAO, del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo (Amexic) y Conafor está en constante búsqueda de fondos.
- c. Planificación colegiada, la base de la planificación del CEVM es el plan de trabajo a largo plazo de la EMSA, elaborado de manera participativa entre 2013 y 2015; además considera necesidades detectadas en comunicaciones con los técnicos.
- d. Integración con otras iniciativas y proyectos para alinearse y evitar duplicación de esfuerzos.

Fuente: CEVMF (2017).

ha sido una pieza clave para favorecer la permanencia en el tiempo de iniciativas de monitoreo; además ha sido fundamental para evitar la duplicación de esfuerzos. La flexibilidad para iniciar labores de colaboración, incluso antes de que los acuerdos o convenios hayan sido aprobados y debidamente oficializados, ha favorecido el avance de varias iniciativas, ya que en muchas ocasiones los procesos burocráticos pueden tomar largo tiempo.

Otro factor clave para el avance del monitoreo forestal es el reconocimiento y validación de la información y de los productos derivados de las iniciativas analizadas. El trabajo de la Conafor, por ejemplo, ha permitido generar la credibilidad internacional necesaria para atraer a la cooperación internacional y, como resultado, construir acciones de interés mundial, tales como ENREDD+.

Recuadro 8. Medidas habilitadoras

1. El soporte político ha sido fundamental para la mayoría de las iniciativas; algunas, sin embargo, no gozan de este beneficio. El SNMTDD, por ejemplo, requiere una legislación más sólida y mandatos más específicos.
2. La identificación de necesidades de información que apoyen la planificación, la toma de decisiones y/o el cumplimiento de compromisos internacionales.
3. Sin coordinación interinstitucional resultaría imposible concretar algunas de las iniciativas. Tal es el caso del SNMB o SMMM; desde un inicio, la estrecha colaboración entre instituciones gubernamentales, organizaciones de la sociedad civil y especialistas fue vital para la integración, recopilación y generación de nueva información (Valderrama-Landeros et al. 2017).
4. El interés de la cooperación internacional en el monitoreo forestal ha abierto posibilidades para el apoyo financiero.
5. La existencia de investigación científica que avale las metodologías; por ejemplo, la investigación detrás del SNMB y de los SMIC.
6. La disponibilidad de capacitación: cursos de sensores remotos; capacitación a las brigadas de recolección de campo del INFyS y del SNMB; capacitación al personal de las instituciones responsables de los SMIC para el manejo adecuado de torres de covarianza; sesiones de intercambio entre personal encargado del SMIC y CEVMF durante las visitas técnicas de verificación; apoyo técnico recibido del USFS en monitoreo de incendios; capacitación brindada por Senasica a personal del Conafor para la implementación piloto de monitoreo de ambrosiales en 17 estados y uso de la aplicación móvil del Sirvef.
7. La posibilidad de encontrar personal especializado en programación del SEBC en México y en Conafor.
8. La existencia de empresas proveedoras de servicios con capacidades para implementación del INFyS y SNMB en campo, así como la estrecha coordinación entre estas empresas y las instituciones coordinadoras.

A nivel técnico, la transferencia mínima de capacidades y la documentación ordenada de los procesos metodológicos son también factores clave para la sostenibilidad del monitoreo forestal en el futuro. Así se evita que el conocimiento se pierda con la salida de personal nacional o de consultores contratados para labores puntuales. Esto ha sido relevante para dar continuidad al INFyS y para la sostenibilidad del SAT-Plagas y del Monitoreo Nacional Forestal (Monafor), el sistema de administración de datos del SPIFyS, en cuyo manejo debe capacitarse a personal de Conafor ya que actualmente es operado por UJD.

Para asegurar la continuidad del monitoreo desde el punto de vista técnico también debe pensarse en el desarrollo de protocolos operativos, como los manuales de procedimiento desarrollados para el INFyS (Conafor 2015b), el SNMB o el Protocolo Operativo 2016 de la Subgerencia de Diagnóstico y Tratamiento (Gerencia de Sanidad, Conafor). Esto, además, permite homologar metodologías que faciliten la integración, análisis y comparación de la información de diferentes fuentes y escalas. El SAT-Plagas, por ejemplo, ha desarrollado protocolos de monitoreo y atención a plagas comunes y sistemas de monitoreo homologados con la Semarnat y la Sagarpa. La Guía para el establecimiento, seguimiento y evaluación de sitios permanentes de monitoreo en paisajes productivos, elaborada por Corra-Rivas *et al.* (2013), pretende establecer un estándar nacional para bosques templados y tropicales a partir de una homologación metodológica que permita la comparación y análisis de los datos. Los formatos y catálogos de codificación de esta guía son compatibles con los empleados por el INFyS; asimismo, la metodología usada para el establecimiento de las parcelas de los SMIC es la misma que la del INFyS. Un último factor crítico para asegurar la sostenibilidad es el contar con financiamiento estable. El financiamiento para el monitoreo forestal en México proviene de recursos del gobierno y de la cooperación internacional. El SNMF y las iniciativas dependientes de la Gerencia del SNMF, como ESAN y el INFyS, cuentan con fondos propios de Conafor; sin embargo, también reciben fondos de la cooperación internacional, principalmente para la operación en campo. Actualmente se cuenta con un donativo del Banco Mundial para realizar el trabajo de campo del INFyS (2016, 2017 y 2018)⁵⁶. En el Cuadro 9 se presenta un resumen de las principales fuentes de financiamiento por iniciativa.

En algunos casos, el apoyo de la cooperación internacional es tan fuerte que incluso logra crear nuevas unidades de trabajo dentro de los entes públicos. Por ejemplo, la UTEMRV es un producto del proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur; aunque tiene apoyo financiero de la Conafor, la mayoría de sus costos (y de las iniciativas que coordina Mad-Mex, SEBC) son cubiertos por la cooperación. El Fondo Cooperativo para el Carbono de Bosques (FCPF) del Banco Mundial y el USFS son fuentes de financiamiento de reciente incorporación. Otro ejemplo es la red de SMIC, que también dio inicio con fondos del proyecto México-Noruega, aunque actualmente se está tratando de fortalecerla a través del Fondo sectorial para la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica forestal de Conacyt-Conafor (Conafor 2017a). Dicho fondo ha sido de vital importancia para el desarrollo de SPIFyS, cuyos fondos apoyaron la elaboración de la guía para el establecimiento de sitios permanentes para investigación forestal y suelos (Corral-Rivas *et al.* 2013).

El Inegei cuenta con financiamiento federal para la generación de información; en cuanto a la elaboración de informes cuenta con apoyo de la cooperación internacional. El PNUD, por ejemplo, contribuyó con la contratación de un experto para la actualización del Inegei en el 2015 a través del proyecto México-Noruega (PNUD 2015).

⁵⁶ Rodríguez, R. 17 abr.2017. Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (entrevista). Zapopán, México, CONAFOR

Las instituciones vinculadas al SNMB (Conanp, FMCN y Conafor) trabajan en la identificación de fuentes de financiamiento para asegurar el monitoreo a largo plazo. En sus inicios, el SNMB fue financiado con fondos del Séptimo Programa Marco de la Unión Europea, a través del proyecto *“Role of biodiversity in climate change mitigation”* (García-Alaniz y Schmidt 2016); también recibió una donación por 2,1 millones de dólares otorgados por la fundación Gordon y Betty Moore, a través del proyecto “Desarrollo de capacidades para el monitoreo de bosques en México” (Conabio *et al.* 2016). A su vez, Conafor ha conseguido apoyo del USFS para pagar al personal involucrado en el monitoreo de la biodiversidad y Conanp continua recibiendo fondos GEF. El fondo sectorial Conagua-Conacyt ha financiado parte de los estudios y documentos base del INH, los cuales han sido ejecutados por la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM (2010a).

Cuadro 9. Principales fuentes de financiamiento por iniciativa de monitoreo forestal evaluada en México*

Acronimo	Fondos federales o de institución coordinadora	Fondos sectoriales Conacyt	Fondos de cooperación internacional	Fondos de fundaciones o iniciativa privada
SNIF	X			
SNMF	X			
ESAN	X			
INFyS	X		X	
SNMB	X		X	X
SNMRV	X		X	
Mad-Mex	X		X	
SMIC		X	X	
SEBC	X		X	
Inegei	X		X	
SNMTDD				
MON-IND	X			
SAT-Plagas	X	X	X	
SIGA II	X			
MNPSA	X			
SMMM	X			X
INH		X		
SNGF	X			
Usuev	X			
NALCMS				
SCE	X			
MSM	X			
SPIFyS		X	X	

*Para las iniciativas en las que se identifica más de una fuente de financiamiento, si se tiene información se marca en rojo la que contribuye en mayor proporción.

5

Consideraciones finales y lecciones aprendidas

A lo largo de años recientes, México ha logrado desarrollar un marco institucional y legal, fundamental para el establecimiento y fortalecimiento de iniciativas de monitoreo forestal. Así se ha logrado asegurar la permanencia de las iniciativas de monitoreo y se ha favorecido la gestión de fondos, tanto nacionales como internacionales. No obstante, el estudio determinó una serie de aspectos que pueden ser mejorados.

Las experiencias generadas por las instituciones han permitido el desarrollo de agendas comunes y de cooperación interinstitucional que han contribuido a reducir la duplicidad de esfuerzos y mejorar el uso eficiente de los recursos, tanto humanos como financieros. A pesar de que la responsabilidad por el monitoreo forestal ha sido claramente asignada a instituciones gubernamentales, las evaluaciones externas han encontrado que la academia y otras instituciones nutren los procesos que se desarrollan dentro de las instituciones del Estado y dan soporte a metodologías y procesos. Para el avance de iniciativas como MON-IND han sido fundamentales las evaluaciones realizadas por UACH.

Los convenios con instituciones académicas han fortalecido el monitoreo forestal. Así, por ejemplo, se han dado acuerdos para la ejecución de actividades en campo –tal es el caso de SMIC con el ITS y de los SPIFyS con la UJD–; para la validación de resultados o metodologías –p.e. la participación del Instituto de Ecología (Inecol) en el desarrollo del SNMB, de la UJD en el desarrollo del SPIFyS y de la UACH en el protocolo de SNMDD; o bien, en acciones de investigación, como las realizadas por el SAT-Plagas a través de redes académicas. Sin embargo, todavía se requieren acciones más específicas y adaptadas a las necesidades del monitoreo forestal nacional.

Un factor determinante en el desarrollo del monitoreo forestal en México han sido los procesos de capacitación. Las diferentes iniciativas promueven el fortalecimiento de capacidades entre su personal; además, algunas de ellas logran llevar sus esfuerzos a otro nivel y, así, impulsan el escalonamiento de sus conocimientos técnicos en colaboración con iniciativas como el CEVMF o la EMSA.

También se identificaron aspectos que han frenado o afectado el avance del monitoreo forestal, y que requieren especial atención para superarlos o minimizar su impacto.

Los recortes presupuestales federales han afectado intensamente a varias instituciones que son claves para el monitoreo forestal, como Conafor, Conabio, Inegi y Semarnat. En consecuencia, se han dado recortes de personal y recargo de funciones en el personal que permanece. En la mayoría de las iniciativas, el personal asignado es apenas suficiente para cubrir las actividades, por lo que es difícil pensar en nuevas acciones; por ejemplo, en monitoreo de plagas, el trabajo se concentra en los ambrosiales, por falta de personal y presupuesto para incursionar en otras plagas. Es necesario mejorar los procesos para adecuarse a la realidad que implican los recortes de personal. ¿Cómo ser más eficientes con menos recursos humanos y financieros? ¿Cómo lograr los mismos resultados, o mejorarlos, en estas condiciones?

