

Sistema Nacional de Monitoreo Forestal de Costa Rica: Diseño de Monitoreo para la Estrategia Nacional REDD+



**Estrategia Nacional REDD+
Noviembre 2019**

INFORMACIÓN DE CONTACTO

Jorge Mario Rodríguez Zúñiga

Director Ejecutivo y Punto Focal Nacional REDD+
FONAFIFO, MINAE
jrodriguez@fonafifo.go.cr

Héctor Arce Benavides

Coordinador de la Estrategia Nacional REDD+
FONAFIFO, MINAE
harce@fonafifo.go.cr

Secretaría REDD+

María Elena Herrera Ugalde/ Secretaría Ejecutiva REDD+
Guisella Quirós Ramírez/ Secretaría Ejecutiva REDD+
José Joaquín Calvo/ Sistema Nacional de Áreas de Conservación
Sonia Lobo/ Sistema Nacional de Áreas de Conservación

Consultores Externos

Gabriel Sidman/ Winrock Internacional
Felipe Casarim/ Winrock Internacional
German Obando Vargas/ Consultor secretaría REDD+

Otros colaboradores

Ana Rita Chacón / Instituto Meteorológico Nacional
Rafael Monge Vargas/ Centro Nacional de Información Geoambiental
Randy Hamilton/ US Forest Service
Henry Ramírez Molina/ Sistema Nacional de Áreas de Conservación
Carla Ramírez Zea/ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
Javier Fernández Vega/ Consultor Externo

Índice

Índice de Figuras y Cuadros	4
Lista de Acrónimos	4
1. Contexto	6
1.1 Introducción	6
1.2 Operación del Sistema Nacional de Monitoreo de la Cobertura y Uso de la Tierra y Ecosistemas (SIMOCUTE)	7
2. Sistema Nacional de Monitoreo Forestal de Costa Rica (SNMF)	10
2.1 Arreglos Institucionales del SNMF	10
2.2 Funciones del SNMF.....	12
2.2.1 Cálculo de datos de actividad	12
2.2.2 Estimación de Factores de Emisión	13
2.2.3 Estimación de emisiones y absorciones	13
2.2.4 Reporte	14
2.2.5 Verificación	14
3. Actividades de monitoreo.....	14
3.1 Enfoque metodológico	14
3.2 Definición de eventos de monitoreo.....	18
3.3 Transición a la metodología de interpretación Visual de puntos.	24
4.Aspectos en proceso de mejora.....	26
4.1 Ajustes del NREF/NRF	26
4.2 Abordaje de observaciones levantadas por el comité evaluador del NREF	28
Bibliografía	30

Índice de Figuras y Cuadros

Figura 1. Marco Conceptual del Sistema Nacional de Monitoreo de la Cobertura y Uso de la Tierra y Ecosistemas (SIMOCUTE).	8
Figura 2. Estructura de gobernanza del SIMOCUTE	9
Figura 3. Actores responsables del MRV emisiones forestales y agropecuarias	12
Figura 4. Los esquemas de contabilidad de GEI para las dos categorías de actividades que ocurren en bosques	16
Figura 5. Cronograma interanual de los eventos de monitoreo para los programas de REDD+	20
Figura 6. Cronograma de actividades dentro de un evento de monitoreo	22
Figura 7. Responsabilidades institucionales para ejecución de actividades del monitoreo, generación y sumisión de los reportes	23
Cuadro 1. Análisis de incertidumbre realizado para los mapas de cambio de 2001-2011, incluido en los NREF/NRF del ER-PD.	24

Lista de Acrónimos

AFOLU	Agricultura, Forestería y Otros Usos de la Tierra (acrónimo en inglés)
AT	Comité evaluador acrónimo em inglés)
BUR	Reporte de actualización bienal (acrónimo en inglés)
CENIGA	Centro Nacional de Información Geoambiental
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático
CUS	Cambio de Uso del Suelo
DCC	Dirección de Cambio Climático
FVC	Fondo Verde del Clima
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
FCPF	Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (acrónimo em inglés)
FC-FCPF	Fondo de Carbono del FCPF
FE	Factor de Emisión
FR	factor de Remoción
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IGN	Instituto Geográfico Nacional
INF	Inventario Nacional Forestal
IMN	Instituto Meteorológico Nacional
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
MRV	Medición, Reporte y Verificación
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
MC13	Mapa de cobertura del 2013 de la serie histórica de Costa Rica (AGRESTA)
NDC	Contribuciones Nacionalmente Determinadas (acrónimo en inglés)
NAMA	Acciones Nacional de Mitigación Apropriadadas
NREF/NRF	Nivel de Referencia de Emisiones Forestales/Nivel de Referencia Forestal

REDD+	Reducción de emisiones por deforestación y degradación del bosque, la conservación, gestión sostenible de los bosques y aumento de las reservas de carbono forestal
SIMOCUTE	Sistema Nacional de Monitoreo de la Cobertura y Uso de la Tierra y Ecosistemas
SINAMECC	Sistema Nacional de Métrica de Cambio Climático
SINIA	Sistema Nacional de Información Ambiental
SMST	Sistema de Monitoreo Satelital Terrestre
SNIT	Sistema Nacional de Información Territorial
SNMF	Sistema Nacional de Monitoreo Forestal
SNMG	Sistema Nacional de Monitoreo de Gases Efecto Invernadero
TAP	Comité de Evaluación Técnica (acrónimo en inglés)
USFS	Servicio Forestal de los Estados Unidos (acrónimo en inglés)
UTCUTS	Uso de la Tierra, Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura
VCS-JNR	Estándar Voluntario de Carbono (VCS por sus siglas en inglés Voluntary Carbon Standard)
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
TEC	Centro de Investigación Forestal del Tecnológico de Costa Rica
UNA	Universidad Nacional
UCR	Universidad de Costa Rica
FONAFIFO	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal
SEPLASA	Secretaría de Planificación Sectorial y Ambiente
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
UTN	Universidad Técnica Nacional
INTA	Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria
SEPSA	Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria

1. Contexto

1.1 Introducción

Costa Rica es parte de distintas convenciones, acuerdos, disposiciones e instrumentos y procesos internacionales, entre ellos, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), ratificada con la Ley No. 7414 de 1994, el Acuerdo de París aprobado con la Ley No. 9045 del año 2016, el Convenio sobre la Diversidad Biológica Ley No. 7416 de 1994 y la Convención de Lucha contra la Desertificación, la Degradación de la Tierra y la Sequía, Ley No. 7699 de 1997, los cuales requieren contar con información en materia de cobertura y uso de la tierra, biodiversidad y ecosistemas, a efectos de reportar, dar seguimiento, presentar informes, preparar y presentar comunicaciones nacionales relativas a emisiones de gases de efecto invernadero, implementar monitoreos específicos como los relacionados a iniciativas como REDD+ y Acciones Nacionales de Mitigación Apropriadas (NAMA por sus siglas en inglés).

En 2016, Costa Rica presentó su Nivel de Referencia de Emisiones Forestales/Nivel de Referencia Forestal (NREF/NRF) nacional ante la CMNUCC. De esta manera, el país cumplió con uno de los cuatro elementos mencionados en el párrafo 71 de la Decisión 1/CP.16, requeridos para optar por pagos por resultados ante los lineamientos de financiamiento para REDD+ en el Fondo Verde del Clima (FVC). Los otros tres elementos a desarrollar son: una Estrategia o Plan Nacional de Acción, un Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (SNMF) robusto y transparente, y un Sistema para Proveer Información sobre cómo se Abordan y Respetan las Salvaguardas del Anexo 1 a la Decisión 1/CP.16¹.

Costa Rica requiere el establecimiento de un SNMF que apoye sus informes de avance respecto al NREF/NRF y futuras mediciones relacionadas con los NAMAs para el seguimiento de la Contribución Determinada al nivel nacional (NDC por sus siglas en inglés), ambos ya sometidos a la CMNUCC.

Por otra parte, al haber firmado y ratificado el Acuerdo de París, Costa Rica necesita, además, un Sistema Nacional de Monitoreo de Gases de Efecto Invernadero (SNMG) robusto y transparente, que le permita demostrar avances en el cumplimiento de su NDC y NAMAs, incluyendo REDD+, dentro del sector Agricultura, Bosques y otros Usos de la Tierra, (AFOLU por sus siglas en inglés). Para atender estos requerimientos, la Dirección de Cambio Climático (DCC) está desarrollando el Sistema Nacional de Métrica de Cambio Climático (SINAMECC).

El país ha optado por la construcción progresiva y conjunta del SNMF y el SNMG, robustos y transparentes. De manera sucesiva y progresiva, se irán incluyendo más fuentes de emisión y absorción, gases y reservorios, de acuerdo con prioridades establecidas en función de la significancia de las fuentes y sumideros de gases efecto invernadero (GEI) que existen en el país (siguiendo el enfoque de categorías clave del IPCC del inventario nacional GEI), los costos y dificultades técnicas de las mediciones, y las modalidades, procedimientos y directrices que se definan bajo el Marco Reforzado de Transparencia para la Acción y el Apoyo según el artículo 13 del Acuerdo de París.

Consistente con las decisiones de la CMNUCC, relacionadas con la reducción de las emisiones (RE) derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques, y el papel de la conservación, la gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono en los países en desarrollo (REDD+), el país está estableciendo su Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (SNMF) en apoyo de la

¹La Decisión 1/CP.16 se conoce también con el nombre de “Acuerdos de Cancún”.

Medición, Reporte y Verificación (MRV) de REDD+ y en el contexto de los pagos basados en resultados. Este sistema se basa en los componentes establecidos por la FAO para la integración de un SNMF (Caja 1).

