



Solutions for environment and development  
Soluciones para el ambiente y desarrollo

# Recopilación y evaluación de datos para la estimación de factores de emisión en el sector forestal

## Experiencias y vacíos de información

### Editores

Mario Chacón León (CATIE-PRCC)

Gabriela Alonso (PNUD-CONAFOR)

Oswaldo Carrillo (FAO-CONAFOR)



# Recopilación y evaluación de datos para la estimación de factores de emisión en el sector forestal

## Experiencias y vacíos de información<sup>1</sup>

### **Editores**

Mario Chacón León (CATIE-PRCC)  
Gabriela Alonso (PNUD-CONAFOR)  
Oswaldo Carrillo (FAO-CONAFOR)

### **Revisión técnica**

Jorge Morfin (PNUD-CONAFOR)  
Miguel Cifuentes (CATIE-PRCC)  
Abner Jiménez Galo (Programa Regional REDD-CCAD/GIZ)

---

<sup>1</sup> Basado en la Memoria del *Taller de intercambio de experiencias en la estimación de factores de emisión para el monitoreo forestal* celebrado en San Salvador, el 29 y 30 de mayo, 2014.

CATIE no asume la responsabilidad por las opiniones y afirmaciones expresadas por los autores en las páginas de este documento. Las ideas de los autores no reflejan necesariamente el punto de vista de la institución. Se autoriza la reproducción parcial o total de la información contenida en este documento, siempre y cuando se cite la fuente.

© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, 2015

ISBN 978-9977-57-644-2

634.92

R311 Recopilación y evaluación de datos para la estimación de factores de emisión en el sector forestal : experiencias y vacíos de información / editado por Mario Chacón León ; Gabriela Alonso y Oswaldo Carrillo. – 1º ed. – Turrialba, C.R : CATIE, 2015. 39 p. – (Serie técnica. Boletín técnico / CATIE ; no. 76)

ISBN 978-9977-57-644-2

Basado en la Memoria del Taller de intercambio de experiencias en la estimación de factores de emisión para el monitoreo forestal celebrado en San Salvador, el 29 y 30 de mayo, 2014.

1. Sector forestal - Vigilancia. 2. Emisión de contaminantes - Análisis de datos.  
3. Biomasa – Estimación 4. Carbono – Estimación. I. Chacón León, Mario, ed.  
II. Alonso, Gabriela, ed. III. Carrillo, Oswaldo, ed. IV. CATIE. V. Título. VI. Serie.

## Créditos:

### Editores

Mario Chacón León (CATIE-PRCC)  
Gabriela Alonso (PNUD-CONAFOR)  
Oswaldo Carrillo (FAO-CONAFOR)

### Revisión técnica

Jorge Morfin (PNUD-CONAFOR)  
Miguel Cifuentes (CATIE-PRCC)  
Abner Jiménez Galo (Programa Regional REDD-CCAD/GIZ)

Revisión filológica: Elizabeth Mora

Diseño y diagramación:

Silvia Francis, Oficina de Comunicación e Incidencia, CATIE

# Contenido

<b>Agradecimientos .....</b>	<b>5</b>
<b>Acrónimos.....</b>	<b>8</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>9</b>
<b>2. Sistematización de la información.....</b>	<b>11</b>
2.1 Metodología del taller para el intercambio de experiencias .....	11
2.2 Síntesis de aspectos comunes entre los países de la región .....	12
2.3 Organización de los temas de tratados.....	12
<b>3. Diseño y muestreo del inventario forestal nacional y su rol en la estimación     de factores de emisión .....</b>	<b>13</b>
3.1 Estado del diseño y ejecución del IFN: objetivos y factores de emisión .....	13
3.2 Diseño del muestreo .....	17
3.3 Determinación del contenido de carbono en distintos componentes del bosque .....	21
<b>4. Manejo de datos y análisis estadísticos .....</b>	<b>26</b>
4.1 Control de calidad, captura y almacenamiento de información.....	27
4.2 Estimación de la incertidumbre .....	30
4.3 Herramientas tecnológicas para el procesamiento de datos en la estimación de biomasa y carbono .....	32
<b>5. Conclusiones y resumen de vacíos.....</b>	<b>34</b>
<b>Bibliografía consultada.....</b>	<b>37</b>

