

Estado del monitoreo forestal en Latinoamérica y el Caribe

Tipos de iniciativas y uso de tecnologías

Freddy Argotty
Emily Fung
Pablo Imbach
Claudia Medellín
Oswaldo Carrillo
Eder Larios
Gloria Islas
David López
Miguel Muñoz Maldonado

División de Cambio Climático

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-01690

Julio 2019

Estado del monitoreo forestal en Latinoamérica y el Caribe

Tipos de iniciativas y uso de tecnologías

Freddy Argotty

Emily Fung

Pablo Imbach

Claudia Medellín

Oswaldo Carrillo

Eder Larios

Gloria Islas

David López

Miguel Muñoz Maldonado

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)

Julio 2019

Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del

Banco Interamericano de Desarrollo

Estado del monitoreo forestal en Latinoamérica y el Caribe / Freddy Argotty, Emily Fung, Pablo Imbach, Claudia Medellín, Oswaldo Carrillo, Eder Larios, Gloria Islas, David López, Miguel Muñoz Maldonado.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 1690)

Incluye referencias bibliográficas.

ISBN 978-9977-57-709-8 (PDF)

1. Forest monitoring-Latin America. 2. Forest monitoring-Caribbean Area. 3. Forest management-Latin America. 4. Forest management-Caribbean Area. 5. Deforestation-Latin America. 6. Deforestation-Caribbean Area. 7. Climatic changes-Latin America. 8. Climatic changes-Caribbean Area. I. Argotty, Freddy. II. Fung, Emily. III. Imbach, Pablo. IV. Medellín, Claudia. V. Carrillo, Oswaldo. VI. Larios, Eder. VII. Islas, Gloria. VIII. López, David. IX. Muñoz Maldonado, Miguel. X. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Cambio Climático. XI. Serie. IDB-TN-1690

Códigos JEL: Q2, Q23

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

<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), a través de su Programa de Bosques, Biodiversidad y Cambio Climático, lidera las acciones del proyecto dirigidas a la transferencia de tecnologías que mejoren sistemas de monitoreo de recursos forestales.

Este informe 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 México.

La información aportada en este documento es una muestra de los avances en monitoreo forestal de los países de Latinoamérica y el Caribe hasta agosto 2016. Fue preparado por los autores a cargo, a partir de información proveniente de fuentes públicas y de entrevistas con expertos nacionales que tuvieron la gentileza de colaborar. Aun así, es posible contar con vacíos de información, dada la amplia gama de experiencias generadas en la región.

Ante los embates del cambio climático, el monitoreo de los bosques y de los servicios y bienes ecosistémicos que estos proveen se contribuye no solo a generar información actualizada, sino también, a dar seguimiento al alcance de las metas propuestas por las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático. En este contexto, este documento brinda información que ayuda a entender los avances del monitoreo forestal a la fecha antes mencionada y del tipo de tecnologías que estas iniciativas están utilizando en la región de Latinoamérica y el Caribe.

Se espera que la información ofrecida facilite la selección y adopción de tecnologías acordes con las condiciones y necesidades de los gobiernos nacionales y organizaciones que buscan mejorar sus sistemas de monitoreo forestal.

Créditos

Preparado por
Freddy Argotty
Emily Fung
Pablo Imbach
Claudia Medellín
Programa de Bosques, Biodiversidad y Cambio
Climático - CATIE

Dirección y revisión
Mario Chacón León
Bastiaan Louman
Programa de Bosques, Biodiversidad y Cambio
Climático - CATIE

Francisco Arango
Claudio Alatorre Frenk
Claudia Hernández
División de Cambio Climático - BID

Oswaldo Carrillo
Eder Larios
Gloria Islas
David López Vanesa
Maldonado Miguel
Muñoz (Consultores
externos)

Edición:
Marianela Argüello L.
Cris Soto

Diagramación:
Silvia Francis
Tecnología de Información y Comunicación, CATIE

Fotografías:
Gonzalo Sánchez Santo



Estado del monitoreo forestal en Latinoamérica y el Caribe

Tipos de iniciativas y uso de
tecnologías



Contenido

Acrónimos y abreviaturas	8
Agradecimientos	10
I. Introducción.	11
II. Métodos empleados en la recolección y sistematización de información	13
2.1. Marco teórico	13
2.2. La preparación de este estudio: resumen metodológico	16
2.2.1.Sistematización de iniciativas de monitoreo forestal	16
2.2.2.Diagnóstico de tecnologías de monitoreo forestal	18
2.2.3. Avances de los países en la implementación de sistemas de monitoreo forestal y MRV para REDD+	18
III. Iniciativas de monitoreo forestal en LAC	20
3.1. Resumen general de las iniciativas identificadas	20
3.2. Iniciativas nacionales de monitoreo forestal	24
3.2.1.Elementos clave en el funcionamiento del SMF	24
3.2.2.Tipos de indicadores evaluados por los países como parte del monitoreo forestal.	31
3.2.3.Condiciones habilitadoras que facilitan el desarrollo de un SMF	31
3.3. Iniciativas regionales de monitoreo forestal	33
3.3.1.Resumen general de las iniciativas regionales	33
3.3.2.Objetivos de trabajo de las iniciativas regionales en monitoreo forestal.	38
IV. El uso de tecnologías en monitoreo forestal	40
4.1. Tecnologías para el monitoreo de la cobertura forestal y cambios de uso de la tierra	40
4.1.1.Tecnologías satelitales más utilizadas para el monitoreo forestal	40
4.1.2. Ejemplos del uso de tecnologías en monitoreo terrestre en LAC	45
4.1.3. Evaluación del desempeño y áreas por mejorar	47
4.2. Tecnologías utilizadas en los IFN para la recolección y análisis de datos de campo	49
4.2.1. Tecnologías más utilizadas en inventarios forestales.	49
4.2.2. Evaluación del desempeño, áreas de oportunidad y barreras para la apropiación de las tecnologías usadas en la recolección de datos de campo	52
4.3. Otros sistemas de monitoreo aptos para el sector forestal y el uso de tecnologías	54
4.3.1. Sistemas de alerta temprana	54
4.3.2. Sistemas de monitoreo de otros ecosistemas y biodiversidad.	54
4.3.3. Monitoreo forestal comunitario	56
4.4. Avances de los países en la implementación de sistemas de monitoreo forestal y MRV para REDD+	57
V. Eliminación de barreras para avanzar hacia la adopción de tecnologías de monitoreo forestal.	58
5.1. Barreras para la adopción de tecnologías.	58
5.2. Oportunidades para la reducción de barreras.	59
5.3. Consideraciones finales.	60
Bibliografía	64

Anexos.	68
Anexo 1a. Áreas de análisis, variables y escala utilizada para la cuantificación del estado de avance de los países en monitoreo forestal	68
Anexo 1b. Indicadores para evaluar la capacidad de monitoreo forestal en países de LAC.	69
Anexo 1c. Grado de complejidad del análisis de INGEI.	70
Anexo 2a. Resumen y evaluación del estado de avance de las iniciativas de monitoreo forestal en los países evaluados para este estudio	71
Anexo 2b. Componentes que confirma un Sistema de Monitoreo Forestal	72
Anexo 2c. Condiciones habilitadoras	73
Anexo 3. Información de iniciativas regionales de monitoreo forestal presentes en LAC.	74
Anexo 4. Tecnologías en monitoreo satelital para determinar la cobertura forestal y cambios de uso de la tierra	76
Anexo 5. Otros sistemas de monitoreo relacionados con el sector forestal y tecnologías utilizadas	80
Anexo 6. Ejemplos de tecnologías utilizadas para el monitoreo forestal comunitario en distintos países de LAC	82

Índice de cuadros

Cuadro 1. Tipo y número total de especialistas entrevistados	18
Cuadro 2. Iniciativas de monitoreo forestal identificadas en los países de LAC, 2016.	22
Cuadro 3. Listado de mapas de cobertura forestal e IFN identificados por país al 2016	25
Cuadro 4. Ejemplos de usuarios y usos específicos de los productos obtenidos por diferentes iniciativas de MF en LAC	29
Cuadro 5. Resumen de las iniciativas regionales en monitoreo forestal en los países LAC, 2016 . .	34
Cuadro 6. Tipos de tecnologías y procesos metodológicos utilizados en el monitoreo satelital en LAC	43
Cuadro 7. Descripción de los tipos de tecnologías y procesos metodológicos utilizadas en el monitoreo satelital en LAC.	44
Cuadro 8. Aspectos que deben mejorarse en las tecnologías empleadas para el monitoreo forestal en LAC	48
Cuadro 9. Tecnologías identificadas para la recolección de datos en los inventarios forestales nacionales en LAC.	50
Cuadro 10. Tipos de software utilizados en LAC para organizar la información en forma de bases de datos	52
Cuadro 11. Aspectos de las tecnologías para el monitoreo forestal que deben mejorarse en LAC . .	53

Índice de figuras

Figura 1. Elementos básicos que conforman un sistema de monitoreo forestal.	15
Figura 2. Número de iniciativas de monitoreo forestal identificadas en LAC, 2016	21
Figura 3. Número de iniciativas regionales de monitoreo forestal presentes en cada país de Latinoamérica	38
Figura 4. Objetivos de las distintas iniciativas regionales de monitoreo forestal	39
Figura 5. Imágenes satelitales más utilizadas en por los países de LAC	41
Figura 6. Softwares utilizados para el procesamiento de imágenes y análisis de cambios de uso de la tierra en LAC	41
Figura 7. Datos auxiliares utilizados para el procesamiento de imágenes en LAC.	42
Figura 8. Tecnologías más usadas para el análisis de cobertura forestal en LAC	45
Figura 9. Tecnologías más usadas para el análisis en cambios de cobertura forestal en LAC. . . .	45
Figura 10. Evaluación del desempeño de las tecnologías en LAC	47

Figura 11. Evaluación del desempeño de las tecnologías en LAC para la recolección de datos de campo en IFN.	53
Figura 12. Relación entre países con altos focos deforestación y desarrollo de iniciativas de MF . . .	57

Índice de recuadros

Recuadro 1. Proyecto de Monitoreo de Deforestación de los Biomas Brasileños por Satélite (PMDBBS	28
Recuadro 2. Monitoreo de REDD+ en Guatemala: la integración institucional del Grupo interdisciplinario de monitoreo de bosques y uso de la tierra	32
Recuadro 3. Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental.	35
Recuadro 4. Red amazónica de información socio-ambiental georreferenciada	36
Recuadro 5. Monitoreo de desmontes del Chaco seco	37
Recuadro 6. Uso de dispositivos móviles en sistemas de monitoreo comunitario para REDD+ en Guyana	51
Recuadro 7. Diseño de una red para el monitoreo de la biodiversidad y el cambio climático en Chile	56
Recuadro 8. El monitoreo forestal en la región amazónica de Brasil	61

Acrónimos y abreviaturas

CAO	Observatorio Aéreo del <i>Carnegie Institution for Science</i>
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CO₂	Dióxido de carbono
Conabio	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México
Conafor	Comisión Nacional Forestal, México
Conap	Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Guatemala
DA	Datos de las actividades
Deter	Detección de deforestación en tiempo real, Brasil
EMSA	Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental
ENF	Evaluación Nacional Forestal, Honduras y Ecuador
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FCPF	Fondo cooperativo para el carbono de los bosques (siglas en inglés)
FE	Factor de emisión
GCP	<i>Global Canopy Programme</i>
GEI	Gases de efecto invernadero
Gimbut	Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra, Guatemala
GIZ	Agencia Alemana de Cooperación Técnica (siglas en alemán)
Ibama	Instituto Brasileño del Ambiente y Recursos Naturales Renovables
ICF	Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Honduras
IFN	Inventario forestal nacional
INAB	Instituto Nacional de Bosques, Guatemala
Inafor	Instituto Nacional Forestal, Nicaragua
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México
INGEI	Inventario nacional de gases de efecto invernadero
INPE	Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales, Brasil
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
LAC	Latinoamérica y el Caribe
Maga	Ministerio de Agricultura y Ganadería, Guatemala
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala
MF	Monitoreo forestal
MRV	Medición, reporte y verificación
ONG	Organización no gubernamental
ONU-REDD	Programa Colaborativo de las Naciones Unidas para la reducción de emisiones de la deforestación y la degradación de los bosques en los países en desarrollo
OTCA	Organización del Tratado de Cooperación Amazónica
PPM	Parcelas permanentes de muestreo

Prodes	Proyecto de Monitoreo satelital del bosque amazónico brasileño / <i>Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite</i>
Rainfor	Red amazónica de inventarios forestales
RAISG	Red amazónica de información socioambiental georreferenciada
ReCaREDD	Desarrollo de capacidades para mejorar la evaluación de degradación en bosques
REDD+	Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero debidas a la deforestación y la degradación de los bosques; y la función de conservación, el manejo sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono en los países en desarrollo
Senanp	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Perú
Semarnat	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México
SIB	Sistema de información de la biodiversidad
Sirefor	Sistema de información de los recursos forestales, Costa Rica
SMF	Sistema de monitoreo forestal
SNICC	Sistema Nacional de Información sobre Cambio Climático, Guatemala
SNIF	Sistema nacional de información forestal
SNMF	Sistema nacional de monitoreo forestal
SSMT	Sistema satelital de monitoreo terrestre
USCUSS	Uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura

Agradecimientos

Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo técnico del Banco Interamericano de Desarrollo, coordinador 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 el cual provee los fondos a través de la Cooperación Técnica Regional No Reembolsable no. ATN/FM-14836-RG. Este documento forma parte de una serie de estudios de caso que incluyen a Brasil, Guatemala y México.

Agradecemos, además, a las personas entrevistadas, empresas y agencias de colaboración que nos brindaron información valiosa para la recopilación de la información en los países.



Introducción

El monitoreo forestal es un instrumento que permite a los países generar información actualizada para evaluar la extensión y salud de sus bosques, así como de los bienes y servicios ecosistémicos que esos bosques proporcionan (p.e. carbono, agua, biodiversidad, madera). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) define el monitoreo forestal como “un proceso integral que incluye la recopilación, análisis y divulgación de los datos relacionados con los bosques, y la producción de información y conocimiento a intervalos regulares, que permitan la evaluación de los cambios en el curso del tiempo” (FAO 2012, FAO 2017).

Para realizar el monitoreo forestal a nivel de país, es necesario contar con sistemas de toma de datos que se apoyen en el uso de diversas tecnologías. Para asegurar su permanencia en el tiempo y su utilidad en la preparación de reportes basados en los resultados y análisis de esa información, un sistema nacional de monitoreo forestal (SNMF) debe estar debidamente institucionalizado. Esto, para asegurar que un SNMF incluya, en primera instancia, al menos un sistema satelital de monitoreo terrestre (SSMT), el cual permite analizar cambios de uso de las tierras o cambios en la estructura del bosque, ataques de plagas o presencia de incendios. En segunda instancia, un inventario forestal nacional (IFN) que permite caracterizar los bosques según su estructura y composición (ONU-REDD 2013).

En Latinoamérica, la mayoría de países no ha logrado establecer un SNMF sólido y permanente; incluso en donde se han alcanzado avances significativos, todavía se requiere aumentar la exactitud y reducir la incertidumbre de la información obtenida (Romijn *et al.* 2015). Aún los países que más han avanzado en la creación de programas nacionales de reducción de emisiones por deforestación (REDD+) necesitan mejorar en temas de monitoreo (Fischer *et al.* 2016).

Para mejorar los SNMF es de vital importancia que estos sean capaces de hacer uso de un rango amplio de las tecnologías de monitoreo forestal disponibles en la actualidad (Baldauf y Galo 2016 y Jiménez 2016). El uso de tecnologías puede ayudar a los países a mejorar la transparencia y la gobernanza en el sector forestal (Fuller 2006) y, a la vez, mejorar las mediciones de los bienes y servicios ecosistémicos (Goetz y Dubayah 2011 y FAO 2012) y entender el rol que desempeñan en la mitigación del cambio climático.

Es conveniente brindar apoyo a los países en el uso de tecnologías de monitoreo forestal (MF), ya que el MF permite obtener información sobre el cambio climático y la conservación de la biodiversidad, lo cual es fundamental para el diseño e implementación de políticas y acciones prácticas de manejo de los recursos forestales (FAO 2012). En lo político, el MF contribuye a dar seguimiento a los compromisos adquiridos por los países en el marco de instrumentos como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CLD) y el Instrumento de las Naciones Unidas sobre los bosques (del Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques (Schneider y Neupane 2016 y FAO 2017). En la práctica, la información brindada por iniciativas de MF es trascendental para apoyar la implementación de acciones nacionales de conservación (WB 2008) y brindar información actualizada sobre carbono y cambios en el área cubierta de bosques. Tal información es fundamental en la implementación de programas o estrategias nacionales de reducción de emisiones por deforestación y degradación de bosques (REDD+) (Avilés *et al.* 2014, Angelsen 2008 y Angelsen *et al.* 2009).

En este contexto, el presente estudio busca apoyar a los países para que mejoren la gestión de sus recursos forestales. Se ofrece información sobre el estado de avance en el establecimiento de sistemas de monitoreo y uso de tecnologías en países de Latinoamérica y el Caribe (LAC). Además, se presenta una sistematización de experiencias en monitoreo forestal implementadas en una muestra de países de LAC, un diagnóstico sobre el uso actual y potencial de tecnologías en MF y mitigación del cambio climático y una serie de recomendaciones que buscan reducir barreras y potenciar oportunidades para la adopción de tecnologías en MF.

2

Métodos empleados en la recolección y sistematización de información

2.1. Marco teórico

Con el fin de que la información aquí presentada sea comparable entre países, se han seguido las directrices voluntarias sobre monitoreo forestal nacional de la FAO (2012). Además, se consultó el libro sobre orientaciones en manejo forestal sostenible publicado por el Banco Mundial (WB 2008), así como literatura científica especializada en el tema.

La definición de 'sistema de monitoreo forestal' (SMF) propuesta en este estudio se basa en las propuestas de FAO y del Programa ONU-REDD. La FAO (2012) hace énfasis en la recopilación de datos en campo a intervalos frecuentes de tiempo para la producción de conocimiento; la de ONU-REDD (2013) se orienta hacia el establecimiento de políticas nacionales de apoyo al desarrollo de SMF. Este estudio define al SMF como:

“El conjunto de arreglos institucionales que permiten la colección y registro de observaciones, en forma periódica y ordenada, para proveer un punto de referencia y medir los cambios en el sector forestal y sus recursos a través de variables (indicadores) a lo largo del tiempo. Para que cumpla con el monitoreo, tal conjunto debe ser sostenible en el tiempo; por ello, debe tener el respaldo de un marco político, financiero e institucional que permita proveer información confiable a los usuarios para la toma de decisiones relacionadas con los bosques a nivel regional, nacional o local”.

Como los SMF se valen de variadas tecnologías, este estudio utilizó la definición de tecnología ofrecida por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés):

“Una pieza de equipo, una técnica para la realización de una actividad en concreto. Entendiéndose por transferencia de tecnología, a un amplio conjunto de procesos que abarcan el intercambio de conocimiento, fondos y bienes entre las diferentes partes interesadas que conduce a la difusión de la tecnología para la adaptación o mitigación al cambio climático. Como concepto genérico, el término se utiliza para englobar tanto la difusión de tecnologías como la cooperación tecnológica entre y dentro de los países” (IPCCC 2001).

Con base en las definiciones anteriores, y de acuerdo con FAO (2012) y ONU-REDD (2013), los elementos básicos de un SMF incluyen el marco institucional que permite y asegura la constancia en el funcionamiento del sistema, la información o los datos que dicho sistema recolecta y los componentes de medición y procesamiento de datos para la generación de reportes a partir del análisis de los datos copiados (Figura 1).

Un SMF debe contar al menos, con un sistema satelital de monitoreo terrestre y un inventario forestal nacional (IFN). Para el caso específico de acciones de mitigación del cambio climático se requiere, además, un inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI). El SSMT hace uso de tecnologías satelitales, sensores remotos y programas computacionales especializados para generar información sobre cobertura forestal, usos de la tierra y cambios ocurridos en el tiempo (ONU-REDD 2013). IPCC (2003) ofrece una guía de buenas prácticas para el desarrollo del INGEI. En dicha guía, la información a recuperar se designa como ‘datos de actividad’ (DA). Los DA se definen como los datos sobre la magnitud de la actividad humana generadora de emisiones y absorciones de GEI en un determinado periodo de tiempo. Por ejemplo, en el caso de la deforestación, se hace referencia a la superficie deforestada en hectáreas en dos o varias fechas distintas.

En cuanto a la degradación de los bosques, los DA se refieren a la superficie de tierra forestal que sigue siendo bosque y en donde se está produciendo una pérdida persistente de carbono (que se traduce en emisiones). En el caso de las actividades de REDD+ sobre la conservación de las reservas de carbono y el manejo sostenible de los bosques, los DA pueden hacer referencia a la superficie o cambio en la superficie de bosque sujeto a un programa de conservación, o a una concesión de tala certificada bajo manejo forestal sostenible.

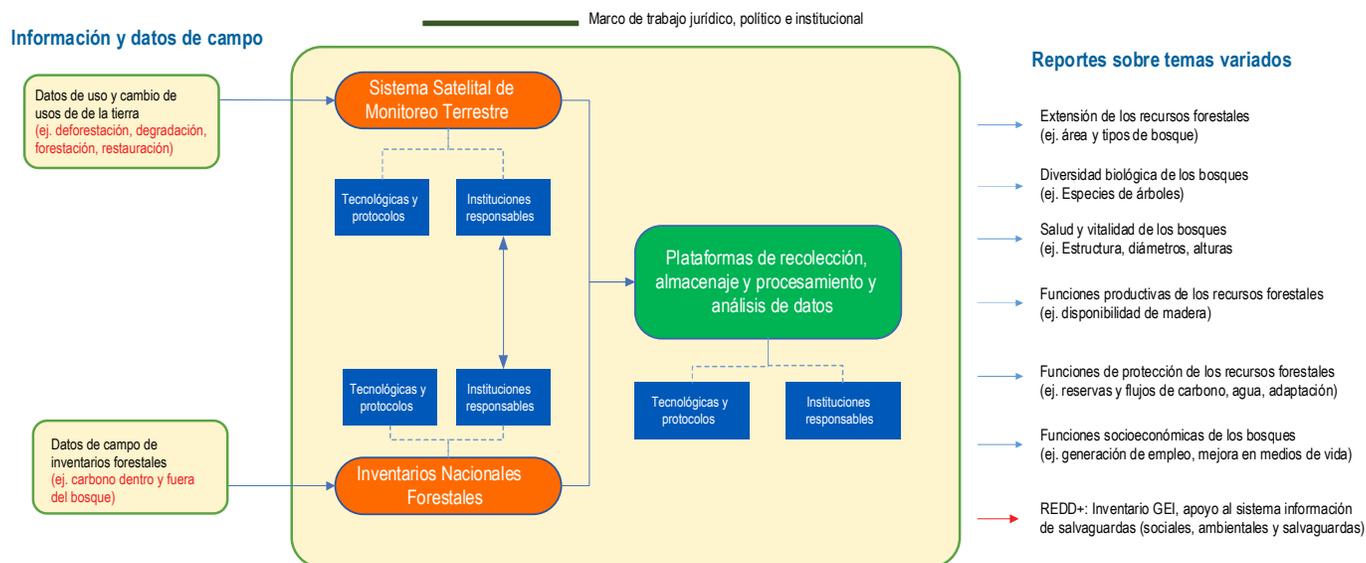


Figura 1. Elementos básicos que conforman un sistema de monitoreo forestal

Adaptado de WB (2008), FAO (2012), ONU-REDD (2013).

El IFN es un proceso que permite recopilar datos y utilizarlos para hacer análisis que buscan entender con qué recursos forestales se cuenta. Estos datos incluyen información de campo (p.e. número y especies de árboles en un bosque) y de teledetección (p.e. para conocer el área de tipos de bosques en un país) (FAO 2012). Los datos que provienen del SSMT y de IFN ofrecen información sobre la extensión de los bosques, biodiversidad y salud, estado de sus funciones productivas (p.e. de madera), servicios ecosistémicos que proveen (p.e. agua) y aporte económico y social que brindan al país.