Los procedimientos y metodologías a seguir para el establecimiento de un SNMF, para la determinación de los datos de actividad y los factores de emisión, serán los establecidos en el Sistema Nacional de Monitoreo de la Cobertura y Uso de la Tierra y Ecosistemas de Costa Rica, en adelante denominado SIMOCUTE, que está bajo la responsabilidad del Ministerio de Ambiente y Energía y liderado por el Centro Nacional de Información Geoambiental (CENIGA).

El SIMOCUTE será oficializado mediante un Decreto Ejecutivo, firmado por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), y el Ministerio de Justicia y Paz. En dicho decreto se establece la creación y estructura operativa del mismo, se definen roles y mecanismos de gobernanza del Sistema de monitoreo.

El SIMOCUTE, se encuentra en una etapa de consolidación, en seguimiento a la Directriz DM-417-2015 emitida por el ministro de Ambiente y Energía, en su rol rector del Sector de Ambiente, Energía, Mares y Ordenamiento Territorial.

En el diseño del SIMOCUTE están participando instituciones gubernamentales del Sector Ambiental (MINAE, CENIGA, DCC, FONAFIFO, IMN, SEPLASA, SINAC), Sector Agropecuario (MAG, INTA, SEPSA), Academia (CATIE, TEC, UNA, UCR, UTN), otras instituciones interesadas (Banco Central, ICE, IGN, INEC) y Cooperantes (Banco Mundial-FCPF, FAO, SilvaCarbon-USFS, USFS).

Caja 1: Componentes funcionales del SNMF de Costa Rica.

El SNMF de Costa Rica se compone de un: Sistema de Monitoreo Satelital Terrestre (SMST) y de un Inventario Nacional Forestal (INF). Por medio del SMST se recopilan los datos nacionales de cambio de uso y cobertura; mediante el INF se compilan los datos territoriales para desarrollo de factores de emisión, para la estimación de emisiones y remociones a informar en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), para el sector AFOLU.

1.2 Operación del Sistema Nacional de Monitoreo de la Cobertura y Uso de la Tierra y Ecosistemas (SIMOCUTE)

El SIMOCUTE opera bajo la responsabilidad del Ministerio de Ambiente y Energía desde el año 2015 bajo la directriz mencionada anteriormente; liderado por el CENIGA. Este Centro coordinará el funcionamiento del SIMOCUTE según su estructura de gobernanza, y contará con el apoyo del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y demás instituciones competentes en materia de cobertura y uso de la tierra y ecosistemas.

El SIMOCUTE requiere la integración y coordinación de tres procesos, de acuerdo con su marco conceptual (ver **Error! Reference source not found. 1**) :

1. Clasificación: incluye el desarrollo de sistemas de clasificación de uso, cobertura y ecosistemas, exhaustivos, mutuamente excluyentes y armonizados.
2. Inventarios y registros relacionados: incluye la aplicación de métodos de muestreo para cuantificar la cantidad, composición y/o condición de una población, y registros espaciales y tabulares relacionados. El proceso incluye la evaluación visual multitemporal (EVM) de puntos de muestreo

y el inventario y registro de datos dasométricos sobre el territorio, el cual incluye el Inventario Nacional Forestal (INF), y

3. Mapeo: incluye el desarrollo de mapas de la cobertura y uso de la tierra y ecosistemas, incluyendo el sistema de monitoreo satelital terrestre (SMST).



Figura 3. Marco Conceptual del Sistema Nacional de Monitoreo de la Cobertura y Uso de la Tierra y Ecosistemas (SIMOCUTE). Fuente: (MINAE, 2017)

El SIMOCUTE constituye la plataforma oficial de coordinación, vinculación e integración institucional y sectorial del Estado costarricense para facilitar la gestión y distribución del conocimiento e información en materia de cobertura y uso de la tierra y ecosistemas. Dicha plataforma estará integrando al Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA) y realizar el vinculado oficial con el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), el cual es administrado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

El SIMOCUTE permite, por medio de las instancias que lo conforman, la generación y divulgación de información normalizada o referenciada y compatibilizada con las bases de datos oficiales del IGN, cuando proceda, sobre cobertura y uso de la tierra y ecosistemas. Para tal efecto, con el SIMOCUTE se están estableciendo los protocolos, estándares, metodologías y herramientas para homologar, asegurar la calidad, generar, analizar, y reportar los datos y productos del Sistema.

En el caso de metodologías, parámetros o indicadores derivados de convenios u organismos internacionales de los cuales el país sea parte, la información se genera de conformidad con los lineamientos establecidos en los convenios u organismos (e.g. Programa de Reducción de Emisiones Forestales y Estrategia REDD+, Directrices IPCC).

De acuerdo a Pedroni, et al (2016), para el desarrollo de protocolos y metodologías, en el SIMOCUTE se toman en cuenta los requerimientos de monitoreo de uso y cobertura de la tierra y ecosistemas para

múltiples propósitos, enfatizando los requerimientos del sector AFOLU para el informe a la CMNUCC, en cuyo contexto se ha pedido a las Partes establecer sistemas de vigilancia² (monitoreo) sobre las emisiones, que sean robustos y transparentes, coherentes, exactos, con resultados disponibles, basados en sistemas existentes, flexibles y que permitan mejoras, utilizando una combinación de métodos de levantamiento de inventarios del carbono forestal basados en teledetección y mediciones de campo para estimar emisiones y absorciones antropogénicas de GEI, relacionadas principalmente con la deforestación y degradación de los ecosistemas forestales, el aumento de reservas de carbono y manejo de las áreas forestales y agrícolas.

Asimismo, los protocolos y metodologías de monitoreo son establecidas de forma participativa en el seno del SIMOCUTE, con el apoyo de Mesas y Submesas Técnicas Temáticas y Grupos *Ad hoc* y con la orientación de la Unidad Coordinadora y el Comité Ejecutivo (ver Figura 2). El Grupo consultivo de Mesas y Submesas Técnicas, está constituido por los coordinadores de las Mesas y Submesas Técnicas Temáticas y apoyado por la Unidad Coordinadora. Su función es consolidar e integrar los aportes de las Mesas y Submesas Técnicas Temáticas para la toma de decisiones sobre los ajustes de metodologías, protocolos o uso de herramientas, así como para la implementación del SIMOCUTE.

Las Mesas y Submesas Técnicas Temáticas están integradas por especialistas de las instituciones y organizaciones vinculadas con el monitoreo en materia de cobertura y uso de la tierra y ecosistemas. La Unidad Coordinadora, en consulta con el Comité Consultivo y el Grupo Consultivo cuando sea oportuno, constituye grupos *Ad hoc* sobre temas específicos relacionados con la operación del SIMOCUTE.

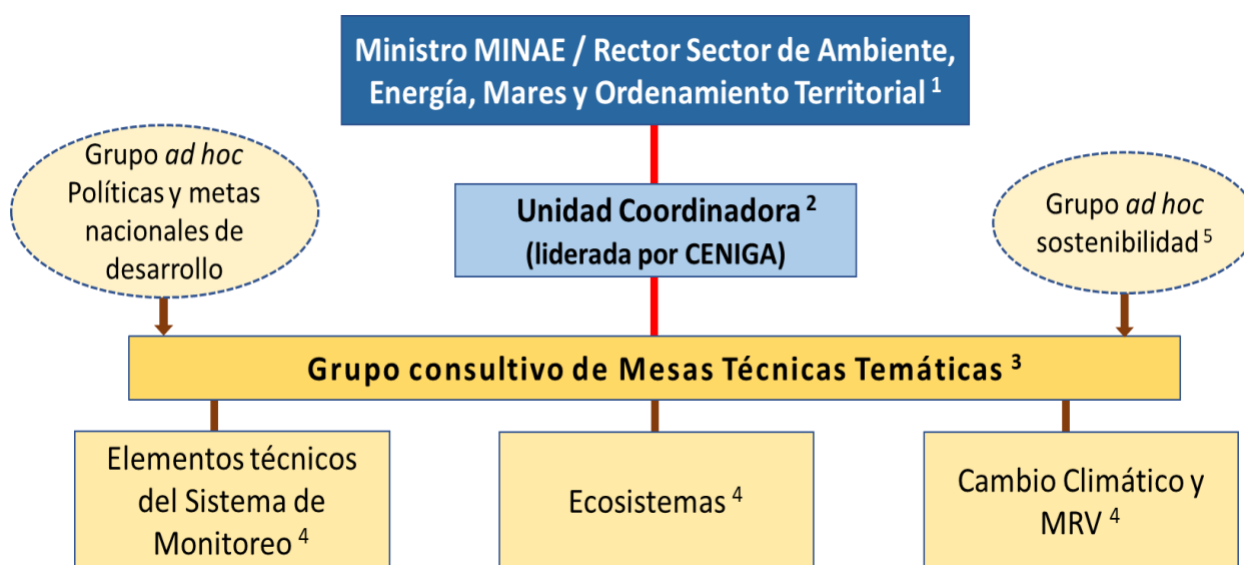


Figura 4. Estructura de gobernanza del SIMOCUTE.

El mecanismo de gobernanza posee cinco niveles, de acuerdo con la figura anterior:

Nivel 1. Lo constituye el Ministro del MINAE en su calidad de Rector del sector de Ambiente, Energía Mares y Ordenamiento Territorial, brindar directrices y orientación estratégica al Ceniga y las

² En la traducción oficial de las decisiones de las Conferencias de la Partes, el término en inglés “monitoring” se traduce como “vigilancia”.

instituciones del sector para el diseño y puesta en marcha del SIMOCUTE.

Nivel 2. Responsable del diseño y puesta en marcha del SIMOCUTE, integra insumos del Nivel 1 en los documentos de trabajo para las Mesas Técnicas y compila las versiones finales con los aportes del Nivel 3. Favorece espacios de diálogo, participación y capacitación en las Mesas Técnicas y otras instancias.