# Agradecimientos

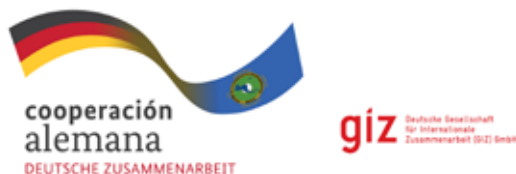
Esta publicación fue posible gracias al aporte financiero de:



## Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur

Este proyecto es implementado por la Comisión Nacional Forestal, financiado por el gobierno de Noruega y asesorado y administrado por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) y el PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). El proyecto promueve la colaboración en materia de monitoreo forestal entre los países de la región mesoamericana con el fin de fortalecer las capacidades técnicas para la construcción de sistemas MRV.

## Programa Regional REDD-CCAD/GIZ



Esta publicación ha sido desarrollada con la contribución del Programa Regional de Reducción de Emisiones de la Degradación y Deforestación de Bosques en Centroamérica y República Dominicana (REDD/CCAD-GIZ. “Integrando Esfuerzos para un buen manejo de los bosques”)

[www.reddccadgiz.org](http://www.reddccadgiz.org)  
[info@reddccadgiz.org](mailto:info@reddccadgiz.org)



La Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), bajo los términos del Acuerdo Cooperativo No. AID 596-A-13-00002 (Programa de Cambio Climático Regional USAID), ejecutado por el CATIE, IUCN, CARE International y TerraGlobal Capital LLC. Los contenidos y opiniones expresadas aquí son responsabilidad del Programa Regional de Cambio Climático de USAID y no reflejan necesariamente las opiniones de USAID o del Gobierno de los Estados Unidos.

Un especial agradecimiento a los especialistas de los países que participaron en el taller y proveyeron la información:

Nombre Funcionario(a)	Institución/País
Adriana Paola Barbosa	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Colombia
Alicia López	REDD/CCAD-GIZ El Salvador
Edwards Matos	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, República Dominicana
Efraín Duarte	Instituto de Conservación Forestal, Honduras
Enrique Castroconde	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala
Frank Sullyvan Cardoza	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador
German Novelo	Ministry of Forestry, Fishery and Sustainable Development, Belize
Gilbert Canet Brenes	Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Ministerio de Ambiente, Energía y Mares, Costa Rica
Giovanni Molina	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador
Jorge Luis Santos	Instituto de Conservación Forestal, Honduras
Jorge Morfín	Comisión Nacional Forestal, Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur, México
José Francisco Rodríguez	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador
María Isabel Chavarría	Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Ministerio de Ambiente, Energía y Mares, Costa Rica
Miguel Ángel Peña	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Colombia
Oswaldo Carrillo	Comisión Nacional Forestal, Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur, México
Ramón Alberto Díaz	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, República Dominicana
Wing Lau	Instituto Nacional Forestal , Nicaragua

# Acrónimos

CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
Conafor	Comisión Nacional Forestal, México
EMSA	Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental
FCPF	Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques
GEI	Gases de efecto invernadero
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
IFN	Inventario forestal nacional
IPCC	Panel Intergubernamental del Cambio Climático
MRV	Monitoreo, reporte y verificación
NAMA	Acciones de mitigación nacionalmente apropiadas
ONG	Organización no gubernamental
ONU REDD	Programa REDD de la Naciones Unidas
PRCC	Programa Regional Cambio Climático, USAID
PPM	Parcela permanente de muestreo
REDD+	Reducción de emisiones por deforestación y degradación incluyendo el rol de la conservación e incremento de acervos de carbono así como el manejo sostenible de los bosques
USCUSS	Uso del suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura

# 1. Introducción

La preocupación mundial en torno al cambio climático ha impulsado el desarrollo de políticas internacionales y la puesta en marcha de actividades de adaptación y mitigación. A nivel mundial, los países se han reunido bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la cual define pautas para el diseño de políticas que contribuyan a la reducción de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera.