Otra situación problemática es el largo tiempo que toma establecer un convenio entre instituciones, así como la burocracia que implica. Los trámites largos y burocráticos entorpecen el avance de los procesos.

La alta rotación de personal en las instituciones gubernamentales genera retrocesos cuando se pierde personal capacitado y, en consecuencia, se debe invertir nuevamente en la formación de los nuevos funcionarios. Es fundamental contar con procesos sistematizados y una memoria institucional que facilite la capacitación del nuevo personal asignado a labores de monitoreo forestal.

Entre los principales retos para el monitoreo forestal en México se identificaron los siguientes:

- Fortalecer la vinculación entre instituciones gubernamentales y la academia. Por ejemplo, establecer protocolos de investigación replicable en distintos sitios y ecosistemas del país, para que la información generada pueda ser escalable y no solamente utilizada en el ámbito local (50 tesis distribuidas en el territorio nacional es un mejor insumo para el monitoreo forestal nacional que una sola tesis en un sitio en particular).
- Aprovechar las redes académicas para hacer investigación replicable y establecer un vínculo permanente. A nivel institucional es necesario afrontar las nuevas atribuciones de la Conafor ante la modificación de la LGDFS, la cual ya fue presentada ante el Poder Legislativo.
- Generar un sistema o protocolo para el intercambio y retroalimentación dentro de la misma institución, así como un espacio para conocer qué hace y qué reporta cada área.
- Apoyar la generación de protocolos para documentar los diferentes procesos.

En cuanto a aspectos técnicos, es de interés disminuir la incertidumbre de los datos y mejorar la detección de cambios de cobertura; sin embargo, se debe evaluar el costo-beneficio y establecer plazos para implementar las nuevas tecnologías. El avance tecnológico es tan rápido que no es posible adaptar los procesos con la misma velocidad; por ello, es necesario considerar los tiempos requeridos para planificar los cambios, además de considerar la curva de aprendizaje para lograr la operación adecuada y el equipo (*hardware* y *software*) necesario. El uso de nuevas tecnologías implica adaptar la información generada con tecnologías anteriores (cuando sea posible) y asegurar el uso de información histórica (procesada en otros formatos, con necesidades de *hardware* y *software* específicos). ¿Cuánto tiempo es el adecuado para reemplazar tecnologías en uso tecnologías nuevas? ¿El beneficio de tener información de mayor calidad justifica la inversión necesaria para mejorar tecnologías? En el caso de México, a pesar de que se han utilizado imágenes de alta resolución como Rapid Eye dentro de la iniciativa Mad-Mex, se sigue considerando utilizar imágenes Landsat, actualmente se realizan cambios en la herramienta para que pueda procesar imágenes Landsat 8.

Se carecen de estudios económicos que sopesen las ventajas de ejecutar acciones de monitoreo forestal y acciones preventivas vs. reactivas, sobre todo en el tema de plagas. ¿Cómo se justifica la gran inversión asociada a temas de monitoreo forestal?

La necesidad de contar con una estrategia para la gestión de fondos es cada vez más evidente; incluso para iniciativas que dependen de fondos nacionales, cada vez más reducidos debido a los recortes presupuestales. México le apuesta al mecanismo REDD+ para generar ingresos que apoyen los procesos de monitoreo, de manera que se reduzca la dependencia de la cooperación internacional y se cubran los recortes de fondos institucionales. No obstante, el mecanismo REDD+ todavía no alcanza el grado de madurez necesario.

Referencias bibliográficas

- Arias, S. 2008. La legislación forestal en México, a cinco años de la ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (en línea). 6 p. Consultado 4 abr. 2017. Disponible en http://www.ceja.org.mx/IMG/pdf/Articulo_Sergio_Arias.pdf.
- CDB (Convenio sobre la Diversidad Biológica, CAN). 2014. Plan estratégico para la diversidad biológica 2011-2020 y la Metas de Aichi (en línea, documento resumen). Montreal, Canadá. 4 p. Consultado 10 abr. 2017. Disponible en <https://www.cbd.int/doc/strategic-plan/2011-2020/Aichi-Targets-ES.pdf>.
- CEVMF (Centro de Excelencia Virtual en Monitoreo Forestal, México). 2017. Una iniciativa regional (en línea, sitio web) Consultado 13 may. 2017. Disponible en <http://www.monitoreoforestal.gob.mx/iniciativa-regional/>.
- CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático). 2014. Intended nationally determined contributions (INDCs) (en línea). Consultado 19 oct. 2018. Disponible en <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions/ndc-registry>.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México). 2014. Quinto Informe Nacional de México ante el Convenio sobre Diversidad Biológica (en línea). México, DF. 289 p. Consultado 25 abr. 2017. Disponible en http://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/pdf/5to_Informe%20MEXICO_2014_EF_PN.pdf.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México). 2016a. Estrategia nacional sobre biodiversidad de México y Plan de Acción 2016-2030 (en línea). Tlalpan, México. 383 p. Consultado 20 mar. 2017. Disponible en http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/ENBIOMEX_baja.pdf.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México). 2016b. Convenio sobre la Diversidad Biológica (en línea, sitio web). Consultado 11 abr. 2017. Disponible en <http://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/cbd.html>.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México). 2017a. Sistema de alerta de incendios (en línea, sitio web). Consultado 7 abr. 2017. Disponible en <http://incendios1.conabio.gob.mx/>.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México). 2017b. North American land change monitoring system (NALCMS) (en línea, sitio web). Consultado 11 may. 2017. Disponible en http://www.biodiversidad.gob.mx/v_ingles/country/land-cover/br/nalcms/index.html#.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la biodiversidad). 2009. Capital Natural de México. CONABIO/Gobierno Federal. México. 100 p. Consultado en junio, 2017. Disponible en http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Capital%20Natural%20de%20Mexico_Sintesis.pdf.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México); CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, México); CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México); FMCN (Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza); Gordon and Betty Moore Foundation. 2016. Desarrollo de capacidades para el monitoreo de bosques en México (en línea). México, DF. 12 p. Consultado 20 mar. 2017. Disponible en http://cambioclimatico.conanp.gob.mx/documentos/resumen_Moore.pdf.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, México). 2012. Inventario nacional forestal y de suelos. Informe de resultados 2004-2009 (en línea, sitio web). Zapopán, México. 173 p. Consultado 15 mar. 2017. Disponible en <http://187.218.230.5/inventario-y-registro/inventario-nacional-forestal-y-suelos-infys/resultados-2004-2009>.

- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, México). 2013. Estrategia nacional de manejo forestal sustentable para el incremento de la producción y productividad 2013-2018 (en línea). 62 p. Consultado 2 jun. 2017. Disponible en <http://www.ccmss.org.mx/acervo/estrategia-nacional-de-manejo-forestal-sustentable-para-el-incremento-de-la-produccion-y-productividad-2013-2018-enaipros/>
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, México). 2014a. Sistema nacional de monitoreo de degradación de tierras y desertificación (en línea). México, DF. 19 p. Consultado 30 mar. 2017. Disponible en <http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/31168/sistema-monitoreo.pdf>.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, México). 2014b. Propuesta del nivel de referencia de las emisiones forestales de México (en línea). p. 6-7. Consultado 25 may. 2017. Disponible en http://redd.unfccc.int/files/nivel_de_referencia_de_las_emisiones_forestales_de_mexico.pdf.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, México). 2015a. Mexico's forest reference emission level proposal (en línea). 69 p. Consultado 4 abr. 2017. Disponible en <https://www.forest-carbonpartnership.org/sites/fcp/files/2016/Apr/Forest%20Reference%20Level%20Mexico.pdf>.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, México). 2015b. Lecciones aprendidas del Inventario nacional forestal y de suelos (en línea, sitio web). 20 p. Consultado 1 jun. 2017. Disponible en <http://www.monitoreoforestal.gob.mx/repositorioidigital/items/show/116>.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, México). 2016a. Incendios: ¿Qué es el Programa Nacional de Incendios Forestales? (en línea, sitio web). Consultado 13 may. 2017. Disponible en <http://www.conafor.gob.mx/web/temas-forestales/incendios/>.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, México). 2016b. Manual de organización de la Comisión Nacional Forestal (en línea, sitio web). Diario Oficial de la Federación. 16. nov. Consultado 2 may. 2017. Disponible en http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5461274&fecha=16/11/2016.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, México). 2017a. Fondo sectorial para la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica forestal. Convocatoria 2017-2 Conafor-Conacyt (en línea, sitio web). Consultado 20 may. 2017. Disponible en <https://www.gob.mx/conafor/documentos/convocatoria-2017-2-conacyt-conafor>.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, México). 2017b.: México y Honduras (Taller 1, 2017, Zapopán, México) (en línea). Consultado 13 may. 2017. Disponible en <http://www.monitoreoforestal.gob.mx/reunion-utemrv-conador-honduras/#1491513570810-6fbd1ad6-fa7d>.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, México). 2017c. Aplicación para la captura de datos del inventario nacional forestal y suelos. Sistema de captura móvil de datos provenientes del inventario nacional forestal: México y Honduras (Taller 1, 2017, Zapopán, México) (en línea). Consultado 13 may. 2017. Disponible en <http://www.monitoreoforestal.gob.mx/reunion-utemrv-conador-honduras/#1491513570810-6fbd1ad6-fa7d>.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, México); Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México). 2016. Estrategia de integración para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad - Sector Forestal 2016- 2022 (en línea). 8 p. Consultado 25 abr. 2017. Disponible en http://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/pdf/Forestal_SP-S.pdf.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, México); UACH (Universidad Autónoma Chapingo, México). 2013. Línea base nacional de degradación de tierra y desertificación. Informe Final (en línea). Zapopán, México. 160 p. Consultado 23 mar. 2017. Disponible en <http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/fomento/documentos/degradacion-tierras-desertificacion2.pdf>.

- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, México); UACH (Universidad Autónoma Chapingo, México). 2014. Protocolo para el Sistema nacional de monitoreo de tierras con degradación y desertificación (en línea). Zapopán, México. 115 p. Consultado 23 mar. 2017. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/277890784_Protocolo_para_el_Sistema_Nacional_de_Monitoreo_de_Tierras_con_Degradacion_y_Desertificacion.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua, México). 2014. Protocolo de alerta y acciones para sequías (en línea, sitio web). Consultado 1 jun 2017. Disponible en <http://www.pronacose.gob.mx/Contenido.aspx?n1=4>.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua, México). 2017. Monitor de sequía en México (en línea, sitio web). México, DF. Consultado 30 may. 2017. Disponible en <http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>.
- Corral-Rivas, JJ; Vargas-Larreta, B; Wehenkel, C; Aguirre-Calderón, OA; Crecente-Campo, F. 2013. Guía para el establecimiento, seguimiento y evaluación de sitios permanentes de monitoreo en paisajes productivos forestales. México, DF., Conafor. 84 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). 1960. Inventario Forestal Mundial 1958 (en línea). Suiza. 137 p. Consultado 5 jun. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-ad906t.pdf>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). 1966. Inventario Forestal Mundial 1963. (en línea). Suiza. 113 p. Consultado 5 jun. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-ad907t.pdf>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). 1983. Tropical forest resources (en línea). 2 ed. Roma, Italia. Thecnical Paper no. 30. 106 p. Consultado 5 jun. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-an774e.pdf>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). 2005. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005: Informe Nacional de México (en línea). Roma, Italia 68 p. Consultado 6 jun. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/forestry/fra/50896/es/mex/>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). 2014. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010: Informe Nacional de México (en línea). Roma, Italia. 98 p. Consultado 6 jun. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-al567s.pdf>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). 2017a. Voluntary guidelines on national forest monitoring (libro electrónico). Roma, Italia. 76 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). 2017b. Global forest resource assessments (en línea, sitio web). Consultado 11 abr. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/forest-resources-assessment/background/en/>.
- Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal. 2016. Convocatoria 2016-3 Conafor-Conacyt. Anexo Demandas específicas del sector 2016-3. Sitios de Monitoreo Intensivo del Carbono en Ecosistemas Forestales (en línea). 34 p. Consultado 20 may. 2017. <https://www.conacyt.gob.mx/index.php/sni/convocatorias-conacyt/convocatorias-fondos-sectoriales-constituidos/convocatoria-conafor-conacyt/convocatorias-cerradas-conafor-conacyt/convocatoria-2016-3-conafor-conacyt/12526-anexo-demandas-especificas-del-sector-2016-3/file>
- García-Alaniz, N., Equihua, M., Pérez-Maqueo, O., Benítez, J.E., Maeda, P., Urrutia, F.P., Martínez, J.J.F., Gaytán, S.A.V. and Schmidt, M., 2017. The Mexican national biodiversity and ecosystem degradation monitoring system. Current Opinion in Environmental Sustainability, 26, pp.62-68.