Nivel 3. Lo constituyen los coordinadores de las mesas técnicas y es apoyado por el CENIGA. Su rol es consolidar e integrar los aportes de las Mesas Técnicas a través de los coordinadores de dichas mesas, con apoyo de los coordinadores de las sub-mesas.

Nivel 4. Grupos de trabajo integrados por técnicos de instituciones y organizaciones vinculadas con el Monitoreo. Su rol es consultivo.

Nivel 5. Son grupos para temas específicos relacionados con la identificación de opciones para financiar el SIMOCUTE y apoyar la elaboración de la propuesta de sostenibilidad.

2. Sistema Nacional de Monitoreo Forestal de Costa Rica (SNMF)

Costa Rica requiere el establecimiento de un sistema nacional de monitoreo de los bosques que apoye sus reportes de avance. Por lo cual, el país está en fase de preparación y consolidación los arreglos institucionales requeridos para garantizar el funcionamiento de su SNMF para medir y reportar emisiones y absorciones relacionadas con las actividades REDD+ incluidas en el NREF/NRF, en el Anexo REDD+ del BUR y en el Programa de Reducción de Emisiones sometido al Fondo de Carbono del Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF), siguiendo los protocolos existentes.

Con el apoyo del Fondo de Preparación del FCPF y otras donaciones, el país se encuentra en un proceso de mejora de los protocolos existentes y la ampliación de las mediciones y reportes a otras actividades REDD+. Se detalla este proceso de mejora en la sección de este documento “Aspectos en proceso de mejora”.

En la figura 3, se muestran los actores responsables de la implementación de los eventos de medición, reporte y verificación (MRV) de emisiones forestales y agropecuarias. El SNMF y SNMG proveen la información necesaria para la estimación de emisiones del Sector AFOLU, a reportar el INGEI incluido en el BUR o Comunicación Nacional que están a cargo del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) que se encuentra bajo el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) quien coordinara y lidera el proceso con Apoyo el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) y la Secretaría REDD+ (compuesta por el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO y el SINAC).

2.1 Arreglos Institucionales del SNMF

Como ya se mencionó, el SNMF de Costa Rica se compone de un SMST a cargo del Instituto Meteorológico Nacional y de un INF a cargo del Sistema Nacional de Áreas de Conservación. A través del SMST se recopilan los datos nacionales de cambio de uso y cobertura; mediante el IFN se compilan los factores de emisión.

De acuerdo con el IMN, Costa Rica presentará el próximo BUR en el año 2019, y de allí en adelante, cada dos años. Los BURs deberán contener un Anexo Técnico en el cual el país reportará los resultados de REDD+ de manera consistente con el NREF/NRF que se presentó a la CMNUCC.

De firmarse un acuerdo de pagos por resultados con el Fondo de Carbono del FCPF, Costa Rica deberá, además, presentar al FC-FCPF los resultados de su programa de reducción de emisiones de manera consistente con el NREF/NRF que presentó a dicho fondo y en línea con el Marco Metodológico del Fondo de Carbono.

Por lo anterior, para que el sistema se consolide de forma robusto y transparente se requieren diferentes arreglos institucionales según el mandato de cada Institución responsable de gestionar la información que requiere el SNMF. Para esto, se están analizando los mecanismos más idóneos para llegar a estos arreglos institucionales, ya sea por medio de acuerdos, decretos u otros instrumentos jurídicos que permitan a las instituciones que forma parte del sistema de monitoreo, generar y compartir los datos e información y apoyar de manera efectiva los procesos de monitoreo dentro del marco del SIMOCUTE y su reporte ante el Sistema Nacional de Métrica del Cambio Climático (SINAMECC), que corresponde a la plataforma oficial para monitorear el cumplimiento y avance de las metas climáticas del país como herramienta para medir, reportar y verificar las emisiones por fuentes y absorciones por sumideros a nivel nacional en línea con la Contribución Nacionales de Determinada (NDC) ante la Convención y otros compromisos nacionales en mitigación y adaptación al cambio climático. Estos arreglos se requieren para poder cumplir con una serie de compromisos y reportes que el país ha adquirido.

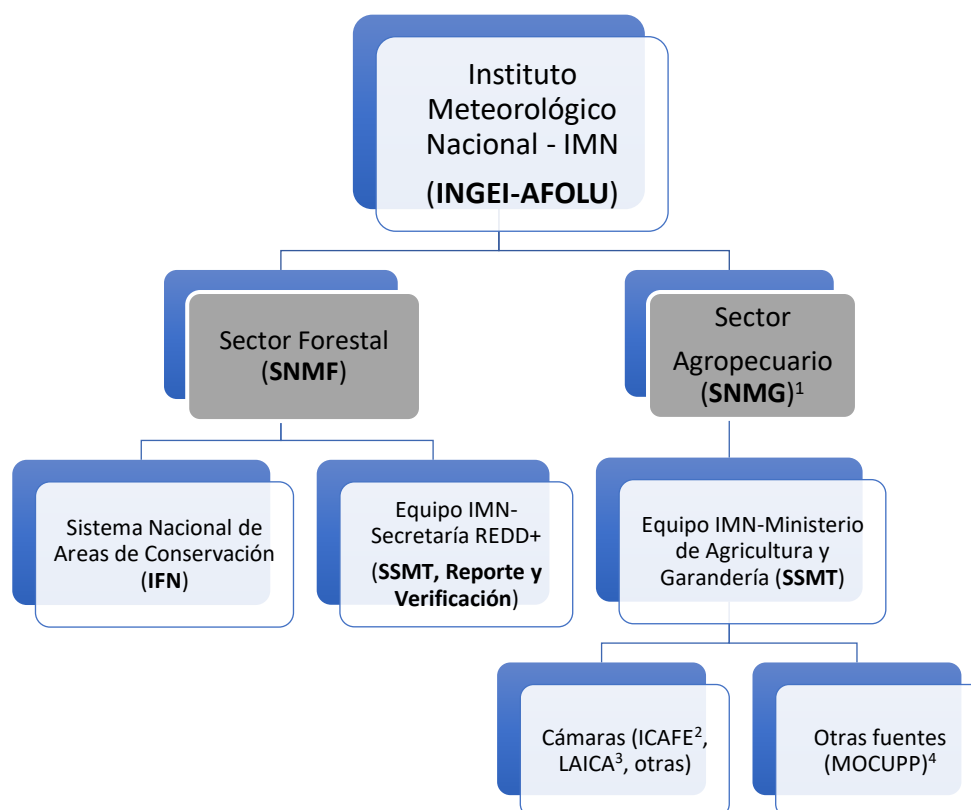


Figura 3: Actores responsables del MRV emisiones forestales y agropecuarias. ²ICAFE: Instituto del Café de Costa Rica; ³LAICA: Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar ⁴MOCUPP: Monitoring Land Use Change within Production Landscapes. Fuente: Ayuda Memoria Reunión: Coordinación MRV en el marco de SIMOCUTE, San José, viernes 27 de julio del 2018

2.2 Funciones del SNMF

Las principales funciones del SNMF son las siguientes: i. Cálculo de datos de actividad (SMST), ii. Estimación de Factores de Emisión (IFN), iii. Estimación de emisiones y absorciones (INGEI), iv. Reporte y Verificación.

2.2.1 Cálculo de datos de actividad

El protocolo de MRV para el cálculo de datos de actividad es implementado por un grupo técnico capacitado en teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG), y con experiencia en la aplicación de directrices y guías de buenas prácticas del IPCC y el Marco Metodológico del Fondo de Carbono. El IMN ha producido sus propios mapas de uso de la tierra y ha elaborado, hasta ahora, todos los inventarios nacionales de GEI de Costa Rica. Asimismo, la Secretaría REDD+ ha producido una serie histórica de mapas consistentes de uso de suelo, utilizada para el establecimiento del NREF/NRF, presentado ante la Convención.

El protocolo de cálculo de datos de actividad es, por lo general, implementado por un tercero, bajo la supervisión de un Equipo de Trabajo integrado por al menos 3 especialistas facilitados por el IMN y la Secretaría REDD+. Además de la supervisión del trabajo del especialista, en el grupo de trabajo se brindan

los espacios de diálogo técnico, pudiéndose invitar a expertos adicionales para temas específicos según la identificación de necesidades.

2.2.2 Estimación de Factores de Emisión

En el año 2014, con el apoyo del Programa REDD-CCAD-GIZ, Costa Rica terminó su primer IFN. Con este inventario, se cuantifica y caracterizan las existencias de los recursos forestales en el país, y se establecen los Factores de Emisión requeridos para el MRV en el marco de la Estrategia Nacional REDD+.

De acuerdo con Pedroni, et al (2016), en general, el diseño de las parcelas del IFN está bien concebido y permite el monitoreo de los reservorios de carbono relacionados con emisiones de CO₂ para el sector Forestal y otros usos de la tierra (AFOLU) aunque algunos reservorios aún no han sido medidos y deberán ser medidos en el futuro.

Después de terminado el IFN 2104 surgieron una serie de interrogantes que llevaron a la identificación de mejoras para el próximo Inventario. Es por ello que el SINAC con el apoyo del Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS), FAO, y las mesas técnicas dentro del marco del SIMOCUTE trabajaron en los ajustes y mejoras requeridos para el IFN, de forma tal que permita su utilización en el tiempo, y para ello también está planificando el próximo ciclo de medición el cual dará inicio en el año 2020. El sistema se diseñó con énfasis en la medición de cambios de cobertura y uso de la tierra y las existencias de volumen y biomasa en los estratos con cobertura arbórea de la malla nivel 1 del SIMOCUTE.