Asimismo, la CMNUCC se encuentra diseñando mecanismos de mitigación relacionados con el sector uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (USCUSS); entre ellos, la reducción de emisiones derivadas de la deforestación y degradación de bosques, el manejo forestal sostenible, la conservación y mejora de reservas de carbono (REDD+) y las acciones de mitigación nacionalmente apropiadas (NAMA, por sus siglas en inglés) (Iversen et al. 2014, Parker et al. 2014). En Latinoamérica, más de 19 países ya han iniciado programas nacionales REDD+ con apoyo financiero directo del Banco Mundial, FCPF o del Programa ONU-REDD<sup>2</sup>. Asimismo, un número creciente de países Costa Rica, Chile y República Dominicana, entre ellos han empezado NAMAs en agricultura y temas forestales (Röser et al 2014). Para medir el éxito de estas acciones es necesario contar con mecanismos de monitoreo, reporte y verificación (MRV), según lo establece REDD+.

Los países interesados en poner en marcha actividades REDD+ deben establecer un nivel (o niveles) de referencia de emisiones, así como un Sistema nacional de monitoreo de los bosques, según la Decisión CP.16/1/Add. 1/par. 71 de CMNUCC. Para conocer las emisiones generadas por el sector USCUSS es necesario determinar la dinámica de cambio del uso del suelo (datos de actividad), tasas de deforestación y cantidad de carbono en cada uso del suelo y sus flujos (factores de emisión). La combinación de datos de actividad y factores de emisión permite medir el potencial de las acciones de mitigación de los USCUSS. Sin embargo, determinar los factores de emisión de forma exacta y ajustada a la situación de cada país no es tarea fácil.

---

2 Ver lista completa de países en la página de ONU-REDD ([http://www.un-redd.org/Partner\\_Countries/tabid/102663/Default.aspx](http://www.un-redd.org/Partner_Countries/tabid/102663/Default.aspx)) o la del Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (<http://www.forestcarbonpartnership.org/redd-countries-1>).



Este documento tiene como propósito sistematizar los principales resultados del “*Taller de intercambio de experiencias en la estimación de factores de emisión para el monitoreo forestal*” realizado en la ciudad de San Salvador, el 29 y 30 de mayo, donde participaron países que forman parte de la Estrategia Mesoamericana de Sustentabilidad Ambiental (EMSA)<sup>3</sup>. La actividad fue patrocinada por la Comisión Nacional Forestal (Conafor) de México, a través del Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur, en colaboración con el Programa Regional REDD-CCAD/GIZ y el Programa Regional de Cambio Climático de USAID. Este taller formó parte del paquete de fortalecimiento de capacidades técnicas para el monitoreo forestal de Dicho paquete se construyó de manera colectiva entre los países miembros. Tanto los insumos de este taller, como de los cuatro posteriores que se realizaron durante 2014, son insumos para la construcción de un Plan Maestro a Largo Plazo en materia de monitoreo forestal para la región mesoamericana.

Se pretende, con este trabajo, dar conocer el estado de avance, los desafíos, vacíos y oportunidades que los países de la región comparten al estimar factores de emisión. Este trabajo no pretende describir en detalle la situación de cada país sino, más bien, rescatar similitudes que permitan buscar soluciones regionales a problemas comunes y apoyar la construcción de sistemas de MRV.

---

3 Los países miembros de la EMSA son Belice, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Honduras, Guatemala, México, Nicaragua, Panamá, República Dominicana. Al Taller asistieron representantes de todos los países, menos Panamá.

## 2. Sistematización de la información

La información recopilada se obtuvo de los insumos presentados por los países participantes en el “*Taller de intercambio de experiencias en la estimación de factores de emisión para el monitoreo forestal*”, realizado el 29 y 30 de mayo del 2014 en San Salvador, El Salvador.