- García-Alaniz, N; Schmidt, M. 2016. Monitoreo de degradación y cambios en la diversidad biológica. México, DF., Conabio. 206 p.
- Gebhardt, S; Wehrmann, T; Muñoz, MA; Maeda, P; Bishop, J; Schramm, M; Kopeinin, R; Cartus, O; Kellndorfer, J; Ressler, R; Santos, LA; Schidt, M. 2014. Mad-Mex: Automatic wall to wall land cover monitoring for the Mexican REDD-MRV program using all Landsat data. Remote Sens 6: 3923-3943. DOI 10.3390/rs6053923
- Gobierno de la República de México. 2015. Intended nationally determined contribution (en línea). 8 p. Consultado 20 mar. 2017. Disponible en <http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Mexico%20First/MEXICO%20INDC%2003.30.2015.pdf>.
- Gobierno de la República de México. 2001. Ley de Desarrollo Rural Sustentable (en línea). Diario Oficial de la Federación. 07 dic. Consultado 10 jun 2017. Disponible en http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=756874&fecha=07/12/2001
- Gobierno de la República de México. 2003. Decreto por el que se expide la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y se reforman y adicionan la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y la Ley de Premios, Estímulos y Recompensas Civiles Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (en línea). Diario Oficial de la Federación. México. 25 feb. Consultado 28 abr. 2017. Disponible en http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=705172&fecha=25/02/2003.
- Gobierno de la República de México. 2004. Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales de reforma, adición y derogación de disposiciones a la Ley de Aguas Nacionales (en línea). Diario Oficial de la Federación. México. 29 abr. Consultado 27 abr. 2017. Disponible en http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=672832&fecha=29/04/2004.
- Gobierno de la República de México. 2012a. Ley General de Cambio Climático (en línea). Diario Oficial de la Federación. 6 jun. Consultado 29 abr. 2017. Disponible en <https://www.juridicas.unam.mx/legislacion/ordenamiento/ley-general-de-cambio-climatico>.
- Gobierno de la República de México. 2012b. Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable de reforma y adición a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (en línea). Diario Oficial de la Federación. México. 4 jun. Consultado 29 abr. 2017. Disponible en http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5250133&fecha=04/06/2012.
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México). 2015. Inventario nacional de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero: información de interés, consideraciones metodológicas 1990- 2012 y 2013 (en línea). 3427 p. Consultado 28 mar. 2017. Disponible en http://www.snieg.mx/DocAcervo/INN/documentacion/inf_nvo_acervo/snigma/InvNal_Gas_Comp_Efect_Inver/IIN_Inegi_1990-2013_CN%202013_%20Con_Meto.pdf.
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México). 2018. Acciones nacionalmente apropiadas de mitigación (NAMAs) (en línea, sitio web). Consultado 28 mar. 2017. Disponible en <http://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/acciones-nacionalmente-apropiadas-de-mitigacion-namas>
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México); Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México). 2015. Primer informe bienal de actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (en línea). México, DF. 290 p. Consultado 23 mar. 2017. Disponible en <https://unfccc.int/resource/docs/natc/mexbur1.pdf>

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México). s. f. Eddafología: carta edafológica (en línea, sitio web). Consultado 10 may. 2017. Disponible en <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reconat/edafologia/cartaedafologica.aspx>.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México) 2014a. Guía para la interpretación de cartografía: uso del suelo y vegetación (en línea). Aguascalientes, México. Escala 1:250.000. 195 p. (Serie V). Consultado 28 mar. 2017. Disponible en http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reconat/usosuelo/doc/guia_interusosuelov.pdf.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México). 2014b. Conjunto de datos de erosión del suelo (en línea). Escala 1:250.000. (Serie I Conjunto Nacional (en línea). (Serie I Conjunto Nacional). Consultado 19 jun. 2017. Disponible en <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825004223>.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México). 2016. Estadísticas a propósito del... día internacional de los bosques: . datos nacionales. Panfleto de comunicación del INEGI. 8 DE MARZO DE 2016 Aguascalientes, México. 10 p. Panfleto de comunicación del INEGI, 8 de marzo de 2016. Consultado 3 jun. 2017. Disponible en http://www.inegi.org.mx/sala-deprensa/aproposito/2016/bosques2016_0.pdf.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México). 2017a. Información de uso del suelo y vegetación. Aguascalientes, México. Escala 1:250.000. 88 p. (Serie VI. Aguascalientes, México)
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México). 2017b. North American land change monitoring system (NALCMS). Aguascalientes, México, s. e. 16 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México). 2017c. Información edafológica de los suelos de México. Aguascalientes, México, s. e. 18 p.
- Kermez, S; Dirzo, J. 1992. México ante los retos de la biodiversidad (No. 575.2 S3). Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la biodiversidad (en línea). Reimpreso por Conservation International. Washington DC, Estados Unidos.
- Mas, JF; Couturier, S; Paneque-Gálvez, J; Skutsch, M; Perez-Vega, A; Castillo-Santiago, MA; Bocco, G. 2016. Comment on Gebhardt *et al.* Mad-Mex : automatic wall-to-wall land cover monitoring for the Mexican REDD-MRV program using all Landsat data. Remote Sensing 8(7):6: 3923-3943. DOI 10.3390/rs8070533.
- Muñoz, G; Ruíz, IL; Saldaña, LA. 18 abr. 2017. Monitoreo del Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales (entrevista). Zapopán, México, CONAFOR Nava-Miranda, MG; Ávila-Márquez, HL; Corral-Rivas, JJ; López-Sánchez. 2015. Monafor: aplicación informática para el manejo de datos de sitios permanentes de investigación forestal en México. In Congreso Internacional de Recursos Forestales de la Sociedad Mexicana de Recursos Forestales (#, dic. 2015, Ixtapan de la Sal, México).. 130 p.
- Nava-Miranda, MG; Ávila-Márquez, HL; Corral-Rivas, JJ; Galicia, G; Pineda, M; von Gadow, K. 2016. Una red de sitios permanentes de investigación forestal y de suelos (SPIFYyS) disponible en México (en línea, revista electrónica). Innovación Forestal Conafor 2(9). Consultado 30 abr. 2017. Disponible en http://www.conafor.gob.mx/innovacion_forestal/?p=2951.
- Olguin, M; Wayson, C; Kruz, W; Birdsey, R; Fellow, M; Maldonado, V; López-Merlín, D; Richardson, K; Ángeles, G; Andrade, JL; Arreola, J; Carrillo, O; Caamal, JP; Dupuy, JM; Esparza, L; Hernández, JL; Mascorro, V; Méndez, M; Sánchez, G; Morfin, J; Serrano, E. 2016. Hacia un enfoque Tier 3 en paisajes estratégicos en México: modelos ecosistémicos y sitios de monitoreo intensivo del carbono (en línea). In Congreso Forestal Mundial (145, ; sept. 2015, ; Durban, Sudáfrica). Memorias. Consultado 20 mar. 2017. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Marcela_Olguin/

[publication/304364143](http://publications.unfccc.int/publication/304364143) Hacia un enfoque Tier 3 en paisajes estrategicos en Mexico modelos ecosistemicos y sitios de monitoreo intensivo del carbono/links/576ef61308ae842225a884f2/Hacia-un-enfoque-Tier-3-en-paisajes-estrategicos-en-Mexico-modelos-ecosistemicos-y-sitios-de-monitoreo-intensivo-del-carbono.pdf.

- ONU (Organización Naciones Unidas, Estados Unidos). 1992 convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (en línea). 9 may. 1992. 26 p. Consultado 23 mar. 2016. Disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas, Estados Unidos). 1994. Distr. General A/AC.241/27. Convención de las Naciones Unidas Internacional de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular África (en línea). Asamblea General, Naciones Unidas. 66 p. Consultado 8 abr. 2016. Disponible en <http://www2.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2017-01/Spanish.pdf>.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas, Estados Unidos). 2008. Resolución n° 62/98, 2007. Instrumento jurídicamente no vinculante sobre todos los tipos de bosques (en línea). Resolución aprobada por la Asamblea General el 17 de diciembre 2007 en su 62 periodo de sesiones. Asamblea General, Naciones Unidas. Consultado 14 abr. 2017. Disponible en <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N07/469/68/PDF/N0746968.pdf?OpenElement>.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas, Estados Unidos). 2015. Podemos erradicar la pobreza: objetivos de desarrollo del milenio y más allá de 2015 (en línea, sitio web). Consultado 5 jun. 2017. Disponible en <http://www.un.org/es/millenniumgoals/environ.shtml>.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas, Estados Unidos). 2016a. Resolución n° 70/199, 2015. Instrumento de las Naciones Unidas sobre los bosques (en línea). Resolución aprobada por la Asamblea General, Naciones Unidas el 22 de diciembre 2015 en el 70 periodo de sesiones. Consultado 14 abr. 2017. Disponible en <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N15/450/14/PDF/N1545014.pdf?OpenElement>.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas, Estados Unidos). 2016b. Objetivos de desarrollo sostenible: 17 objetivos para transformar nuestro mundo (en línea, sitio web). Consultado 3 jun. 2017. Disponible en <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas, Estados Unidos). 2016c. Final list of proposed sustainable development goal indicators (en línea, reporte). s. n. t. 25 p. Report of the Inter-Agency and Expert Group on Sustainable Development Goal Indicators (E/CN.3/2016/2/Rev.1). Consultado 5 jun. 2017. Disponible en <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/11803Official-List-of-Proposed-SDG-Indicators.pdf>.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Estados Unidos). 2015. Términos de referencia: experto responsable de la actualización del Inegei (en línea). Consultado 3 may. 2017. Disponible en [http://www.mx.undp.org/content/dam/mexico/docs/Empleo/OfertaMexico/REDD/TdR%20Experto%20Inegei%20\(3\).pdf](http://www.mx.undp.org/content/dam/mexico/docs/Empleo/OfertaMexico/REDD/TdR%20Experto%20Inegei%20(3).pdf).
- SDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, México). 1992. Acuerdo presidencial de creación de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (en línea). Diario Oficial de la Federación 16 mar. 1992. Consultado 6 may. 2017. Disponible en http://www.conabio.gob.mx/web/conocenos/acuerdo_presidencial.html.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México). 2011. Estrategia nacional de manejo sustentable de tierras (en línea). 89 p. Consultado 3 may. 2017. Disponible en http://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/2014/10/Estrategia_Nacional_de_Manejo_Sustentable_de_Tierras.pdf ISBN 978-607-7908-42-5.

- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México). 2013. Acuerdo por el que se expide la Estrategia Nacional de Cambio Climático. Estrategia Nacional del Cambio Climático; acuerdo de creación (en línea). Diario Oficial de la Federación. 3 jun. 2013. Consultado 30 may. 2017. Disponible en http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301093&fecha=03/06/2013.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México). 2014. Programa Nacional Forestal 2014-2018 (en línea). Diario Oficial de la Federación. 28 mar. Consultado 25 abr. 2017. Disponible en http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342498&fecha=28/04/2014.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México); CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, México). 2015. REDD+ en México (en línea, sitio web). Consultado 22 mar. 2017. Disponible en <http://www.conafor.gob.mx/web/temas-forestales/bycc/redd-en-mexico/>.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México); CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, México). 2016. Estrategia Nacional REDD+ (ENA-REDD+) (en línea, sitio web). Consultado 22 mar. 2017. Disponible en <http://www.conafor.gob.mx/web/temas-forestales/bycc/redd-en-mexico/estrategia-nacional-redd-enaredd/>.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México); CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, México). 2018. REDD+ México: estrategia nacional plataforma de participación ENAREDD+ (en línea, sitio web). Consultado 5 abr. 2017. Disponible en <http://www.enaredd.gob.mx/>.
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, México). 2017. Sistema integral de referencia para la vigilancia epidemiológica fitosanitaria (SIRVEF) (en línea, sitio web). Consultado 25 abr. 2017. Disponible en <http://sinavef.senasica.gob.mx/Sirvef/>.
- Serrano Gálvez, E; Rodríguez Franco, R; Reyes, JC; Villela, SA. 2015. Inventario nacional forestal y de suelos de México: transición de un inventario tradicional forestal a un inventario multipropósito. *In* Congreso Forestal (15, sept. 2015, Durban, Sudáfrica). Memorias. 8 p.
- SNIARN (Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales, México). 2010. Compendio de estadísticas ambientales 2010 (en línea). Consultado 15 may. 2017. Disponible en http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServlet3652.html.
- Tovilla-Hernández, C; de la Presa, JC; Infante, DM; López, D; Maldonado, V; Caamal, JP. 2015. Estudio de caso del sitio de monitoreo intensivo de carbono en la Reserva de la biósfera Biósfera La Encrucijada, Chiapas. 42 p. Tapachula, México, Proyecto Fortalecimiento Redd+ y Cooperación Sur-Sur.
- UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). 2010a. Inventario nacional de humedales (en línea, sitio web). Consultado 28 mar. 2017. Disponible en http://www.agua.unam.mx/proyectos_humedales.html.
- UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). 2010b. Estudio interdisciplinario de los humedales de la República Mexicana: desarrollo metodológico para el inventario nacional de humedales y su validación a nivel piloto: estado del arte (en línea). s. l., Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Rural sobre el agua. 1547 p. Documento en revisión. Consultado 6 may. 2017. Disponible en http://www.agua.unam.mx/assets/pdfs/informes_humedales/Estado_Arte.pdf.
- UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). 2012. Estudio interdisciplinario de los humedales de la República Mexicana: desarrollo metodológico para el inventario nacional de humedales y su validación piloto (en línea). s. n. t. 62 p. Informe Resumen. Consultado 10

- jun. 2016. Disponible en <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/102196/InventarioNacionalHumedales.pdf>.
- Valderrama-Landeros, LH; Rodríguez-Zúñiga, MT; Troche-Souza, C; Velázquez-Salazar, S; Villeda-Chávez, E; Alcántara-Maya, JA; Vázquez-Balderas, B; Cruz-López, MI; Ressler, R. 2017. Manglares de México: actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo 1970/1980–2015 (en línea). México, CONABIO. 128 p. Consultado 1 jun. 2017. Disponible en http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/pdf/manglares_mexico_2015.pdf.
- Van der Sande, MT; Poorter, L; Balvanera, P; Kooistra, L; Thonicke, K; Boit, A; Dutrieux, LP; Equihua, J; Gerard, F; Herold, M; Kolb, M. 2017. The integration of empirical, remote sensing and modelling approaches enhances insight in the role of biodiversity in climate change mitigation by tropical forests. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 26-27:69-76.
- Vargas, R; Sánchez-Mejía, ZM. 2016. Final project report: related to the support for a postdoctoral scientes. Agreement between the The Nacional Forestry Commission of México and the University of Delaware. México DF, Conafor. 41 p.

ANEXOS

Anexo 1. Comunicaciones nacionales de México ante la CMNUCC

	Año	Inegi
Primera comunicación	1997	Actualización del Inegi de 1990 (realizada en 1996); se reportaron emisiones de bióxido de carbono (CO ₂), metano (CH ₄) y óxido nitroso (N ₂ O), además de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO _x) y compuestos orgánicos volátiles no metano (Semarnap 1997).
Segunda comunicación	2001	Información de los Inegi 1994, 1996 y 1998. Para el sector USCUS solo hay información del año 1996. No incluye información metodológica para su cálculo.
Tercera comunicación	2006	Estimaciones por fuente y sumidero para el periodo 1990-2002. Estimaciones preliminares de promedios anuales 1993-2002 de emisiones del sector, uso del suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura (USCUS)
Cuarta comunicación	2009	Inegi 1990-2006 elaborado con base en las directrices IPCC 1996 y 2003 para USCUS. Se actualizaron emisiones reportadas en la tercera comunicación de USCUS. Se incluyeron las seis categorías definidas por el IPCC: energía, procesos industriales, solventes, agricultura, y desechos. Se incluyeron los siguientes gases (establecidos en el protocolo de Kioto): bióxido de carbono (CO ₂), metano (CH ₄), óxido nitroso (N ₂ O), hidrofluorocarbonos (HFC), hexafluoruro de azufre (SF ₆) y perfluorocarbonos (PFCs), así como la unidades de CO ₂ equivalente
Quinta comunicación	2013	Estimaciones Inegi 1990- 010, con base en lo establecido en las directrices 1996 del IPCC y 2003 para USCUS (directrices del 2006 se usan para el sector desechos). Se consideraron cinco categorías de seis definidas por el IPCC (no se incluyó la categoría de solventes). Se actualizaron las estimaciones presentadas en la cuarta comunicación. Las emisiones se calcularon por cada GEI del protocolo de Kioto y también en unidades CO ₂ equivalente.

Fuente: Comunicaciones nacionales de México ante la CMNUCC ⁵⁷

- ⁵⁷ Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México) e INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México). 2012. México. Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (en línea). México, DF. 241p. Consultado 1 jul 2017. <http://unfccc.int/resource/docs/natc/mexnc5s.pdf>
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México) e INE (Instituto Nacional de Ecología, México). 2009. México. Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (en línea). México, DF. 150p Consultado 2 jul. <http://unfccc.int/resource/docs/natc/mexnc4s.pdf>. ISBN 978-607-7908-00-5
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México) e INE (Instituto Nacional de Ecología, México). 2006. México. Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (en línea). México, DF. 252p Consultado 1 2017 jul. http://centro.paot.org.mx/documentos/pnud/tercera_comunicacion_nacional_cc.pdf. ISBN: 968-817-811-X
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México) e INE (Instituto Nacional de Ecología, México). 2001. México. Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (en línea). México, DF. 375p Consultado 1 2017 jul. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164170/Segunda_Comunicaci_n_Nacional.pdf. ISBN 968-817-494-7
- Semarnap (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca, México) 1997. México. Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (en línea). México, DF. 150p Consultado 1 2017 jul. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/164169/Primera_Comunicaci_n_Nacional.pdf

Anexo 2. Descripción de las iniciativas

Sistema nacional de información forestal⁵⁸. Este es un instrumento de la política forestal, según lo establecido por la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (Gobierno... 2003). El Art. 39 de dicha Ley establece que el SNIF tiene por objeto registrar, integrar, organizar, actualizar y difundir información relacionada con el quehacer forestal, por medio de una plataforma en línea. El SNIF recopila información forestal de diversas fuentes, tanto dentro como fuera de Conafor; como proveedores externos se identifican otras instituciones gubernamentales y los Sistemas estatales de información forestal⁵⁹. El SNIF es administrado por la Gerencia de Información Forestal de la Conafor.

Sistema nacional de monitoreo forestal. Este sistema está a cargo de la Gerencia del SNMF, la cual se creó recientemente, con base en el Estatuto Orgánico de la Conafor (2016b). Dicha Gerencia es el ente coordinados del ESAN, el INFyS y la parte del SNMB correspondiente a la Conafor.

Estudio satelital anual del índice de cobertura forestal. Este es un instrumento de política establecido en la LGDFS (Gobierno... 2003). Calcula el índice normalizado diferenciado de la vegetación, el cual se ha generado desde el año 2003 a escala nacional. Para ello se emplean imágenes Modis y sus resultados se publican por intermedio del SNIF⁶⁰.

Inventario nacional forestal y de suelos. También es un instrumento de política forestal establecido en la LGDFS (Gobierno... 2003). Se han ejecutado dos ciclos de INFyS 2004-2009 e INFyS 2009-2014. En el 2015 se inició del tercer ciclo del INFyS en una muestra de 26 220 conglomerados donde se levantan más de 100 variables cada cinco años (no siempre se cubre la totalidad de los conglomerados). El diseño de muestreo es estratificado sistemático. Un antecedente importante para el INFyS son los inventarios anteriores, como el Inventario nacional forestal 1961-1985, el INF de gran visión 1991, el INF periódico 1992-1994 y el INF 2000 (SNIARN 2010), los cuales fueron ejecutados con diferentes metodologías, pero sirven como patrón de comparación.

Sistema nacional de monitoreo de la biodiversidad. Surge en el contexto del proyecto Desarrollo de capacidades para el monitoreo de bosques en México, financiado principalmente por la Fundación Gordon y Betty Moore. Inició como proyecto piloto en el 2014, gracias a una estrecha colaboración interinstitucional de entidades gubernamentales y organizaciones de la sociedad civil (Conabio *et al.* 2016). En los años 2015 y 2016 se recolectaron datos de campo. El muestreo en campo cubre (anualmente) el 20% de los sitios de muestreo del INFyS (coordinado por Conafor), y se complementa con muestreo en áreas naturales protegidas y sitios bajo protección (coordinado por Conanp). Su principal indicador es el índice de integridad ecosistémico, el cual se calcula al tener la información de cinco años; por ahora, solo se tienen análisis preliminares⁶¹.

Sistema nacional de monitoreo, reporte y verificación. Este sistema no se ha institucionalizado como tal, sino que su desarrollo empezó en el contexto del Proyecto México-Noruega 2010-2015. Al finalizar el proyecto, se constituyó la Unidad Técnica Especializada en monitoreo, reporte y verificación (2016) en respuesta al proceso iniciado. Esta unidad apoya a la Conafor en el proceso de

58 SNIF. Consultado 3 may. 2017. <http://187.218.230.5/>

59 Algunos SEIF cuentan con plataformas en línea. Véase, por ejemplo, el sitio de SEIF Puebla. Consultado 8 jun. 2017. <http://seif.puebla.gob.mx/>

60 Estudio satelital anual del índice de cobertura forestal. Consultado 20 jun 2017. <http://187.218.230.5/mapas-reportes-y-estadisticas/estudio-satelital-anual-del-indice-de-la-cobertura-forestal>

61 Ibarra, B. 17 abr.2017. Sistema nacional de monitoreo de la biodiversidad (entrevista). Zapopán, México, Conafor.

institucionalización del SNMRV y coordina y supervisa algunas iniciativas; entre ellas, el Mad-Mex, los sitios de monitoreo intensivo de carbono, el sector AFOLU (agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra) bajo la responsabilidad del Inegi y el Sistema De Estimaciones de Biomasa y Carbono que forman parte del SNMRV. La creación de la UTEMRV es un paso hacia la institucionalización del SNMRV⁶².