El SINAC realizará el IFN 2020 con recursos propios, coordinado por los Departamentos CUSBSE e IRT de la Secretaría Ejecutiva y los Directores de Recursos Forestales y Vida Silvestre de las Áreas de Conservación, quienes se encargarán de la coordinación de las etapas de planificación, ejecución, control y presentación de resultados. El IFN 2020 pretende dar los primeros pasos para su institucionalización y sentar las bases del monitoreo forestal que perdure en el tiempo y que sea al mismo tiempo la plataforma para impulsar también el monitoreo ecológico del país.

Los objetivos del IFN 2020 se pueden agrupar en 3 grupos: 1) Monitoreo, el cual permitirá determinar la cantidad de especies arbóreas y biodiversidad forestal, la cantidad de volumen maderable (crecimiento y rendimiento forestal), cantidad de biomasa y carbono y los cambios de cobertura y uso de la tierra; 2) Gestión del Recurso, para obtener datos que justifiquen técnicamente la creación de políticas y herramientas para el manejo de bosque, el aprovechamiento forestal en terrenos de uso agropecuario y sin bosque y para gestionar biodiversidad en las ASP y 3) Reportes de verificación de metas nacionales e internacionales, crear la línea base para el reporte de datos.

El nuevo diseño del IFN 2020 pretende medir parcelas nuevas y hacer una transición del diseño del IFN 2013-2014 que implica hacer la remediación de 276 parcelas de forma progresiva.

Se utilizará el mismo diseño y clases de cobertura de las parcelas del primer IFN, el cual de acuerdo a los resultados arrojados fue estructurado de manera que permitió el monitoreo del carbono almacenado para el sector Forestal y otros usos de la tierra.

2.2.3 Estimación de emisiones y absorciones

El IMN es la institución responsable por el Inventario Nacional de GEI (INGEI), y mantiene las capacidades necesarias para realizar la estimación de GEI del sector FOLU. Por lo tanto, es la entidad encargada de realizar el cálculo de emisiones/absorciones forestales. Esto también garantiza que la estimación se realice en el marco del ING EI y que se realice una única estimación de emisiones y absorciones para REDD+.

2.2.4 Reporte

Los informes o Anexos Técnicos REDD+, son redactados por la Secretaría REDD+ de Costa Rica, con apoyo del IMN para la estimación final de las emisiones y absorciones. La Secretaría REDD+ también debe completar los informes bajo el FC-FCPF, así como los resúmenes de la implementación de las salvaguardas REDD+ que deben acompañar el Anexo Técnico remitido en el BUR para pagos por resultados ante la convención.

Además, el país mediante el Sistema Nacional de Métrica del Cambio Climático(SINAMECC) dará seguimiento al avance hacia las metas climáticas facilitando la rendición de cuentas transparente, tanto a nivel nacional como internacional, salvaguardando que se cubran los requerimientos obligatorios de medición, reporte y verificación bajo la Convención y del Acuerdo de París. La coordinación, operación y ejecución de dicho Sistema, estará bajo la responsabilidad de la Dirección de Cambio Climático (DCC), con quien se estarán estableciendo los vínculos necesarios para los reportes según las actividades REDD+.

2.2.5 Verificación

El NREF/NRF y el reporte de los resultados presentados por el país por medio del Anexo Técnico, están sujetos a procesos de verificación por revisores externos. Según lo indicado previamente, en el caso del FC-FCPF, las revisiones están a cargo del TAP y, en el caso de la CMNUCC, por el comité evaluador (AT por su sigla en inglés) nombrada por la Secretaría de la CMNUCC.

En todos estos casos, el Equipo de Trabajo entre el IMN y la Secretaría REDD+, apoyado por profesionales externos, será el encargado de responder a los comentarios recibidos y hacer los ajustes necesarios al NREF/NRF o a los resultados reportados.

3. Actividades de monitoreo

El objetivo del SNMF de Costa Rica es proporcionar información periódica oficial sobre la condición de los recursos forestales en el país. Esta información determina el insumo para la estimación de emisiones de GEI necesaria para que Costa Rica cumpla con sus compromisos bajo la CMNUCC y programas de REDD+. Se prescribe el proceso de colección, recopilación, análisis y reporte de esta información y las emisiones estimadas en un enfoque metodológico. Esta sección describe el enfoque metodológico y las actividades necesarias que forman el SNMF para el cumplimiento del compromiso de Costa Rica de estimar y contabilizar sus flujos relacionados al sector forestal.

3.1 Enfoque metodológico

Durante los últimos 10 años, Costa Rica ha desarrollado un enfoque metodológico para el monitoreo de bosques al nivel nacional como un requisito para participar en varios programas REDD+, principalmente el FCPF y el Programa Jurisdiccional Anidado de REDD+ del Estándar Verificado de Carbono (antes VC-JNR por sus siglas en inglés, ahorra VERRA). El enfoque toma como base varias actividades de monitoreo de bosques que existían en el país, como el Inventario Forestal Nacional (IFN) y el Programa de Pagos por Servicios Ambientales. Los Programas REDD+ exigen una estimación de emisiones y remociones

históricos de GEI, a lo que se le conoce como Nivel de Referencia, junto con un monitoreo periódico de emisiones y remociones de GEI durante un periodo de desempeño, en el cual; el país recibe pagos por las reducciones de emisiones y aumentos de remociones logradas. Se describe el enfoque y las estimaciones de flujos de GEI en el Documento del Programa de Reducciones de Emisiones (ER-PD por sus siglas en inglés; MINAE 2018) y su Documento de Programa Jurisdiccional (JPD por sus siglas en inglés; Winrock et al. 2018). El ER-PD y JPD estiman emisiones durante un periodo histórico de referencia para establecer un nivel de referencia para el uso durante los periodos de desempeño de los programas REDD+.

Durante el desarrollo de este enfoque metodológico en los últimos años, la tecnología de monitoreo forestal se ha mejorado y nuevas técnicas han ganado más reconocimiento en la comunidad global. La Decisión 12/CP.17 de la CMNUCC (CMNUCC 2014) reconoce la necesidad de actualizar los sistemas de monitoreo forestal, notando que los países deben usar un enfoque escalonado para mejoramiento continuo de sus estimaciones de flujos de GEI. Tomando en cuenta esta decisión, Costa Rica reconoce la necesidad de seguir mejorando (y por ende, cambiando) su enfoque metodológico de contabilidad de flujos de GEI, mientras también reconoce la necesidad de monitoreo que sea consistente con el enfoque metodológico usado para establecer el nivel de referencia. Tomando en cuenta esta decisión, Costa Rica reconoce la necesidad de seguir mejorando (y por ende, cambiando) su enfoque metodológico de contabilidad de flujos de GEI, mientras también reconoce la necesidad de un monitoreo que sea consistente con el enfoque metodológico usado para establecer el nivel de referencia.

El enfoque metodológico descrito, fue el usado para estimar el nivel de referencia que se va a usar para el monitoreo (y forma parte del SNMF) para comparar las estimaciones de los eventos de monitoreo con las del nivel de referencia y estimar reducciones de emisiones. El enfoque metodológico descrito, fue el usado para estimar el nivel de referencia, que se va a usar para el monitoreo (y forma parte del SNMF) para comparar las estimaciones de los eventos de monitoreo con las del nivel de referencia y estimar reducciones de emisiones. En la sección 3.3 “Transición a la metodología de interpretación Visual de puntos” se describen los cambios que se planean para el enfoque metodológico según el enfoque escalonado.

Resumen de la metodología de contabilidad GEI

El enfoque metodológico existente en Costa Rica para estimar los flujos de GEI, del sector forestal divide las actividades que ocurren en bosques en dos categorías: las actividades que causan un cambio de uso de suelo, y las actividades que ocurren en bosque que permanece como tal. Cada categoría tiene una metodología distinta, ajustando a las diferentes características de las categorías (Caja 2).

Las dos metodologías comparten esquemas similares: el uso de datos primarios como insumos para la estimación de datos de actividad y factores de emisión o remoción (4). En ambas, la estimación de flujos de GEI vienen de la multiplicación de los datos de actividad, consistiendo en las estimaciones de área afectada por la actividad, por los factores de emisión y remoción, consistiendo en las estimaciones de la cantidad de GEI que se emite o absorbe por cada unidad de área en que ocurre la actividad. Sin embargo, existen diferencias en los dos esquemas, especialmente en los insumos necesarios para los datos de actividad y factores de emisión. Estos insumos son los que se miden y monitorean como parte del SNMF.

Caja 2: Diferencias entre enfoques metodológicos aplicado para cambio de uso del suelo (CUS) y bosque que permanece como tal.

Las actividades en la categoría de cambio de uso de suelo (CUS) causan un cambio drástico, especialmente con la deforestación. La reforestación es un proceso más lento, pero también causa un cambio significativo de uso, que se puede ver en una imagen de satélite de resolución mediana (por ejemplo, imágenes del satélite Landsat). Por otro lado, las actividades en la categoría de bosque que permanece como tal son más difíciles de detectar con imágenes de satélites, dado que causan un cambio menos drástico—como la degradación, en que un área pierda algunos árboles, pero no todos, y sigue siendo bosque. Por esta razón, se utiliza una metodología distinta para estas actividades.