El taller fue coordinado por la Comisión Nacional Forestal (Conafor) de México, a través del Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur; además, se contó con el apoyo del Programa Regional REDD-CCAD/GIZ y el Programa Regional de Cambio Climático USAID-CATIE. El objetivo del taller fue compartir experiencias y lecciones aprendidas de los países de la región sobre la recopilación y evaluación de información existente para la estimación de factores de emisión en los sistemas nacionales de monitoreo forestal. Adicionalmente, se identificaron vacíos de información y nichos de oportunidad para la cooperación en la región.

### 2.1 Metodología del taller para el intercambio de experiencias

El taller se dividió en ocho sesiones de trabajo una sesión introductoria y siete sesiones de discusión de temas técnicos distribuidas en dos días. Las secciones técnicas del taller fueron las siguientes:

- Sesión 2: objetivos de estimación en el sistema de monitoreo forestal de los países.
- Sesión 3: diseño de muestreo e inventarios nacionales forestales para estimar existencias de carbono y su dinámica de cambio y definir las variables a medir en campo.
- Sesión 4: integración de información de inventarios forestales utilizando diversas fuentes.
- Sesión 5: experiencias sobre la forma de realizar el control de calidad, captura y almacenamiento de información.
- Sesión 6: estimación de biomasa y carbono a nivel nacional (árbol, parcela y estrato).
- Sesión 7: forma de estimar la incertidumbre.
- Sesión 8: experiencias en el uso de herramientas de tecnologías de la información para el procesamiento de datos en la estimación de biomasa y carbono.

En cada sesión se siguió una dinámica de trabajo que consistió de las siguientes actividades:

- Inducción al tema por medio de preguntas orientadoras dictadas por el facilitador del evento.
- En el marco de las preguntas orientadoras, dos países presentaron ponencias de 15 minutos cada una, para contextualizar la situación actual de cada tema en la región latinoamericana, a partir de las dos experiencias concretas.
- Se retomaron las preguntas orientadoras y se jerarquizaron de manera participativa.
- Se aplicaron diferentes dinámicas de discusión a partir de las preguntas orientadoras priorizadas.
- Con base en los resultados de las discusiones se precisaron algunas conclusiones.

## **2.2 Síntesis de aspectos comunes entre los países de la región**

Para lograr el objetivo principal del taller, en cada sesión se pidió a los participantes que plasmaran en matrices las experiencias de sus respectivos países en cuanto al tema discutido. Esas matrices fueron la base para sistematizar la información que se ofrece en este documento.

Las matrices brindaron información sobre los desafíos, soluciones propuestas, resultados, lecciones aprendidas y pasos a seguir. En la sistematización de la información se seleccionaron los aspectos que resultaron comunes a todos los países y los de mayor avance en países específicos.

## **2.3 Organización de los temas de tratados**

Para presentar los resultados de manera coherente, los siete temas técnicos discutidos se organizaron en dos grandes grupos. En el primer grupo se evaluaron los temas de diseño y muestreo, tales como objetivos y ejecución de los inventarios forestales nacionales (IFN), sus alcances y funciones, aspectos metodológicos del diseño de muestreo y avances de los países en la estimación de carbono (incluyendo el uso de distintas fuentes). En el segundo grupo se evaluaron aspectos de manejo de datos y análisis estadísticos relacionados con control de calidad, captura y almacenamiento de datos, estimaciones, incertidumbres y uso de herramientas y tecnologías de información para el manejo de datos de biomasa y carbono.

## 3. Diseño y muestreo del inventario forestal nacional y su rol en la estimación de factores de emisión

Todos los países de la región manifestaron interés por establecer o mejorar los sistemas actuales de monitoreo forestal, de manera que permitan generar insumos para el cálculo de factores de emisión. Con el incremento en el número de programas nacionales REDD+, se hace más evidente la necesidad de mejorar los sistemas de monitoreo forestal.