Sistema para el monitoreo de datos de actividad. Surge en el contexto del fortalecimiento de REDD y la necesidad de contar con información de cobertura en tiempos compatibles con lo establecido por la CMNUCC (informes bienales) y con mayor resolución espacial que la producida por las Usuev. A la fecha, se han desarrollado cinco mapas de cobertura con Rapid Eye (2011, 2012, 2013, 2014 y 2015 –este último aún en post-procesamiento) y siete con Landsat (1993, 1995, 1997, 2000, 2002, 2005 y 2008). El sistema no está totalmente operativo y sus productos están siendo validados⁶³.

Sitios de monitoreo intensivo de carbono forestal. Su desarrollo empieza en el año 2012, apoyados por el proyecto México-Noruega. Los sitios de muestreo se basan en el diseño del INFyS, con estándares de levantamiento de datos y protocolos homogenizados para generar información de utilidad para el SNMRV. Además, algunos sitios cuentan con torres de covarianza de vórtices para el monitoreo del flujo de gases. Los sitios se encuentran en seis estados: Hidalgo, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Chiapas y Sonora (Fondo Sectorial... 2016) y tienen un fuerte énfasis en investigación y uso de datos para la academia.

Sistema de estimaciones de biomasa y carbono⁶⁴. Este sistema nació con el fin de fortalecer el SNMRV; es ejecutado por la UTEMRV y tiene la finalidad de estimar factores de emisión de mayor resolución para los Inegi. El sistema consta de dos módulos, descritos brevemente a continuación:

1. Base de datos: en este módulo se hace control de calidad de los datos de entrada y se construyen las bases de datos. La principal fuente de información es el INFyS (se apoyó el proceso para hacer una base de datos del INFyS integrada, unificada y normalizada); el contenido de carbono en suelos del Programa Mexicano de Carbono (de COLPOS); Alo-México; la base de datos de fracciones de carbono, bases de datos espaciales y el catálogo taxonómico creado por el SNMRV y la UNAM, entre otras.
2. Estimación: utiliza códigos en R para interactuar entre las bases de datos y realizar las estimaciones, las cuales se realizan en tres niveles: 1.- a nivel de observación, 2.-a nivel de sitio y 3.- a nivel de un estrato o tipo de vegetación (en este nivel se utilizan datos espaciales). A través de un árbol de decisión se asigna la mejor ecuación alométrica a una determinada observación, considerando la especie, la aproximación geográfica y la R² de la ecuación.

Inventario nacional de emisiones de gases efecto invernadero. El último Inegi de México se hizo en 2013 e incluyó una actualización del periodo 1990 a 2012. Para este inventario se abandonaron las directrices del IPCC de 1996 y se adoptó la guía de buenas prácticas 2003. El Inecc es responsable del desarrollo del inventario, pero trabaja coordinadamente con Conafor en la elaboración del inventario USCUS. Para este se reportan, en la versión 2013, emisiones y absorciones de tierras forestales, pastizales, tierras agrícolas, asentamientos y otras tierras (Inecc 2015).

⁶² Larios, E. 17 abr. 2017. Unidad Técnica Especializada en monitoreo, reporte y verificación (entrevista). Zapopán, México, Conafor.

⁶³ Meneses, Carmen. 19 abr. 2017. Mad-Mex (entrevista). Zapopán, México, Conafor.

⁶⁴ Larios, E. 5 may. 2017. Sistema de estimaciones de biomasa y carbono y sitios de monitoreo intensivo de carbono (Skype). Zapopán, México, Conafor.

Sistema nacional de monitoreo de tierras con degradación y desertificación de los recursos naturales. Esta iniciativa se enmarca en el cumplimiento de los compromisos ante la CMNULD. En 2008, el entonces Instituto Nacional de Ecología, mediante un proyecto en la cuenca del río Chonchos, inició la formulación de indicadores para evaluar y monitorear la desertificación en México (Conafor 2014). En 2013, se publicó la línea base nacional de degradación de tierra y desertificación (Conafor y UACH 2013) y en 2014, el Protocolo para el SNMTDD (Conafor y UACH 2014); sin embargo, este sistema todavía no está operativo, por lo que el Sinades deberá establecer un grupo de trabajo operativo⁶⁵.

Detección y monitoreo de incendios forestales. Como parte de la Conafor, el Cencif es responsable por la detección y monitoreo de incendios forestales, con insumos del sistema de alerta temprana de incendios (puntos de calor), del MSM, de información meteorológica, reportes de la comunidad y otros. El Cencif ofrece reportes diarios que contribuyen a la toma de decisiones para el manejo de los incendios; además, genera estadísticas históricas⁶⁶. El sistema de alerta temprana (SAT) de incendios es operado por Conabio, y desde 1999 ofrece información sobre puntos de calor identificados por medio de sensores remotos. Actualmente cuenta con una plataforma de visualización espacial (2014) que se actualiza diariamente para mostrar los puntos de calor y una caracterización de los puntos; desde el 2003 se incluye información de los países centroamericanos (Conabio 2017).

Sistema de alerta temprana y evaluación del riesgo de plagas forestales. Esta iniciativa es operada por la Gerencia de Sanidad de la Conafor e incluye el monitoreo de especies exóticas en ecosistemas forestales y puntos de ingreso de mercancías a México. El sistema consta de cuatro elementos: i) conocimiento del riesgo: se generan mapas de alerta temprana para insectos descortezadores y defoliadores, mapas de riesgo de ataque por presencia de plagas forestales nativas y exóticas a nivel género o especie; ii) sistema de medición y monitoreo: incluye actividades de mapeo aéreo, monitoreo terrestre, programa de vigilancia de escarabajos ambrosiales, así como el monitoreo de especies exóticas en vegetación forestal y puertos de ingreso de mercancías a México; iii) difusión y comunicación: se publican mapas de alerta temprana en internet; además, se está diseñando un esquema de difusión y comunicación entre actores y iv) capacidad de respuesta: existe un enlace de sanidad en todos los estados; a la fecha se han aprobado 266 brigadas de tratamiento fitosanitario y se han instalado 32 Comités Técnicos de Sanidad conformados por representantes de diferentes organizaciones e instituciones del sector forestal. También se trabaja en la implementación del Sistema de Mando de Incidentes en caso de contingencias fitosanitarias forestales⁶⁷.

Sistema integral de gestión de apoyos II. Este es un sistema del Pronafor para la gestión interna de apoyos. Da seguimiento a cada una de las solicitudes de apoyo y monitorea su avance en el proceso de asignación de recursos y finiquito, desde la recepción de solicitudes, dictamen técnico, firma de convenio, primer pago, pagos complementarios y finiquito. SIGA II se ejecuta a través de una interfaz o programa desarrollado específicamente para este fin. Una de sus principales funcionalidades es que permite generar las órdenes de pago de manera directa al sistema bancario, para que este proceda y las ejecute; así se elimina la generación de transferencias bancarias o cheques para los pagos a beneficiarios. El SIGA se inició en el 2007, pero no incluía la posibilidad de considerar pagos; en el 2010 se desarrolló la versión II y se espera que en 2018 se tenga una nueva versión⁶⁸.

⁶⁵ García, JF. 18 abr. 2017. Sistema nacional de monitoreo de tierra con degradación y desertificación (entrevista). Zapopán, México, Conafor.

⁶⁶ Coutiño, YA. 19 abr. 2017. Monitoreo de incendios (entrevista). Zapopán, México, Conafor.

⁶⁷ Chavéz, H; Ávila, M. 20 abr. 2017. Operación del sistema de alerta temprana (presentación y entrevista). Zapopán, México, Conafor.

⁶⁸ Moreno, FA; Chávez-Pech, CG. C. 17 abr. 2017. SNIF y SIGA II (entrevista). Zapopán, México, Conafor

Monitoreo del Programa Nacional de Pago por Servicios Ambientales (Pronafor 2016) y fondos concurrentes. La Gerencia de Servicios Ambientales del Bosque de la Conafor utiliza el monitoreo mediante sensores remotos para apoyar la implementación del Programa Nacional PSA. Así se definen las zonas elegibles (escala 1:250.000), y se revisan y evalúan las propuestas con imágenes de alta resolución. Debido a que los apoyos de PSA tienen una duración de cinco años, durante ese periodo además de las revisiones en campo se hacen revisiones anuales con sensores remotos y se calcula el indicador de cobertura forestal arbolada para cada polígono que recibe el apoyo⁶⁹.

Sistema de monitoreo de los manglares de México. Esta iniciativa se inició en el año 2005 con la generación de cartografía nacional a escala de 1:50.000 para conocer la extensión y distribución de los manglares. Actualmente es gestionado por Conabio y consta de tres componentes: i) el componente espacial, que provee indicadores para evaluar la extensión y distribución por medio de sensores remotos y mediciones en campo; ii) el componente experimental, que genera indicadores locales (estructura, biomasa y variables biofísicas) en parcelas de monitoreo permanente (al 2015 había parcelas instaladas en 13 estados); iii) el componente social, con enfoque en el diseño y la instrumentalización de indicadores para medir el efecto de acciones y políticas públicas en el ecosistema. El componente espacial es el más desarrollado y su principal resultado son los mapas para los años 2005, 2010 y 2015 (Valderrama-Landeros *et al.* 2017).

Inventario nacional de humedales. Junto con la UNAM, Conagua coordina la integración del INH, derivado de la convocatoria del Fondo Sectorial de investigación y desarrollo sobre el agua (Conacyt-Conagua 2008). Dicha convocatoria tenía el objetivo de “contar con un inventario nacional de humedales a escala de 1:250.000, basado en imágenes de satélite y cartografía digital...” A raíz de dicha convocatoria, se ejecutó un estudio interdisciplinario de los humedales de la república mexicana: desarrollo metodológico para el inventario nacional de humedales y su validación piloto (UNAM 2012). No se identificó información de actualización y el contacto que aparece en el sitio web no es válido. Se desconoce si hay procesos de actualización en marcha⁷⁰.

Sistema nacional gestión forestal. Este es un instrumento de la política forestal establecido en la LGDFS (Gobierno... 2003). Se encuentra operativo en su versión de plataforma en línea desde el año 2008; allí, los representantes de oficinas estatales de Semarnat pueden gestionar al menos 39 trámites relacionados con el aprovechamiento forestal, en beneficio de productores y centros de almacenamiento y transformación. El SNGF cuenta con un módulo de reportes e indicadores que permite generar información relacionada con el aprovechamiento de los bosques (superficie y volúmenes aprovechados, volúmenes por anualidad, volúmenes por documento de transporte, especies aprovechadas)⁷¹.

Serie de cartas de uso de suelo y vegetación. Las Usuev son elaboradas por el Inegi y representan la cartografía oficial del país en el tema de uso del suelo y vegetación. Ya se han generado cinco series⁷² y la sexta está por terminarse: Serie I- década de 1980, Serie II- década de 1990, Serie III- 2002-2005, Serie IV- 2007-2010, Serie V- 2011- 2014, Serie VI- 2015-2017 (escala 1:250.000, unidad mínima de mapeo 50 ha para áreas de vegetación y 25 ha en agricultura). Para elaborar las Usuev se usan sensores

⁶⁹ Muñoz, G; Ruiz, IL; Saldaña, LA. 18 abr. 2017. Monitoreo del Programa Nacional PSA (entrevista). Zapopán, México, Conafor.

⁷⁰ Inventario nacional de humedales (video). Consultado 3 abril 2017. <http://sigagis.conagua.gob.mx/Humedales/Video.html>

⁷¹ Ríos, R. 31 may. 2017. Sistema nacional de gestión ambiental (entrevista). Ciudad de México, Semarnat.