Un IFN, adicionalmente, recopila los datos necesarios para estimar factores de emisiones que, junto con los DA, permiten desarrollar un INGEI. Un factor de emisión es la tasa de emisión promedio de un determinado GEI o la tasa de aumento de reservas de carbono en un ecosistema o uso de la tierra (IPCC 2003). El IFN brinda información para los reportes de los países ante la CMNUCC, ya que, como parte de sus compromisos, los países firmantes deben presentar periódicamente sus INGEI y reportes de avances con respecto a sus esfuerzos en la reducción de las emisiones causadas por la deforestación y la degradación forestal, la conservación de las reservas forestales de carbono, la gestión sostenible de los bosques y el incremento de las reservas forestales de carbono (REDD+).

REDD+ es un mecanismo de mitigación del cambio climático, de especial valor en países en desarrollo (CMNUCC 2011). Para implementar REDD+, los países deben contar con sistemas nacionales de monitoreo forestal y de medición, reporte y verificación (MRV) del impacto de este mecanismo de mitigación, tanto en términos de reducción de emisiones de GEI, como de los impactos ambientales y sociales resultantes de su implementación (UNFCCC 2016).

Junto con el SMF, el sistema MRV busca generar información que permita entender las causas directas e indirectas de la deforestación y medir y reportar los avances de REDD+ en la reducción de emisiones. Esta información debe ser analizada y reportada a la CMNUCC, donde es verificada y examinada como parte de los procedimientos habituales de la Convención. De tal verificación se desprende la posibilidad

de que el país pueda optar por incentivos o pagos por reducción de emisiones (UNFCC 2016). ONU-REDD (2013) define los componentes del sistema MRV de la manera siguiente:

La medición se refiere a la cuantificación de los cambios en la cobertura forestal, en las variaciones de los reservorios forestales de carbono y la estimación de las emisiones/absorciones totales de CO₂ en el sector.

- El reporte implica compilar información y documentar los procesos metodológicos y análisis para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI, así como de las actividades de mitigación. Este componente debe basarse en las guías de reporte de la CMNUCC.
- La verificación es el proceso de auditoría de los resultados, datos y procedimientos reportados en el inventario de GEI. Esta auditoría es hecha por un equipo de expertos externos e independientes.

Una prioridad de REDD+ es el reporte de emisiones y remociones de GEI. Los sistemas de monitoreo forestal también consideran un enfoque multipropósito que, en la medida de lo posible, busca la medición de cobeneficios y salvaguardas resultantes de REDD+.

2.2. La preparación de este estudio: resumen metodológico

Este documento se basa en información proveniente de dos estudios desarrollados por el CATIE: una sistematización de iniciativas de monitoreo forestal (Fung *et al.* 2016) y un diagnóstico de tecnologías (Carrillo *et al.* 2016). Los resultados de estos dos estudios fueron resumidos y organizados en tres grandes temas: i) las iniciativas de monitoreo forestal se ofrecen, en forma resumida, en la [sección III](#) de este documento; ii) el diagnóstico sobre el uso de tecnologías en monitoreo forestal y el estado de avance de los países en la implementación de SNMF y MRV para REDD+ se muestra en la [sección IV](#); iii) la sistematización de barreras y oportunidades para seguir avanzando en el establecimiento de sistemas de monitoreo forestal se desarrolla en la [sección V](#).

El resumen metodológico siguiente describe los pasos dados para obtener información sobre esos tres grandes temas.

2.2.1. Sistematización de iniciativas de monitoreo forestal

En la sistematización de las iniciativas de MF se definieron tres tipos:

- **Iniciativas nacionales de monitoreo forestal:** sistemas nacionales o subnacionales enfocados en la medición de cambios forestales específicos en el tiempo. Por ejemplo, iniciativas de monitoreo satelital de la cobertura forestal, de otros ecosistemas o de incendios; iniciativas de levantamiento de información en campo como parte del IFN o de los sistemas de parcelas permanentes de muestreo (PPM); seguimiento de emisiones y remociones estimadas como parte de los INGEI.
- **Iniciativas regionales de monitoreo forestal:** acciones que promueven el establecimiento o la mejora de SNMF en los países. Por ejemplo, programas de asistencia técnica liderados por agencias regionales de cooperación o plataformas de intercambio de tecnologías y conocimiento.
- **SNMF u otras iniciativas en el marco de REDD+:** iniciativas de monitoreo forestal, ligadas a procesos de implementación de mecanismos REDD+ que se relacionan estrechamente con el diseño e implementación de sistemas MRV.

A continuación, se seleccionó una muestra de 21 países con acciones nacionales REDD+. La lista incluyó a todos los países de América Central y México; del Caribe se tomaron en cuenta a Cuba y República Dominicana; de América del Sur, a Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Guyana, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela. Si bien Cuba y Venezuela no cuentan con acciones nacionales REDD+, se incluyeron, en el primer caso, por ser una de las islas más grandes del Caribe y en el segundo, por ser un país amazónico.

La recolecta de información se realizó por país, mediante búsquedas en la red informática mundial vía internet. También se recopilaron experiencias documentadas en distintas memorias de talleres sobre monitoreo forestal realizadas en la región, así como informes y artículos sobre el estado del monitoreo forestal en países tropicales (Florián *et al.* 2015, CCAD *et al.* 2015, Romijn *et al.* 2012). Con la revisión en internet se identificaron organizaciones y personas clave involucradas en el desarrollo de SMF en los países muestreados. Con el fin de complementar y validar la información recopilada, se contactó a treinta y dos personas, pero solo catorce estuvieron disponibles para ser entrevistadas. La información se consolidó en una matriz de sistematización.

Con el fin de caracterizar el estado de avance del SMF en cada país, este estudio incluyó tres componentes de análisis:

1. **Aspectos clave en el funcionamiento del SMF.** Se definieron cuatro aspectos considerados como indispensables para el funcionamiento de los SMF en el país: (i) Existencia de procesos de acopio y análisis de datos, con protocolos de manejo y análisis de datos. (ii) Generación de productos e informes, tales como bases de datos, mapas o informes ya publicados. (iii) Existencia de un sistema de distribución de datos; o sea, sistemas nacionales de información forestal o plataformas electrónicas de distribución de datos mediante páginas web. (iv) Existencia de políticas nacionales que incentivan o aseguran el uso de la información generada por el SMF para la toma de decisiones y la planificación nacional.
2. **Tipos de indicadores evaluados en un SMF.** Se analizó si el SMF de cada país incluye indicadores de cobertura forestal; el criterio empleado fue si al menos se hubiese medido una de las siguientes variables: diámetro de copa, estructura horizontal, índice de vegetación, tasa de deforestación, degradación, tipo de bosque. También se tomaron en cuenta los indicadores de biodiversidad; el criterio empleado fue si al menos se hubiese medido una de las siguientes variables: riqueza, abundancia, dominancia de especies e índice de valor de importancia. En cuanto a los indicadores sociales, se consideró que se hubiese medido al menos una de las siguientes variables: uso del bosque, dinámica poblacional, actividades productivas, desarrollo de capacidades y, finalmente, en cuanto a los indicadores de estructura del bosque y contenido de biomasa o carbono, se consideró que al menos se hubiese medido una de las siguientes variables: diámetro a la altura del pecho, altura total, altura comercial, volumen de madera caída y árboles muertos en pie.
3. **Condiciones habilitadoras que facilitan el desarrollo de un SMF.** Se tomaron en cuenta tres factores: (i) el marco político que engloba al SNMF (como una iniciativa puntual) y su respaldo para operar según leyes nacionales y requerimientos de la CMUNCC, en el caso de REDD+; (ii) las fuentes de financiamiento ya sean de origen nacional, internacional o ambas; (iii) la institucionalidad (gubernamental, academia, ONG) que participa en el liderazgo de las iniciativas o en el SMF.

Estos tres componentes de análisis permitieron cuantificar y comparar el avance de los países en materia de monitoreo forestal y REDD+ (ver sección 4.4).

Para conocer las diferentes iniciativas regionales en el fortalecimiento de los SNMF en América Latina, se usó la memoria del taller *Mecanismo y redes de transferencia de tecnología relacionada con el cambio climático en América Latina y el Caribe* y se sistematizó la información recolectada en línea. La lista de iniciativas se completó con información de las entrevistas. Los resultados fueron capturados y organizados en una matriz de datos con información sobre el enfoque geográfico de la iniciativa, tecnologías utilizadas, objetivos e indicadores analizados en cada una de ellas.

2.2.2. Diagnóstico de tecnologías de monitoreo forestal

Para realizar el diagnóstico de las tecnologías empleadas en el monitoreo forestal, la información se recolectó en tres fases de trabajo. La primera consistió en preparar un marco conceptual (sección 2.1 de este documento) y diseñar herramientas para la sistematización de información (matrices de trabajo en Excel).

La segunda fase consistió en identificar los países que contaban con SNMF. Inicialmente se trabajó con una muestra de 15 países, pero se redujo debido a que no se logró entrevistar a personal nacional de Belice, Cuba, Guyana, Panamá, Paraguay, Uruguay y Argentina. En reemplazo de Guyana se incluyó a Surinam. En esta fase se buscó información mediante revisión de literatura y páginas publicadas en internet. La información obtenida se clasificó según tipos de sistemas, tecnologías utilizadas para el monitoreo y un barrido para conocer los oferentes (p.e. empresas o universidades) de estas tecnologías. Del listado de SNMF para cada uno de los países muestreados, se eligieron para el análisis todos los sistemas relacionados con los sistemas MRV para REDD+.

La tercera fase tuvo como objetivo validar y completar la información encontrada, y conocer la percepción de las personas entrevistadas en relación con el desempeño de las tecnologías probadas, determinar las barreras que impiden la adopción de estas tecnologías y recopilar sugerencias que contribuyan a agilizar la adopción. Para ello se procedió a realizar una serie de consultas mediante entrevistas a personal institucional con experiencia en temas forestales (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tipo y número total de especialistas entrevistados

Especialidad de la persona entrevistada	Total de entrevistas
Datos de actividad	14
Recolección de datos de campo	14
Reporte de inventarios de efecto invernadero	4
Otros sistemas de monitoreo (comunitario, biodiversidad, agua)	34
Oferente de tecnologías	3
Total	69

2.2.3. Avances de los países en la implementación de sistemas de monitoreo forestal y MRV para REDD+

Para determinar el estado de avance de los países en establecer e implementar acciones relacionadas a los elementos que conforman un SNMF, el estudio adoptó el enfoque metodológico de un análisis previo desarrollado por Romijn *et al.* (2015) y los componentes del estado de avance se organizaron en cuatro grandes áreas: mecanismos REDD+, componentes de un SNMF, indicadores y condiciones habilitadoras para un SMF (Anexo 1a).

El estudio evaluó las capacidades de los países en sensores remotos, sistemas de monitoreo satelital y desarrollo de sus IFN. Se asignaron valores de 1 a 5 según los niveles alcanzados por cada país. De acuerdo con Romijn *et al.* (2015), las capacidades en sensores remotos se analizan a partir de la posibilidad de un país de monitorear su área forestal y los cambios que se den, así como su habilidad para producir mapas de cobertura forestal y mapas de cambio a partir de series históricas de ese cambio. Para el análisis del IFN, se evaluaron las mejoras al IFN en cuanto a la recopilación de datos de especies y biomasa. Las capacidades de monitoreo se categorizaron en cinco niveles (Anexo 1b). Asimismo, para evaluar la exhaustividad del uso de información generada a nivel local y mediante cálculos se consideró un nivel de complejidad alto con valores de 1 a 3 (Anexo 1c).

Adicionalmente, para reforzar el análisis de los avances alcanzados por los países en REDD+, se agregó información proveniente de comunicaciones nacionales presentadas a la CMNUCC, incluyendo los niveles de referencia para REDD+. Se definieron tres categorías: los países que sometieron sus niveles de referencia a la CMNUCC, los que no, y aquellos cuyos niveles de referencia ya habían sido evaluados¹.

Los resultados ofrecidos por Romijn *et al.* (2015) fueron actualizados al 2016. Si bien se siguieron los mismos criterios, se consideró la información de los reportes nacionales que los países habían presentado a la CMNUCC; además, se profundizó mediante las entrevistas mencionadas en la sección 2.2.1. El análisis incluyó la evaluación de los INGEI para el sector de ‘uso del suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura’ (USCUSS), reportados en las comunicaciones nacionales y reportes bienales presentados a la CMNUCC². La revisión de los documentos tomó en cuenta lo siguiente:

- número de comunicaciones sometidas a la CMNUCC
- comprobación de que se habían seguido las orientaciones metodológicas descritas en las directrices del IPCC del 2006 (versión más reciente)
- comprobación de que las estimaciones de emisiones y remociones de GEI del sector USCUS incluían REDD+
- estimación del grado de dificultad de las estimaciones de emisiones, según los niveles de complejidad (*tiers*) proveídos por el IPCC.

Finalmente, se realizó la sumatoria del puntaje obtenido en cada uno de los componentes descritos en el Cuadro 2, para obtener un valor que reflejara el estado de avance de cada país. Los resultados de la sistematización fueron resumidos y organizados en diferentes matrices (Anexo 2a, b y c) y visualizados mediante un mapa temático. Se evidenció que los países con mayor número de IFN o INGEI pueden obtener un puntaje más alto.

¹ Niveles de referencia presentados por los países a la CMNUCC. Consultado jun. 2016. <http://redd.unfccc.int/fact-sheets/forest-reference-emission-levels.html>

² Reportes nacionales de los países a la CMNUCC. Consultado jun. 2016. http://unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/items/8528.php

3

Iniciativas de monitoreo forestal en LAC

3.1. Resumen general de las iniciativas identificadas

Se identificaron en total 121 iniciativas de monitoreo forestal presentes en 21 países de LAC. Tales iniciativas fueron de diversos tipos, entre los que se destacan aquellas enfocadas en el monitoreo de la extensión de los bosques con uso de sensores remotos, IFN, INGEI, sistemas de alerta temprana de deforestación e incendios y proyectos de monitoreo mediante PPM.

Los países que contaron con mayor variedad de iniciativas de monitoreo forestal en la región fueron México, Honduras y Perú, seguidos por Costa Rica y Argentina (Figura 2, Cuadro 2). En todos los países muestreados se encontraron varios SNMF; si bien en la mayoría de los casos estos sistemas no forman un solo sistema nacional común, sí aportan datos para la toma de decisiones y para la implementación de medidas en campo.

El estudio también determinó una gran variedad de sistemas de monitoreo relacionados con ecosistemas no forestales, biodiversidad y otros servicios de los ecosistemas, como el agua.

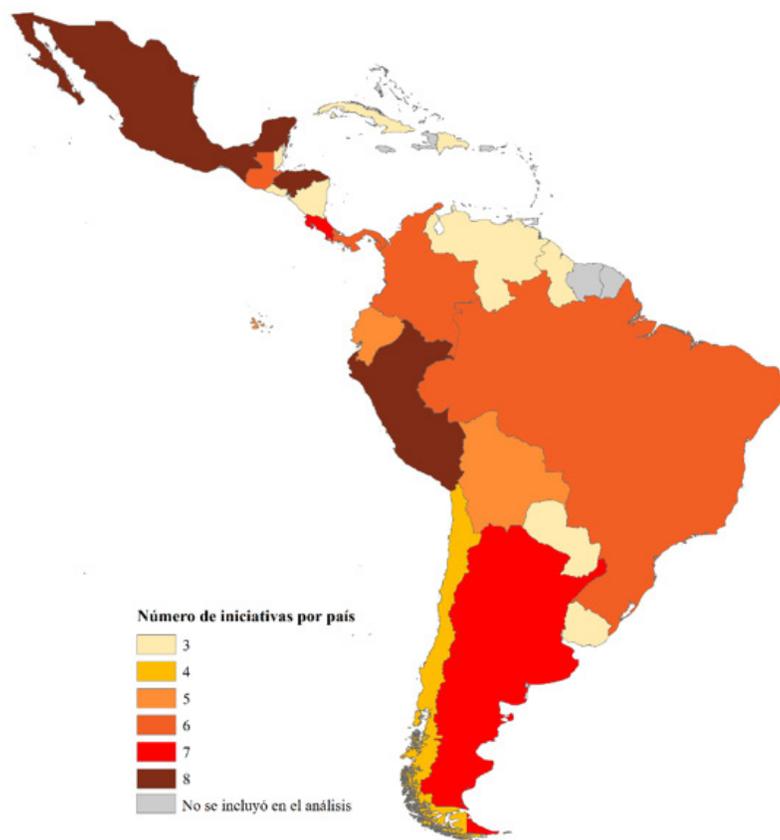


Figura 2. Número de iniciativas de monitoreo forestal identificadas en LAC, 2016

Cuadro 2. Iniciativas de monitoreo forestal identificadas en los países de LAC, 2016

Pais	# iniciativas	Nombre de la iniciativa	
México, Centroamérica y Caribe			
México	8	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema nacional de monitoreo forestal de México • Sistema nacional de información forestal • Sitios de monitoreo intensivo de carbono forestal • Sistema operativo de sensores remotos 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario nacional forestal y de suelo • Monitoreo satelital anual de la cobertura forestal • Sistema de alerta de incendios • Inventario nacional de gases de efecto invernadero
Belice	3	<ul style="list-style-type: none"> • Red de monitoreo forestal de Belice • Cambio en la cobertura forestal de Belice 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario nacional de gases de efecto invernadero
Guatemala	6	<ul style="list-style-type: none"> • Grupo interinstitucional de monitoreo de bosques y uso de la tierra (Gimbut) • Sistema de monitoreo forestal • Inventario nacional de gases de efecto invernadero 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de información forestal de Guatemala • Inventario forestal nacional • Parcelas permanentes de medición forestal en plantaciones
Honduras	8	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo en zonas prioritarias • Anuario estadístico forestal • Evaluación nacional forestal: resultados del inventario de bosques y árboles 2005-2006 • Sistema nacional de monitoreo de bosques 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario nacional de gases de efecto invernadero • Sistema nacional de información forestal • Monitoreo de plagas • Monitoreo, reporte y verificación
El Salvador	3	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo de la deforestación con sensores remotos • Inventario forestal nacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario nacional de gases de efecto invernadero
Nicaragua	3	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo forestal independiente en Nicaragua • Inventario forestal nacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario nacional de gases de efecto invernadero
Costa Rica	7	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de información de los recursos forestales de Costa Rica • Inventario nacional de gases de efecto invernadero • Establecimiento de PPM en el transepto continental del bosque nuboso de Monteverde 	<ul style="list-style-type: none"> • Red de monitoreo de ecosistemas forestales de Costa Rica • Proyecto monitoreo de la cobertura forestal • Inventario forestal nacional • Sistema nacional de vigilancia forestal
Panamá	6	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema nacional de monitoreo forestal • Inventario nacional forestal y de carbono • Sistema satelital de monitoreo de la tierra 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario de gases de efecto invernadero • Sistema de información estadística forestal • Monitoreo comunitario de bosque en zonas indígenas de Panamá
Cuba	3	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario forestal nacional • Sistema informatizado para el inventario forestal 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario de gases de efecto invernadero
República Dominicana	3	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario nacional forestal multipropósito • Sistema nacional de monitoreo forestal 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario de gases de efecto invernadero

País	# iniciativas	Nombre de la iniciativa	
Suramérica			
Colombia	6	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de monitoreo de bosques y carbono • Programa nacional para el monitoreo y seguimiento a los bosques y áreas de aptitud forestal • Inventario nacional de gases de efecto invernadero 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario forestal nacional • Sistema de monitoreo de deforestación y contenidos de carbono en los bosques naturales de Colombia • Sistema nacional de información forestal
Guyana	3	<ul style="list-style-type: none"> • Forest carbon monitoring system • Inventario forestal nacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario de gases de efecto invernadero
Perú	8	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema nacional de información forestal y de fauna silvestre • Sistema nacional de monitoreo de la cobertura de bosques • Sistema de alerta temprana de deforestación • Inventario de gases de efecto invernadero 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo de la cobertura forestal en la región amazónica-Perú • Deforestación y degradación forestal • Inventario de la flora y la vegetación • Inventario forestal nacional
Paraguay	4	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de monitoreo de bosques de Paraguay • Inventario forestal nacional • Monitoreo satelital de la deforestación 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario nacional de gases de efecto invernadero
Chile	4	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema integrado de monitoreo de ecosistemas forestales • Inventario continuo de bosques nativos y actualización de plantaciones forestales 	<ul style="list-style-type: none"> • Catastro de los recursos vegetacionales nativos de Chile • Inventario nacional de gases de efecto invernadero
Brasil	6	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto de monitoreo satelital de la deforestación en los biomas brasileños • Proyecto de monitoreo satelital de la deforestación en la Amazonia legal 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de estimaciones de gases de efecto invernadero • Sistema de alerta de deforestación • Detección de deforestación en tiempo real • Inventario forestal nacional
Venezuela	3	<ul style="list-style-type: none"> • Actualización del sistema nacional de información estadística forestal • Inventario forestal nacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario nacional de gases de efecto invernadero
Ecuador	5	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema nacional de monitoreo del patrimonio natural • Evaluación forestal nacional • Sistema de monitoreo para la deforestación 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de administración forestal • Sistema nacional de inventario de gases de efecto invernadero
Bolivia	5	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema nacional de información y monitoreo de bosques de Bolivia • Inventario forestal nacional y programa de control de los recursos forestales de Bolivia • Sistema de identificación y sanción de quemas 	<ul style="list-style-type: none"> • Parcelas permanentes del proyecto de investigación silvicultural a largo plazo • Inventario nacional de gases efecto invernadero
Uruguay	3	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario forestal nacional • Sistema de información forestal 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario de gases de efecto invernadero
Argentina	7	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema nacional de monitoreo de bosques de la República de Argentina • Monitoreo de la superficie de bosque nativo • Inventario nacional de bosques nativos 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de áreas afectadas por fuego • Inventario de gases de efecto invernadero • Unidad de manejo del sistema de evaluación forestal • Inventario forestal de plantaciones

Se resaltan en color negro los sistemas nacionales de monitoreo forestal de cada país.
No fue posible encontrar información de la existencia de SNMF en Belice, El Salvador, Cuba, Guyana, Venezuela y Uruguay.

3.2. Iniciativas nacionales de monitoreo forestal

3.2.1. Elementos clave en el funcionamiento del SMF

- *Avances en el proceso de recolecta y análisis de datos*
De los 21 países analizados, se encontró que 13 contaban con un SNMF establecido o en proceso de implementación (Cuadro 2); todos estos países habían generado y analizado datos a partir de imágenes satelitales o de sus IFN en al menos una ocasión (Cuadro 3).
- *Avances en la generación de productos e informes*
Todos los países muestreados habían generado productos e informes en forma de mapas de cobertura de bosque. Con excepción de Belice, El Salvador, Cuba, República Dominicana y Guyana, los demás países tenían bases de datos disponibles a partir de información generada por los IFN, los INGEI y las PPM en bosques. A pesar de que 13 países de la región tenían un SNMF ya establecidos o en proceso de implementación, mediante las entrevistas se evidenció que las instituciones a cargo de estos sistemas carecen de capacidades para la generación de reportes. Los países que mostraron mayores avances en este tema fueron México, Nicaragua, Colombia, Perú, Brasil y Ecuador.
- *Avances en la distribución de datos e información proveniente del monitoreo forestal*
En cuanto a la distribución de datos e información al público, se determinó que solo el 71% de los países evaluados contaba con un sistema nacional de información forestal (SNIF) para la consolidación, análisis y distribución periódica de información y estadísticas oficiales. México, Honduras y Colombia cuentan con un SNIF que forma parte del SNMF, mientras que en el resto de los países no se encontró evidencia de que los SNIF estén vinculados a los SMF del país.

México³, Guatemala⁴, Costa Rica⁵, Colombia⁶, Perú⁷, Chile⁸, Brasil⁹ y Bolivia¹⁰ distribuyen sus datos a través de páginas de visualización en internet, donde muestran informes de inventarios, mapas de cobertura forestal y herramientas de trabajo para ser utilizadas por manejadores de los recursos forestales. Asimismo, esos países –excepto Colombia y Bolivia– tienen a disposición la información de manera accesible y gratuita para ser descargada por el usuario.