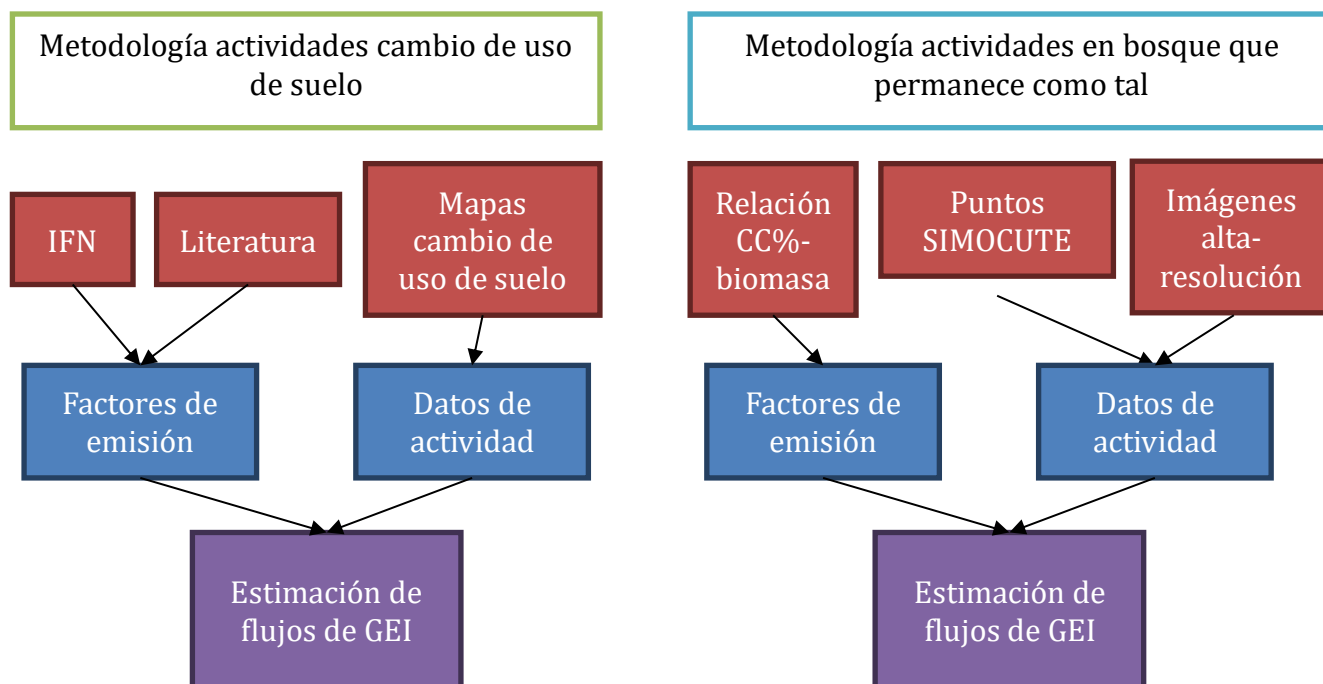


Figura 4. Los esquemas de contabilidad de GEI para las dos categorías de actividades que ocurren en bosques.

Insumos para la metodología de actividades de cambio de uso de suelo

La metodología de actividades de cambio de uso de suelo (que incluyen deforestación y forestación/reforestación) consiste en dos insumos principales: datos de contenidos de carbono por hectárea en los diferentes tipos de bosque, provenientes del IFN y estudios de la literatura, y mapas de cambio de uso de suelo.

El IFN mide contenidos de los varios reservorios de carbono en parcelas de bosque alrededor del país, muestreados según la malla sistemática del SIMOCUTE. Se puede encontrar los detalles de estos muestreos en el Manual de Campo del INF (SINAC-Programa REDD-CCAD-GIZ 2014). De estas mediciones, se estiman promedios de contenidos de carbono por reservorio de carbono, por tipo de bosque en Costa Rica. Estos promedios forman el factor de emisión de deforestación—la cantidad de carbono que se emite cuando se pierde un área de bosque durante la conversión de usos de suelo.

Datos de la literatura complementan los datos del IFN para formar los factores de emisión y remoción, considerando que en su momento no había datos suficientes del IFN 2014 para formar promedios estadísticamente robustos de contenidos de carbono de reservorios, además de biomasa aérea (Pedroni 2015). Por eso, se tomó datos de estudios independientes publicados en la literatura académica en que se miden y estiman contenidos de carbono en los reservorios de hojarasca y biomasa muerta. El otro reservorio incluido en la contabilidad es biomasa subterránea, que se estima en función de biomasa aérea, usando una proporción proveniente de un estudio de la literatura (Cairns et al. 1997). El factor de remoción, que consiste en el crecimiento anual del bosque reforestado, también proviene de un estudio de la literatura que tomó muestreos de parcelas de bosque secundario de varias edades (técnica referida como crono-secuencia) (Cifuentes 2008).

Como plan de mejora (ver sección ‘Aspectos en proceso de mejora’), Costa Rica espera eventualmente usar el IFN como fuente de datos para todos los reservorios de carbono en áreas boscosas. El IFN está en un proceso de actualización continua, y con el tiempo habrá suficientes datos de todos los reservorios, y bosque secundario para estimaciones estadísticamente robustas para reemplazar datos provenientes de literatura. Con esta mejora, Costa Rica tendrá estimaciones más representativas de todo el país, y menos sesgadas por las áreas en que ocurrieron los estudios reportados en la literatura.

Los datos de actividad, para las actividades de conversión de uso de suelo vienen de los mapas de uso del suelo, de la serie histórica de Costa Rica que cubren todo el territorio (Agresta et al. 2015). La sobreposición de estos mapas crea una serie de mapas de cambio de uso del suelo (CUS) que muestra cuales áreas de bosque se han convertido a no bosque (deforestación), y cuales áreas de no-bosque se han convertido a bosque (forestación/reforestación). Para establecer el nivel de referencia, la serie de mapas CUS incluyó seis periodos de cambio entre 1986-2013.

Insumos para la metodología de actividades en bosque que permanece como tal

La metodología para contabilizar emisiones y remociones provenientes de actividades en bosque que permanece como tal (degradación forestal y enriquecimiento, o crecimiento de bosques) utiliza tres fuentes de insumos principales:

- estudios de la relación entre porcentaje de cobertura del dosel y biomasa arbórea aérea.
- estudios de crecimiento de bosques secundarios.
- imágenes de alta resolución y fotografías aéreas.

El estudio de la relación entre porcentaje de cobertura del dosel y biomasa arbórea aérea utilizó datos de biomasa de parcelas permanentes junto con fotos aéreas de la fecha inicial y final del segundo periodo de referencia (1998 y 2013) para establecer una relación entre las dos variables y estimar el nivel de referencia (Aguilar Salas 2017). Esta relación forma el factor de emisión de degradación forestal—estimando el contenido de carbono que se pierde cuando se detecta una reducción en la cobertura del dosel en el año 2013 en comparación al año 1998. El insumo para formar el factor de emisión de crecimiento de bosque es el mismo que en la metodología de las actividades de cambio de uso de suelo—datos de parcelas en bosque secundario con diferentes edades, con la suposición que el bosque creciendo en bosque que permanece como tal es bosque secundario en vez de bosque primario.

Los datos de actividad para esta metodología vienen de la interpretación visual de imágenes de alta-resolución para el periodo de nivel de referencia. Mediante un estudio para estimar el porcentaje de cobertura de copa en bosques maduros identificados en el MC13 de la serie histórica de Costa Rica (AGRESTA) sobre la malla de puntos utilizada para el IFN 2014 y adoptado por el SIMOCUTE, para los periodos en 1998 y 2013 se estimaron los datos de actividad y entender la dinámica de flujos de GEI dentro de bosques que permanecen como tales durante el periodo de referencia utilizando la plataforma de Collect Earth (Ortiz Malavasi 2018).

Análisis de incertidumbre

El análisis de incertidumbre debe seguir exactamente los mismos pasos ejecutados en los cálculos de emisiones. Por ende, el IMN, institución responsable por realizar los cálculos de emisiones, sería la institución más adecuada para realizar cálculos de incertidumbre.

Sin embargo, la aplicación correcta del análisis de incertidumbre requiere el uso de programas estadísticos altamente específicos, con lenguaje de programación propia (como es el caso de R o SAS). Considerando este punto, se recomienda el apoyo técnico del sector académico al IMN para correr adecuadamente los análisis de incertidumbre.

Herramientas de cálculo

Después de recopilar todos los insumos necesarios para las metodologías de contabilidad, se ingresan los datos en herramientas de cálculo que contienen todas las fórmulas y conversiones necesarias para multiplicar datos de actividad por factores de emisión y remoción y estimar emisiones de GEI. Existen dos herramientas—una para cada categoría de actividad (cambio de uso de suelo y bosque que permanece como tal). Estas herramientas han sido programadas en el software Microsoft Excel para calcular automáticamente las emisiones del nivel de referencia y para los eventos de monitoreo.

Es posible que las herramientas de cálculos necesitarán de cambios futuros para ajustar las mejoras metodológicas que se están analizando.

3.2 Definición de eventos de monitoreo

La ejecución de actividades y recopilación de datos que ocurren dentro del marco del SNMF contribuyen a los eventos de monitoreo necesarios para estimar reducciones de emisiones bajo los programas de REDD+. A pesar de que muchas actividades del SNMF, como el IFN, son multipropósito, es importante establecer

los pasos necesarios para cumplir un evento de monitoreo de los programas de REDD+ y cuales instituciones van a cumplir cada paso para asegurar que Costa Rica y el SNMF cumplen con los requisitos y acceden a los fondos asociados a mecanismos de pagos por desempeño.