⁷² Victoria, H. 21 abr. 2017. Cartas de uso de la tierra y vegetación (entrevista). Zapopán, México, Conafor.

remotos (imágenes Landsat a partir de la Serie III, e imágenes Spot para la Serie IV). Las imágenes son clasificadas por expertos a través de clasificación visual, y con verificaciones en campo. La Serie VI contiene i) la distribución geográfica de los tipos de vegetación natural (primaria y secundaria) e inducida; ii) localización de áreas agrícolas; iii) localización de áreas urbanas. La información se integra en 15 capas o archivos *shape* con datos digitales de vegetación, agricultura, fisionomía, nomadismo, altura, cobertura del dosel, especies vegetales, cultivos, actividades pecuarias, actividad forestal, sitios de importancia ecológica, más una capa de unión (áreas agrícolas + cubierta vegetal) y una capa de cambios (unidad mínima de análisis de 4 ha para identificar los cambios). Además de los mapas, el Inegi elabora documentos de apoyo para la interpretación de los mapas; entre ellos, el diccionario de datos de uso de suelo y vegetación, la guía para la interpretación de cartografía de uso de suelo y vegetación y documentos metodológicos. Las cartas utilizan el sistema de clasificación vegetación natural e inducida del Inegi, la cual considera 13 ecosistemas vegetales y 58 tipos de vegetación clasificables por fases sucesionales que hasta el momento permiten generar 219 combinaciones registradas (Inegi 2017a).

Sistema de monitoreo del cambio en la cobertura del suelo de América del Norte. Se trata de una iniciativa conjunta de Estados Unidos, Canadá y México, en el marco de la Comisión para la Cooperación Ambiental⁷³ encargada de monitorear la cubierta física de la superficie terrestre y sus cambios en el tiempo. Las instituciones vinculadas con esta iniciativa en México son la Conabio, la Conafor y el Inegi. El mapa de cobertura del suelo de América del Norte tiene una resolución de 250 m y se han elaborado dos versiones (2005 y 2010) utilizando sensores remotos (Modis). Se utiliza una leyenda homogenizada compuesta por 19 clases, según la propuesta del Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra (LCCS, por sus siglas en inglés) de la FAO. También se cuenta con un mapa de cambios entre 2005 y 2010 (Conabio 2017b); para el 2010 se trabajó un mapa base con imágenes Landsat con una resolución de 30 m (Inegi 2017b).

Serie de cartas edafológicas y estudios de erosión. La cartografía edafológica nacional la realiza el Inegi a partir de la interpretación de imágenes satélite (Landsat y Spot) y verificaciones en campo para obtener información de perfiles de suelo. Se han elaborado dos series: Serie I. 1980-1998 (escala 1:100.000 y 1:250.000), Serie II. 2002-2007 (escala 1:250.000). La tercera serie se encuentra en elaboración y, al igual que la Usuev, los mapas se acompañan de documentos de interpretación. Las cartas edafológicas muestran la ubicación, distribución espacial y presencia de limitantes físicas y químicas de los diferentes grupos de suelos presentes en el territorio mexicano. Cada serie incluye un conjunto de datos de perfiles de suelos (escala 1:250.000) (Inegi 2017c). Los suelos se clasifican de acuerdo al estándar mundial de referencia base de la FAO, adaptado a México por el Inegi. Además de la cartografía edafológica, se ha realizado cartografía de erosión de suelos a escala de 1:250.000; para la elaboración de la Serie I se procesaron 5000 sitios de verificación en campo entre 2009 y 2013.

Monitoreo de la sequía en México. Esta iniciativa se inició en el 2002, en el marco de las actividades del Monitor de la Sequía en América del Norte (NADM, por sus siglas en inglés); sin embargo, recién en el año 2014 se implementó a nivel nacional. El Monitor de la Sequía en México (MSM) describe la intensidad de la sequía a través de un consenso de indicadores meteorológicos, hidrológicos y vegetativos (Conagua 2017). En la actualidad, emite comunicados quincenales.

⁷³ North American land change monitoring system. Consultado 13 may. 2017). <http://www.cec.org/tools-and-resources/north-american-environmental-atlas/north-american-land-change-monitoring-system>

Sitios permanentes de investigación forestal y suelos (también conocidos como sitios de monitoreo en paisajes forestales). México tiene una red de 3669 sitios de monitoreo en bosques productivos. Desde el año 2007, la Universidad Juárez del Estado de Durango ha establecido 479 sitios, mientras que 3190 fueron instalados por mandato de la Conafor entre 2013 y 2014 (Nava-Miranda *et al.* 2016). Los datos obtenidos se procesan con Monafor, una aplicación informática para el monitoreo nacional forestal desarrollada por la UJED (Nava-Miranda *et al.* 2015). A finales del año 2015, 183 parcelas contaban con dos mediciones^{74 y 75}. Las parcelas han sido establecidas con la guía para el establecimiento, seguimiento y evaluación de sitios permanentes de monitoreo en paisajes productivos forestales, con el fin de estandarizar procedimientos. Con la implementación del SPIFyS se pretende: i) generar información para el desarrollo y validación de modelos de crecimiento, ii) estimar el potencial productivo, iii) proporcionar datos sobre el efecto de la silvicultura en el crecimiento de especies comerciales, iv) cumplir con el principio 8 (monitoreo y evaluación) del estándar de certificación forestal del Consejo de Administración Forestal (FSC) (Corral-Rivas *et al.* 2013).

Sistema nacional de información de plantaciones forestales comerciales. Esta iniciativa se encuentra en fase de diseño; únicamente se tuvo acceso a un documento preliminar en donde se establecen objetivos, alcance, normatividad, fuentes de información, usuarios, procedimientos generales de operación, información que debe contener, ciclos de actualización, vinculación con otros sistemas. Inicialmente, este sistema se centrará en plantaciones comerciales forestales con especies maderables y recopilará información de carácter social, económico y físico-biológico. Su objetivo general es desarrollar instrumentos de colecta, captación, almacenamiento, manejo, análisis y difusión de información relacionada con las plantaciones comerciales forestales en México⁷⁶. El proyecto es financiado con fondos del BID-GEF y será ejecutado por la Gerencia de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales de la Conafor.

⁷⁴ Corral-Rivas, JJ. 6 jun.2017. Sitios permanentes de investigación forestal y suelos (entrevista) Durango, México. Universidad Juárez del Estado de Durango.

⁷⁵ Monitoreo en paisajes productivos forestales (video) Consultado 23 mar. 2017. <https://www.youtube.com/watch?v=FEb9BlcnF18>

Anexo 3. Objetivos, indicadores y metas del Programa Nacional Forestal (2014-2018)

Objetivos específicos	Indicadores	Meta
Incrementar la producción y productividad forestal sustentable	1. Tasa de variación de la producción forestal maderable	Incrementar en un 86% la producción forestal maderable.
	2. Porcentaje del valor de la producción obtenida a partir del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales	Incrementar la participación del valor de la producción forestal, respecto del valor del aprovechamiento de los recursos naturales (de 14 416 a 26 813 mdp).
	3. Tasa de variación de la superficie certificada en prácticas de buen manejo forestal	Incrementar la superficie forestal bajo manejo certificada de 1,28 a 2,5 Mha.
Impulsar la conservación y restauración de los ecosistemas forestales	4. Tasa de variación de la superficie conservada a través de pago por servicios ambientales	Incrementar la cobertura de superficie vigente bajo PSA de 2,8 a 3,1 Mha.
	5. Porcentaje de cobertura de la superficie forestal rehabilitada o restaurada	Reforestar y restaurar un millón de hectáreas.
Proteger los ecosistemas forestales	6. Tasa de deforestación neta anual de bosques y selvas	Disminuir la tasa de deforestación neta anual de -0,24 a -0,20.
	7. Tasa de variación de la superficie promedio anual de arbolado adulto y renuevo afectada por incendios forestales	Reducir la superficie promedio anual afectada en arbolado adulto y renuevo a 27 921 ha.
	8. Proporción de productos forestales maderables pertenecientes al mercado legal	Incrementar la producción forestal maderable de origen lícito de 72,4 al 100%.
Impulsar y fortalecer la gobernanza forestal y el desarrollo de capacidades locales	9. Porcentaje de ejidos y comunidades que pasan a una tipología superior de productores incrementando sus capacidades organizativas	Incrementar en 1037 ejidos y comunidades que pasan a una tipología superior.
	10. Índice de participación social en el sector forestal	Transitar de 1 a 1,28.
Promover y propiciar un marco institucional facilitador del desarrollo forestal sustentable	11. Índice de la Estrategia nacional REDD+ en operación	Transitar de 1 a 6,9.
	12. Emisiones de CO ₂ e evitadas por reducción de deforestación y degradación forestal	Evitar la emisión de 8 750 000 toneladas de CO ₂ equivalente, en AAT-REDD+.
	13. Tasa de variación de los recursos financieros otorgados al sector forestal por la banca de desarrollo	Incrementar en un 30% el monto de los créditos destinados al sector forestal, respecto a lo registrado en el año 2012.

Fuente: Semarnat (2014)

Anexo 4. Ejemplos de variables e indicadores generados por iniciativas de monitoreo forestal que contribuyen al MRV en el contexto de REDD

Elementos de interés para MRV	Iniciativa que aporta (acrónimo)	Ejemplos de variables/indicadores	Escala
Datos de actividad			
Cambios en la cobertura	Usuev Mad-Mex NALCMS	Cambio de cobertura	Nacional 1:250.000
	SMMM	Superficie de cambio de manglar y tasa de cambio	Nacional 1:50.000
Clases de bosque	Usuev	Superficie nacional ocupada por vegetación natural o inducida (general y desagregado por tipo de formación vegetal, 58 tipos de vegetación) Superficie por tipo de vegetación (58 tipos) que pertenecen al tipo primaria/secundaria (en distintas fases funcionales); 219 combinaciones registradas hasta el momento	Nacional 1:250.000
	Mad-Mex	Superficie por cobertura de uso de suelo	Nacional 1:100.00 1:20.000
	NALCMS	Superficie por cobertura del suelo (19 clases, FAO)	Regional (E.U. Canadá y México)
	SNMM	Cobertura vegetal y usos del suelo en áreas adyacentes al manglar	Nacional 1:50.000
Factores de emisión			
Biomasa viva por encima del suelo	SMIC* INFyS SPIFYs	Número de individuos (género y especie) Variables dasométricas (dap, altura total, altura del fuste, altura de raíz en Rm, área de cobertura de copa) Número de renuevos y mediciones (altura, peso, grosor) Extracción Mortalidad natural Cosecha de biomasa de neumatóforos, flores, frutos y propágulos Densidad Volumen promedio estimado en metros cúbicos por hectárea por tipo de formación (bosques, selvas) Área basal por hectárea Incremento medio anual	Local/ecosistema prioritario Local/muestreo nacional Local/sitios productivos
Biomasa viva subterránea	SMIC*	Biomasa viva de raíces vivas	Local/ecosistema prioritario
Materia orgánica muerta (madera)	SMIC*	Número de árboles muertos por especie Dap de árboles muertos en pie, diámetro y longitud de fustes o trozos	Local/ecosistema prioritario
Materia orgánica muerta (hojarasca)	SMIC *	Hojarasca	Local/ecosistema prioritario

Elementos de interés para MRV	Iniciativa que aporta (acrónimo)	Ejemplos de variables/indicadores	Escala
Materia orgánica del suelo	SMIC *	Análisis de laboratorio en muestras de suelo con cinco profundidades distintas (0-10, 10-20, 20-30, 30-50 y 50-100 cm) para determinar concentración de carbono, profundidad de suelo, densidad del suelo	Local/ecosistema prioritario
	SPIFYS	Análisis de laboratorio en muestras de 30 cm, composición del suelo básico físico (incluye porcentaje de arena, limo, arcilla, materia orgánica, pH y CH en cm/h)	Local/sitios productivos
Ecuaciones alométricas	SEBC	Asignación de variables alométricas más adecuadas por tipo de cobertura	
Flujos de gases	SMIC*	Intercambio ecosistémico de carbono (CO ₂ , CH ₄)	Local/ecosistema prioritario

*Los ejemplos de indicadores de SMIC pertenecen al sitio "La Encrucijada", Chiapas ubicado en ecosistema de manglar (Tovilla-Hernández *et al.* 2015).