-
- 3 Plataforma de datos abiertos del Gobierno de México. Consultado may. 2016. <http://datos.gob.mx/>
Sistema de alerta de incendios de Conabio de México. Consultado may. 2016. <http://incendios1.conabio.gob.mx/>
 - 4 Geoportal de Gimbut, Gobierno de Guatemala. Consultado may. 2016. http://www.sia.marn.gob.gt/publicaciones/otros/Documento%20informativo_GIMBOT_oct2014.pdf ; Consultado jun. 2016. http://www.marn.gob.gt/paginas/Grupo_Interinstitucional_de_Monitoreo_de_Bosques_y_Uso_de_la_Tierra_Gimbut ; Mapa interactivo de parcelas permanentes de monitoreo de Guatemala. Consultado jun. 2016. <https://fusiontables.google.com/DataSource?docid=1VCCKpFK2ahmlpYl3eft4iWpdJQ9YwL-DxIAXGMSM#map:id=3>
 - 5 Plataforma de base de datos abiertos del gobierno de Costa Rica. Consultado jun. 2016. <http://www.sirefor.go.cr/>
 - 6 Plataforma de base de datos abiertos del gobierno de Colombia. Consultado may. 2016. <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/carbono-forestal> ; <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/boletines-informacion-forestal>
 - 7 Plataforma de base de datos abiertos del gobierno de Perú. Consultado jun. 2016. <http://geoservidor.minam.gob.pe/intro/monitoreo/deforestacion-y-degradacion-forestal-6.html> ; <http://claslite.carnegiescience.edu/en/success-stories/peru-national-monitoring.html>
 - 8 Plataforma de base de datos abiertos del gobierno de Chile. Consultado jun. 2016. <http://mapaforestal.infor.cl/index.php>, <http://www.conaf.cl/nuestros-bosques/bosques-en-chile/catastro-vegetacional/>
 - 9 Plataforma de base de datos abiertos del gobierno de Brasil. Consultado jun. 2016. http://siscom.ibama.gov.br/monitora_biomass/index.htm, <http://www.obt.inpe.br/deter/indexdeter>
 - 10 Plataforma de base de datos abiertos del gobierno de Bolivia. Consultado jun. 2016. <http://www.terra-i.org/es/terra-i/news/news-Bolivia-moves-towards-better-forest-monitoring-with-the-Terra-i-tool.html> ; <http://www.ine.gob.bo/indice/visualizador.aspx?ah=PC80115.HTM>

Cuadro 3. Listado de mapas de cobertura forestal e IFN identificados por país al 2016

País	Mapas		Inventarios forestales	
	Tipos	Periodos	Observaciones	Periodos
México*	<ul style="list-style-type: none"> Mapas temáticos Mapa de índice de cobertura forestal Mapas de cobertura y cambio en la cobertura (todavía no se publican) 	<ul style="list-style-type: none"> 2009 IFN y Suelos Del 2003 al 2015 1993 al 2015 	<ul style="list-style-type: none"> Se ha iniciado el trabajo de campo del tercer ciclo 	<ul style="list-style-type: none"> 2004-2009 2009-2014 2015-en fase de campo
Belice	<ul style="list-style-type: none"> Mapa bosque/no bosque 	<ul style="list-style-type: none"> 1980 1989 1994 2000 2004 		
Guatemala*	<ul style="list-style-type: none"> Cobertura forestal 	<ul style="list-style-type: none"> 2000, 2006, 2012 	<ul style="list-style-type: none"> Segundo inventario en fase de planificación y en búsqueda de fondos para implementación 	<ul style="list-style-type: none"> 2002-2003 (FAO) Segundo inventario en fase de planificación
Honduras*	<ul style="list-style-type: none"> Mapa de puntos de cambio (China-Taiwán) 	<ul style="list-style-type: none"> Desde el 2012 anualmente cada 3 o 5 meses 	<ul style="list-style-type: none"> La actualización de la ENF 2014-2015 es financiada por el proyecto Modernización del sector forestal (MOSEF-EU) 	<ul style="list-style-type: none"> 2005-2006 evaluación nacional forestal (FAO) 2014-2015 (actualización)
El Salvador*	<ul style="list-style-type: none"> Uso de suelo Mapa bosque/no bosque 	<ul style="list-style-type: none"> 2002 2011 2015 (en preparación) 2015 (en preparación) 	<ul style="list-style-type: none"> Se ha aprobado la metodología y durante el 2016 se hará un muestreo para validar la metodología. En el 2017 se implementará con fondos del FCPF 	<ul style="list-style-type: none"> 2016 en fase de planificación
Nicaragua*	<ul style="list-style-type: none"> Mapa forestal Mapa de uso de suelo 	<ul style="list-style-type: none"> Actualización el 2015 	<ul style="list-style-type: none"> Actualmente se trabaja en la actualización del IFN del 2007-2008 Se busca implementar Inventarios forestales municipales 	<ul style="list-style-type: none"> 2007-2008
Costa Rica	<ul style="list-style-type: none"> Mapa de cobertura forestal 	<ul style="list-style-type: none"> 1997 2000 2005 2013 	<ul style="list-style-type: none"> Informe publicado 	<ul style="list-style-type: none"> 2014-2015
Panamá*	<ul style="list-style-type: none"> Mapa de cambios históricos en el uso de la tierra 		<ul style="list-style-type: none"> En la fase piloto se han implementado 37 unidades de muestreo. Ahora inicia la implementación del resto para concluir en 2017. Hay resultados preliminares. 	<ul style="list-style-type: none"> 1970 2015 segundo inventario en fase piloto
Cuba	<ul style="list-style-type: none"> Bosque/ no bosque 	<ul style="list-style-type: none"> 1977 2001 2012 		

País	Mapas		Inventarios forestales	
	Tipos	Periodos	Observaciones	Periodos
República Dominicana*	<ul style="list-style-type: none"> Bosque/no bosque Mapa de cambio de cobertura 	<ul style="list-style-type: none"> 1990 2000 2005 2010 2012 2000-2005 2005-2010 2010-2012 	<ul style="list-style-type: none"> El segundo inventario nacional incluye el establecimiento de al menos 125 PPM. La fase piloto contó con el apoyo del programa REDD-CCAD-GIZ y, para finalizar la implementación, se cuenta con fondos de RPP (Banco Mundial) 	<ul style="list-style-type: none"> 1969-1971 (FAO) 2016 (termina el muestreo)
Colombia	<ul style="list-style-type: none"> Bosque/no bosque 		<ul style="list-style-type: none"> Avanza en la implementación del primer ciclo (línea base) del IFN. Ciclos quinquenales. Muestreo sistemático, post-estratificado. Muestra compuesta por 1924 conglomerados de parcelas. Cada conglomerado está conformado por cinco subparcelas circulares de 707 m², dispuestas en forma de cruz, separadas entre sí por 80 m. Los conglomerados se ubican en bosques y coberturas no-boscosas. Incluye el establecimiento de un conjunto de 50 parcelas permanentes de 1 ha. 	<ul style="list-style-type: none"> 2014 diseño metodológico. 2015-2019 implementación primer ciclo de línea base.
Guyana	<ul style="list-style-type: none"> Mapa de cambio de uso 	<ul style="list-style-type: none"> 1990-2000 2001-2005 2006-2009 2010-2011 		
Perú*	<ul style="list-style-type: none"> Mapa de concentración de la pérdida de bosque, tamaño de la pérdida 	<ul style="list-style-type: none"> 2001 al 2014 anual 	<ul style="list-style-type: none"> Diseñado en 5 paneles para implementarse 1 cada año y tener información nacional cada año. Actualmente se implementa en campo el bloque 1. 	<ul style="list-style-type: none"> 2013 inicia etapa de campo
Paraguay*	<ul style="list-style-type: none"> Mapas de bosque/no bosque Mapas de deforestación 	<ul style="list-style-type: none"> 2000-2005, 2005-2010, 2010-2013, 2013-2015 	<ul style="list-style-type: none"> El inventario no contempla PPM; contó con apoyo de FAO y continúa su implementación a pesar de que terminó el proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> Década de 1970 2011 en etapa de campo
Chile	<ul style="list-style-type: none"> Mapa de cambio 	<ul style="list-style-type: none"> 1997-2011 	<ul style="list-style-type: none"> Catastro intensivo ejecutado por la Universidad Austral de Chile. Referido como inventario continuo de bosques nativos y actualización de plantaciones forestales. 	<ul style="list-style-type: none"> 1944-1945 (servicio forestal del USDA) 1996 2015

País	Mapas		Inventarios forestales	
	Tipos	Periodos	Observaciones	Periodos
Brasil	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa de deforestación • Tasa de deforestación anual • Alerta de áreas de corte total y de áreas en proceso de degradación • Mapa de cobertura vegetal • Serie histórica de tasas de deforestación (no incluye la Amazonia) • Deforestación mensual de la Amazonia 	<ul style="list-style-type: none"> • Anual • Quincenal y mensual • BIANUAL 	<ul style="list-style-type: none"> • Se han realizado recolectas de datos en 13 estados. Todavía no se publican datos en el sitio web del Servicio Forestal Brasileño. 	<ul style="list-style-type: none"> • 2016 en fase de campo
Venezuela	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa de cambio de uso de la región amazónica 	<ul style="list-style-type: none"> • 2000-2005 • 2005-2013 • 2013-2015 		<ul style="list-style-type: none"> • 2012
Ecuador*	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa deforestación histórica • Mapa de cobertura y uso 	<ul style="list-style-type: none"> • 1990-2000 • 2000-2008 • 2008-2014 • 1990, 2000, 2008, 2014 		<ul style="list-style-type: none"> • 2009-2014
Bolivia*	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa de deforestación • Mapa de degradación • Mapa de inundaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • 2000-2010, 20010-2013, 2013-2014 • 2014-2015 (en revisión) • 2014 (2015 y 2016) 		<ul style="list-style-type: none"> • 2003 • 2015 en fase de campo
Uruguay	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa bosque/no bosque 	<ul style="list-style-type: none"> • 1980 • 2000 • 2006 • 2012 		<ul style="list-style-type: none"> • 2008-2010 • 2014-2016 (en implementación)
Argentina*	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa de cobertura forestal 	<ul style="list-style-type: none"> • 1998 • 2002 • 2006 • 2008 • 2010 cada año, desde ahora en adelante 		<ul style="list-style-type: none"> • 2005 • 2013-2015

*Información obtenida a partir de la búsqueda en línea y complementada con datos de las entrevistas realizadas a expertos nacionales. No fue posible encontrar información de Belice, Cuba y Guyana.

- *Existencia de políticas que incentivan o aseguran el uso de la información generada por el SMF, la toma de decisiones y la planificación nacional*

Según los documentos consultados, en el 67% de los 21 países analizados, las iniciativas forestales están sustentadas por leyes o decretos forestales, lo que crea una base potencial para realizar acciones concretas de planificación. Sin embargo, las iniciativas de monitoreo forestal de solo diez países emplean la información obtenida en el diseño y mejoramiento de políticas y planes de gestión forestal; Brasil es uno de estos países (Recuadro 1). Detalles sobre diferentes usuarios y uso de la información se presentan en el Cuadro 4.

Recuadro 1. Proyecto de Monitoreo de Deforestación de los Biomas Brasileños por Satélite (PMDBBS).

Debido a las altas tasas de deforestación ocurridas en la región amazónica de Brasil, la Secretaría de Biodiversidad y Bosques del Ministerio de Medio Ambiente empezó a promover el monitoreo de todos los biomas brasileños (Amazonia, Catinga, Cerrado, Bosque Atlántico, Pampa y Pantanal) con el objetivo de cuantificar la deforestación de las áreas con bosque nativo y promover acciones de fiscalización y combate de la tala ilegal.

PMDBBS es coordinado por el IBAMA y con el Centro de Detección Remota (CSR) del Ministerio de Ambiente y tiene como objetivo principal proporcionar la capacidad técnica al gobierno federal para supervisar la deforestación de la cobertura forestal de todos los ecosistemas del país. El monitoreo de la deforestación permite orientar con mayor eficiencia las políticas públicas para la conservación y uso sostenible de los recursos y la supervisión y control de la aplicación de la legislación ambiental.

Fuente: IBAMA 2017¹

¹ Acceso a Página de IBAMA. Consultado set. 2017. http://siscom.ibama.gov.br/monitora_biomas/

Cuadro 4. Ejemplos de usuarios y usos específicos de los productos obtenidos por diferentes iniciativas de MF en LAC

País	Iniciativa	Usuarios	Ejemplos de usos
México	IFN y suelos	-ONG -Prestadores de servicios forestales -Gobiernos de los Estados -Academia	- Nivel de referencia - Orientación de política y decisiones estatales - Investigación
	Sistema nacional de medición reporte y verificación para REDD	-Conafor, INECC	- Nivel de referencia - Definición de metas de mitigación de la Conafor
Guatemala	Grupo interinstitucional de monitoreo de bosques y uso de la tierra	-Fiscalía del medio ambiente -Academia -Instituciones gubernamentales: INAB, Conap, MARN, MAGA	- Identificación de ilícitos y ejecución de inspecciones en campo - Insumo para desarrollar planes operativos institucionales - Tesis y consultorías
	PPM en plantaciones forestales	-Instituciones gubernamentales -Academia	- Análisis de especies para dar prioridad a incentivos forestales del programa Probosque
Honduras	Evaluación Nacional Forestal	-Instituciones de gobierno	- Definición de niveles de referencia
	Iniciativa China – Taiwán de monitoreo en zonas prioritarias	-ICF -Comités interinstitucionales (de protección a la reserva) -Ministerio público	- Priorización de sitios donde fortalecer la vigilancia y tomar medidas preventivas para reducir la deforestación - Implementación de órdenes de desalojo (zonas núcleo)
El Salvador	Monitoreo de la deforestación con sensores remotos	-Instituciones del gobierno	- Insumo para generar un mapa de restauración de ecosistemas y definir áreas prioritarias para el desafío Bonn - Insumo para elaborar mapas digitales de suelo
Nicaragua	IFN, INGEI	-Inafor -Territorios indígenas -Productores -Academia	- Acciones de control, prevención de incendios y reforestación - En territorios indígenas, apoyar procesos de venta de carbono - Definición de niveles de referencia
Panamá	IFN	-Principalmente el Ministerio de Ambiente	- Determinación de factores de emisión y datos de uso para cumplir compromisos internacionales - Los mapas se usan para identificar sitios prioritarios de reforestación
	Monitoreo comunitario	-Comunidades	- Generación de planes de ordenamiento territorial
República Dominicana	IFN	-Dirección de planificación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	- Insumo para la planificación - Complemento de la información generada por el catastro municipal
	SNMF	-Dirección de Áreas Protegidas -Ministerio de Turismo -Viceministerio de suelos y aguas -Academia	- Manejo de cuencas hidrográficas - Base para la elaboración de la estrategia nacional REDD y generación de la línea base
Perú	Sistema nacional de monitoreo y cobertura de bosques	-Fiscalía especializada en materia forestal -Senanp	- Definición de niveles de referencia - Insumo para el diseño del proyecto de reducción de la deforestación en plantaciones de castaña - Control de las fuerzas armadas para el desalojo de áreas protegidas - Identificación de tala ilegal

País	Iniciativa	Usuarios	Ejemplos de usos
Paraguay	Monitoreo satelital de la deforestación	-Dirección de Fiscalización de la Secretaría de Ambiente -Dirección de bosque del Instituto Forestal	- Insumo en procesos de control y fiscalización - Insumo para asignar licencias ambientales para el cambio de uso de suelo
	IFN (informes preliminares)	-Instituto Forestal -Secretaría de Ambiente	- Definición del nivel de referencia (sometido 2016)
Brasil	Proyecto de monitoreo satelital del bosque amazónico brasileño (Prodes)	-Instituciones de gobierno, principalmente el Ibama -Sociedad civil -Sector privado	- Insumo para el desarrollo de política públicas - Guía a acciones de fiscalización
	Detección de deforestación en tiempo real (DETER)	-Instituciones de gobierno, principalmente el Ibama -Sociedad civil -Sector privado	- Insumo para fiscalización y control de la deforestación - Planificación de acciones de control y fiscalización en campo en áreas con alta tasa de deforestación
	Sistema de alerta de deforestación (SAD)	-Gobiernos municipales (principalmente en Pará)	- Fiscalización - Complemento de la información oficial de DETER
	Estrategia nacional para reducción de gases de efecto invernadero de la deforestación y degradación en REDD+	-Gobierno -Academia -Sociedad civil	- Insumo para generar informes ante compromisos internacionales
Venezuela	Red amazónica de información socioambiental georreferenciada (RAISG)	-Academia -Actores locales -Autoridades (no hay información oficial de cambio de cobertura)	- Indígenas lo usan como instrumento de gestión y reconocimiento de sus derechos
Ecuador	ENF	-Instituciones del gobierno -Academia	- Insumo para generar el INGEI - Definición del nivel de referencia
	Sistema de monitoreo para la deforestación	-Instituciones del gobierno (Ministerio de Ambiente, Ministerio de Agricultura) -Academia -ONG que trabajan en temas de conservación y manejo	- Apoyo a la definición de nuevas áreas protegidas - Investigación
Bolivia	SNIF y monitoreo de bosque (sala de observación)	Ministerio de Planificación	- Planificación 2016-2020 del Ministerio de Planificación - No se usa para REDD+
	Sistema de identificación y sanción de quemas	Uso interno de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra	- Establecimiento de sanciones; p.e. desmonte en áreas no aprovechables
Argentina	Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques de la República de Argentina	-Instituciones del gobierno -Academia	- Insumo línea base de REDD –todavía no se presenta - Insumo para ordenamiento territorial y monitoreo del cumplimiento de la ley de bosques - Insumo para investigar la tala ilegal

3.2.2. Tipos de indicadores evaluados por los países como parte del monitoreo forestal

Los resultados muestran que todos los sistemas de monitoreo forestal recolectan información de cobertura forestal; la mayoría de ellos también recuperan datos de carbono y biodiversidad. No obstante, pocos incorporan el componente social dentro de sus análisis. Este estudio determinó que en 18 países se analiza el carbono en los bosques, 16 incluyen información de biodiversidad y únicamente nueve (México, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, República Dominicana, Chile, Brasil y Ecuador) incorporan datos sociales en sus análisis (p.e. usos del bosque, dinámica poblacional, actividades productivas, desarrollo de capacidades). Esto refleja potenciales limitaciones para reconocer los aportes que brinda el bosque a las poblaciones rurales.

3.2.3. Condiciones habilitadoras que facilitan el desarrollo de un SMF

Este estudio determinó tres condiciones habilitadoras que facilitaron el desarrollo e implementación de SMF: la existencia de marcos políticos, la coordinación institucional constante y el apoyo técnico y financiero de la cooperación internacional.

- *Marcos políticos que aseguran la institucionalidad y permanencia de los sistemas nacionales de monitoreo forestal*

Los resultados de la sistematización muestran que el 71% de los países tienen leyes nacionales que fundamentan y promueven el establecimiento de iniciativas de MF. No obstante, pocos países cuentan con las normativas necesarias para establecer directrices que permitan desarrollar e implementar un SNMF completo, que albergue e integre todas las iniciativas de monitoreo forestal del país dentro de un solo sistema. México es la clara excepción, ya que todas sus iniciativas forestales (SNIF, sitios de monitoreo intensivo de carbono forestal, monitoreo satelital anual de la cobertura forestal, inventario nacional forestal y de suelos y el INGEI) forman parte del SNMF. De los demás países evaluados, únicamente un tercio (Honduras, Panamá, Colombia, República Dominicana, Perú, Chile y Ecuador) integran algunas de sus iniciativas forestales dentro del SNMF. No obstante, además de la existencia de marcos políticos nacionales, todos los países de la región han adquirido compromisos internacionales a través de la CMNUCC y de iniciativas REDD+.

- *Coordinación interinstitucional y roles en los sistemas nacionales de monitoreo forestal*

Todos los países han avanzado en la institucionalización de acciones de monitoreo forestal y han identificado actores gubernamentales y no gubernamentales que cumplen roles específicos. Al respecto, los convenios o acuerdos que se establecen entre instituciones han sido instrumentos importantes para asegurar la implementación de las acciones de monitoreo. Sin embargo, en muchas ocasiones los procesos burocráticos e intereses particulares impidieron una coordinación efectiva.

Por ejemplo, en Argentina, Bolivia, Ecuador, Guatemala, México, Nicaragua y Perú se han iniciado, oficialmente, procesos de coordinación entre instituciones por medio de acuerdos o convenios interinstitucionales, con el objetivo de disminuir la duplicación de esfuerzos en cuanto a la recolecta y análisis de datos. En Guatemala se crearon comités técnicos interinstitucionales para coordinar labores nacionales de monitoreo mediante un solo ente (Recuadro 2). En República Dominicana se estableció un grupo de trabajo multidisciplinario REDD+, el cual cuenta con un subgrupo de monitoreo forestal. En Bolivia, la Ley Forestal atribuye el monitoreo forestal a dos instituciones: la Dirección General de Desarrollo Forestal y la Autoridad de Control Social y Fiscalización de Bosques y Tierra; no obstante, recientemente se firmó un convenio entre ambas instituciones para trabajar en conjunto y definir el rol de cada institución.

Los resultados mostraron también que las iniciativas de MF de los países incluyen actores de distinta índole; entre ellos, instituciones del gobierno, instituciones no gubernamentales (ONG), centros de investigación y universidades. En la mayoría de los casos, las iniciativas de MF nacional son lideradas por instituciones del gobierno, mientras que las iniciativas regionales o locales dentro de un mismo país, son lideradas principalmente por ONG o la academia. En algunas ocasiones, existen iniciativas nacionales lideradas por ONG o por el sector académico, como es el caso del INGEI de El Salvador (MARN 1998), coordinado por la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas y la Red de Monitoreo de Ecosistemas Forestales de Costa Rica (Sánchez 2011). No obstante, en la mayoría de los casos las instituciones no gubernamentales no tienen un rol definido dentro de los SMF de los países.

Recuadro 2. Monitoreo de REDD+ en Guatemala: la integración institucional del Grupo interdisciplinario de monitoreo de bosques y uso de la tierra

En Guatemala existen varias instituciones responsables por el sector forestal, las cuales se espera que también aporten al monitoreo de REDD+. En años recientes, se han establecidos alianzas de cooperación técnica entre el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, el Instituto Nacional de Bosques, el Consejo Nacional de Áreas Protegidas, la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, el Instituto Geográfico Nacional, la Universidad de San Carlos, la Universidad Rafael Landívar y la Universidad del Valle. Este convenio creó el Grupo interinstitucional de monitoreo de bosques y uso de la tierra (Gimbut).

Entre las responsabilidades del Gimbut están la generación de información, la documentación de los procedimientos técnicos, la generación de metodologías e investigación, el procesamiento de imágenes, la verificación de campo y la toma de datos de inventarios forestales y de carbono. Mediante estas actividades, el Gimbut apoya la implementación de la Política Nacional sobre Cambio Climático y la Ley Marco de Cambio Climático, así como el Sistema Nacional de Información sobre Cambio Climático (SNICC) y del Plan de Acción Nacional de Adaptación y Mitigación, la Ley Marco de Cambio Climático.

Fuente: CNCG (2016), Cifuentes-Jara y Catalán 2018

- El papel de los recursos de la cooperación internacional en el establecimiento de sistemas de monitoreo forestal

Los resultados de las entrevistas mostraron que todos los países cuentan con algún tipo de apoyo por parte del gobierno para cubrir costos de salarios, equipo, infraestructura, entre otros. No obstante, estos fondos suelen ser limitados, por lo que los países recurren a fondos internacionales

para lograr el desarrollo de su SMF. Todos los países han recibido o reciben apoyo de la cooperación internacional a través de iniciativas regionales; sobre todo para promover el establecimiento de SNMF y MRV como parte de la arquitectura del mecanismo REDD+. Los fondos de la cooperación generalmente cubren el fortalecimiento de capacidades del personal y el apoyo institucional; no obstante, también cubren el equipo necesario para el monitoreo, compra de imágenes de alta resolución¹¹, salarios de personal de campo y costos de logística para los inventarios. Las principales fuentes de financiamiento son varios de los procesos ligados a iniciativas REDD+, como ONU-REDD, el Proyecto de Cooperación Sur-Sur México-Noruega¹², el Programa REDD-CCAD-GIZ¹³ y el Fondo cooperativo para el carbono de los bosques (FCPF) del Banco Mundial¹⁴.