Cronograma de las actividades de monitoreo

La mayoría de los programas REDD+ y la CMNUCC a través de su sistema de Informe Bienal de Actualización (BUR por sus siglas en inglés) exigen un reporte de monitoreo cada dos años. El SNMF de Costa Rica, buscando cumplir con este requisito, planifica un monitoreo continuo seguido del reporte de cada dos años, empezando con el reporte de 2017 y en 2019 (Figura 5). Mientras ciertas actividades de monitoreo ocurren continuamente, otras deben ocurrir una vez cada dos años para alinearse con el reporte bajo el BUR la estimación actualizada de reducciones de emisiones, como el monitoreo de datos de actividad tanto para CUS como para bosques permanentes.

los dos años y modelando los ajustes a toda el área forestal de Costa Rica. Así se pueden actualizar los factores de emisión y remoción por cada evento de monitoreo.

- **Calcular y estimar las emisiones y reducciones de emisiones y su incertidumbre.** En esta actividad, es necesario recopilar los datos de las diversas fuentes e ingresarlas a las herramientas de cálculo, haciendo cualquier ajuste que sea necesario. La actividad también incluye análisis de incertidumbre para todas las actividades REDD+ y sus insumos a través del método Monte Carlo, incluyendo el mapa de cambio de uso de suelo (específicamente enfocando en las clases de cambio utilizados para la contabilidad—perdida y ganancia de bosque), contenidos y crecimiento de carbono en bosques.
- **Reportar a los programas REDD+, INGEI y CMNUCC.** Después de realizar las estimaciones de emisiones y reducciones de emisiones, es necesario reportar los resultados a los diferentes programas Nacionales e Internacionales. Primero, los resultados deben ser integrados en el Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero (INGEI), específicamente en los capítulos de tierras forestales para los flujos en bosque que permanece como tal y forestación/reforestación, y los capítulos de tierras agrícolas, praderas y urbanas para la deforestación. Los resultados del INGEI forman parte al BUR que se reporta al CMNUCC. También se necesita reportar los resultados a los programas de REDD+ como el Fondo Carbono del FCPF y el VCS JNR. Estos programas también exigirán cálculos adicionales para poner algunos créditos de carbono (que vienen de las reducciones de emisiones) en los fondos búfer para contrabalancear incertidumbre.

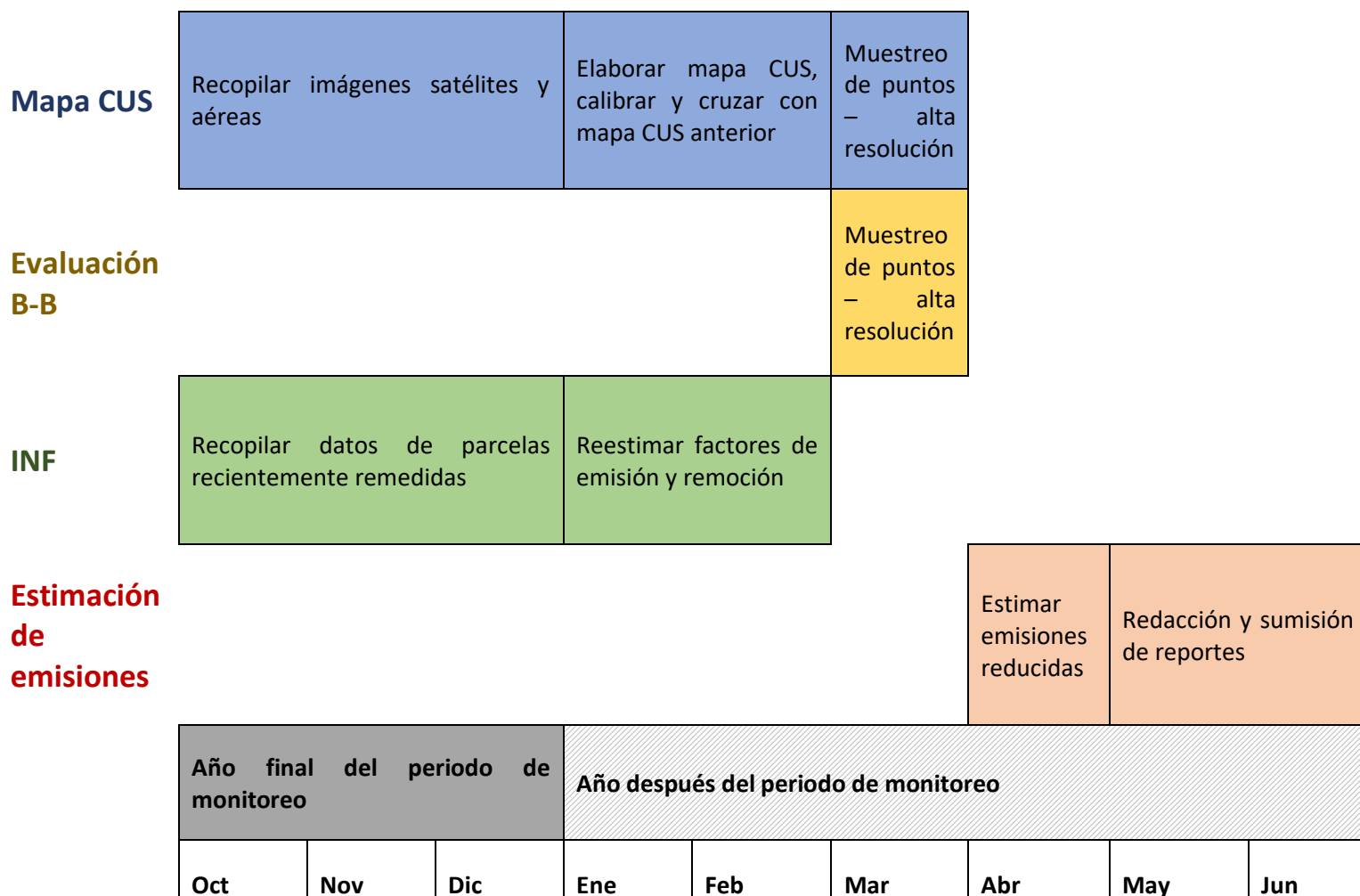


Figura 6. Cronograma de actividades dentro de un evento de monitoreo.

También hay actividades del SNMF que ocurren continuamente o durante años entre eventos de reporte:

- **Medir parcelas de bosque.** Esta actividad ocurre bajo el IFN, según la metodología descrita en SINAC–Programa REDD-CCAD-GIZ 2014 (esta metodología tiene cambios que están pendientes de publicar. Cada año, se remide una quinta parte de las parcelas, incluyendo bosque primario y secundario. Se utiliza los datos que salen de estas mediciones en los ajustes a los factores de emisión y remoción utilizados para las actividades REDD+ de cambio de uso de suelo.
- **Gestionar los datos generados por el SNMF.** Para abordar la necesidad de transparencia de datos y acceso de datos para las diversas instituciones involucradas en el SNMF, una gestión continua de las bases de datos es necesaria. Después de cada evento de reporte es necesario ingresar los nuevos datos generados, como los mapas de uso y cambio de uso de suelo, a la plataforma del SINIA y del SIMOCUTE. Los datos deben ser transparentes y replicables, y gestionados en cuanto a su acceso público según la legislación vigente.

Según la propuesta del SIMOCUTE (2017), cada institución contribuyente de datos al sistema deberá gestionar, archivar, y realizar un back-up de los datos según sus propios mandatos. Todos estos datos serán mantenidos y migrados a la plataforma del SIMOCUTE.

Tareas por institución

El SNMF es compuesto por diferentes componentes independientes que trabajan según el cronograma que permita a su institución encargada generar los datos que forman los insumos necesarios para estimar emisiones de GEI. Sin embargo, el SNMF requiere una periodicidad de recopilación de datos de los diferentes componentes que se ajuste a la frecuencia de reporte requerida en los diferentes compromisos asumidos por Costa Rica.

Desde una perspectiva REDD+, el SNMF de Costa Rica genera insumos bienales para cumplir con los BUR, y la frecuencia de monitoreo requerida por el Fondo de Carbono del FCPF. La información pertinente a un evento de monitoreo REDD+ generada por institución es evidenciada en la figura 7.



Figura 7: Responsabilidades institucionales para ejecución de actividades del monitoreo, generación y sumisión de los reportes.

En resumen, el SNMF funcionara integralmente para cumplir con las diferentes necesidades y roles institucionales, dentro del marco del SIMOCUTE según su marco conceptual.

3.3 Transición a la metodología de interpretación Visual de puntos.

Estimación de datos de actividad por muestreo por puntos

La metodología para datos de actividad utilizada para la elaboración de los NREF/NRF de las actividades de cambio de uso de suelo para el FC-FCPF usó una serie de mapas basadas en clasificación automática de imágenes satélites (Landsat). Se hizo también un análisis de incertidumbre de los mapas de cambio entre 2001-2011 (detallado en el ER-PD de Costa Rica), que permite establecer el error de los mapas.

El proceso del análisis de incertidumbre de los mapas usado para el ER-PD sigue los pasos delineados en Olofsson (2014), usando un análisis visual de muestreos de puntos en imágenes de alta-resolución para elaborar una matriz de confusión, comparando la clase de cambio (y clases estables) detectado por el mapa con la clase detectado en las imágenes. Después, se estima un área ajustada para cada clase de cambio basado en la cantidad de puntos detectados en cada clase, con las imágenes de alta-resolución y la proporción del área total que fue mapeada en cada clase. Se calcula un error estándar e intervalos de confianza de cada área ajustada. Se considera que el área mapeada de una clase de cambio debe caer dentro de los intervalos de confianza del área ajustada. Sin embargo, el análisis de incertidumbre de los mapas de cambio entre 2001-2011, muestran que mientras el área mapeada como deforestación cae dentro de los intervalos de confianza, no bosque que se convierte a bosque (forestación/reforestación) y bosque que permanece como tal no caen dentro de los intervalos de confianza. A pesar de este problema con las áreas mapeadas, los NREF/NRF utilizan las áreas mapeadas para estimar los datos de actividad para las actividades REDD+ de deforestación y aumentos de existencias de carbono en no bosque convertido a bosque y también para el área de bosque que permanece como tal (que se usó para establecer el área sometido a flujos de las actividades de bosque que permanece como tal).