Anexo 5. Variables e indicadores que contribuyen al monitoreo en el manejo forestal sostenible

Elemento / subelemento de MFS	Iniciativas que aportan	Ejemplos de variables /indicadores	Escala
Extensión de los recursos forestales			
Superficie de bosque	Usuev Mad-Mex NALCMS SMMM INH	Superficie por tipo de vegetación (58 tipos) que pertenecen al tipo primaria/secundaria (en distintas fases funcionales); 219 combinaciones registradas hasta el momento Superficie por cobertura de suelo (12 clases) Superficie por cobertura del suelo (19 clases definidas conforme al LCCS de la FAO) Superficie de manglares Superficie de humedales	Nacional 1:250.000 Nacional 1:100.000, 1: 20.000 Regional (E.U., Canadá y México) Nacional Nacional
Propiedad del bosque	INFyS	Superficie forestal por tipo de propiedad (pública, privada, social)*	Nacional
Reservas en crecimiento	INFyS SMIC SPIFyS	Número de individuos (género y especie) Variables dasométricas (dap, altura total, altura del fuste, altura de raíz en Rm, área de cobertura de copa)	Local/ecosistema prioritario Local/muestreo nacional Local/sitios productivos en 13 estados
Extracciones	SPIFyS SMIC	Aprovechamiento Extracciones	Local/ecosistema prioritario Local/sitios productivos en 13 estados
	SNGF	Volumen por documento de transporte Volumen aprovechado por especie	Local/sitios productivos a nivel nacional
Diversidad biológica			
Flora	INFyS SMIC SPIFyS	Individuos por género y especie	Local/ecosistema prioritario Local/muestreo nacional Local/sitios productivos en 13 estados
Fauna	SNMB	Índice de diversidad acústica (total, diurno y nocturno) Integridad ecosistémica Huellas y excretas de animales Registros de especies en categoría de riesgo de extinción	Local/muestreo nacional
Salud y vitalidad de los bosques			
Estructura	INFyS SMIC SPIFyS	Número de individuos por género y especie Número total de individuos Índices de riqueza de especies Dap, altura Ubicación de los individuos	Local/ecosistema prioritario Local/muestreo nacional Local/sitios productivos en 13 estados
Calidad	INFyS SMIC SPIFyS	Número de especies Presencia de especies	Local/ecosistema prioritario Local/muestreo nacional Local/sitios productivos en 13 estados
Vitalidad	INFyS	Proporción de individuos de regeneración por condición de vigor (sin vigor, muy pobre, pobre, bueno, óptimo)	Local/muestreo nacional

Elemento / subelemento de MFS	Iniciativas que aportan	Ejemplos de variables /indicadores	Escala
Amenazas	INFyS	Proporción de individuos del renuevo y vegetación arbustiva que manifiesta algún factor de daño por nivel de daño (leve, moderado, fuerte y severo); agente causal dominante (incendio, insectos, viento, enfermedad, plantas parásitas, etc.) Frecuencia de impactos ambientales según nivel de severidad (no perceptible, leve, moderado, fuerte) Proporción de agentes causales de disturbio (plagas y enfermedades, pastoreo, incendios, inundaciones, huracanes, líneas eléctricas, según nivel de severidad, cambios en el uso del suelo, asentamientos humanos, apertura de caminos, actividad minera)	Local/muestreo nacional
	Monitoreo de incendios	Número de incendios forestales/unidad de tiempo Número de hectáreas afectadas por incendio Proporción de incendios por rango de tamaño (menos de 5 ha, 6 a 10, 11 a 20, 21 a 50 y 51 o más ha), por rango de duración del incendio (1 día, 2-3 días, 4-7 días, más de 7 días)	Nacional (por estado)
	Monitoreo de plagas	Distribución de especies hospederas de escarabajos ambrosiales Grado de riesgo de presencia y ataque por agente causal (descortezador y defoliadores) (mapa de alerta temprana) Plagas exóticas (mapas de riesgo para especies exóticas- Sirex noctilio y Anaplophora Glabripennis)	Nacional
	SNS	Área nacional con afectación de sequía e intensidad.	Nacional
Funciones productivas de los recursos forestales			
Área de bosque plantado	SNMPFC** SNGF	Superficie plantada en la modalidad de Plantaciones Forestales Comerciales Informes de ejecución de plantaciones con aprovechamiento maderable.	Nacional
Áreas de reforestación y forestación	SNIF / sistemas internos gerencias	Superficie que ha recibido apoyo para efectuar labores de reforestación y forestación (Pronafor)	Nacional
Extracción de maderables	SNMFC SNGF	Producción en Plantaciones Comerciales Forestales Volumen aprovechable Volumen aprovechado por anualidad Volumen por documento de transporte Volumen aprovechado por especie	Local/sitios productivos a nivel nacional
Extracción de no maderables	SNGF		
Funciones de protección de los recursos naturales			
Uso de los recursos	SNGF	Volumen aprovechado por especie	Nacional
Uso sostenible	SPIFyS SNGF	Volumen aprovechable por ha. anual Volumen aprovechado por anualidad	Local/13 estados Nacional
	SNIF / sistemas internos gerencias	Hectáreas bajo manejo certificado Hectáreas apoyadas para realizar prácticas de cultivo forestal, de conservación de la biodiversidad y de mejoramiento del hábitat Superficie con autorización de manejo forestal vigente	Nacional (por estado)

Elemento / subelemento de MFS	Iniciativas que aportan	Ejemplos de variables /indicadores	Escala
Funciones socioeconómicas			
Beneficiarios	SNIF / sistemas internos gerencias	Número de ejidos, comunidades o uniones apoyados para fortalecer la gobernanza y el desarrollo de capacidades	Nacional
	SIGA II	Proporción de apoyos otorgados a mujeres Proporción de apoyos con recursos asignados que se ubican en municipios de la Cruzada Nacional Contra el Hambre Proporción de apoyos otorgados en municipios indígenas Proporción de apoyos con recursos asignados	Nacional (por estado)
Servicios de los bosques	SNMTDD	Indicador integrado de degradación del recurso biótico Indicador integrado de degradación del recurso edáfico Indicador integrado de degradación del recurso hídrico Indicador integrado de degradación de tierras	Nacional (solo línea base)
	MNPSA	Zonas elegibles para recibir apoyos de PSA (servicios ambientales hidrológicos y conservación de la biodiversidad) Número de hectáreas que reciben PSA	Nacional

* Información publicada en el reporte del INFyS 2004-2009 con base en el Catastro Rural Histórico.

** Iniciativa aún en diseño, los indicadores mencionados son propuestos, sin embargo todavía no están disponibles

Anexo 6 Principales tecnologías utilizadas por las iniciativas de monitoreo forestal que utilizan sensores remotos

Acronimo	Imágenes/sensores	Software	Corrección geométrica ¹	Corrección radiométrica y atmosférica ²	Datos auxiliares para clasificación de cambios y descripción de cambios	Emascaramiento de nubes ³	Análisis de cobertura ⁴	Análisis de cambios ⁵	Método de evaluación ⁶	Almacenamiento y memoria de procesamiento
ESAN	Modis	ArcGIS, ER-Mapper			Usuev, capas vectoriales como carreteras y zonas urbanas	En ER-Mapper de manera manual	Cálculo del NDVI	Resta NDVI entre años		Se guarda en DVD, disco duro de la computadora para guardar y procesar información
Mad-Mex	Rapid Eye (2011-2015) Landsat 7 y 5	Herramienta Mad-Mex elaborada en Python	Proporcionada por los oferentes	Ledap (para Landsat 5, 7 y 9)	Usuev (áreas de entrenamiento) Análisis de Outlier	FMASK Desarrollo propio	See5/C5 Segmentador de Berkeley	IMAD- IMHF	Pontus Olofson	
SMIC	Lidar, Modis Landsat, Rapid Eye ^c									
MON-IND	Modis VIIRS (focos de calor) Landsat 8 Firms Maryland	Contextual fire detection algorithm (para focos de calor) ArcGIS, QuantumGIS Google Earth Pro	Proporcionada por los oferentes	Especificada por los oferentes		Proporcionada por los oferentes	Clasificación no supervisada basada en pixeles	Algoritmo mezcla de firmas espectrales		Discos duros, servidores
SAT-Plagas	Monitoreo aéreo Landsat 8 (en proceso)	ArcGIS								
MNPSA	Spot 6 y 7	Erdas (clasificación no supervisada) ArcGIS.				Imágenes multitemporales	Erdas			
SMMM	Spot 5, 6 y 7 Fotografías panorámicas de alta resolución (para validación)	ArcGIS			Sobrevuelos, cámaras de alta resolución, aeronave con montaje de equipo fotográfico					
INH	Modis, Landsat, Aster, Spot									
Usuev	Spot, Landsat 5 y 8	ArcGIS	Preprocesamiento en el Inegi	No	Validación en campo y INFYS	No	Interpretación visual	Interpretación visual para actualización	No	Discos duros, en la web

Acronimo	Imágenes/sensores	Software	Corrección geométrica ¹	Corrección radiométrica y atmosférica ²	Datos auxiliares para clasificación de cambios	Enmascaramiento de nubes ³	Análisis de cobertura ⁴	Análisis de cambios ⁵	Método de evaluación ⁶	Almacenamiento y memoria de procesamiento
NALCMS	Modis Landsat	QuantumGIS ArcGIS				Imágenes multitemporales	See5/C5 Smart elimination	See5/C5	Pareada / por cada país	Web
SCE	Spot, Landsat Lidar, imágenes generadas por drones (a nivel experimental)	ArcGIS								
SPiFYs		QGIS			Excel, Microsoft SQL server, R	Python, PHP				

1 Corrección geométrica p.e., Proporcionado por el oferente de los sensores, TerraAmazon, Erdas, Orto y/o Rectificación realizada de forma interna en el país.