Otros fondos de apoyo a REDD+ desde la cooperación internacional provienen de plataformas como el Fondo de Tecnología Limpia¹⁵, el Fondo Amazonas¹⁶, el Fondo Mundial para el Medio Ambiente¹⁷ y el Fondo Verde para el Clima¹⁸. Asimismo, el Programa de Inversión Forestal, el cual es parte del Fondo Estratégico sobre el Clima, ofrece fondos de inversión con el fin de promover políticas, programas y proyectos para la mitigación y adaptación al cambio climático y apoyar esfuerzos de preparación de REDD+ en países en desarrollo¹⁹. También hay acuerdos bilaterales entre países; Noruega, por ejemplo, ha establecido acuerdos de cooperación con Guyana, Perú, Brasil y México.

3.3. Iniciativas regionales de monitoreo forestal

3.3.1. Resumen general de las iniciativas regionales

En el ámbito regional e internacional se determinó que existen abundantes iniciativas para abordar y fortalecer el monitoreo forestal en la región LAC. Algunas iniciativas se enfocan en la coordinación entre instituciones en materia de planificación, ordenación y gestión forestal; otras se enfocan en el apoyo a la recopilación y análisis de datos, y otras más orientan sus esfuerzos al desarrollo de capacidades y/o financiamiento. Cualquiera sea el tipo, las iniciativas regionales buscan favorecer el intercambio de conocimiento y lecciones aprendidas en cuanto al monitoreo forestal entre países, lo que ayuda a reducir o evitar errores frecuentes.

La búsqueda de información permitió identificar 22 iniciativas regionales de MF (Cuadro 5 y Anexo 3). De estas, nueve trabajan a nivel mundial y brindan capacitación en aplicación de metodologías de monitoreo, análisis del estado de la cobertura forestal en el país y mejoramiento de políticas forestales; algunas de ellas ofrecen, además, apoyo al establecimiento de estrategias nacionales REDD+.

¹¹ La resolución de una imagen define el número de píxeles que integran un sensor; a mayor número de píxeles, más alta la resolución y mayor la capacidad para determinar objetos. Consultado set. 2016. http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad1/_resolucion.htm

¹² Proyecto de Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur México-Noruega. Consultado jun. 2016. <http://www.mrv.mx/index.php/es/>

¹³ Programa REDD-CCAD-GIZ. Consultado jun. 2016. <http://www.reddccadgiz.org/elprograma.php>

¹⁴ FCPF. Consultado jun. 2016. <https://www.forestcarbonpartnership.org/>

¹⁵ Fondo de Tecnología Limpia. Consultado set. 2016. <http://climateinvestmentfunds.org/cif/node/2>

¹⁶ Fondo Amazonas. Consultado set. 2016. http://www.amazonfund.gov.br/FundoAmazonia/fam/site_en

¹⁷ Fondo Mundial para el Medio Ambiente. Consultado set. 2016. <https://www.thegef.org/>

¹⁸ Fondo Verde. Consultado set. 2016. <http://www.greenclimate.fund/home>

¹⁹ Programa de Inversión Forestal, "Documento de Diseño del Programa de Inversión Forestal, un programa específico según lo dispuesto por el Fondo de Fideicomiso del FEC". (7 de julio 2009), numerales II y III. <http://monitoreoforestal.gob.mx/acervo/files/original/7b74dd78be9313eee1e7635654728d01.pdf>

Cuadro 5. Resumen de las iniciativas regionales en monitoreo forestal en los países LAC, 2016

Iniciativas regionales	Enfoque geográfico						Objetivo			
	México y Centroamérica	América del Sur	Amazonia	LAC	Caribe	Global	Generación de datos	Análisis de datos	Generación de productos	Distribución de información
Monitoreo de desmontes del Chaco seco sudamericano		x					x	x	x	x
Monitoreo de los bosques nacionales y sistema de información para una transparente y confiable REDD+		x					x			x
Red global de parcelas forestales	x	x				x	x			
SilvaCarbon						x	x			x
Centro de Excelencia Virtual en Monitoreo Forestal	x				x					x
Global Forest Watch						x	x	x		x
Global Forest Observation Initiative						x				
GlobalAllomeTree						x				x
Terra-i							x	x		x
Red amazónica de información socio-ambiental georreferenciada			x				x	x	x	
Programa REDD-CAD-GIZ	x						x	x		
Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental	x				x					
Programa ONU-REDD						x				
Global Forest Survey						x	x	x	x	x
Proyecto de Monitoreo de la Amazonia Andina			x				x	x	x	x
Tropical Managed Forests Observatory							x	x	x	
Red amazónica de inventarios forestales			x				x	x		
Salas de observación y monitoreo forestal de la OTCA			x				x	x		
Proyecto de Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur Sur	x					x				
Proyecto ReCaREDD		x				x	x	x	x	
Fondo cooperativo para el carbono de los bosques						x				
Programa regional cambio climático, USAID	x									x

A nivel regional, cuatro iniciativas enfocan su trabajo en Centroamérica, Colombia y República Dominicana: el Centro de Excelencia Virtual en Monitoreo Forestal²⁰ y el Programa REDD-CCAD-GIZ. Otras dos iniciativas incluyen a México, además de los países ya mencionados; estas son la Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental²¹ (Recuadro 3) y el Proyecto de Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur México-Noruega. REDD-CCAD-GIZ y Cooperación Sur-Sur buscan crear mecanismos efectivos que promuevan la reducción de emisiones de CO₂ a través de la reforestación en la región, así como el fortalecimiento de capacidades técnicas para la construcción de sistemas de monitoreo, reporte y verificación, respectivamente.

Recuadro 3. Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental

Esta estrategia ha sido creada por mandato de los presidentes de Mesoamérica y aprobada en el marco de la cumbre de Tuxtla, en Chiapas, México, en el 2008. Los países son representados ante la EMSA por sus ministros de ambiente, quienes conforman su Consejo Director, el cual sesiona anualmente.

El plan de acción de la EMSA contempla tres ejes prioritarios: biodiversidad y bosques, cambio climático y competitividad sostenible. Sin embargo, después de tres reuniones regionales ministeriales se definió el monitoreo forestal como un tema prioritario.

La EMSA ha definido el marco de referencia para la estrategia de cooperación Sur-Sur (implementada por México) en materia de monitoreo forestal. La estrategia busca promover una visión de largo plazo que permita posicionar temas ambientales de interés (p.e. REDD+) para los países de Centroamérica, México, República Dominicana y Colombia. Lo anterior con la finalidad de promover la capacitación con visión de largo plazo y establecer propuestas de cooperación aterrizadas y acordes con el avance de los países en materia de monitoreo forestal, así como aprender a través del intercambio de experiencias exitosas en el tema.

Fuente: Proyecto Mesoamérica (2016a y 2016b), Semarnat (2008)

También en lo regional, se encontraron iniciativas de apoyo a los países de la Amazonia. Entre ellas se encuentra la Red amazónica de información socio-ambiental georreferenciada²² (Recuadro 4), el Proyecto de Monitoreo de la Amazonia Andina²³, el *Tropical Managed Forests Observatory*²⁴, la Red amazónica de inventarios forestales (Rainfor)²⁵ y las salas de observación y monitoreo forestal de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónico²⁶.

²⁰ Centro de Excelencia Virtual en Monitoreo Forestal. Consultado jun. 2016. <http://www.monitoreoforestal.gob.mx/educacion/>

²¹ Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental. Consultado jun. 2016. http://www.proyectomesoamerica.org/joomla/index.php?option=com_content&view=article&id=186&Itemid=115

²² Red amazónica de información socioambiental georreferenciada. Consultado jun. 2016. <https://raisg.socioambiental.org/objetivos>

²³ Proyecto de monitoreo de la Amazonia. Consultado jun. 2016. <http://maaproject.org/es/>

²⁴ Tropical Managed Forests Observatory. Consultado jun. 2016. <http://tmfo.org/index.html>

²⁵ Red amazónica de inventarios forestales. Consultado jun. 2016. <http://www.rainfor.org/es>

²⁶ Salas de observación y monitoreo forestal de la OTCA. Consultado jun. 2016. http://www.otca.org.br/portal/admin/_upload/publicacoes/folder_monitoreo_esp.pdf

Se encontraron, además, dos iniciativas que dan apoyo exclusivo a países de Suramérica: el Monitoreo de desmontes del Chaco seco sudamericano²⁷ (Recuadro 5) y el Monitoreo de los bosques nacionales y sistema de información para una transparente y confiable REDD+²⁸. También, se encontró una iniciativa de apoyo a toda Latinoamérica, Terra-i²⁹, que tiene como objetivo detectar cambios en la cobertura del suelo, resultantes de actividades humanas. La iniciativa con enfoque global ReCaREDD³⁰ concentra sus acciones en Colombia, en donde busca fortalecer las capacidades técnicas de las instituciones involucradas en informar sobre la degradación forestal.

Recuadro 4. Red amazónica de información socio-ambiental georreferenciada

El principal objetivo de la Red desde su fundación, en 1996, ha sido estimular y posibilitar la cooperación entre instituciones que ya trabajan con sistemas de información socioambiental georreferenciada en la Amazonia. En la iniciativa participan organizaciones de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. La Red provee un espacio de intercambio y articulación georreferenciada de información. A través de su sitio en internet ofrece diversas publicaciones y mapas.



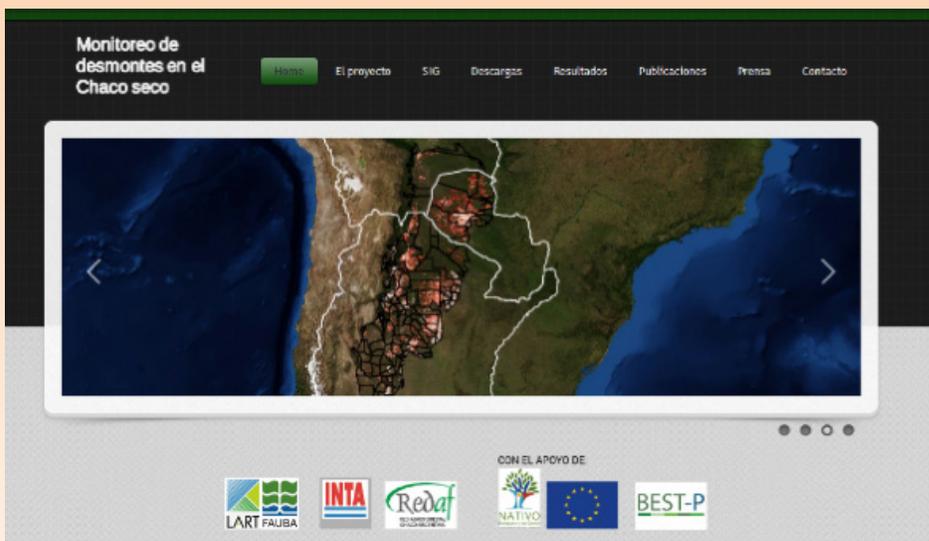
Fuente: RAISG (2016)

- ²⁷ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina, Monitoreo de desmontes del Chaco seco sudamericano. Consultado may. 2016. <http://inta.gob.ar/noticias/monitoreo-de-desmontes-del-chaco-seco-sudamericano> ; <http://monitoreodesmonte.com.ar/gis>
- ²⁸ FAO Uruguay, Monitoreo de los bosques nacionales y Sistema de Información para una transparente y confiable REDD+. 16 ene. 2015. Consultado may. 2016. <http://www.fao.org/uruguay/noticias/detail/fr/c/275081/>
- ²⁹ Terra-i. Consultado may. 2016. <http://www.terra-i.org/es/terra-i-publications.html>
- ³⁰ Project ReCaREDD Capacity building for improving the assessment of forest degradation. Consultado may. 2016. <http://www.fao.org/partnerships/redd-plus-partnership/42116-0955cfa52bd0fc117468fd65caf61732c.pdf>

Recuadro 5.

Monitoreo de desmontes del Chaco seco

Para la implementación de esta iniciativa se han unido el Laboratorio de análisis regional y teledetección de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y la Red Agroforestal Chaco Argentina. El objetivo de este proyecto es brindar información actualizada, accesible y espacialmente explícita, sobre los desmontes ocurridos en esta ecorregión. Mediante imágenes Landsat, la iniciativa analizó la deforestación en el período 1976-2012, por medio de más de 800 imágenes Landsat; la información está disponible en un sistema de información geográfica accesible en la web.



Fuente: Proyecto Monitoreo de desmontes del Chaco seco (2016).

Adicionalmente, los resultados de este estudio dejan en evidencia que algunos países del área se ven más beneficiados que otros por las estrategias regionales de colaboración. Colombia, por ejemplo, es el país que más se beneficia de la cooperación internacional en temas forestales (Figura 3), ya que es apoyado por iniciativas de Suramérica y Centroamérica. En un segundo plano están Ecuador, Perú y Bolivia, apoyados en varios temas por siete iniciativas forestales; Cuba, Chile, Argentina, Paraguay y Uruguay cuentan con únicamente dos iniciativas regionales. De la información recolectada se evidencia que muchas de las islas del Caribe y la Guyana Francesa no gozan de ningún beneficio ofrecido por iniciativas regionales.



Figura 3. Número de iniciativas regionales de monitoreo forestal presentes en cada país de Latinoamérica

3.3.2. Objetivos de trabajo de las iniciativas regionales en monitoreo forestal

Las iniciativas regionales cuentan con varios objetivos que se pueden clasificar en ocho tipos según se muestra en la Figura 4. Los resultados de la sistematización mostraron que más del 50% de las iniciativas tenían como parte de sus objetivos de asistencia, el desarrollo de capacidades nacionales y la generación y análisis de datos. En temas de capacitación se persigue, sobre todo, promover el uso de metodologías de monitoreo y gestión de los recursos forestales.

Se determinó que un 47% de las iniciativas analizadas apoyan la distribución de información por medio de sus páginas web, donde los datos están a disposición para consulta y descarga gratuita. La información también está disponible en plataformas de intercambio de datos; tal es el caso del *Global Forest Watch*, que cuenta con un sistema de acceso a la información, a través de mapas interactivos, exploración y análisis de los datos, perfiles de los países, revisión y/o generación de nuevas aplicaciones y revisión de blogs de discusiones.

Un 37% de las iniciativas apoyan la generación de productos específicos; entre ellas, Monitoreo de desmontes del Chaco seco sudamericano, Monitoreo de la Amazonia andina, Terra-i, *Global Forest Watch*. Todas ellas ofrecen información actualizada, accesible y espacialmente explícita sobre las áreas de deforestación de esas regiones y facilitan información cartográfica. Con el mismo porcentaje se destacan las

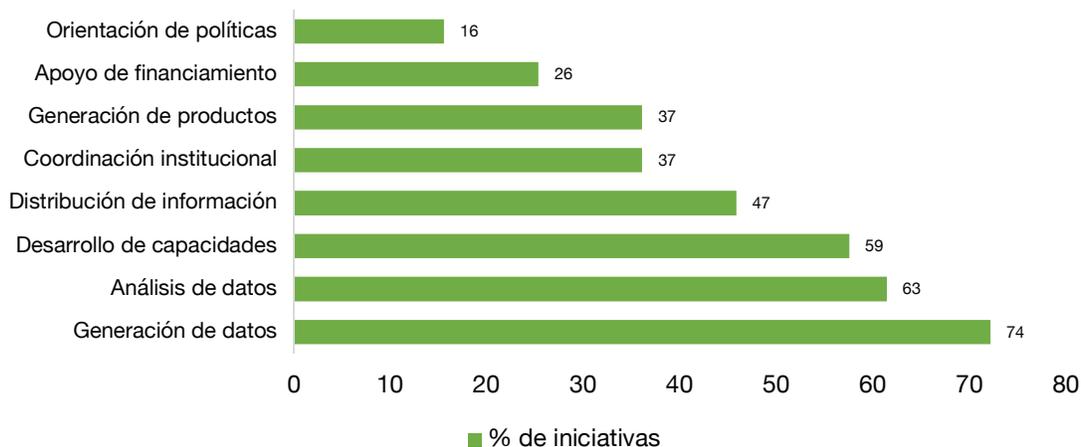


Figura 4. Objetivos de las distintas iniciativas regionales de monitoreo forestal

iniciativas que realizan actividades de cooperación y coordinación entre instituciones y/o países para el intercambio de datos; por ejemplo, la Red amazónica de información socio-ambiental georreferenciada, encargada de estimular y fortalecer el intercambio de información socio-ambiental de instituciones de la Amazonia.

Por otra parte, un 26% de las iniciativas han dado apoyo económico a los países mediante la gestión de fondos que respaldan la implementación de los pagos por compensaciones y apuntan a fortalecer procesos existentes de REDD+; entre ellas, el programa REDD-CCAD-GIZ, el programa ONU-REDD, la OTCA, el Proyecto de fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur Sur y el Fondo cooperativo para el carbono de los bosques. Finalmente, un 16% de las iniciativas han enfocado sus esfuerzos en orientar políticas de desarrollo forestal; entre ellas, la Red global de parcelas forestales, el Centro de Excelencia Virtual en Monitoreo Forestal y el Proyecto ReCaREDD.

4

El uso de tecnologías en monitoreo forestal

Para facilitar la presentación de las experiencias de los países en el uso de tecnologías, este capítulo se organiza por tecnologías relacionadas con los procesos de monitoreo que estiman la cobertura forestal y los cambios de uso de la tierra, apoyan procesos de levantamiento de datos forestales de campo, y/o evalúan la importancia de estos dos en los temas de MRV para REDD+. El marco conceptual para los sistemas de monitoreo forestal se detalló en la sección 2.1 de este documento.

4.1. Tecnologías para el monitoreo de la cobertura forestal y cambios de uso de la tierra

4.1.1. Tecnologías satelitales más utilizadas para el monitoreo forestal

Las principales tecnologías en MF que los países muestreados en este estudio han utilizado para

determinar cobertura y cambios en el uso de la tierra han sido las imágenes satelitales, sensores remotos, programas de cómputo y distintos protocolos para el procesamiento de imágenes y corrección de datos (Cuadro 6). En el Cuadro 7 se muestra la descripción de las principales tecnologías en monitoreo satelital utilizadas por los países muestreados. Detalles completos del uso de estas tecnologías por país se encuentran en el Anexo 4.

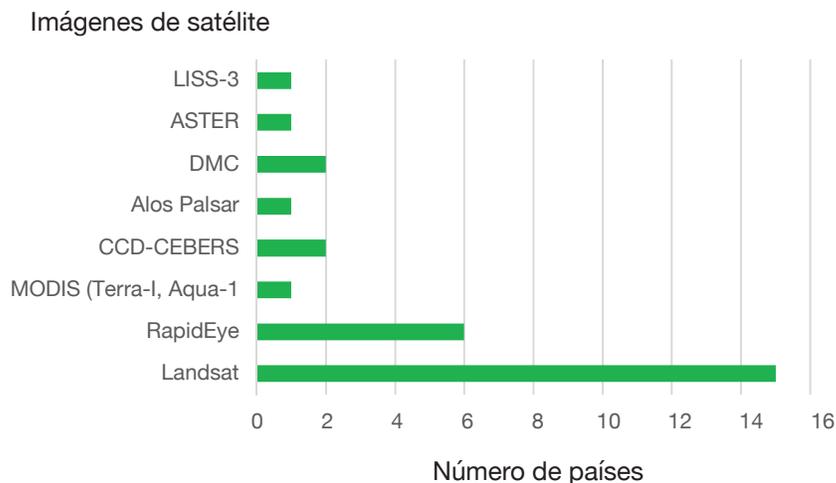


Figura 5. Imágenes satelitales más utilizadas en por los países de LAC

El estudio identificó que las principales imágenes utilizadas en la región han sido las imágenes satelitales Landsat y RapidEye, aunque en la región amazónica también se emplean imágenes DCM³¹ para el monitoreo forestal (imágenes de satélite multiespectrales con una resolución de 22 m) y CCD-CEBERS³² (imágenes multitemporales del satélite chino-brasileño CBERS con cinco bandas y una resolución de 20x20 m) (Figura 5). Para el procesamiento de imágenes y la preparación de mapas, los *softwares* más comúnmente usados han sido ARGIS, ERDAS y ENVI. Algunos países ya han empezado a explorar el uso de plataformas tecnológicas globales como *Google Earth Engine*, o han creado sus propias plataformas, como *Terra Amazon* (Figura 6).

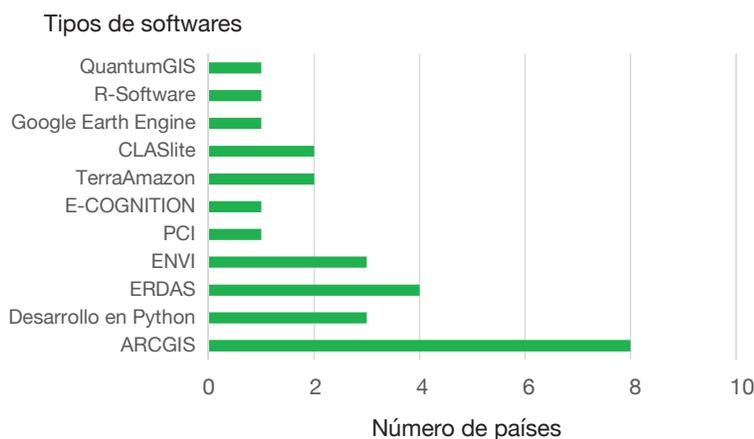


Figura 6. Softwares utilizados para el procesamiento de imágenes y análisis de cambios de uso de la tierra en LAC

³¹ DCM International Imaging. Consultado oct. 2016. <http://www.dmcii.com/>

³² Satélite CBERS. Consultado oct. 2016. <http://www.cbbers.inpe.br/>

Por otra parte, se determinaron diferentes tipos de tecnologías utilizadas para la calibración de imágenes satelitales, conocidas como datos auxiliares. Los datos auxiliares se usan para validar información y corregir errores durante el procesamiento de imágenes satelitales (Chuvieco 2016). Los más utilizados en LAC han sido mapas de cobertura, ortofotos, imágenes de alta resolución y datos de inventarios forestales (Figura 7).