Cuadro 2. Análisis de incertidumbre realizado para los mapas de cambio de 2001-2011, incluido en los NREF/NRF del ER-PD.

Clase	Área mapeada (ha)	Área ajustada (ha)	Sesgo (%)	Error relativo a 90% del nivel de significancia (ha)	Error relativo a 90% del nivel de significancia (%)	Intervalos de confianza de 90% (ha)	Cae el área mapeada dentro de los intervalos?
Deforestación	222,418	280,602	26%	63,086	22%	217,516 – 343,688	SI
No bosque convertido a bosque	208,162	314,796	51%	64,028	20%	250,768 – 378,824	NO
Bosque que permanece como tal	2,848,954	2,661,103	-7%	101,885	4%	2,559,218 – 2,762,989	NO
No bosque que permanece como tal	1,718,880	1,741,912	1%	99,201	6%	1,642,710 – 1,841,113	SI

Para los eventos de monitoreo, se planifica cambiar este proceso de estimar datos de actividad para cambios de uso de suelo en las siguientes formas:

- Para realizar el análisis de incertidumbre, se usará solamente puntos de la malla de SIMOCUTE para validación con imágenes de alta-resolución. Se va a usar un diseño de muestreo estratificado, pero las ubicaciones de los puntos no serán elegidos aleatoriamente (Caja 3).

Caja 3: Datos de actividad: mapas pared-pared o muestreo de puntos

Los Mapas de cambio de uso de suelo que cubren la totalidad de un área (o un país), llamados mapas “pared a pared”, tienen sus ventajas y desventajas para las estrategias REDD+. Tener datos de deforestación y forestación/reforestación en toda el área del programa REDD+ es muy útil para priorizar áreas de ejecutar las intervenciones para bajar emisiones y fomentar reforestación. Mapas pared a pared también aseguran que no se está perdiendo cambios locales o cambios que solamente ocurren en un área muy pequeña en el país. Mapas pared a pared de cambio de uso de suelo dependen de clasificación automática de imágenes satelitales, usualmente de imágenes Landsat, dado que una clasificación manual de imágenes alta-resolución es muy caro y un trabajo muy intensivo.

La clasificación automática trae error que suele resultar en mapas con bastante incertidumbre (el error es un resultado de varias fuentes, incluyendo similitudes entre las firmas espectrales de diferentes usos de suelo, nubes y neblina en las imágenes y diferencias en las firmas espectrales del mismo año tras año debido al clima temporal como sequías y periodos de lluvia). Además, es muy difícil reproducir una metodología de procesamiento y clasificación de imágenes automática utilizada para hacer el mapa de cambio anterior, dado que hay muchos procesos iterativos y pequeños que hace un técnico que no se registra y un nuevo técnico no se va a poder reproducir. También las imágenes Landsat cambian—las imágenes Landsat 8 tienen características diferentes que las de Landsat 6 o 7.

Debido a las debilidades de los mapas pared a pared, se está analizando dejar este tipo de mapas y pasar a la metodología de uso directo para estimar datos de actividad para cambios de uso de suelo en programas REDD+. En su lugar se puede usar grillas de puntos, interpretados visualmente en imágenes de alta-resolución. Este método no depende de un mapa, dado que se puede usar estos puntos como un muestreo de todo el país, extrapolando los porcentajes de puntos visualmente interpretados en cada clase de cambio al área total del país.

Costa Rica tendría la posibilidad de implementar esta metodología con su grilla de SIMOCUTE. Sin embargo, hay evidencias que el método sugerido por Olofsson (2014) de elaborar un mapa CUS pared a pared y usarlo como un mapa de estratos de clases de cambio para informar el diseño de muestreo para una evaluación visual de puntos en imágenes de alta resolución es más eficaz y precisa que solamente usar puntos. GFOI (2018) comparó los NREF/NRF de ocho países y encontró que un método usando mapas CUS como mapas de estratos para informar una interpretación visual de imágenes de alta-resolución produjo varianzas y errores estándares más pequeños que un método de interpretación visual de puntos y extrapolación sencilla sin ningún mapa CUS. Por eso, Costa Rica seguirá produciendo mapas pared a pared, que sirven para priorizar estrategias para mitigar emisiones y también para servir como base para las áreas estimadas que salen de la interpretación visual de imágenes alta-resolución y se usará para los datos de actividad.

- Se usarán las áreas estimadas que salen de una evaluación visual de imágenes de alta-resolución informado por estratos de cambio provenientes del mapa de CUS, en lugar de usar las áreas mapeadas directamente para los datos de actividad final, para estimar emisiones y remociones. Este cambio pone la metodología de Costa Rica en línea con las buenas prácticas sugeridas en Olofsson (2014) y asegura que se usa el dato más preciso que se pueda.
- Los estratos de cambio, que se van a usar para realizar la evaluación visual incluirán un estrato “búfer” alrededor de áreas de estratos de CUS (deforestación y ganancia de bosque; Caja 4). El tamaño de este estrato estará adaptado por un análisis de error en los mapas anteriores de CUS para investigar a que distancia de áreas de CUS caen la mayoría de los errores “falso-negativo”.

Caja 4: Estratificación de clases de cambio para una evaluación visual de puntos para estimar áreas de CUS

Costa Rica estimará sus datos de actividad para actividades CUS con una interpretación visual de puntos en imágenes de alta resolución, usando un mapa de CUS para crear estratos de cambio (Caja 1), es necesario definir cuales estratos se van a usar del mapa CUS para formar el mapa de estratos de cambio. La estratificación más común es el uso de cuatro estratos: deforestación, ganancia de bosque, bosque que permanece como tal y no bosque que permanece como tal. Sin embargo, como se menciona en GFOI (2018), esta estratificación tiene un problema a nivel de los países, ya que los dos estratos de permanencia de uso (bosque y no bosque que permanecen como tal) son mucho más grande que los estratos de cambio. Este problema también existe en Costa Rica—por ejemplo, el área anual de deforestación en el periodo de 1998-2011 representa menos de 1% del área total del país, mientras el bosque que permanece como tal representa 44% del área. Este contraste causa un problema con la estimación de áreas usando la metodología de Olofsson (2014) cuando la evaluación visual de puntos de imágenes alta-resolución detecta errores de “falso-negativo”-puntos mapeados como una clase de permanencia, pero verificados como una clase de cambio. Debido a estos errores, la metodología de extrapolación según Olofsson (2014) asigna un porcentaje del área mapeada como la clase de permanencia al área estimada de la clase de cambio. Este porcentaje del área de la clase de permanencia es grande comparado al área de la pequeña clase de cambio, causando una diferencia grande entre el área mapeada y área estimada de la clase de cambio, y por ende un error estándar muy grande.

Para evitar estos errores estándar que ocurren debido a las diferencias drásticas en áreas de estratos, Costa Rica formará un estrato inmediatamente alrededor de las áreas de los estratos de cambio que se puede nombrar el estrato búfer o el estrato *b* según GFOI (2018). Este estrato no debe ser muy grande—un poco más grande que el tamaño de los estratos de cambio. Dado que la mayoría de los errores en un mapa CUS caen cerca a áreas de cambio actual, este estrato búfer debe capturar la mayoría de los errores “falso-negativo” y por eso evitar que se caen en un estrato muy grande que crea un error estándar demasiado grande.

4. Aspectos en proceso de mejora

A través del proceso de la elaboración y revisión de los NREF/NRF, Costa Rica ha identificado algunas áreas en que se puede mejorar el proceso de SNMF y metodología de contabilizar emisiones para los programas REDD+. Durante los próximos eventos de monitoreo, se van a implementar estas mejoras en una forma paralela con la implementación de la metodología existente, dejando poco a poco la metodología antigua. Es necesario hacer las mejoras como un proceso lento para mantener la consistencia en metodologías entre el nivel de referencia y los eventos de monitoreo del periodo de desempeño de los programas REDD+, ya que la consistencia es una condición necesaria para comparar las emisiones futuras con las del pasado y por ende contabilizar el desempeño del país en la reducción de emisiones.

4.1 Ajustes del NREF/NRF

Relación entre cobertura de dosel y biomasa para estimar emisiones de degradación forestal

El SIMOCUTE cuenta con una malla hexagonal anidada de 10,600 puntos equidistantes distribuidos por la superficie de Costa Rica. Esto resulta en un punto de muestreo visual a través de imágenes satelitales de alta resolución cada 2.4 km. Además, la intensidad de muestreo, en otras palabras, la cantidad de puntos sistemáticamente distribuidos puede ser intensificada en áreas de interés específico, como por ejemplo hotspots para monitorear degradación, con la utilización de otras dos mallas anidadas a la malla principal de puntos, a nivel 2 y 3 con un total de 95 149 puntos con una distancia entre puntos de 0,800 km y de 895 365 puntos con una distancia entre punto de 0.265 Km respectivamente. El aumento de la intensidad muestral incluido en el SIMOCUTE, permitir el monitoreo de eventos difusos y erráticos (como degradación forestal) con mayor confianza.

El monitoreo espacial utiliza las mallas de SIMOCUTE para observar cambios en los porcentajes de cobertura de copa para los bosques durante un periodo de cambio como indicador de las emisiones o remociones en bosque que permanece como tal. Para estimar la severidad de los eventos de degradación, el impacto en la biomasa forestal de la degradación monitoreada, la metodología del SNMF utiliza un modelo que correlaciona la pérdida de cobertura de copas según la detección visual en los puntos del SIMOCUTE con la biomasa aérea forestal que se pierde durante un evento de degradación.