2 Corrección radiométrica y atmosférica p.e., Especificaciones de los oferentes Landsat, CBERS, DMC, LISS; especificaciones del oferente RapidEye, Ledaps, TerraAmazon, Google Earth Engine. Especificaciones en Erdas, CLASite

3 Enmascaramiento de nubes p.e., FMASK, desarrollo de algoritmos, imágenes multitemporales

4 Análisis de cobertura p.e., Clasificación supervisada basada en objetos, clasificación supervisada basada en píxeles, clasificación no supervisada, clasificación manual-visual, análisis de escenas individuales, Google Earth Engine, algoritmos de clasificación, segmentadores

5 Análisis de cambios. Google Earth Engine, iMAD-MAF, algoritmo Universidad de Maryland, algoritmo Mezclas de firmas espectrales-TerraAmazon, sobreposición de mapas de cobertura, detección manual-visual de cambios

6 Métodos de evaluación p.e., Metodología de Pontus, matrices de confusión, muestreo aleatorio estratificado, muestreo tipo cluster, muestreo estratificado en dos etapas

Los ejemplos anteriores fueron tomados del estudio Estado del monitoreo forestal en Latinoamérica y el Caribe: tipos de iniciativas y uso de tecnologías, desarrollado en el 2016 para el proyecto "Mecanismos y redes de transferencia de tecnología relacionada con el cambio climático en América Latina y el Caribe- Sector Forestal"

Anexo 7. Principales tecnologías utilizadas por los distintos SMIC

Ubicación	Tipo de bosque y condición	Perturbación dominante	Principales tecnologías	Institución responsable
Chiapas	Manglar en reserva de la biósfera	Extracción selectiva, incendios y azolvamiento	Ocho conglomerados tipo INFyS, Lidar, imágenes Landsat, Modis, Radar, torre de covarianza de vórtices	Colegio de la Frontera Sur, University of Delaware
Hidalgo	Coníferas en bosques productivos ejidales	Producción maderable	40 conglomerados, Lidar, imágenes Rapid Eye y Landsat, torre de covarianza de vórtices	Colegio de Postgraduados
Quintana Roo	Tropical subperennifolio en área de protección y manejo comunitario	Agricultura itinerante, extracción de madera	32 conglomerados, Lidar, imágenes Rapid Eye y Landsat	U'yoolche A.C.
Yucatán	Tropical subcaducifolio en área de conservación privada	Agricultura itinerante, pastoreo	32 conglomerados, Lidar, imágenes Rapid Eye, y Landsat, torre de covarianza de vórtices	Centro de Investigación Científica de Yucatán
Sonora	Tropical caducifolio en área de conservación privada dentro de reserva de la biósfera	Pastoreo, extracción de madera	24 conglomerados, Lidar, imágenes Landsat y MODIS, torre de covarianza de vórtices	Instituto Tecnológico de Sonora

Fuente: Fondo Conacyt-Conafor (2017)

Anexo 8. Principales tecnologías utilizadas por las iniciativas de monitoreo forestal que realizan recolección de información en campo

Acronónimo	Diseño muestral	Colecta en campo	Almacenamiento	Control de calidad	Análisis / manejo de datos	Software plataformas para colecta de datos	Escalar información
INFyS	Muestreo estratificado (conglomerados)	Equipo tradicional (fichas de papel, GPS, cinta diamétrica, clinómetro)	Físico (formato papel), Tarjetas SD, Discos duros, servidores	Control de gabinete, SACC ^a , Supervisión interna (2004 al 2014), supervisión externa (2004.2011), controles post campo	Access/ Excel Sistema Gestor de Base de Datos Microsoft SQL server	Java (2016, transferencia de papel a digital), Access (2004-2014), Q+, QML (2015)	Web del SNIF, Portal datos.gob.mx Informes impresos
INFySCapp	Por ahora solo pruebas piloto	Equipo tradicional, pero la información se captura en aplicación móvil	Tarjetas SD, app.	Controles en campo al momento de capturar la información en la app, restricciones de captura	SQL, SQLite, Talend (homogenizar variables de distintas bases de datos)	Q+, QML, C++	
SNMB	20% muestreo del INFyS	Fichas en papel, cámara trampa, grabador de sonido acústico y ultrasónico Transectos (rastros de excretas y huellas), puntos de conteo y registros extras	Memorias SD, discos duros extraíbles y en el sistema de captura (servidor) en Conabio	Revisiones manuales y algoritmos la plataforma para captura de datos. Pruebas SACC SACC-PC01, SACC PC17, SACC PC12, SACC-PC13. Estipuladas en el manual de procedimientos	Excel, SQLite	Acces (2014), Java (web) (2014.2107) SQLite	
SMIC	Unidades de muestreo tipo INFyS	Cosecha de biomasa, nucleador de acero (muestras de suelo), transectos para biomasa de madera muerta Torre de covarianza de vórtices (torres de flujos), entre otros ^c	Físico (formatos papel), Tarjetas SD y discos duros	Controles post campo, Trabajo exhaustivo en campo, minimiza errores de captura	Acces, Exel, SQL Eddy Pro 6.0.0 ^d (torre de flujo)	LI-7200200L ^d (torre de flujo)	Artículos científicos
MON-IND		Rondas de inspección, torres de detección, Informes de incendios forestales y levantamiento de polígonos (GPS track)	Discos duros y servidores	Revisión de inconsistencia técnicas en polígonos y en los formatos de informe de los incendios forestales	Excel, Acces, ArcGIS, QuantumGIS	Excel	

Acrónimo	Diseño muestral	Colecta en campo	Almacenamiento	Control de calidad	Análisis / manejo de datos	Software plataformas para colecta de datos	Escalar información
SAT-Plagas	En base al riesgo	Rutas de trampeo (escarabajos ambrosiales) Trampas multiembudo con atrayentes generales (monitoreo en zonas forestales y puntos de ingreso) Monitoreo terrestre de plagas nativas. Formatos en papel y dispositivos móviles (rutas de trampeo) Monitoreo aéreo ^e	Servidores (escarabajos ambrosiales) Computadoras (especies nativas y mapeo aéreo)		ArcGIS, Maxent, modelos de predicción de riesgo	Electrónica y aplicación móvil del Sirvef ^b Software Geo-Link, Map-Source	Sitio web de Conafor, Sistema de vigilancia y control fitosanitario forestal (en construcción)
SPIFyS	Lidar, imágenes generadas por drones (a nivel experimental)	Formatos en papel, GPS, hipsómetro Vertex III o superior, brújula para medir azimuth, cinta diamétrica, forcípula, barrena para tomar muestra suelo, otro equipo básico (placas, cintas, clavos, etc. Uso de app como piloto en el estado de Durango para captura de información		Restricciones al momento de captura la información la app (incluye catálogo de especies)	Excel, Microsoft SQL server, R	Python, PHP	

a Sistema de aseguramiento de control y calidad

b Sirvef (Sistema integral de referencia para la vigilancia epidemiológica fitosanitaria)

c Ver Anexo 7 para información desagregada por sitio

d Ver Anexo 9 para información detallada de programas utilizados en el manejo de la torre de flujos

e GPS, computadora portátil de uso duro unidad Trimble (bluetooth) , avión (rentado) es el equipo utilizado para el monitoreo aéreo.

Anexo 9. Programas utilizados en el manejo de la torre de covarianza de vórtices

Nombre del programa	Utilidad	Fuente
LI- 7x100 file Viewer 1.0.4	Programa utilizado para cargar y graficar la información cruda de 10 hz usando archivos ghg	Descarga directa del sitio web de Licor
LI- 7200200L LI- 750...	Programa usado para programar el sistema, calibrar el LI- 7200, registrar datos, guardad el archivo de configuración del sistema	Descarga directa del sitio web de Licor
LI-7700 1.0.5	Programa para calibrar el sensor de metano LI- 7700	Descarga directa del sitio web de Licor
Xterm-for-pc	Programa para comunicarse con el biomet data logger Surton Xlite 9210	Descarga directa del sitio web de Sutron
Wind v 108- 01	Programa para configurar el sensor de viento Gill Wind Mater Pro	Descarga directa del sitio web de Gill
Eddy Pro 6.0.0	Programa para procesar la información	Descarga directa del sitio web de Licor

Fuente: Vargas y Sánchez-Mejía (2016)

Anexo 10. Ventajas y desventajas para la transferencia de tecnologías priorizadas

Acrónimo	Tecnología priorizada	Ventajas	Desventajas
Mad-Mex	Programación en Python	Agiliza la cadena de producción	Conocimiento técnico especializado para programar en Python
	Segmentador de Berkeley	Excelente resultado	Costo monetario
	Uso de la nube para almacenamiento y procesamiento (p.e. SEPAL https://sepal.io/)	Facilita el acceso a las imágenes y el procesamiento	Costo monetario
INFyS Capp	Aplicación móvil para captura de datos en campo	Ingreso de información limpia en campo; se elimina la digitalización, con lo que se evitan errores de captura o digitalización.	Curva de apropiación y aprendizaje
SEBC	Automatización del proceso Automatización de árbol de asignación de modelos alométricos	Depuración y homologación de variables incluidas en las bases de datos	El mapeo de variables de bases de datos heterogéneas toma mucho tiempo.
	Catálogo estandarizado de nomenclatura botánica	Homogenización de nombres de plantas mediante un solo sistema de clasificación Uso de "taxonstand".	Trabajo previo y limpieza de nombres antes de usar el <i>software</i> de estandarizaciones
	Bases de datos de modelos alométricos, fracciones de carbono, densidades de madera	Estandarización y disponibilidad de información	Tiempo para su elaboración
	Script en R para estimaciones de carbono	Automatización del proceso <i>Software</i> R es gratuito	Conocimiento técnico especializado
SAT-Plagas	Monitoreo aéreo (mapeo aéreo)	<i>Software</i> de manejo sencillo Poca capacitación al personal Licencia del <i>software</i> es fácil de conseguir	Renta del equipo aéreo y del <i>hardware</i> . Cartografía nacional a 1:50.000 cómo mínimo
	Esquema del sistema de alerta temprana	Sencillo y práctico; toma en cuenta elementos universales para el manejo de riesgos	Información especializada sobre plagas y enfermedades cartografiadas Financiamiento para su operación
ESAN	<i>Software</i> para procesamiento de imágenes (ArcGIS, ER-Mapper, Erdas)	Metodología establecida y documentada; poca capacitación; manejo de <i>software</i> de conocimiento universal	Licencia comercial de alto costo; las imágenes Modis presentan problemas con sus tomas
MON-IND	Imágenes Landsat 8	Genera información de superficies exactas afectadas por incendios Imágenes gratuitas	La periodicidad de las imágenes (cada 16 días) no es adecuada para dar seguimiento a incendios de corta duración. La propagación del incendio es observable en periodos de un mes o más.
CEVMF*	Repositorio digital Campus virtual	Usa plataformas gratuitas Por ser virtual, no importa la ubicación física de los usuarios	Se requiere mucha difusión

Acrónimo	Tecnología priorizada	Ventajas	Desventajas
SNMB	Cámaras trampa	<p>Monitoreo automatizado en campo es costo-eficiente (día y noche)</p> <p>No se requiere personal especializado para manipular el equipo (capacitación sencilla)</p> <p>Soporta condiciones ambientales extremas</p> <p>Imágenes de alta calidad</p> <p>Genera videos en HD</p> <p>Ayuda a la identificación de organismos</p> <p>Genera registros de especies conspicuas o de actividades extrañas</p> <p>De fácil camuflaje</p>	<p>Garantía de los diferentes modelos</p> <p>Vida útil del equipo</p> <p>Posible extravío por interés monetario o actividades ilícitas</p> <p>Utilización de baterías en gran cantidad</p> <p>Se requiere personal especializado para la interpretación de especies</p>
	Grabadora de sonidos SM3- BAT	<p>Monitoreo automatizado en campo</p> <p>Soporta condiciones ambientales extremas</p> <p>Grabación de sonidos audibles (acústicos) y ultrasónicos</p> <p>Integración de <i>software</i> para al análisis</p> <p>No se requiere personal especializado para instalación</p>	<p>Costo elevado (aprox. 40 000 mx equivalente a USD2600)</p> <p>Para análisis de murciélagos y aves se requiere <i>software</i> de apoyo de alto costo</p> <p>Por su peso (3 kg), el grabador no es fácil de transportar</p> <p>Se requiere personal especializado para el análisis de la información</p>
	Cliente captura (escritorio) <i>software</i> para captura de datos de papel a digital.	<p>Integración de la base de datos y archivos digitales</p> <p>Almacenamiento de información</p> <p>Validación de registros</p>	<p>La visualización de archivos digitales posterior a la transferencia todavía está en prueba.</p> <p>Falta homologar esta base de datos con la del INFyS</p>

*Se incluye el CEVMF como una iniciativa en esta sección, ya que se considera pertinente visualizar la importancia del centro en la capacitación en temas de monitoreo forestal y uso de tecnologías digitales.

Elaborado a partir de información proporcionada por asistentes al taller de validación realizado en Zapopán, Jalisco, jun. 2017.



CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales.

Sus miembros son Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