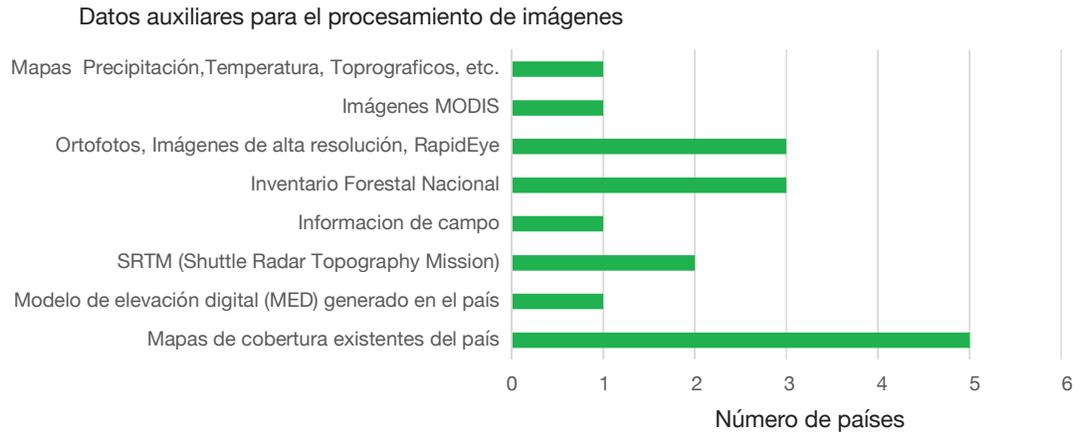


Figura 7. Datos auxiliares utilizados para el procesamiento de imágenes en LAC

Cuadro 6. Tipos de tecnologías y procesos metodológicos utilizados en el monitoreo satelital en LAC

Pais	Sensores utilizados	Softwares utilizados	Datos auxiliares para el procesamiento de imágenes	Análisis de cobertura	Análisis de cambios de cobertura
Honduras	Landsat , RapidEye	ARCGIS	Mapas de cobertura existentes en el país	Clasificación supervisada basada en objetos, algoritmos de clasificación	Google Earth Engine, CLASlite
México	Landsat , RapidEye	Desarrollo en Python	Mapas de cobertura existentes en el país, modelo de elevación digital generado en el país, inventario forestal nacional	Clasificación supervisada basada en objetos, clasificación manual-visual, análisis de escenas individuales, algoritmos de clasificación, segmentadores	IMAD-MAF, detección manual-visual de cambios
Perú	Landsat, MODIS (Terra-I, Aqua-	ARCGIS, ENVI, PCI, E-cognition	<i>Shuttle radar topography mission</i> , imágenes MODIS	Algoritmos de clasificación	Algoritmo de Universidad de Maryland
Surinam	Landsat, CCD-CEBERS, Alos Palsar, DMC,	ARCGIS, TerraAmazon		Clasificación supervisada basada en objetos, segmentadores	Algoritmo Mezclas de firmas espectrales-TerraAmazon
El Salvador	Landsat, RapidEye, Lidar	ARCGIS, ERDAS	Mapas de cobertura existentes en el país, Información de campo	Clasificación supervisada basada en objetos, algoritmos de clasificación	Superposición de mapas de cobertura
Guatemala	Landsat, RapidEye	ARCGIS, Desarrollo en Python, CLASlite	Ortofotos, imágenes de alta resolución, RapidEye	Clasificación supervisada basada en objetos, clasificación supervisada basada en píxeles, algoritmos de clasificación	Superposición de mapas de cobertura
Nicaragua	Landsat, RapidEye		Inventario forestal nacional		
Panamá	Landsat	Google Earth Engine	Ortofotos, imágenes de alta resolución, RapidEye	Google Earth Engine	Google Earth Engine, algoritmo de Universidad de Maryland
Bolivia	Landsat	ARCGIS, Desarrollo en Python, ERDAS, ENVI, CLASlite		Clasificación supervisada basada en objetos, clasificación no supervisada, clasificación manual-visual, algoritmos de clasificación	Algoritmo mezclas de firmas espectrales-TerraAmazon, detección manual-visual de cambios
Ecuador	Landsat, STER	ARCGIS,	Mapas de precipitación, temperatura, topográficos, geología, vegetación potencial, etc.	Clasificación no supervisada, clasificación manual-visual	Superposición de mapas de cobertura
Colombia	Landsat	ARCGIS,		Algoritmos de clasificación	CLASlite
Costa Rica	Landsat	Desarrollo en Python, ERDAS, R-software, QuantumGIS	Mapas de cobertura existentes en el país, <i>shuttle radar topography mission</i> , ortofotos, imágenes de alta resolución, RapidEye	Clasificación supervisada basada en objetos, algoritmos de clasificación	Superposición de mapas de cobertura
República Dominicana	Landsat, RapidEye	ARCGIS, desarrollo en Python, ERDAS, ENVI	Mapas de cobertura existentes en el país	Clasificación supervisada basada en objetos, clasificación no supervisada, algoritmos de clasificación	Superposición de mapas de cobertura
Chile	Landsat	ARCGIS	Inventario forestal nacional	Clasificación manual-visual	Superposición de mapas de cobertura
Brasil	Landsat, CCD-CEBERS, DMC, LISS-3	TerraAmazon		Clasificación supervisada basada en objetos, algoritmos de clasificación, segmentadores	Algoritmo mezclas de firmas espectrales-TerraAmazon

En los análisis de cobertura se encontró que los países utilizan frecuentemente algoritmos de clasificación y clasificación supervisada (Figura 8), mientras que el análisis de cambio de cobertura se realiza principalmente con la superposición de mapas de cobertura y algoritmos de mezcla de firmas espectrales TerraAmazon (Figura 9). Muchas de las tecnologías mencionadas también se utilizan para realizar correcciones geométricas, radiométricas y atmosféricas (p.e. ERDAS, CLASlite), para enmarcar nubes (p.e. TerraAmazon) y para evaluaciones de los resultados de la interpretación de las imágenes (p.e. mapas de deforestación). Otros tipos de tecnologías encontradas, pero de uso menos frecuente, se detallan en el Anexo 4.

Tecnologías en análisis de cobertura

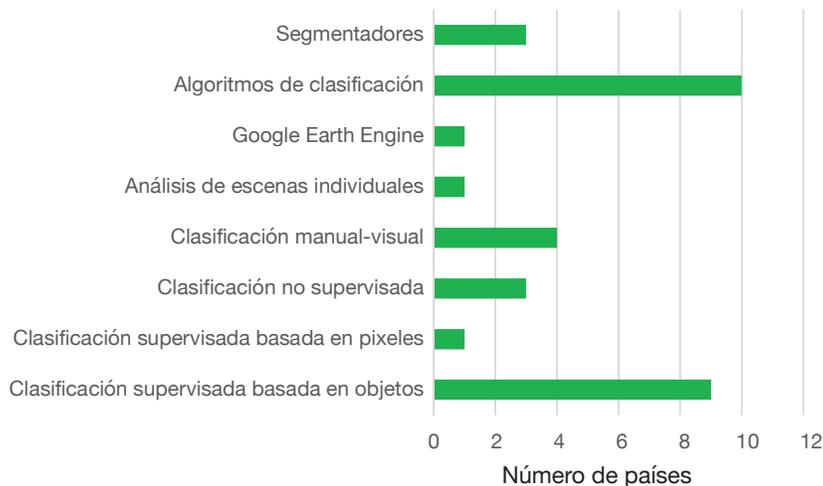


Figura 8. Tecnologías más usadas para el análisis de cobertura forestal en LAC

Tecnologías en análisis de cambio de cobertura

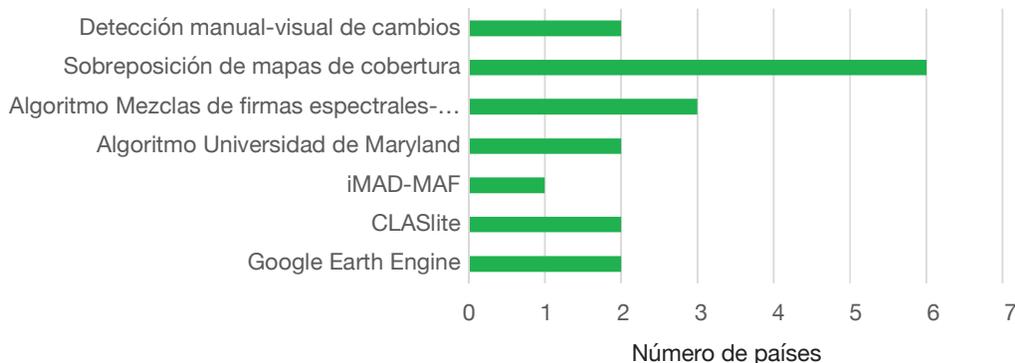


Figura 9. Tecnologías más usadas para el análisis en cambios de cobertura forestal en LAC

4.1.2. Ejemplos del uso de tecnologías en monitoreo terrestre en LAC

Los países en LAC están desarrollando sistemas de monitoreo satelital, niveles de referencia y sistemas MRV para REDD+ a partir de sensores remotos ópticos, principalmente a través de satélites Landsat. Tales satélites tienen una cobertura global, buena resolución espacial (15-30 m), gran cobertura espectral y cuentan con una base de datos histórica de libre acceso. Landsat es, de hecho, la tecnología más promisoriosa y la mejor alternativa para monitorear los bosques en los países LAC.

Un ejemplo exitoso del uso de imágenes Landsat es el Proyecto de monitoreo satelital del bosque amazónico brasileño (Prodes)³³. Este proyecto, en ejecución desde 1988, realiza el monitoreo anual de la deforestación en la Amazonia brasileña a través de imágenes Landsat, CBERS y DMC. Brasil cuenta además con el Sistema de detección de la deforestación en tiempo real (DETER)³⁴ y el Sistema de mapeo de la degradación forestal en la Amazonia brasileña (DEGRAD)³⁵, los cuales generan productos consistentes y robustos que permiten detectar deforestación en tiempo casi real y disminuir la tala ilegal en la región amazónica (BID 201XX).

México y Colombia han desarrollado sistemas de procesamiento operacional y automatizados para dar seguimiento a sus bosques mediante la creación de los sistemas denominados MAD-Mex y MAD-Col (Gebhardt *et al.* 2014). Estos sistemas emplean, como insumo, imágenes Landsat y RapidEye, datos del IFN y cartografía nacional.

Lidar (*light detection and ranging*) es otro tipo de tecnología novedosa que permite determinar la distancia a un objeto o a una superficie, a partir de un impulso láser³⁶. En 2014, El Salvador inició un mapeo de todo el territorio nacional por medio de Lidar y fotografías aéreas multiespectrales, con capacidad para generar mapas de alta resolución ($\leq 1,5$ m)³⁷. México, Panamá, Colombia y Perú han realizado estudios puntuales con esta tecnología; en algunos casos con el apoyo técnico del *Carnegie Airborne Observatory-Carnegie Institution for Science*³⁸. Colombia, por ejemplo, ha desarrollado un mapa de carbono del país³⁹ y Perú la ha utilizado para detectar deforestación debido a la actividad minera⁴⁰. Las estimaciones con Lidar hasta ahora han probado ser eficientes cuando se trata de coberturas boscosas simples, como las plantaciones forestales; sin embargo, el proyecto USAID BIOREDD+ la ha empleado con éxito en la estimación de la degradación forestal en Colombia⁴¹.

Las imágenes de radar de libre acceso Alos-Palsar forman parte del programa satelital de monitoreo terrestre de la Agencia de Exploración Espacial Japonesa⁴² y *Japan Resources Observation System Organization*⁴³. Alos-Palsar es una fuente de información global que permite documentar los cambios en la cobertura forestal. Esta tecnología ofrece la posibilidad de cuantificar la dinámica boscosa histórica y futura por medio de comparaciones entre sus sets de datos (2007, 2008, 2009 y 2010). Brasil, Guyana, Surinam⁴⁴ y Perú han recibido capacitaciones y ya han probado el uso de estas tecnologías para analizar cambios en la cobertura forestal (Joshi *et al.* 2015).

Otro ejemplo de tecnologías de punta son los vehículos aéreos no tripulados (drones). Los drones tienen la capacidad de inspeccionar paisajes y generar imágenes de alta resolución espacial. Mediante el uso combinado con inspecciones en el terreno, el uso de drones podría convertirse en una herramienta de muy bajo costo y alta efectividad. A diferencia de las tecnologías convencionales de teledetección, los drones

33 Proyecto Prodes. Consultado jun. 2016. <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>

34 Infoamazonia, acceso a datos mensuales de deforestación. Consultado jun. 2016. <http://infoamazonia.org/es/datasets/monthly-deforestation-brazil-deter/>

35 Projeto de Mapeamento da Degradação Florestal na Amazônia Brasileira. Consultado jun. 2016. <http://www.obt.inpe.br/degrad/>

36 Esta tecnología permite generar datos de altitud y definir la superficie del terreno para generar modelos de elevación digital. También puede medir variables de densidad de la vegetación, con las cuales es posible generar modelos para el mapeo de características forestales, como el área basal, volumen, biomasa y carbono.

37 Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador. mar. 2014. Consultado may. 2016. <http://www.marn.gob.sv/marn-inicia-mapeo-aereo-de-elevacion-digital-de-todo-el-salvador/>

38 Carnegie Institution for Science. Consultado may. 2016. <https://carnegiescience.edu/>

39 Comunicado de CLASlite. Consultado may. 2016. <http://claslite.ciw.edu/en/success-stories/colombia-carnegie-amazon-carbon-mapping>

40 Comunicado de CLASlite. Consultado may. 2016. <http://claslite.ciw.edu/en/success-stories/peru-national-monitoring.html>

41 BIOREDD+ USAID, Colombia. Consultado feb. 2016. <http://bioredd.org/proyectos/>

42 Agencia de Exploración Espacial Japonesa (JAXA). Consultado jun. 2016. <http://global.jaxa.jp/projects/sat/alos/>

43 Japan Resources Observation System Organization (JAROS). Consultado jun. 2016. <http://www.jspacesystems.or.jp/en/>

44 Comunicado de REDD+ for the Guiana Shield. Consultado set. 2016. <https://reddguianashield.com/>

vuelan por debajo de las nubes; por ello es posible realizar evaluaciones durante todo el año, incluso durante la temporada de lluvias, lo cual permite un monitoreo permanente de los bosques.

Los drones están siendo utilizados por algunas comunidades en México para monitorear invasiones a su territorio, comprobar si existen plagas o enfermedades en los árboles y enfrentar con mayor rapidez los incendios (Paneque-Gálvez *et al.* 2014, BID 201XXX).

En Panamá, los drones se han utilizado en el 5% del territorio para la validación de clasificaciones hechas por medio de imágenes RapidEye. FAO, por intermedio del programa ONU-REDD, ha capacitado a representantes indígenas panameños para el monitoreo forestal comunitario por medio de drones de ala fija⁴⁵. En Ecuador⁴⁶ y Guatemala⁴⁷ también realizan proyectos piloto para medir la deforestación y resguardar áreas protegidas. El problema de los drones es el limitado tiempo de vuelo que tienen estos aparatos, pues dependen de la duración de las baterías, por lo que hasta ahora su uso es ideal en escalas pequeñas de acción, además de que su uso aún no está normalizado en el país.

4.1.3. Evaluación del desempeño y áreas por mejorar

En opinión de las personas entrevistadas durante la realización de este estudio, el desempeño de las tecnologías satelitales para el monitoreo forestal ha sido considerado como “excelente” o “adecuado”. Sin embargo, el desempeño de las tecnologías utilizadas como datos auxiliares y para el enmascaramiento de nubes, análisis de cobertura y análisis de cambio de cobertura se calificó como “regular” (Figura 10). En el Cuadro 8 se resumen una serie de aspectos identificados por las personas entrevistadas para mejorar el desempeño de las tecnologías satelitales en MF.

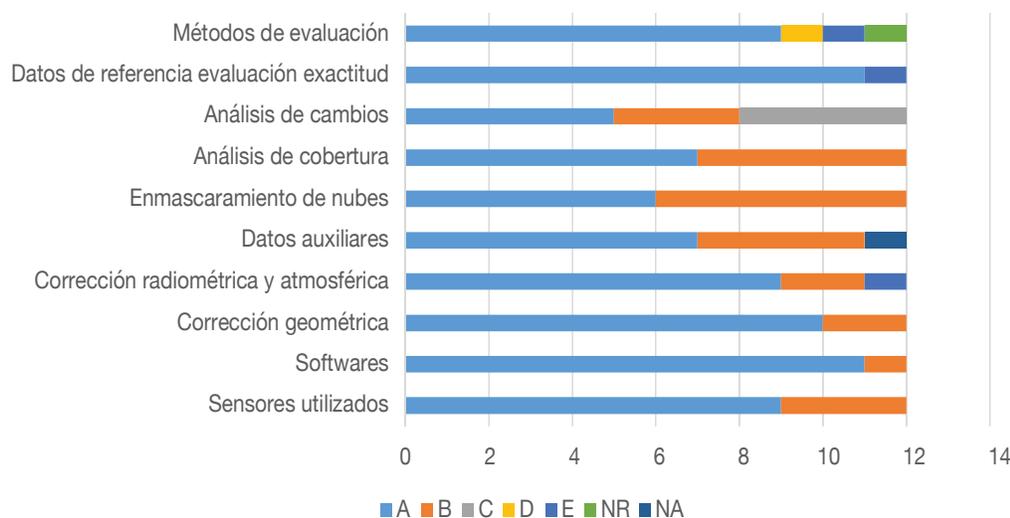


Figura 10. Evaluación del desempeño de las tecnologías en LAC. Con base en la respuesta brindadas por 14 países. A: excelente, B: adecuada, C: cumple medianamente, D: cumple pocos objetivos, E: no cumple los objetivos.

⁴⁵ Comunicado de la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Consultado jun. 2016. <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/417512/>

⁴⁶ Comunicado del Ministerio de Ambiente de Ecuador. Consultado jun. 2016. <http://www.ambiente.gob.ec/mae-fortalece-conservacion-y-el-monitoreo-forestal-en-el-pais/>

⁴⁷ Comunicado del Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala. set. 2015. Consultado jun. 2016. <http://www.conap.gob.gt/index.php/servicios-en-linea/noticias/820-guatemala-adquiere-drones-para-el-monitoreo-de-sus-areas-protegidas.html>

Cuadro 8. Aspectos que deben mejorarse en las tecnologías empleadas para el monitoreo forestal en LAC

Tipo de tecnología	Mejoras
Sensores utilizados	Monitoreo integral (ampliar el monitoreo, no solo la parte forestal)
	Cambio en el enfoque de monitoreo (inventario forestal)
	Mejora en la capacidad de manejo y procesamiento de datos de alta resolución
	Contar con imágenes de alta resolución de forma constante
	Ninguna
Softwares	Desarrollo de una plataforma en línea
	Desarrollo de una plataforma interna del país
	Generación de capacidades en manejo de bases de datos
	Generación de capacidades en programación
Corrección geométrica	Desarrollo de un sistema de gestión de calidad de imágenes e información cartográfica
Corrección radiométrica y atmosférica	Algoritmos para corrección atmosférica automática en RapidEye
Datos auxiliares	Biblioteca de datos por región y país
	Biblioteca de firmas espectrales
	Información de terreno para entrenamiento
	Información adecuada para entrenamiento (resolución, escala, etc.)
Enmascaramiento de nubes	Desarrollo de algoritmos automatizados para enmascarar nubes y sombras
Análisis de cobertura	Mejora en los procesos de clasificación del país
	Mejora en la segmentación de imágenes
	Estandarización y definición de protocolos
	Adecuación de algoritmos y procedimientos de clasificación a nivel LAC
Análisis de cambios	Desarrollo/mejora en algoritmos de detección de cambios
	Desarrollo en algoritmos para medir degradación
	Reducción de errores cometidos en la detección
	Cambio de enfoque para medir deforestación y degradación
Datos de referencia para evaluar exactitud	Acceso a nuevas imágenes de alta resolución
Métodos de evaluación	Uso de métodos para evaluar exactitud

4.2. Tecnologías utilizadas en los IFN para la recolección y análisis de datos de campo

4.2.1. Tecnologías más utilizadas en inventarios forestales⁴⁸

Mediante las entrevistas realizadas se encontró que la mayoría de los países muestreados ya cuentan con un IFN o están en proceso de implementarlo. Para diseñar e implementar los IFN, los países han empleado herramientas estadísticas para el muestreo de datos, así como herramientas y *softwares* convencionales para la toma de datos en campo (Cuadro 9; más detalles en el Cuadro 3).

Con este estudio se logró identificar que en la mayoría de los países que ya cuentan con un inventario forestal o están en proceso de desarrollarlo, el diseño de muestreo de sus inventarios es sistemático estratificado y, en menor medida, aleatorio estratificado.

El inventario sistemático en todos los casos correspondió a una distribución regular de las parcelas del inventario sobre una malla o cuadrícula equidistante, sobrepuesta al mapa de cobertura o de ecorregiones; de esta manera se estratificaron las parcelas del inventario. Por otro lado, los inventarios con un diseño de muestreo aleatorio distribuyeron sus parcelas de manera aleatoria dentro de los estratos de bosques definidos por los mapas.

⁴⁸ La identificación de las tecnologías utilizadas para los inventarios forestales y recopilación de datos de campo se basó en las entrevistas realizadas, ya que no fue posible encontrar información actualizada sobre los IFN y la estimación de los factores de emisión en la literatura revisada. Se procuró entrevistar a responsables del IFN y a expertos en factores de emisión para ligar la información obtenida con el sistema MRV de REDD+ en los países.

Cuadro 9. Tecnologías identificadas para la recolección de datos en los inventarios forestales nacionales en LAC

País	Estado del IFN	Diseño del inventario		Logística del inventario		Implementación del inventario
		Diseño de muestreo estratificado	Mapa para la estratificación	Tecnologías de información y equipos	Estructura de base de datos	Implementación de auditorías
Bolivia	Realizado	Con malla regular sistemático	Tipo de vegetación	Equipo convencional	Excel/ Access	No las realizan
Brasil	Realizado	Sistemático	---	Equipo convencional	---	Externas
Chile	Realizado*	Con malla regular sistemático	Uso del suelo, tipo de vegetación	Equipo convencional	Excel/ Access	En proceso
Colombia	En proceso	Sistemático Malla regular 24 Km	Post-estratificado	Equipo convencional	Formularios captura: Open Foris y Base datos: Oracle	Internas
Costa Rica	Realizado	Con malla regular sistemático	Tipo de vegetación	Equipo convencional, relascopio láser	Excel/ Access	Externas
Ecuador	Realizado	Con malla regular sistemático	Tipo de vegetación	Equipo convencional	Open Foris, sistema local	Internas
El Salvador	En planeación	Malla irregular aleatorio	Uso del suelo	Equipo convencional	No se ha definido	Internas (en proceso)
Guatemala	Realizado	Con malla regular sistemático	Eco-zonas/ eco-regiones	Equipo convencional	Excel/ Access	---
Honduras	Realizado	Con malla regular sistemático	Uso del suelo	Equipo convencional, metodología de FAO	Excel/ Access	Internas, externas
México	Realizado	Con malla regular sistemático	Uso del suelo, tipo de vegetación	Equipo convencional, relascopio láser	Excel/ Access, SQL	Externas
Nicaragua	Realizado	Con malla regular sistemático	Uso del suelo	Equipo convencional	Sysinfo	No las realizan
Perú	Realizado	Malla irregular aleatorio	Ecozonas / ecorregiones	NA	Excel/ Access	Externas
República Dominicana	Realizado (piloto)	Con malla regular sistemático	Uso del suelo	Equipo convencional, relascopio láser	"-Bosque	Internas
Surinam	Piloto en ejecución	Malla sistemática	En análisis hacerlo por clases geomorfológicas	Combinación fotos áreas y equipo de campo	Excel/Access/ODK/SQL/ADAM/RSG /IMPACT/R	Internas/externas
Venezuela	No tiene	NA	NA	NA	NA	NA

NA: no aplica

---: no se obtuvo información con las entrevistas

Para la recolección de datos en campo, todos los países muestreados reportan el uso de equipo convencional (p.e. aparatos de medición del posicionamiento geográfico, cinta métrica, cinta diamétrica, flexómetro, cámaras fotográficas, brújula, barreno, clinómetro, hipsómetro y forcípulas). Para registrar los datos de las mediciones en campo se utilizan fichas en papel; en ninguno de los casos se han usado dispositivos móviles. Únicamente el proyecto *Sistema de Monitoreo Comunitario para REDD+*, de Guyana, los ha utilizado en sus iniciativas de monitoreo comunitario (Recuadro 6).

Recuadro 6.

Uso de dispositivos móviles en sistemas de monitoreo comunitario para REDD+ en Guyana

El objetivo de esta iniciativa fue realizar una prueba piloto en Guyana y Brasil para conocer cómo podían participar las comunidades en el monitoreo de REDD+. Además, pretendía mejorar la gobernanza mediante el monitoreo independiente por parte de los miembros de la comunidad. La iniciativa finalizó en el 2015.

Esta iniciativa fue apoyada por el Gobierno de Noruega, en colaboración con el Gobierno de Guyana y el Estado de Acre en Brasil, y fue ejecutada por Global Canopy Programme. Este organismo ha desarrollado experiencias en diferentes partes del mundo y ha utilizado medios móviles –como teléfonos celulares para el monitoreo.

En los aparatos móviles se cargan formatos apropiados para el recurso a ser monitoreado. Para el almacenamiento de los datos se utilizan formatos creados con open data kit y otros softwares creados por GCP para compartir los datos con los usuarios interesados.

Una de las principales barreras a esta iniciativa ha sido que, a pesar de la alta calidad del monitoreo y la eficiencia de los equipos y software utilizados, es muy difícil mantener el monitoreo a largo plazo. La principal razón es la falta de fuentes de financiamiento (por lo general se consigue apoyo para pruebas piloto, pero al finalizar esa fase, las comunidades no pueden solventar la renovación de equipos, ni su mantenimiento, ni la compra de baterías. GCP está tratando de apoyar la implementación de sistemas de monitoreo comunitario. Este mecanismo puede ser la clave para lograr la continuidad de los sistemas de monitoreo.

Fuente: Bellfield et al. (2015), Sabogal (2015)

Luego de recolectar información en campo, la información de los IFN se organiza en bases de datos; por lo general se utilizan los *softwares* Excel y Access, aunque también se han usado Sysinfo, CBP2, SQL, +Bosque y Open Foris (Cuadro 10). Si bien, no es evidente que los países aplicaran protocolos de control de calidad en campo, sí los tienen para controlar la calidad al momento de sistematizar la información en bases de datos electrónicas, para lo cual utilizan los mismos *softwares* mencionados anteriormente.