La metodología utilizada para la elaboración de los NREF/NRF usa una relación lineal entre la cobertura de copas y la biomasa del bosque en que se asume que los bosques intactos, con cobertura del dosel entre 85-100% contengan 100% del contenido de biomasa arbórea aérea y subterránea de un bosque primario, bosques degradados con una cobertura entre 60-85% contengan 78.38% de la biomasa aérea y subterránea del bosque primario, y bosques muy degradados, con una cobertura del dosel <60%, contengan 48.65% de la biomasa aérea y subterránea del bosque primario.

Se viene utilizando esta relación lineal entre porcentaje de cobertura de dosel y biomasa aérea, aunque la relación no es muy precisa, según Aguilar-Salas (2017), el único estudio encontrado que compara cobertura de dosel y biomasa en los bosques de Costa Rica. Sin embargo, actualmente no existen suficientes puntos de este estudio ni en otros para que se haya podido desarrollar una relación más precisa con menos incertidumbre (ya que el error en esta relación es la fuente más grande de incertidumbre existente en los NREF/NRF).

Para bajar la incertidumbre en esta relación, FONAFIFO está financiando estudios que toman muchos más muestreos en bosques degradados (menos de 100% de cobertura), comparando el porcentaje de cobertura de dosel con su biomasa. Estos estudios utilizarán el método del IFN para establecer parcelas de medición en campo en áreas con diferentes coberturas de copas identificadas a través de la misma metodología empleada por el SIMOCUTE. La expectativa es que se muestreen suficientes parcelas en campo para permitir establecer una relación robusta entre cobertura de copas y biomasa forestal para los diferentes tipos forestales de Costa Rica, que eventualmente reemplazará la relación lineal utilizada para la elaboración de los NREF/NRF.

Uso de datos del IFN para todos los reservorios de carbono

En la metodología utilizada para elaborar los NREF/NRF para el FC-FCPF, los factores de emisión para las actividades de cambio de uso de suelo utilizaron los contenidos de carbono del IFN para biomasa arbórea aérea, una relación entre biomasa arbórea aérea y subterránea de la literatura para estimar biomasa arbórea radicular, y contenidos de carbono de estudios de la literatura para biomasa muerta y hojarasca. Carbono orgánico del suelo no está incluido actualmente en la metodología.

La diversidad de fuentes de datos para los contenidos de carbono no es ideal, dado que las formas de establecer parcelas forestales y los métodos de medir pueden ser diferentes dentro de los diferentes estudios de la literatura y el IFN, que puede causar sesgos en los resultados. Sin embargo, durante la elaboración de los NREF/NRF, no había suficientes datos del IFN de parcelas con los reservorios de biomasa muerta, hojarasca y carbono orgánico del suelo para usarlos en las estimaciones de factores de emisión.

Para los eventos de monitoreo futuros, el SNMF planea usar solamente datos del IFN, incorporando los datos de los tres reservorios faltantes cuando haya suficientes parcelas con medición de estos reservorios de carbono para todos los tipos de bosque en Costa Rica.

Cabe resaltar que los cambios metodológicos en los análisis que resultan en la estimación de emisiones requieren también un ajuste en los análisis de incertidumbre. Costa Rica pretende mantener sus análisis de incertidumbre siguiendo el método Monte Carlo por la robustez y confianza generada por los resultados, y alta capacidad técnica, principalmente en el sector académico, para ejecutar estos análisis de forma adecuada.

4.2 Abordaje de observaciones levantadas por el comité evaluador del NREF

Bosques secundarios

A través de un análisis comparativo entre diferentes modelos de crecimiento forestal existentes y aplicables a Costa Rica utilizando: i) datos derivados del IFN para bosques secundarios, ii) modelo de crecimiento basado en una regresión lineal utilizando como factor de predicción el área basal, y iii) modelos sigmoides de crecimiento específicos para los tipos forestales de Costa Rica, se concluyó que las curvas sigmoides de crecimiento son las más robustas. Se eligió las curvas sigmoides desarrolladas por Cifuentes (no publicadas) porque presentan las estadísticas más contundentes ($r^2=0.95$ para bosque seco, $r^2=0.95$ para bosque húmedo, y $r^2=0.97$ para bosque pluvial muy húmedo), resultan en un estimado similar a las tasa de crecimiento calculadas según los datos del IFN para bosques secundarios (corroborando los resultados de los modelos), y porque resultan en estimaciones conservadoras de la tasa de crecimiento forestal en comparación al modelo de regresión lineal.

Nivel de referencia de manejo forestal

Siguiendo la recomendación del comité evaluador, Costa Rica desarrollo un NREF para la actividad de manejo forestal sostenible que contempla emisiones resultantes de la tala selectiva en el país. Este NREF aplica una metodología ajustada de Pearson et al. (2014) en que se estiman emisiones a partir del volumen de madera talado en el bosque.

Los ajustes metodológicos realizados en relación a la metodología publicada por Pearson et al (2014) son referentes a las emisiones derivadas de la infraestructura construida en el bosque (camino de arrastre, patios para pilar los troncos, y carreteras para transporte de los troncos), ya que en Costa Rica no se establece dicha infraestructura anualmente para permitir la tala selectiva. La tala es comercial, pero de pequeña escala, donde el arrastre es realizado mayoritariamente por medio de cables, los troncos son pilados en patios establecidos fuera de áreas de bosques o reutilizados años tras año, y las carreteras para transporte son reutilizadas todos los años.

Este NREF de manejo forestal sostenible busca servir el propósito de monitorear continuamente la actividad de tala selectiva en el país y hasta fomentar la industria forestal de base a ejecutar manejo forestal de impacto reducido, ampliando las oportunidades económicas del sector forestal de base, mientras se mantiene estable cuanto a emisiones de GEI.

Nivel de referencia de plantaciones forestales

El país aún no cuenta con un sistema integrado de monitoreo de plantaciones forestales y reconoce la importancia de monitorear el área de plantaciones forestales, así como las especies plantadas y el uso que se le dará (definiendo el tiempo de rotación de las plantaciones), ya que es una importante actividad económica en el país.

Por lo cual, al no contar con una metodología de contabilidad de flujos de GEI en plantaciones forestales que permita medir variaciones a través de datos de actividad (DA) y factores de emisión y remoción (FE y FR), se apunta que a través del SIMOCUTE y las mejoras metodológicas del IFN se pueda empezar a monitorear estas variaciones.

Bibliografía

- Agresta, Dimap, Universidad de Costa Rica, Universidad Politécnica de Madrid, 2015.a. Informe Final: Generating a consistent historical time series of activity data from land use change for the development of Costa Rica's REDD plus reference level: Protocolo metodológico. Informe preparado para el Gobierno de Costa Rica bajo el Fondo de Carbono del Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF). 44 p.
- Cairns M.A., Brown S., Helmer E.H., and Baumgardner G.A., 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* 111: pp. 1-11.
- Cifuentes, M. 2008. Aboveground Biomass and Ecosystem Carbon Pools in Tropical Secondary Forests Growing in Six Life Zones of Costa Rica. Oregon State University. School of Environmental Sciences. 2008. 195 p.
- Global Forest Observations Initiative (GFOI). 2018. Summary of Country experiences and critical issues related to estimation of activity data.
- MINAE. (2017). Propuesta para el diseño del Sistema nacional de monitoreo de cobertura y uso de la tierra, y ecosistemas, 28.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2017). *Propuesta de decreto ejecutivo para la formalización del SIMOCUTE*.
- Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) (octubre de 2018) Emissions Reductions Program to the FCPF Carbon Fund.
- Olofsson P, Foody GM, Herold M, Stehman SV, Woodcock CE, Wulder MA (2014) Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote sensing and the environment* 148 42-57.
- Ortiz Malavasi, E. 2018. Evaluación visual multitemporal (EVM) del cambio en el uso de la tierra y cobertura en Costa Rica, Zonas A y B. Tarea 2: Estimación del cambio en el porcentaje de cobertura de copas para bosques maduros en el mapa MC13 de AGRESTA, para los periodos 1998-2011-2016.
- Pearson TRH, Brown S, Casarim FM. 2014. Carbon emissions from tropical forest degradation caused by logging. *Environ. Res. Lett.* 9: 034017 (11pp).
- Pedroni, L. y Villegas, J.F. 2015. Nivel de referencia de emisiones y absorciones forestales de Costa Rica ante el Fondo de Carbono de FCPF: metodología y resultados. Versión final, Capítulo 5: Factores de emisión.
- Pedroni, L., Fernández, J., Hamilton, R., Scott, C., & Brewer, C. K. (2016). *Recomendaciones para la Medición, Reporte y Verificación (MRV) de REDD +*.

REDD/CCAD-GIZ-SINAC. (2015). Inventario Nacional Forestal de Costa Rica 2014-2015, 380.

Secretaria de la CMNUCC (junio de 2014) Key decisions relevant for reducing emission from deforestation and forest degradation in developing countries (REDD+).

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) – Programa REDD-CCAD-GIZ, 2014. Manual de campo para el inventario forestal nacional de Costa Rica: Diseño de parcela y medición de variables de sitio y dasométricas. Preparado por Jorge Fallas – consultor para el Programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal en Centroamérica y la República Dominicana (REDD/CCAD/GIZ). San José, Costa Rica. 74 p.

Winrock International, FONAFIFO y UICN (febrero de 2018) Costa Rica's National REDD+ Program. JNR Program Description, VCS Versión 3.

FAO (2018) Sistema Nacional de Monitoreo de los Bosques. Recuperado de <http://www.fao.org/redd/areas-of-work/national-forest-monitoring-system/es/>