Para cuando tuvo lugar el taller, dentro del marco de construcción de estrategias nacionales REDD+, los países estaban elaborando sus sistemas MRV y diseñando o realizando su IFN, el cual incluye metodologías para estimar y presentar resultados sobre factores de emisión del sector forestal. Durante este proceso, los países generaron experiencias que les ayudaron a determinar desafíos, soluciones, lecciones aprendidas y vacíos de información de vital importancia para el IFN.

En cuanto a la medición de factores de emisión, los países tenían programado estimar las reservas de carbono en biomasa viva y muerta sobre y debajo del suelo; o sea, carbono en árboles, raíces, hojarasca y en el suelo mismo. Varios de los países enfrentaban una seria limitación, al no contar con datos completos, ni con métodos claros, ni con herramientas locales para el cálculo. Al respecto, los IFN empezaban a brindar sus primeros frutos.

### 3.1 Estado del diseño y ejecución del IFN: objetivos y factores de emisión

En las instituciones gubernamentales de todos los países participantes en el taller existen instancias que velan por el tema forestal y apoyan el diseño de sistemas MRV para REDD+<sup>4</sup>. Asimismo, en los 10 países se estaba diseñando o realizando el IFN. El propósito general del IFN era conocer los recursos forestales del país a partir de un enfoque de múltiples propósitos y, además, estimar las reservas de carbono y flujos en los bosques.

El IFN ya había sido realizado o estaba en proceso en todos los países; en México ya se habían ejecutado dos inventarios completos, en tanto que en Colombia y Belice to-

4 Para conocer del avance de los países en la implementación del IFN con apoyo de la FAO, visite el sitio <http://www.fao.org/forestry/fma/73410/en/>

avía no se tenía un IFN. Basados en sus experiencias, los representantes de los países coincidieron en que los mayores desafíos corresponden a aspectos institucionales, técnicos y financieros (Cuadro 1).

Los desafíos institucionales significan una barrera a la coordinación y, por consiguiente, a la operatividad o ejecución de un IFN. En este sentido, es preciso encontrar la forma de institucionalizar los IFN como acción permanente y mejorar la coordinación y creación de acuerdos institucionales. Además, es necesario mejorar la base legal existente sobre todo en materia de monitoreo forestal y asegurar la permanencia del IFN como herramienta de trabajo, e independiente de los cambios de gobierno.

Para enfrentar estos desafíos, una primera solución planteada es asegurar un marco legal de leyes y decretos que designen a las instituciones a cargo del proceso, describan sus responsabilidades, incentiven la planeación y brinden acceso a recursos humanos y financieros. Mediante protocolos de coordinación se debe orientar la participación de múltiples actores (sector privado, comunidades locales e indígenas), así como la ejecución de procesos claros de negociación y firma de convenios. Con esto se evitaría el traspaso de funciones entre las instituciones y se haría un uso más eficiente de los recursos.

Entre los desafíos técnicos se destaca la ejecución de un IFN que evalúe el estado de los recursos forestales del país. Esto ya de por sí es un desafío, y si le agregamos además el creciente interés por desarrollar programas nacionales REDD+, el desafío se acrecienta dada la necesidad de considerar la medición del carbono y sus flujos. Es necesario, entonces, diseñar y realizar un IFN que cumpla con objetivos muy diversos, que incluya un diseño de muestreo y monitoreo de variables diferentes al carbono, y sistemas de manejo de datos que permitan el análisis de numerosas características de los sistemas forestales. Para abordar este desafío, la sugerencia es establecer un proceso de diálogo entre instituciones y sectores interesados, que analice la agenda forestal nacional y que permita definir un alcance realista de resultados del IFN a corto y largo plazo.

Como principal desafío financiero en la realización del IFN y el logro de sus objetivos, incluyendo la estimación de factores emisión, se destaca la sostenibilidad financiera a largo plazo. Para asegurar los recursos humanos capacitados, las herramientas tecnológicas y el presupuesto es necesario que los gobiernos de los países cuenten con políticas, planes y leyes claras.