Con respecto a la estimación de carbono, a nivel de observaciones en las unidades de muestreo de los IFN, se determinó que la mayor parte de los países estiman biomasa aérea, madera muerta, mantillo y suelo. Nuevamente, los programas de computación más usados han sido Excel y Access para realizar estimaciones; sin embargo, también se emplean otras plataformas emergentes como CBP2, SQL, +Bosque y Open Foris.

En cuanto a la estimación de los factores de emisión (FE), pocos países reportaron la plataforma tecnológica que están empleando. Entre los países que sí reportaron, las más usadas son Excel y R. La mayor parte de los países solo están desarrollando FE para estimar emisiones por deforestación, por lo que hay un gran campo de oportunidad en la asistencia técnica para la estimación de FE en otras actividades como degradación, reforestación, recuperación y conservación.

Cuadro 10. Tipos de software utilizados en LAC para organizar la información en forma de bases de datos

Tipo de tecnología	Descripción	Oferente
CBP2	Plataforma desarrollada por el Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS) para almacenar y analizar datos forestales.	USFS ⁴⁹
SQL	Lenguaje de acceso a bases de datos relacionales que permite realizar diferente tipo de manejo.	IBM ⁵⁰
+Bosque	Plataforma de estimación de indicadores generados a partir de inventarios forestales nacionales.	GIZ ⁵¹
Open Foris	Grupo de <i>software</i> libre con herramientas para la colección de datos, análisis y reportes de temas forestales.	FAO ⁵²

4.2.2. Evaluación del desempeño, áreas de oportunidad y barreras para la apropiación de las tecnologías usadas en la recolección de datos de campo

En cuanto a las tecnologías para la toma de datos en campo, la mayor parte de las personas entrevistadas en los países evaluó el desempeño de esas tecnologías como “Adecuado” pero ninguno de ellos las evaluó como “Excelente” (Figura 11). Se identificó una alta proporción de respuesta “No aplica” debido a que algunas de las tecnologías (p.e. las empleadas en logística, implementación y reporte del inventario) que se buscaba evaluar aún no están utilizándose en sus IFN (p.e. en El Salvador, Surinam, Brasil y Guatemala), ya que se trata de procesos iniciados recientemente. Esto indica que también existe una gran área de incidencia técnica en estos subprocesos de los IFN de la región.

El uso de tecnologías para la recolección de datos de campo de los IFN debe mejorarse, principalmente en cuanto al desempeño del diseño de muestreo utilizado. Las personas entrevistadas también recalcaron la necesidad de centrar esfuerzos en el mejoramiento de la calidad de la información obtenida.

Otras áreas a mejorar se relacionan con la logística del inventario. Se recomienda emplear mejores tecnologías, realizar avances metodológicos constantes y contar con bases de datos más flexibles que satisfagan las necesidades particulares de cada país. En la implementación del inventario se recomienda hacer uso de dispositivos móviles; finalmente, en cuanto al análisis y reporte se sugiere examinar la información para identificar áreas de mejora (Cuadro 11).

⁴⁹ Servicio Forestal de los Estados Unidos. Consultado oct. 2016. <http://www.fs.fed.us/>

⁵⁰ IBM. Consultado oct. 2016. www.ibm.com

⁵¹ Manual del Usuario de +Bosque. Consultado may. 2016. http://www.reddccadgiz.org/documentos/doc_1633387481.pdf

⁵² Open Foris. Consultado may. 2016. <http://www.openforis.org/>

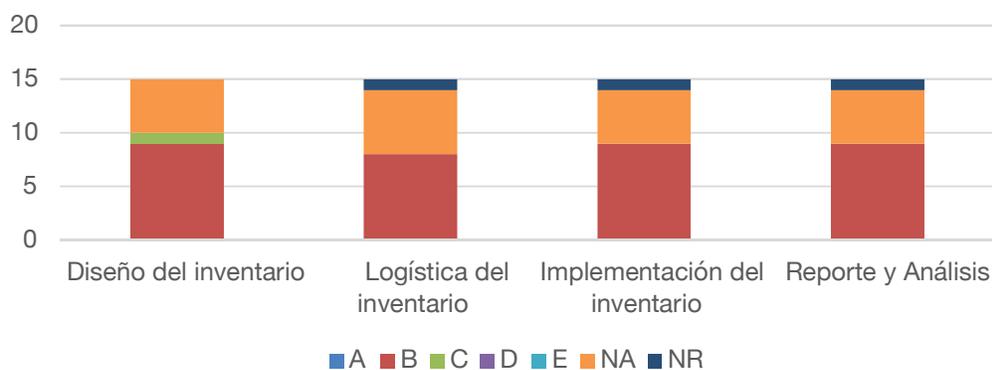


Figura 11. Evaluación del desempeño de las tecnologías en LAC para la recolección de datos de campo en IFN

A: Excelente B: Adecuado C: Regular D: Malo E: Muy malo NR: No reportado NA: No aplica

Cuadro 11. Aspectos de las tecnologías para el monitoreo forestal que deben mejorarse en LAC

Subproceso	Respuesta
Diseño del inventario	Ajustar para mediciones consecutivas
	Evaluar el diseño
	Intensificar el muestreo en algunas áreas
	Mejorar la calidad de la información
	Mejorar transparencia en la información
Logística del inventario	Implementar mejores tecnologías
	Institucionalizar el IFN
	Mejorar en forma constante
	Tener un sistema de base de datos más flexible
	Usar dispositivos móviles
Implementación del inventario	Ampliar la muestra
	Analizar la información para identificar oportunidades
	Institucionalizar las auditorías
	Mejorar el procedimiento de validación
	Mejorar las fichas técnicas a partir de la experiencia
	Mejorar la logística
	Usar dispositivos móviles
Análisis y reporte	Ampliar la muestra
	Analizar la información para identificar oportunidades
	Mejorar el procedimiento de validación
	Mejorar las fichas técnicas a partir de la experiencia
	Mejorar la logística
	Usar dispositivos móviles

4.3. Otros sistemas de monitoreo aptos para el sector forestal y el uso de tecnologías

Este estudio determinó que, además de los sistemas de monitoreo enfocados en el control de los cambios en la cobertura forestal, existen otros sistemas de monitoreo que ofrecen un gran potencial para el sector forestal de los países (ver detalles en Anexo 5). Estos sistemas se enfocan en las alertas tempranas para detectar focos de deforestación e incendios (p.e. Brasil, Perú y México), el impacto de la minería (Guyana, Surinam y Brasil), los cambios en otros ecosistemas (p.e. los manglares en México, Colombia), o el monitoreo de esquemas de pago por servicios de los ecosistemas (p.e. Costa Rica).

4.3.1. Sistemas de alerta temprana

Un caso a resaltar es el ‘sistema de alerta temprana Terra-i de Perú’⁵³, el cual tiene como objetivo monitorear o detectar “cambios rápidos” en la cobertura y uso de la tierra. Este sistema utiliza tecnologías para estimar los índices de vegetación⁵⁴, los cuales brindan información mensual sobre los cambios ocurridos en un territorio y que son ocasionados principalmente por la actividad humana. Terra-i Perú constituye un insumo importante de información para el gobierno sobre las actividades relacionadas con la conservación de los recursos naturales, la biodiversidad, la adaptación al cambio climático, la gestión de riesgos de desastres y el diseño de políticas públicas con un enfoque de ordenamiento territorial (MINAM 2016).

Otro ejemplo son los sistemas de alerta temprana de incendios. En Brasil, el Sistema de monitoreo satelital de quemas e incendios en tiempo casi real⁵⁵ monitorea de forma permanente los focos de quemas e incendios forestales, así como el riesgo de fuego en la vegetación en el presente y previsiones futuras (diarias, semanales y mensuales); además monitorea la concentración y trayectoria de los contaminantes emitidos. Esta iniciativa trabaja por medio de un convenio de colaboración entre Brasil y China, cuenta con el apoyo de la Universidad de Maryland de Estados Unidos y el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE), de Brasil; de hecho, el INPE es el responsable del sistema.

4.3.2. Sistemas de monitoreo de otros ecosistemas y biodiversidad

En cuanto a sistemas de monitoreo de otros ecosistemas, como los manglares, México es uno de los países que ha generado mayores experiencias. Este país cuenta con el Sistema de monitoreo de los manglares⁵⁶ desarrollado por la Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (Conabio), y cuyo objetivo es identificar cambios en los ecosistemas de manglar mediante la evaluación de su distribución espacial y condición en el tiempo.

El sistema colabora con una red de investigadores y cuenta con 81 sitios en manglares de relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. Para cada sitio se ha desarrollado una ficha de criterios y de caracterización, con información de ubicación del sitio, características físicas, socioeconómicas, usos, descripción e importancia biológica, características de la estructura, impactos, amenazas y procesos de transformación, conservación y manejo de los manglares.

⁵³ Terra-i de Perú. Consultado may. 2016. http://terra-i.org/terra-i/data/data-terra-i_peru

⁵⁴ MODIS-NASA: normalized difference vegetation index. Consultado ago. 2016. <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod13.php>

⁵⁵ Sistema brasileño de monitoreo de incendios. Consultado ago. 2016. <http://www.inpe.br/queimadas/>

⁵⁶ Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Consultado jun. 2016. <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/smmm.html>

⁵⁷ Global Water Watch. Consultado set. 2016. <http://www.globalwaterwatch.org/>

En cuanto al monitoreo de servicios de los ecosistemas y biodiversidad, varios países de LAC también han avanzado en el establecimiento de sistemas y ensayos con nuevas tecnologías. Argentina, Brasil, México y Perú forman parte de la iniciativa *Global Water Watch*⁵⁷, la cual tiene como objetivo involucrar a los ciudadanos en el cuidado coparticipativo de cuencas y la protección del ambiente. El eje central de esta iniciativa es el monitoreo de las aguas superficiales (ríos y lagos) y agua de suministro a las comunidades para tratar de resolver los problemas ambientales que se detecten; además, también se miden los parámetros físico-químicos del agua.

El monitoreo de biodiversidad ha recibido especial cuidado en Costa Rica, donde existe desde 1989, el Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio)⁵⁸, el cual ha realizado una labor reconocida en el inventario de datos de biodiversidad de árboles y otros grupos de especies. La institución cuenta con laboratorios bien equipados y personal de campo adiestrado.

Colombia, por su parte, ha creado el Sistema de información de la biodiversidad (SIB)⁵⁹, ente en el que participan el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, varios centros nacionales de investigación y la academia.

Ecuador cuenta, desde el 2013, con un Sistema de información de la biodiversidad (SIB)⁶⁰ liderado por el Ministerio del Ambiente. El SIB busca integrar información generada o administrada por distintas instituciones públicas que se articulan a través del Sistema Nacional de Información para cubrir las necesidades de información de los distintos niveles de gobierno y con ello transparentar la gestión pública.

A nivel regional existen iniciativas como la Red andina de monitoreo de la biodiversidad en alta montaña (Gloria-Andes)⁶¹, articulada a la Iniciativa Global Gloria. La misión de Gloria es el estudio comparativo de los impactos del cambio climático en la diversidad biológica de la región andina mediante el monitoreo a largo plazo. La iniciativa sigue un enfoque de trabajo colaborativo entre varios centros de investigación de la región. La red ha desarrollado una página web⁶² y un geoportal⁶³ que permite registrar y estructurar la información. Gloria involucra a investigadores de los países en donde está presente el ecosistema de alta montaña, desde Venezuela hasta Argentina.

Otro estudio a resaltar es la experiencia de Chile en la creación de redes institucionales de monitoreo de la biodiversidad y el cambio climático (Recuadro 7).

⁵⁷ Global Water Watch. Consultado set. 2016. <http://www.globalwaterwatch.org/>

⁵⁸ INBio de Costa Rica. Consultado abr. 2016. <http://www.inbio.ac.cr>

⁵⁹ SIB de Colombia. El SIB es una red de redes que, mediante el apoyo de herramientas web de código abierto integradas de publicación (IPT, por sus siglas en inglés), busca dar un servicio gratuito de publicación de reportes y registro de mega-datos sobre distintos grupos biológicos como plantas, insectos y animales. Consultado set. 2016. <http://www.sibcolombia.net/>

⁶⁰ Ministerio de Ambiente de Ecuador. Consultado may. 2016. <http://sib.ambiente.gob.ec/#>

⁶¹ Gloria. Consultado may. 2016. <http://www.condesan.org/portal/iniciativas/red-andina-de-monitoreo-de-la-biodiversidad-en-alta-montana-gloria-andes>

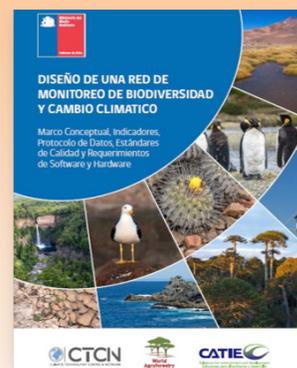
⁶² Global Gloria. Consultado may. 2016. <http://www.condesan.org/gloria>

⁶³ Geoportal de Gloria. Consultado may. 2016. <http://geogloria.condesan.org>

Recuadro 7. Diseño de una red para el monitoreo de la biodiversidad y el cambio climático en Chile

El Ministerio de Ambiente de Chile, con el apoyo del Centro y Red de Tecnología del Clima de la CMNUCC, diseñó la Red de monitoreo de biodiversidad y cambio climático. Tal diseño toma en cuenta la selección de indicadores a monitorear, así como el establecimiento de protocolos de monitoreo y de manejo de los datos.

Fuente: MMA et al. (2016)



4.3.3. Monitoreo forestal comunitario

La integración de las comunidades locales al monitoreo forestal es otro aspecto en el que algunos países han estado trabajando y probando tecnologías. En los países muestreados para este estudio se identificaron sistemas de monitoreo comunitario en Brasil, Costa Rica, Colombia, Guatemala, Guyana, México, Nicaragua, Panamá y Perú. Por ejemplo, en Colombia se identificó el *Proyecto REDD+ territorios colectivos de las comunidades negras de los ríos Pepé y Acaba*, el cual se inició en el 2012. Los objetivos del proyecto son mitigar el cambio climático a través de la reducción en deforestación y degradación del bosque y la recuperación natural de áreas boscosas degradadas, y contribuir a la conservación de la biodiversidad⁶⁴. Ejemplos de tecnologías utilizadas en acciones de monitoreo comunitario se detallan en Anexo 6⁶⁵.

En Guatemala, existe vasta experiencia de monitoreo comunitario de los bosques del Petén, mediante comunidades locales trabajando en asociación con gobierno y ONG (p.ej. la Asociación de Concesiones Forestales de Petén, quienes trabajan con el Consejo Nacional de Áreas Protegidas y el Wildlife Conservation Society). (Cifuentes-Jara y Catalán 2018)

⁶⁴ TResumen: proyecto REDD+ río Pepe-Acaba. Consultado dic. 2016. http://database.v-c-s.org/sites/v-c-s.org/files/Resumen_Acaba%20Dec%203.pdf

⁶⁵ Para más detalles sobre monitoreo comunitario se sugiere revisar la sección 7.2 de Hewson et al. (Eds.). 2014. Manual de medición, reporte y verificación (MRV) de REDD+ Versión 2.0. Programa de Carbono Forestal, Mercados y Comunidades financiado por USAID. Washington, DC, Estados Unidos. http://www.fomcglobal.org/mrv_resources.html

4.4. Avances de los países en la implementación de sistemas de monitoreo forestal y MRV para REDD+

Los gobiernos nacionales y la cooperación internacional han hecho grandes esfuerzos para apoyar los preparativos para REDD+ en los países evaluados. Tales esfuerzos se reflejan en los avances que los países han realizado para establecer sus SNMF y sus sistemas de MRV. De los 21 países evaluados, México, Brasil, Perú, Chile y Colombia muestran los mayores avances (Figura 12). Los países con menor avance son Paraguay, Belice, El Salvador y Cuba, en parte por la falta de recursos y débil institucionalidad.

México cuenta con un SNMF que vincula las principales iniciativas de MF del país por medio de acuerdos institucionales. También cuenta con el respaldo legal específico que promueve la sostenibilidad del sistema. Además, es el único país de la región que ha actualizado su IFN con una periodicidad de cinco años (*durante tres periodos*) y ha presentado ante la CMNUCC sus INGEI en cinco ocasiones y su nivel de referencia para REDD+; este incluso ya ha sido evaluado por la CMNUCC.

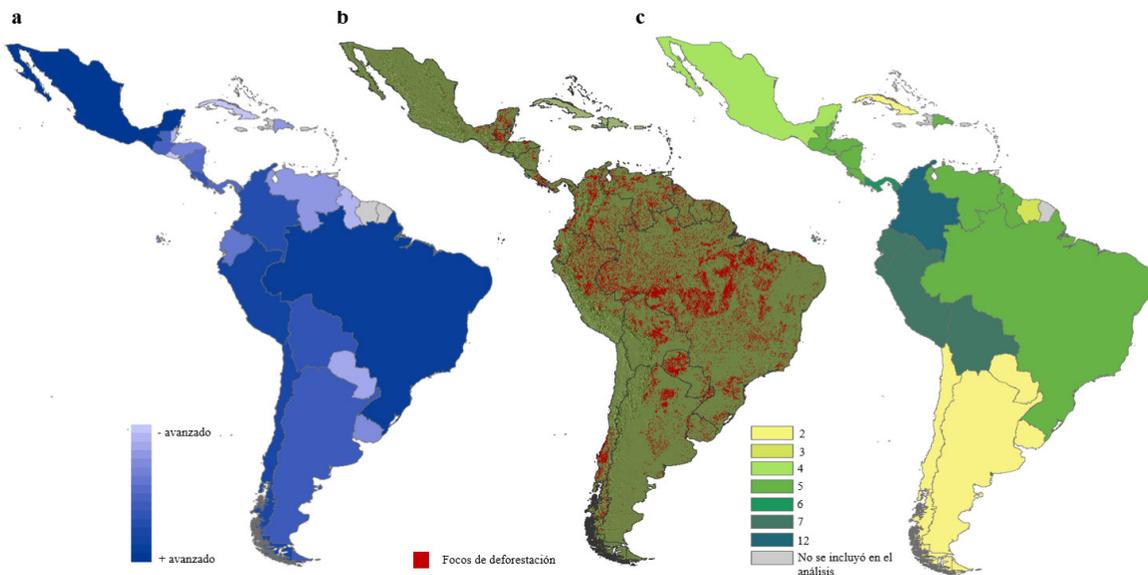


Figura 12. Relación entre países con altos focos de deforestación y desarrollo de iniciativas de MF

1. Nivel de desarrollo del SNMF (basado en el análisis de avances de MF por país, Anexo 2)
2. Focos de deforestación en la región (Reymodin et al. 2012)
3. Número de iniciativas regionales de MF por país

Si bien es difícil establecer una relación estrecha entre el avance de los sistemas de MF con el grado de deforestación, a modo de ejercicio, en la figura 12b se da una idea de *cómo puede influir* la deforestación en el establecimiento de los sistemas de MF. En Paraguay, por ejemplo, se presentan grandes focos de deforestación en la mayor parte del territorio; además, sus SMF son poco avanzados y hay poca presencia de iniciativas regionales, lo cual puede estar limitando la posibilidad del país de controlar su deforestación. Los países con avances significativos en sus SNMF (México, Perú, Brasil y Chile) y buena presencia de iniciativas regionales (Perú cuenta con el apoyo de siete iniciativas) tienen una mayor capacidad para atraer fondos y orientar acciones de control del recurso forestal (p.e. a través de sistemas de alerta temprana y monitoreo). No obstante, algunos de esos países siguen teniendo muchos focos de deforestación, por lo que se requiere de un mayor esfuerzo e interés político para orientar sus acciones a favor del recurso forestal y garantizar su conservación.

5

Eliminación de barreras para avanzar hacia la adopción de tecnologías de monitoreo forestal

5.1. Barreras para la adopción de tecnologías

Como se ha demostrado en capítulos anteriores, LAC ha avanzado en el establecimiento de gran variedad de sistemas de monitoreo forestal que han permitido probar diferentes tipos de tecnologías. Sin embargo, también se han encontrado múltiples barreras que retrasan la adopción de tales tecnologías en el ámbito nacional, sobre todo en los países que menos avances han alcanzado. En opinión de las personas entrevistadas, las principales barreras para la adopción de tecnologías de MF tienen que ver con condiciones institucionales y falta de capacidades técnicas y recursos logísticos.

Desde el punto de vista institucional, la falta de acuerdos firmes entre actores en cuanto a sus funciones de MF suelen entorpecer el desarrollo de programas de adopción de tecnologías, ya que a menudo las instituciones son reacias a

invertir recursos en cuestiones sobre las que no tienen certeza. Otras barreras, como la falta de canales claros de comunicación, la burocracia que afecta la planificación, los intereses particulares de distintas instituciones, la alta rotación de personal, la falta de fondos y bajas capacidades en gobiernos locales, debilitan la adecuada coordinación y planificación a largo plazo.

La falta de capacidades técnicas permanentes es otra barrera que reduce la adopción de tecnologías de MF. Este estudio encontró que, en el pasado, los países habían ejecutado gran variedad de proyectos piloto en materia de MF ligados a programas de capacitación y transferencia de tecnología. La recomendación de la CMNUCC a los países en desarrollo es estimar las emisiones antrópicas de GEI según las fuentes de origen (Nivel 2 según IPCC 2006), el cual es considerado como el requisito mínimo de reporte. Sin embargo, un análisis de las capacidades de los países en desarrollo para monitorear sus bosques encontró que el 50% de los países latinoamericanos no habían logrado desarrollar sus IFN y, por lo tanto, reportaban sus emisiones y remociones con datos por defecto de Nivel 1 (Herold y Skutsch 2009).

Si bien los proyectos piloto realizados han producido información valiosa, cuando finalizan no se logra retener al personal entrenado, con lo que se desaprovecha la inversión; cuando surgen nuevas iniciativas, se debe empezar de cero y volver a capacitar a personal nuevo en el futuro. En algunos casos se evidenció desconocimiento de la existencia o uso de tecnologías satelitales emergentes y de metodologías para el procesamiento de imágenes o de análisis de datos.

Es crucial que se asegure la adopción del conocimiento y habilidades en manejo de tecnologías de MF en las instituciones nacionales; sobre todo en un momento en que se tienen variadas tecnologías con potencial para el monitoreo. Por ejemplo, se ha detectado falta de capacidades técnicas para trabajar con imágenes radar, lidar e hiperespectrales, las cuales son de alta resolución y se vuelven herramientas importantes para medir servicios ecosistémicos de los bosques, como el carbono.

Otras barreras de carácter técnico que los países deben solventar son la falta de experiencia en el uso de nuevos equipos (*hardware*) y programas de cómputo (*software*), así como las limitaciones del sistema de base de datos y la necesidad de contar con equipos modernos de procesamiento, almacenamiento y análisis de datos. Un ejemplo más puntual, es el caso de México, que para desarrollar la herramienta Mad-Mex de procesamiento de imágenes, aún depende de ayuda y consultores externos (Medellín y Corrales 2018).

5.2. Oportunidades para la reducción de barreras

Con el fin de reducir las barreras mencionadas, este estudio logró determinar que es de vital importancia contar con marcos políticos nacionales que propicien la realización de acciones de monitoreo forestal. Por sí solo, el MF no tiene la capacidad de garantizar su implementación ni su permanencia a largo plazo; para ello se requiere la colaboración de todos los actores involucrados.

El marco político de un país establece las bases jurídicas para la implementación del monitoreo forestal y es, de hecho, la plataforma para lograr la institucionalidad y sostenibilidad a largo plazo, a medida que se crean leyes, normas o programas específicos que definan lineamientos operativos, de colaboración y financiamiento.

Las experiencias de Guatemala y Brasil han demostrado que el establecimiento de procesos de largo plazo, que cuenten con un marco legal claro y con protocolos oportunos para la comunicación interinstitucional, es clave para el éxito del MF y la adopción de tecnologías (Cifuentes-Jara y Catalán 2018, Kamimura y Vignola 2018.). En Guatemala, es interesante resaltar que el Grupo interinstitucional de monitoreo de bosques y uso de la tierra (Recuadro 2) no tiene el respaldo de una ley de creación, pero sí cuenta con convenios interministeriales (agricultura y ambiente) y con la academia y la autoridad del sector áreas protegidas. Bajo este formato llevan más de una década trabajando en monitoreo forestal y recientemente en el MRV de REDD+.

En Brasil existe una gran variedad de sistemas de monitoreo forestal que gozan de marcos institucionales fuertes y aprovechan tecnologías novedosas (Kamimura y Vignola 2018). Si bien se han centrado sobre todo en el monitoreo de acciones en el bioma amazónico, estos SMF representan una herramienta poderosa para el manejo del recurso forestal (Recuadro 8).

La cooperación internacional y los marcos de cooperación sur-sur entre países representan una oportunidad valiosa para reducir barreras en la adopción de tecnologías. La labor que han realizado varias plataformas de trabajo para la asistencia técnica en monitoreo forestal (Cuadro 8, Recuadro 3, Recuadro 4) ha demostrado ser una herramienta valiosa de capacitación y de intercambio de experiencias entre países, lo cual puede asegurar la sostenibilidad de los recursos a mediano plazo. Por ejemplo, el Proyecto de Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur México-Noruega ha promovido la creación del Centro de Excelencia Virtual en Monitoreo Forestal (CEVMF), en colaboración con la Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental. Se espera que el CEVMF sirva de plataforma para la transferencia de experiencias, conocimientos y tecnologías para la región mesoamericana. Además, en esta región existen, actualmente, diversas empresas consultoras que brindan productos y servicios tecnológicos en monitoreo forestal, las cuales podrían ayudar a los países a solucionar problemas puntuales.

5.3. Consideraciones finales

Todos los países de Latinoamérica y el Caribe han avanzado en el establecimiento de sus sistemas nacionales de monitoreo forestal; algunos de ellos han alcanzado avances muy significativos, mientras que otros apenas dan sus primeros pasos institucionales y técnicos. Tanto unos como otros requieren de apoyo para la consolidación de sus sistemas –en el caso de los más avanzados y el aprovechamiento de experiencias para impulsar y fortalecer acciones en los países más rezagados.

En los países muestreados se identificaron varios sistemas nacionales de monitoreo forestal que, si bien no se encuentran relacionados y armonizados en un solo sistema nacional común, en cierto modo actúan como un sistema en el sentido de que comparten información útil para la toma de decisiones. Sin embargo, para asegurar la sostenibilidad en el tiempo, es necesario que los marcos actuales de colaboración sean oficializados (p.e. mediante leyes o acuerdos de entendimiento de mediano a largo plazo) y aseguren el respaldo institucional necesario para la planificación futura. La consolidación de un solo sistema nacional común en los países más avanzados les ayudará no solo a desarrollar planes concretos de profesionalización del personal nacional y regional, sino también a asegurar el personal actualizado y capacitado a largo plazo.

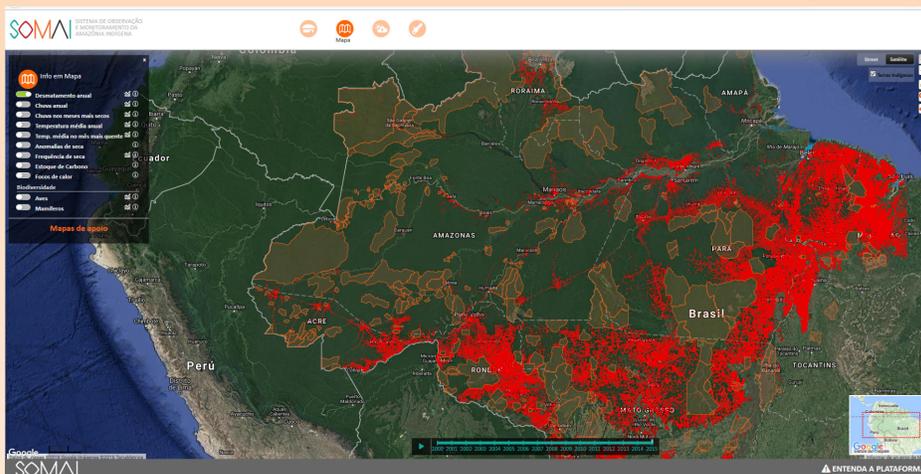
El contar con marcos institucionales claros y personal altamente calificado en monitoreo forestal y en el uso de tecnologías de punta contribuirá a solucionar problemas técnicos de forma más rápida y eficaz. Por ejemplo, repetidamente las personas entrevistadas señalaron que, para MRV REDD+, es necesario

Recuadro 8. El monitoreo forestal en la región amazónica de Brasil

Brasil es reconocido por sus avances en monitoreo forestal; sobre todo en el monitoreo de sus bosques en la región amazónica, la cual se conoce como la Amazonia Legal. En esta región se han identificado 25 iniciativas de MF, las cuales son coordinadas en su mayoría por las agencias federales y estatales, universidades, municipalidades y ONG.

Estas iniciativas dan seguimiento a cambios de uso de la tierra (p.e. el proyecto Prodes, coordinado por varios institutos del gobierno¹); además dan seguimiento al cambio mediante un sistema de alerta temprana coordinada por Imazon² y otros sistemas enfocados en el monitoreo de bosques en áreas indígenas³, coordinado por el gobierno y una ONG.

Todas estas iniciativas cuentan con la participación de instituciones gubernamentales y no gubernamentales; además, emplean sensores remotos y plataformas en la web para realizar labores de monitoreo y reporte, las cuales se verifican en campo.



Vista obtenida de la plataforma en la web del Sistema de monitoreo de deforestación en tierras indígenas. Las zonas sombreadas en anaranjado representan territorios indígenas y las áreas en color rojo son focos históricos de deforestación. Fuente: Reproducido de SOMAI (2016)⁵⁹.

Fuentes:

1. Prodes. Consultado set. 2016. <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>
2. Imazon. Consultado set. 2016. <http://www.imazongeo.org.br>
3. Sistema de monitoreo de la deforestación en tierras indígenas. Consultado set. 2016. <http://somai.org.br>

desarrollar mejores sistemas de clasificación para la detección de cambios de uso de la tierra; dichos sistemas deben incluir estudios de la degradación de los bosques, la cual es difícil de detectar con sensores remotos de baja resolución (para analizar ejemplos a nivel de país sobre estos, consultar BID 201X).

También es necesario resolver problemas relacionados con los inventarios forestales. Por ejemplo, en las entrevistas se mencionaron dos problemas: la falta de un buen sistema de control de calidad de los datos/ análisis de la información, y la necesidad de evaluar los diseños muestrales ya probados.

El primer punto indica que los países necesitan sistemas robustos que les permitan capturar, almacenar, procesar y analizar los datos obtenidos en campo; este proceso debe ir acompañado de sistemas de control de calidad estandarizados y bien organizados. Por otro lado, los países también se enfrentan al reto de evaluar el desempeño de sus inventarios, considerando las nuevas necesidades de información y las limitantes técnicas y económicas.

Si bien este estudio encontró que existe una amplia gama de tecnologías apropiadas, algunas de ellas no han sido probadas, y si lo fueron, no necesariamente se adaptan a las condiciones del país. Los países que cuentan con sistemas de monitoreo satelital han utilizado principalmente imágenes Landsat y han considerado el uso de otros tipos de sensores remotos como Radar, RapidEye y Lidar. No obstante, aún falta mejorar su uso (p.e. eliminación del efecto de nubes y sombras, estimación de altura del dosel del bosque y biomasa aérea). En este sentido, uno de los principales retos identificados en este estudio es la ausencia de un análisis que permita entender qué tan costo-efectiva resulta la implementación de nuevas tecnologías de monitoreo forestal.

Hasta el momento no se tiene claridad respecto a qué imágenes son las más convenientes para obtener mayores beneficios de REDD+, si las de mayor o de menor resolución. El uso de sensores con mejores características de resolución espacial, temporal y radiométrica implica también un incremento en la complejidad de análisis y procesamiento de los datos, así como de los recursos económicos y técnicos requeridos para reportar a niveles superiores. Esto implica una nueva limitación a los países en cuanto a sus avances y presentación de resultados.

El aprovechamiento de las experiencias de los países más avanzados, de la cooperación internacional y de empresas privadas oferentes de tecnologías significa una oportunidad para resolver cuestiones puntuales; entre ellas, la creación de plataformas sistematizadas capaces de concentrar y armonizar los datos provenientes de SMF existentes y nuevos, alineándolos de manera adecuada; el desarrollo de metodologías para definir los factores de emisión por degradación y restauración de paisajes y reforzar las capacidades para automatizar los procesos de cálculo; la propagación de incertidumbres con métodos numéricos y el desarrollo de plataformas para la visualización de los resultados de una manera estandarizada. Todas estas cuestiones son relevantes para la estimación exacta de gases de efecto invernadero.

Parte de los hallazgos de este estudio indican, también, que los países ven cada vez más como una necesidad el contar con SNMF que den seguimiento integral a los cambios del recurso forestal (p.e. madera y carbono), así como a otros bienes y servicios que los bosques proveen (p.e. adaptación al cambio climático, polinización, biodiversidad).

Por ello, es importante que, a nivel nacional, las iniciativas de monitoreo forestal colaboren de manera

sinérgica para lograr los objetivos de las distintas convenciones de las Naciones Unidas y de iniciativas globales paralelas de restauración (como la Iniciativa 20x20)⁶⁶ o de protección de zonas de manglar (iniciativas carbono azul)⁶⁷. Estas iniciativas emergentes requieren de acciones de monitoreo a largo plazo para asegurar sus metas de aumento de cobertura forestal, conservación de la biodiversidad y reducción de emisiones. En consecuencia, tanto las nuevas tecnologías como el monitoreo participativo son de vital importancia (Evans y Guariguata 2008 y 2016).

A modo de conclusión, por ser el MF el eje central que impulsa el avance del manejo forestal integral, los hallazgos de este estudio indican que es imprescindible apoyar y dar continuidad a la adopción de tecnologías para la gestión y fortalecimiento de los sistemas nacionales de monitoreo forestal por medio de los marcos legales e institucionales pertinentes para cada país.

⁶⁶ Iniciativa 20x20 liderada por el World Resources Institute. Consultado set. 2016. <http://www.wri.org/our-work/project/initiative-20x20>

⁶⁷ Iniciativa Carbono Azul. Consultado set. 2016. <http://thebluecarboninitiative.org/>

Bibliografía

- Angelsen, A. (ed.). 2008. Moving ahead with REDD: issues, options and implications. Bogor, Indonesia, CIFOR. 156 p.
- Angelsen, A; Brown, S; Loisel, C; Peskett, L; Streck, C; Zarin, D. 2009. Reducing emissions from deforestation and forest degradation (REDD): an options assessment report (en línea). Washington DC, Estados Unidos, Median Institute. Consultado 12 ago. 2016. Disponible en http://www.redd-oar.org/links/REDD_OAR_es.pdf
- Avilés, PE; Milla, F; Duarte, E; Jiménez, A. 2014. Evaluación y análisis de los niveles de referencia y sistemas de monitoreo forestal en el contexto de REDD+ en los países de la CCAD. La Libertad, El Salvador, Programa Regional REDD/CCAD-GIZ. (Nota Técnica, no. 03).
- Baldauf, T; Galo, AJJ. 2016. Fundamentals and applications of remote sensing in tropical forestry. *In* Pancel, L; Köhl, M. (eds.). Tropical Forestry Handbook. Berlin, Germany, Springer Nature. p. 545-569.
- Bellfield, H; Sabogal, D; Goodman, L; Leggett, M. 2015. Case study report: community-based monitoring systems for REDD+ in Guyana. *Forests* 6(1):133-156.
- Carrillo, O; Muñoz, M, Maldonado, V; López, D; Islas, G; Larios, E. 2016. Desarrollo de análisis de tecnologías ambientalmente racionales de monitoreo forestal aplicables a la región Latinoamericana. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 128 p. Reporte interno para el proyecto BID ATN/FM-14836-RG
- Cifuentes-Jara, M; catalán, M. 2018. Experiencias de monitoreo forestal en Guatemala. Serie Técnica. Boletín Técnico/ Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza no. 101. 56 p.
- CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo, El Salvador); GIZ (Cooperación Alemana al Desarrollo, Alemania); WRI (World Resources Institute, Estados Unidos); GFW (Global Forest Watch, Estados Unidos). 2015. (Memoria). Taller sobre metodologías para el monitoreo de cambio forestal en Centroamérica y la República Dominicana (2015, San Salvador, El Salvador). Ciudad, País de Publicación, Publicador. 23 p.
- Chuvieco, E. 2016. Fundamentals of satellite remote sensing: an environmental approach. 2 ed. New York, Estados Unidos, CRC Press. 458 p.
- CNCG (Programa Clima, Naturaleza y Comunidades en Guatemala, Guatemala). 2016. Marco de gobernanza para el sistema nacional de monitoreo, reporte y verificación del sector UTCUTS en Guatemala: Informe. Guatemala, CEAB-UVG. 42p.
- Decisión 1/CP.16 Acuerdos de Cancún: resultado de la labor del Grupo de Trabajo Especial sobre la cooperación a largo plazo en el marco de la Convención (en línea). 2011. *In* Convención marco sobre el cambio climático (16, 2010, Cancún, México). ONU (Organización de las Naciones Unidas, Estados Unidos). Informe de la Conferencia de las Partes : Segunda parte: medidas adoptadas por la Conferencia de las Partes. s. n. t. 33 p. (FCCC/CP/2010/7/Add.1). Consultado 6 ago. 2016. Disponible en <http://unfccc.int/resource/docs/2010/cop16/spa/07a01s.pdf#page=2>
- Evans, K; Guariguata, MR. 2008. Monitoreo participativo para el manejo forestal en el trópico: una revisión de herramientas, conceptos y lecciones aprendidas. Bogor, Indonesia, CIFOR. 50 p.
- Evans, K; Guariguata, MR. 2016. Success from the ground up: participatory monitoring and forest restoration. Bogor, Indonesia, CIFOR. (Occasional Paper, no. 159).
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). 2012. Directrices voluntarias sobre monitoreo forestal nacional. Roma, Italia. 23 p. Borrador de secciones I y II para consideración.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia). 2017. Voluntary Guidelines on National Forest Monitoring. Roma, Italia. 60 p.
- Fischer, R; Hargita, Y; Günter, S. 2016. Insights from the ground level? A content analysis review of multi-national REDD+ studies since 2010. *Forest Policy and Economics* 66:47-58.
- Florián, E; Fernández, J; Chacón, M; Louman, B. 2015. Taller Mecanismos y redes de transferencia de tecnología relacionada con el cambio climático en América Latina y el Caribe: Sector Forestal (Memoria, 2015, San José, Costa Rica). Turrialba, Costa Rica, CATIE. 21 p.
- Fung, E; Medellín, C; Argotty, F; Chacón, M; Imbach, P. 2016. Mapeo de iniciativas existentes en monitoreo forestal en Latinoamérica con énfasis en estrategias y políticas de manejo del carbono y sus vínculos con el manejo de recursos naturales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 62 p. Reporte interno para el proyecto BID ATN/FM-14836-RG.
- Fuller, DO. 2006. Tropical forest monitoring and remote sensing: a new era of transparency in forest governance?. *Singapore Journal of Tropical Geography* 27(1):15-29.
- Gebhardt, S; Wehrmann, T; Muñoz, M; Maeda, P; Bishop, J; Schramm, M; Kopeinig, R; Cartus, O; Kellndorfer, J; Ressler, R; Santos, L; Schmidt, M. 2014. MAD-MEX: automatic wall-to-wall land cover monitoring for the Mexican REDD-MRV program using all Landsat data. *Remote Sensing* 6(5):3923-3943.
- Gimbut (Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra, Guatemala). 2015. Marco de gobernanza para el sistema nacional de monitoreo, reporte y verificación del sector UTCUTS en Guatemala. Ciudad, País de publicación, USAID. 42 p.
- Goetz, S; Dubayah, R. 2011. Advances in remote sensing technology and implications for measuring and monitoring forest carbon stocks and change. *Carbon Management* 2(3):231-244.
- Bellfield, H, Sabogal, D, Goodman, L and Leggett, M. 2015. Case study report: community-based monitoring systems for REDD+ in Guyana. *Forests* 6(1): 133-156.
- Herold, M; Skutsch, M. 2009. Measurement, reporting and verification for REDD+: objectives, capacities and institutions. *In* Angelsen, A; Brockhaus, M; Kanninen, M; Sills, E; Sunderlin, WD; Wertz-Kanounnikoff, S. (eds.). *Realising REDD+: national strategy and policy options*. Bogor, Indonesia, CIFOR. p. 85-100.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Suiza). 2001. Tercer Informe de evaluación. Cambio Climático. Tercer Informe de Evaluación Cambio climático 2001. Mitigación. Resumen para responsables de políticas y Resumen técnico. Parte de la contribución del Grupo de trabajo III al Tercer Informe de Evaluación Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 84 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Suiza). 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Penman, J; Gytarsky, M; Hiraishi, T; Krug, T; Kruger, D; Pipatti, R; Buendía, L; Miwa, K; Ngara, T; Tanabe, K; Wagner, F. (eds.). Kanagawa, Japan, IGES. 590 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Suiza). 2006. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Kanagawa, Japan, IGES.
- Jiménez, AJ. 2016. Acquisition, characteristics, and preprocessing of passive remote sensing images in tropical forestry. *In* Pancel, L; Köhl, M. (eds.). 2016. *Tropical Forestry Handbook*. Berlin, Germany, Springer Nature. p. 571-606.
- Joshi, N; Mitchard, ETA; Woo, N; Torres, J; Moll-Rocek, J; Ehammer, A; Collins, M; Jepsen, MR; Fensholt, R. 2015. Mapping dynamics of deforestation and forest degradation in tropical forests using radar satellite data. *Environmental Research Letters* 10(3):1-13.

- Kamimura, R.A; Vignola, R. 2018. Experiencias de monitoreo forestal en la Amazonia Legal relevantes para la mitigación del cambio climático en Brasil. Serie Técnica. Boletín Técnico/ Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza no. 100. 69 p.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 1998. Inventario nacional de gases de efecto invernadero de El Salvador: Año de referencia: 1994. El Salvador. 16 p.
- Medellín, C; Corrales, L. 2018. Sistemas de monitoreo forestal en México. Serie Técnica. Boletín Técnico/ Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza no. 102. 87 p.
- MINAM (Ministerio del Ambiente, Perú). 2016. Alerta temprana, Terra-i (en línea). Consultado 12 may. 2016. Disponible en <http://geoservidor.minam.gob.pe/intro/monitoreo/alerta-temprana-terra-i-5.html>
- MMA (Ministerio del Medio Ambiente, Chile); CTCN (Climate Technology Center and Network, Dinamarca); CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica); ICRAF (World Agroforestry Center, Kenia). 2016. Diseño de una red de monitoreo de biodiversidad y cambio climático: marco conceptual, indicadores, protocolo de datos, estándares de calidad y requerimientos de software y hardware. Santiago, Chile. 173 p.
- ONU-REDD (Programa Colaborativo de las Naciones Unidas para la reducción de emisiones de la deforestación y la degradación de los bosques en los países en desarrollo, Italia). 2013. Sistemas nacionales de monitoreo de los bosques: monitoreo y medición, reporte y verificación en el contexto de las actividades de REDD+. Ginebra, Suiza. 27 p.
- Paneque-Gálvez, J; McCall, M; Napoletano, B; Wich, S; Koh, L. 2014. Small drones for community-based forest monitoring: an assessment of their feasibility and potential in tropical areas. *Forests* 5(6):1481-1507.
- Proyecto Mesoamérica. 2016a. Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental (EMSA). (en línea, sitio web). Consultado 20 may. 2016. Disponible en <http://www.proyectomesoamerica.org:8088/emsa/index.php>
- Proyecto Mesoamérica. 2016b. Avances en la Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental (EMSA) (en línea, sitio web). Consultado 20 may. 2016. Disponible en <http://www.proyectomesoamerica.org:8088/emsa/index.php>
- Universidad de Buenos Aires, Argentina; Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección; INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina); Redaf (Red Agroforestal Chaco Argentina). s. f. Monitoreo de deforestación en el Chaco seco (en línea, sitio web). Consultado 20 jun. 2016. Disponible en <http://monitoreodesmonte.com.ar/>
- RAISG (Red Amazonica de Información Socioambiental Georreferenciada, Brasil). Amazonia Socioambiental (en línea, sitio web). Consultado oct. 2016. Disponible en <https://www.amazoniasocioambiental.org/>
- Reymodin, L; Jarvis, A; Pérez-Urbe, A; Touval, J; Argote, K; Coca, A; Rebetz, J; Guevara, E; Mulligan, M. 2012. A methodology for near real-time monitoring of habitat change at continental scales using MODIS-NDVI and TRMM (en línea). s. l., Terra-i. Consultado # jun. 2016. Disponible en www.terra-i.org/dam/jcr:508a0e27-3c91-4022-93dd-81cf3fe31f42/Terra-i%20Method.pdf.
- Romijn, E; Herold, M; Kooistra, L; Murdiyarsa, D; Verchot, L. 2012. Assessing capacities of non-Annex I countries for national forest monitoring in the context of REDD+. *Environmental Science & Policy* 19-20:33-48.
- Romijn, E; Lantican, CB; Herold, M; Lindquist, E; Ochieng, R; Wijaya, A; Murdiyarsa, M; Verchot, L. 2015. Assessing change in national forest monitoring capacities of 99 tropical countries (en línea). *Forest Ecology and Management* 352:109-123. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.003>

- Sabogal, D. 2015?. Scaling up community-based forest monitoring for REDD+: experiences from Guyana and Brazil (en línea). s. l., GCP. (Analytical Paper, nov. 2015). Consultado 12 oct. 2016. Disponible en http://globalcanopy.org/sites/default/files/documents/resources/scaling_up_community-based_forest_monitoring_for_redd_experiences_from_guyana_and_brazil.pdf.
- Sánchez Monge, M. 2011. Documento #2: Contenidos de las parcelas permanentes de muestreo e información disponible para el diseño del levantamiento terrestre de los recursos forestales de Costa Rica (en línea). San José, Costa Rica, REDD/CCAD/GIZ. Consultado 12 jun. 2016. Disponible en http://www.reddccadgiz.org/documentos/doc_1509048121.pdf
- Schneider, T; Neupane, PR. 2016. International processes: framework conditions for tropical forestry. *In* Pancel, L; Köhl, M. (eds.). Tropical Forestry Handbook. Berlin, Germany, Springer Nature. p. 47-90.
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México). 2008. Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental (en línea). Tlalpan, México. Consultado 28 may. 2016. Disponible en <http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/internacional/Documents/EMSA.pdf>
- UNFCCC (United Nations Convention on Climate Change, Estados Unidos). 2016. Key decisions relevant for reducing emissions from deforestation and forest degradation in developing countries (REDD+): Decision booklet REDD+ (en línea). Estados Unidos, UNFCCC Secretariat. Consultado 15 may. 2016. Disponible en http://unfccc.int/files/land_use_and_climate_change/redd/application/pdf/compilation_redd_decision_booklet_v1.2.pdf
- WB (The World Bank, Estados Unidos). 2008. Forests sourcebook: practical guidance for sustaining forests in development cooperation. Washington DC, Estados Unidos. 369 p.

Anexos

Anexo 1a. Áreas de análisis, variables y escala utilizada para la cuantificación del estado de avance de los países en monitoreo forestal

Áreas de análisis	Variables	Valores para la cuantificación
Mecanismos REDD+	Capacidades sensores	Bajo=1 Limitado=2 Intermedio=3 Bueno=4 Muy bueno=5
	Finalización de más de un inventario nacional forestal	Presencia=1 Ausencia=0 Ejecutado=1 En proceso=0,5
	Capacidades en inventarios forestales	Bajo=1 Limitado=2 Intermedio=3 Bueno=4 Muy bueno=5
	INGEI ligado a REDD+	Presencia=1 Ausencia=0
	Exhaustividad del INGEI según niveles de complejidad	Tier 1=1 Tier 2=2 Tier 3=3
	Comunicaciones nacionales sometidas a la CMNUCC	Presencia=1 Ausencia=0
	Niveles de referencia sometidos a la CMNUCC	Presencia=1 Ausencia=0
	Niveles de referencia evaluados por la CMUCCC	Presencia=1 Ausencia=0
Componentes de un SNMF	Generación de datos	Presencia=1 Ausencia=0
	Análisis de datos	Presencia=1 Ausencia=0
	Generación de productos (mapas, informes, bases de datos)	Presencia=1 Ausencia=0
	Distribución de datos (sistemas nacionales de información, plataformas web, accesibles o no accesibles)	Presencia=1 Ausencia=0
	Planificación de acciones (fundamentado en política nacional)	Presencia=1 Ausencia=0
	Existe una ley forestal	Presencia=1 Ausencia=0

Áreas de análisis	VARIABLES	Valores para la cuantificación
Indicadores	Cobertura forestal	Presencia=1 Ausencia=0
	Biodiversidad	Presencia=1 Ausencia=0
	Sociales	Presencia=1 Ausencia=0
	Biomasa/carbono	Presencia=1 Ausencia=0
Condiciones habilitadoras para un SMF	Marco político (leyes nacionales, responsabilidades ante la CMNUCC)	Presencia=1 Ausencia=0
	Fuentes de financiamiento (nacional, internacional)	Presencia=1 Ausencia=0
	Institucionalidad (participación de gobierno, academia, ONG)	Presencia=1 Ausencia=0

Fuente: Modificado de Romijn *et al.* (2015) e insumos de sección 2.2.1

Anexo 1b. Indicadores para evaluar la capacidad de monitoreo forestal en países de LAC

Indicador	Valor	Valor	Características
Capacidades en sensores remotos, mapeo de cobertura forestal y cambio de uso	1	Bajo	No hay mapa de cobertura forestal.
	2	Limitado	Un mapa de cobertura forestal (externo).
	3	Intermedio	Múltiples mapas de cobertura forestal (externo).
	4	Bueno	Uno o más mapas de cobertura forestal (interno), producidos antes del 2000 para evaluación del 2005 y antes del 2005 para evaluación del 2010.
	5	Muy bueno	Múltiples mapas de cobertura forestal (interno), producidos después del 2000 para evaluación del 2005 y después del 2005 para evaluación del 2010.
Capacidades en inventarios forestales	1	Bajo	No hay inventario forestal.
	2	Limitado	Un inventario forestal (externo).
	3	Intermedio	Múltiples inventarios forestales (externo) o interno, pero no cubren todos los bosques.
	4	Bueno	Uno o más inventarios forestales (interno), producidos antes del 2000 para evaluación del 2005 y antes del 2005, para evaluación del 2010.
	5	Muy bueno	Múltiples inventarios forestales (interno), producidos después del 2000 para evaluación del 2005 y después del 2005 para evaluación del 2010.

Fuente: Modificado de Romijn *et al.* (2015)

Anexo 1c. Grado de complejidad del análisis de INGEI

Nivel (tier)	Grado de complejidad	Características
1	1	Factores de emisión del IPCC, con márgenes de error altos, debido al uso de valores generales y que probablemente sean distintos a la situación actual.
2	2	Factores de emisión del país y valores por defecto del IPCC.
3	3	Factores de emisión del país, utiliza valores específicos, generalmente provenientes de mediciones <i>in situ</i> en PPM.

Fuente: Modificado de IPCC (2006)

Anexo 2a. Resumen y evaluación del estado de avance de las iniciativas de monitoreo forestal en los países evaluados para este estudio

País	Sistema Nacional de Detección Remota	Capacidades Sensores Remotos y MF		INF	INF (Más de una vez)	capacidades INF			INGEI-IPCC	INGEI-REDD+	Exhaustividad de INGEI	Comunicaciones Nacionales Sometidas**					Niveles de Referencia sometidos CMNUCC***	Niveles de Referencia evaluados CMUCCC***	
		2005*	2010*			2016	2005*	2010*				2016	I	II	III	IV			V
		México	1			5	5	5				1	1	5	5	1			1
Brasil	1	5	5	5	1	1	3	3	4	1	1	2	1	1	1	0	0	1	
Perú	1	5	5	5	1	0	4	4	4	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0
Chile	1	4	4	5	1	1	4	4	4	1	1	2	1	1	0	0	0	1	0
Colombia	1	5	5	5	1	0	1	2	4	1	1	2	1	1	0	0	0	1	1
Costa Rica	1	5	5	4	1	0	2	2	4	1	1	2	1	1	1	0	0	1	0
Bolivia	1	5	5	5	1	0	4	4	4	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Argentina	1	4	4	5	1	0	4	4	4	1	1	2	1	1	1	0	0	0	0
Guatemala	1	5	5	5	1	0	2	2	3	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Panamá	1	4	5	5	1	1	4	4	4	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Nicaragua	1	4	4	4	1	1	2	4	4	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0
Ecuador	1	4	4	5	1	0	1	1	4	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
Honduras	1	1	1	4	1	1	1	2	4	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Uruguay	1	4	4	4	1	0	1	1	2	1	1	2	1	1	1	0	0	0	0
Venezuela	1	4	4	4	1	0	1	1	1	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0
República Dominicana	1	1	4	4	1	0	1	1	3	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0
Paraguay	1	3	3	4	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0
Guyana	1	1	1	5	1	0	1	2	3	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
Belize	1	4	4	4	0	0	1	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
El Salvador	1	4	4	4	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Cuba	1	1	1	1	1	0	4	4	1	1	0	2	1	1	0	0	0	0	0

(2005-2010)	
bajo limitado	1
intermedio	2
bueno	3
muy bueno	4
	5

Exhaustividad	
3	TIER 3
2	TIER 2
1	TIER 1

*Romijn *et al.* (2015) **http://unfccc.int/national_reports/non-

[annex_i_natcom/reporting_on_climate_change/items/8722.php](http://redd.unfccc.int/submissions.html)

***<http://redd.unfccc.int/submissions.html>

Anexo 2b. Componentes que confirman un Sistema de Monitoreo Forestal

País	Componentes que conforman un Sistema de Monitoreo Forestal												
	Generación de datos		Análisis de datos	Generación de productos			Distribución de datos				Planificación de acciones		
	Mapas de cobertura	Informe del Sistema de Monitoreo		Bases de datos	Sistema de Información Forestal	□ SNIF forma parte del SMF	Web de visualización de datos	Web con datos accesibles	Planificación de acciones (fundamentado en política nacional)	□ Ley Forestal			
México	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Brasil	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Perú	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Chile	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Colombia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Costa Rica	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Bolivia	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1
Argentina	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
Guatemala	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Panamá	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Nicaragua	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Ecuador	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0
Honduras	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Uruguay	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
Venezuela	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
República Dominicana	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Paraguay	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0
Guyana	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belice	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
El Salvador	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cuba	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 2c. Condiciones habilitadoras

País	Indicadores				Condiciones habilitadoras para un Sistema de Monitoreo Forestal								Puntaje total		
	Cobertura forestal	Biodiversidad	Social	Volumen /Carbono	Marco político				Fuentes de financiamiento					Institucionalidad	
					Ley Nacional	Existe un SMF	CMUNCC	Nacional	Internacional	Gobierno	Academia	ONG			
México	x	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	63
Brasil	x	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	58
Perú	x	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	56
Chile	x	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	53
Colombia	x	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	52
Costa Rica	x	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	50
Bolivia	x	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	50
Argentina	x	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	49
Guatemala	x	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	48
Panamá	x	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	47
Nicaragua	x	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	47
Ecuador	x	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	44
Honduras	x	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	39
Uruguay	x	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	39
Venezuela	x	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	35
República Dominicana	x	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	37
Paraguay	x	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	33
Guyana	x	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	29
Belice	x	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	30
El Salvador	x	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	29
Cuba	x	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	27

Anexo 3. Información de iniciativas regionales de monitoreo forestal presentes en LAC

Iniciativas regionales	Enfoque geográfico						Tecnologías utilizadas					Objetivo			
	México y Centroamérica	Suramérica	Amazonia	LAC	Caribe	Global	Sensores remotos	PPM (de los FN)	Mezcla de tecnologías	Generación de datos	Análisis de datos	Generación de productos	Distribución de información		
Monitoreo de desmontes del Chaco seco sudamericano		x					x			x	x	x	x		
Monitoreo de los bosques nacionales y sistema de información para una transparente y contable REDD+		x					x		x				x		
Red global de parcelas forestales	x	x							x						
SilvaCarbon						x	x	x					x		
Centro de Excelencia Virtual en Monitoreo Forestal	x				x								x		
Global Forest Watch						x	x		x	x	x		x		
Global Forest Observation Initiative						x	x								
GlobalAllomeTree						x				x			x		
Terra-i							x		x	x			x		
Red amazónica de información socioambiental georreferenciada			x				x		x	x	x				
Programa REDD-CAD-GIZ	x				x		x		x	x					
Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental	x				x		x	x							
Programa ONU-REDD						x									
Global Forest Survey						x	x	x	x	x	x		x		
Proyecto de Monitoreo de la Amazonia Andina			x				x		x	x	x		x		
Tropical Managed Forests Observatory									x	x	x				
Red amazónica de inventarios forestales			x						x	x					
Salas de observación y monitoreo forestal de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónico			x						x						
Proyecto de fortalecimiento REDD+ y cooperación Sur Sur	x					x									
Proyecto ReCaREDD		x					x						x		
Fondo cooperativo para el carbono de los bosques						x									

Iniciativas regionales	Objetivos						Indicadores					
	Desarrollo de capacidades	Orientación de políticas	Apoyo de financiamiento	Cooperación/ coordinación institucional	Coertura forestal	Biodiversidad	Social	Volumen/Carbono	Mezcla de varios indicadores			
Monitoreo de desmontes del Chaco seco sudamericano					x							
Monitoreo de los bosques nacionales y sistema de información para una transparente y confiable REDD+												
Red global de parcelas forestales	x	x										
SilvaCarbon	x			x	x		x	x				
Centro de Excelencia Virtual en Monitoreo Forestal	x	x										
Global Forest Watch	x				x							
Global Forest Observation Initiative	x						x					
GlobalAllomeTree							x					
Terra-i					x							
Red amazónica de información socioambiental georreferenciada				x	x	x	x	x	x			
Programa REDD-CAD-GIZ			x		x		x	x	x			
Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental	x			x								
Programa ONU-REDD	x		x				x					
Global Forest Survey				x	x	x	x	x	x			
Proyecto de Monitoreo de la Amazonia Andina					x							
Tropical Managed Forests Observatory					x	x	x	x	x			
Red amazónica de inventarios forestales	x			x		x	x	x	x			
Salas de observación y monitoreo forestal de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónico			x	x	x							
Proyecto de Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur Sur	x		x	x								
Proyecto ReCaREDD	x	x										
Fondo Cooperativo para el carbono de los bosques	x		x		x	x	x	x				

Anexo 4. Tecnologías en monitoreo satelital para determinar la cobertura forestal y cambios de uso de la tierra

TAR IDENTIFICADOS EN EL SUBPROCESO DE MONITOREO SATELITAL DEL SISTEMA MRV PARA REDD+

Países/Tecnologías	Sensores utilizados										Softwares utilizados							Corrección geométrica				Corrección radiométrica y atmosférica															
	LandSat	RapidEye	MODIS (Terra-1, Aqua-1)	CCD-CEBERS	Alos Palsar	DMC	ASTER	LISS-3	ARCGIS	Desarrollo en Python	ERDAS	ENVI	PCI	E-COGNITION	Terrazon	CLASlite	Google Earth Engine	R-Software	QuantumGIS	Proporcionado por el oferente de los sensores	Terrazon	Orto y/o rectificación realizada de forma interna en el país	ERDAS	Especificaciones de los oferentes LANDSAT, CBERS, DMC, LISS-3	Especificaciones del oferente RapidEye	LEDAPS	Terrazon	Google Earth Engine	Especificaciones en ERDAS	CLASlite							
Honduras	X	X						X												X			X	X													
México	X	X							X											X			X	X	X												
Perú	X		X					X			X	X								X			X														
Surinam	X			X	X			X							X						X																
El Salvador	X	X						X			X									X			X	X													
Guatemala	X	X						X							X					X			X	X													
Nicaragua	X	X																		X			X	X													
Panamá	X																X			X							X										
Bolivia	X							X								X				X																	
Ecuador	X																			X																	
Colombia	X					X			X											X						X											
Costa Rica	X									X										X			X														
República Dominicana	X	X						X			X									X			X														
Chile	X							X												X			X														
Brasil	X														X					X			X														

Países/tecnologías	Normalización radiométrica			Datos auxiliares para el procesamiento de imágenes (clasificación o detección de cambios)								Enmascaramiento de nubes y sombras									
	Regresiones usando las imágenes MODIS como referencia	Árboles de regresión	Iteratively Reweighted Multivariate Detection" (IR-MAD)	Mapas de cobertura existentes del país	Modelo de elevación digital (MED) generado en el país	SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)	Información de campo	Inventario Forestal Nacional	Ortofotos, imágenes de alta resolución, RapidEye	Imágenes MODIS	Mapas de precipitación, temperatura, topográficos, geología, vegetación potencial, etc.	Enmascaramiento manual	Clasificación automatizada	FMASK	Desarrollo de algoritmos propios de enmascaramiento de nubes	Relleno de vacíos por nubes mediante stacks multitemporales (Algoritmo de Matt Hansen)	Imágenes multitemporales para contar con imágenes libres de nubes	CLASiite	ImgTools-mazon	TerraAmazon	
Honduras																					
México				X	X																
Perú	X					X			X				X								
Surinam																					
El Salvador				X			X														
Guatemala							X														
Nicaragua								X													
Panamá	X																				
Bolivia																					
Ecuador																					
Colombia																					
Costa Rica				X																	
República Dominicana				X																	
Chile																					
Brasil								X													X

Una de las opciones tecnológicas con mayor potencial en la región son las imágenes RapidEye⁶⁸, cuyas características permiten identificar diferentes tipos de bosques, y así mejorar la planificación del manejo forestal y la identificación de las principales reservas de carbono en la región. Esto contribuye de manera significativa al éxito de las iniciativas REDD+. El cuadro siguiente compara *sensores ópticos para el monitoreo de la cobertura forestal*.

Descripción	Landsat 1-8	SPOT	RapidEye	Sentinel -2	ASTER
Vida de la misión	1972- presente	1986 – presente	2009- presente	2015 – presente	1999- presente
Instrumento principal	Scanner	Pushbroom	Pushbroom	Pushbroom	
Temporalidad (días)	16	26	Diario	5*	16
Ancho de barrido (km)	185	2*60	77	290	60
Bandas espectrales	7	4	5	13	14
Resolución espacial (m)	30, 60	2.5, 10, 20	5	10, 20, 60	15, 30, 90
Costo	Gratuito	Pago	Pago	Gratuito	Gratuito

Fuente: Adaptado de León (2015)

68 Planet. Satellite Imagery. Consultado 6 junio 2016. <http://blackbridge.com/rapideye/>

Anexo 5. Otros sistemas de monitoreo relacionados con el sector forestal y tecnologías utilizadas

Fases del monitoreo	Recolecta y almacenamiento de datos campo	Control de calidad de datos	Análisis de datos	Reporte de información
PERÚ				
Sistema de alerta temprana Terra-i Perú	Cámaras fotográficas, GPS Garmin, libreta de campo, plataforma SIG Geodatabase (ArcGIS)	Programa estadístico R (para calibración de modelos)	Imágenes de satélite MODIS Imágenes de satélite TRMM Herramienta de análisis estadísticos Terra-i-Perú Programa estadístico R	Geo-servidor <i>online</i> (plataforma ArcGIS y software JAVA) Software Adobe Reader (documentos PDF) Software Microsoft Excel (Datos CSV) Plataforma ArcGIS (datos estadísticos)
Sistema de monitoreo e información territorial (deforestación y degradación forestal para la Amazonia peruana)	Los datos de campo corresponden al muestreo para la evaluación de la exactitud temática de los mapas de cambio. Cámaras fotográficas, GPS Garmin, clinómetros, Cintas métricas, libreta de campo, ArcGIS, otros equipos dasométricos	Imágenes de satélite de alta resolución: ICONOS (1m), RapidEye (5m) SPOT (1m y 5m), Imágenes Radar 1m (Pleyades A y B), Imágenes Lidar. Imágenes hiperespectrales del CAO	Imágenes LANDSAT 5, 7 y 8 con corrección L1T Herramienta CLASlite 3.2 (software) ArcGIS Server	Geo-servidor <i>online</i> (ArcGIS Server) Software Adobe Reader (mapas y documentos PDF) Mapas en formato JPG
COSTA RICA				
Sistema de información para las unidades de manejo forestal (SIG-UMF) (Sirefor)	GPS, clinómetro suunto, forestry pro laser rangefinder, cintas métricas, otro equipo dasométrico, formatos de censos e inventarios forestales para planes de manejo forestal aprobados por el SINAC, ArcGIS (almacenamiento de polígonos de las UMF)	N/I	Microsoft Excel (plantillas dinámicas) Software MS SQL Aplicación GPS Utility Programa ArcGIS Explorer Extensiones y aplicaciones ArcScripts Software <i>online</i> "Transformación"- Geotecnologías S.A.	Geo-portal (basado en Software de desarrollo ADDAX) Software Adobe Reader (documentos PDF) Mapas en formato JPG
Sistema de información para el control del aprovechamiento forestal (SICAF) (Sirefor)	Inspecciones de campo y patio: GPS, clinómetro suunto, forestry pro laser rangefinder, cintas métricas, otro equipo dasométrico, cámaras fotográficas, formatos de permisos de aprovechamiento, placas y guías para el control de la madera.	N/I	Software MS SQL Microsoft Excel	Software Adobe Reader (documentos de reportes estadísticos PDF)
Sistema de información para el seguimiento a los proyectos de pago por servicios ambientales (SIPSA) (Sirefor)	Sistema mSQL (Base de datos de Fonafifo sobre proyectos de PSA apoyados)	N/I	Sistema MS SQL Microsoft Excel	Vínculo con Geo-portal de Fonafifo (SIAP-MAP) Software Adobe Reader (documentos de reportes estadísticos PDF) Software de desarrollo ADDAX
BRASIL				
Sistema de monitoreo satelital de quemas e incendios en tiempo casi real	Validación en campo: GPS, cámaras coolpix, drones aviones y helicópteros del MMA, geoportal para envío de reportes de campo (<i>leaflet software</i>), fotografías de campo del Cuerpo de Bomberos, fotografías de los medios de comunicación (noticieros por internet), videos de Youtube, repositorio de imágenes JPG , (http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/ExemplosValidacao/?C=N;O=D), vehículos	ArcGIS Quantum GIS	Imágenes AVHRR de los satélites polares NOAA-12, NOAA-15, NOAA-16, NOAA-17 y NOAA-18 Imágenes MODIS de los satélites polares NASA, TERRA y AQUA Imágenes de los satélites geoestacionarios GOES-10, GOES-12, GOES-13, y MSG-3 Imágenes AVHRR del satélite MetOp Imágenes de satélite NPP, sensor VIIRS Imágenes de satélite Fengyun Imágenes de satélite europeo METOP-B Algoritmo para detección de incendios de NASA Algoritmo para detección de incendios de la Universidad de Maryland (Collection Five y Collection Six) Software libre: Fortran, Python, etc. Modelo CATT-BRAMS del Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE ArcGIS Quantum GIS Programa ERDAS Programa ENVI	Geoportal creado por el INPE Software libre MapServer Software libre GeoServer GoogleEarth Software Java ArcGIS SGBD (Software MySQL) Tecnología TerraWeb/TerraLib desarrollada por la División de procesamiento de imágenes del INPE Reportes estadísticos en PDF Reportes estadísticos por e-mail

Fases del monitoreo	Recolecta y almacenamiento de datos campo	Control de calidad de datos	Análisis de datos	Reporte de información
REPÚBLICA DOMINICANA				
Sistema de información geográfica de evaluación ambiental de República Dominicana (NEPAssist)	GPS Cámaras fotográficas Formularios de levantamiento de datos Libretas de campo	ArcGIS Quantum GIS	ArcGIS Server Google Server Imágenes de satélite LANDSAT Imágenes de satélite RapidEye Programa ERDAS	ArcGIS Server Google Server ArcGIS Geodatabases Software Adobe Reader (reportes PDF) Microsoft Excel (reportes estadísticos)
SURINAM, GUYANA, GUYANA FRANCESA Y BRASIL (ESTADO AMAPÁ)				
Proyecto Monitoreo del impacto de la minería de oro en la cubierta forestal y agua dulce en el Escudo de Guyana	GPS Mapas topográficos	ArcGIS Quantum GIS GRASS 7.0 open source software	Imágenes de satélite SPOT4, SPOT5 y SPOT6 Imágenes de satélite RapidEye Imágenes de satélite Landsat 8 ArcGIS and Quantum GIS Land Cover Classification System (LCCS3), desarrollado por FAO y PNUMA Imágenes de satélite de alta resolución (SPOT Image® and DigitalGlobe®) Gold mining GIS layer 2014 SRTM 30m data (shuttle radar topography mission) GRASS 7.0 software de código abierto	Software Adobe Reader (reportes y mapas en PDF)
MÉXICO				
Sistema de monitoreo de los manglares de México (SMMM)	Cuestionarios GPS Imágenes satelitales (SPOT, MODIS, Antena ERMEXS)	ArcGIS ERDAS	Imágenes de satélite SPOT4, SPOT5 y SPOT6 Imágenes de satélite MODIS ArcGIS Programa ERDAS Programa ENVI Sistema MSQl Microsoft Excel	Geoportal creado por Conabio Software libre MapServer Software libre GeoServer GoogleEarth Software Java Software Adobe Reader (reportes y mapas en PDF)
Sistema de alerta temprana de incendios forestales	Imágenes satelitales (MODIS) Plataforma SIG Geodatabase (ArcGIS)	ArcGIS ERDAS	Algoritmo MOD14 thermal anomalies/fire, versión 4.3.2 Índice de propagación de incendios Índice de vegetación ArcGIS ERDAS	Geoportal creado por Conabio Software libre MapServer Software libre GeoServer GoogleEarth Software Java Software Adobe Reader (reportes y mapas en PDF)
CHILE				
Sistema de información territorial (SIT)	Imágenes satelitales (Landsat 8, Sentinel) Plataforma SIG Geodatabase (ArcGIS)	ArcGIS Quantum GIS	ArcGIS Server Google Server Imágenes de satélite Landsat Imágenes de satélite Sentinel Quantum GIS	Geoportal creado por SIT CONAF (sit.conaf.cl) GoogleEarth Software Java Archivos en formato shape file.
COLOMBIA				
Sistema de información para la gestión de los manglares de Colombia (SIGMA)	Cintas métricas y diamétricas Conductímetros Cámaras fotográficas GPS y ArcGIS Libreta de campo	ArcGIS Oracle	ArcGIS Programa ERDAS y ENVI Microsoft Excel Sistema de Gestor de Base de datos Oracle Algoritmos	Geoportal electrónico SIGMA GoogleEarth Archivos en formato shape file.
BOLIVIA				
Sistema de alerta temprana de riesgos de incendios forestales (Satrifo)	Modelo de pronóstico de riesgo de incendios (generación propia) Imágenes de satelitales Formularios de levantamiento de datos sensores tales como NOAA, GOES, AQUA, TERRA, METEOSAT, TRMM, NPP.	ArcGIS Quantum GIS	ArcGIS Server Google Server Imágenes de satélite Landsat Imágenes de satélite MODIS Quantum GIS	Geoportal creado por FAN (http://incendios.fan-bo.org/Satirfo/mapa-interactivo/) GoogleEarth Software Java Archivos en formato shape file.
Sistema nacional de información y monitoreo de bosques (SNIB)	Fotografías aéreas GPS Formularios de levantamiento de datos Imágenes de satélite	ArcGIS ERDAS	Imágenes de satélite Landsat 8 Imágenes de satélite Sentinel ArcGIS Programa ERDAS Programa ENVI Sistema MSQl Microsoft Excel	Geoportal creado por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua Solo se puede visualizar la cartografía, no se puede descargar.

Anexo 6. Ejemplos de tecnologías utilizadas para el monitoreo forestal comunitario en distintos países de LAC

Fase de monitoreo	Comunitario
Colecta de datos en campo	Formatos de papel GPS Prisma Cinta diamétrica Clinómetro Laser de impulsos Tabletas Barreno holandés Smartphone
Almacenamiento de los datos de campo	Plataforma eREDD Excel Base de datos CONIF Open data kit
Control de calidad de datos	Manual Open data kit
Análisis de los datos	Esmap Excel Programa R
Escalar la información obtenida en campo	Geoportal Lidar Página web Archivos KLM Publicaciones Artículos

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).



ISBN: 978-9977-57-709-8