**Cuadro 1.** Consideraciones generales para la ejecución del inventario forestal nacional

Desafíos	Posibles soluciones	Lecciones aprendidas
<p><b>Político-institucionales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ¿Cómo institucionalizar la ejecución del IFN, de manera que se puedan atender las necesidades de diversos sectores?</li> <li>– ¿Cómo mejorar la coordinación y el logro de acuerdos de cooperación dentro y entre las instituciones responsables del IFN?</li> <li>– ¿Cómo crear una base legal que permita la institucionalización y asegure recursos para el IFN y el monitoreo.</li> <li>– ¿Cómo mejorar las leyes existentes con el fin de reducir ambigüedades y evitar diferentes interpretaciones?</li> <li>– ¿Cómo manejar los cambios institucionales provocados por los cambios de gobierno?</li> </ul> <p><b>Técnicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ¿Cómo diseñar y ejecutar un IFN con diversos objetivos o propósitos, que brinde información para la toma de decisiones y reportes nacionales e internacionales?</li> <li>– ¿Cómo definir un diseño de muestreo y de parcelas ligadas a un plan de monitoreo que permita la recolección de información de diferentes variables?</li> <li>– ¿Cómo seleccionar las variables para el IFN que permitan llenar las necesidades de todos los posibles usuarios de la información?</li> <li>– ¿Cómo desarrollar protocolos para la construcción y manejo de bases datos y para el análisis de los datos?</li> </ul> <p><b>Financieros</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ¿Cómo asegurar la sostenibilidad a largo plazo del IFN dentro de las instituciones a cargo?</li> <li>– ¿Cómo reducir los costos del IFN, pero garantizando la confiabilidad de la información colectada?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Institucionalizar el IFN mediante leyes o decretos que permitan definir funciones y responsabilidades, incentivar la planeación anticipada y brindar acceso a los recursos.</li> <li>– Diseñar protocolos que garanticen la participación de múltiples actores (forestal, agrícola, meteorológicos, etc.) y procesos claros de negociación y firma de convenios entre instituciones.</li> <li>– Elaborar un diagnóstico para detectar traslapes institucionales, de relaciones y de recursos.</li> <li>– Crear un proceso de diálogo institucional que analice la agenda forestal nacional y ayude a definir el alcance del IFN.</li> <li>– Protocolizar y automatizar la información de múltiples variables, aspectos de captura, almacenamiento, análisis de datos.</li> <li>– Establecer y mantener una plataforma de información que cubra desde el ingreso hasta el cálculo y reporte, pasando por todas las etapas de procesamiento y del aseguramiento y el control de calidad de los datos.</li> <li>– Determinar los costos administrativos que implica un IFN, para así optimizar tiempo y recursos.</li> <li>– Asegurar la sostenibilidad tecnológica, del recurso humano y financiero; para ello se debe contar con personal exclusivo para el IFN.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Además de leyes, decretos y protocolos, el buen liderazgo institucional es clave para el éxito de la coordinación institucional.</li> <li>– La formación de conciencia en las instituciones es una buena práctica para asegurar el cumplimiento de la ley.</li> <li>– La participación de otros actores, aparte del gobierno, como el sector privado, sociedad civil, comunidades, ayuda a la ejecución del IFN.</li> <li>– Es necesario crear instrumentos que agilicen el desarrollo del IFN y el monitoreo en general; p.e. comisiones o unidades dentro de las instituciones que den seguimiento a las acciones de trabajo.</li> <li>– Nunca se deben incluir variables sin un análisis técnico previo de su uso futuro y costo-efectividad.</li> </ul>

## **Lecciones aprendidas y vacíos de información**

Las lecciones aprendidas por los países, en relación con el diseño y desarrollo del IFN, se centran en la importancia de un liderazgo institucional y la formación de conciencia entre el personal a cargo. Esto garantiza la coordinación entre actores, tanto del gobierno como privados, la sociedad civil, comunidades locales o cualquier otro que deba estar involucrado con el IFN; asimismo, impulsa el cumplimiento de las leyes. Dentro de este proceso, también es importante contar con estructuras operativas e instrumentos de trabajo que agilicen el desarrollo del IFN y el monitoreo en general; p.e., la creación de comisiones o unidades que den seguimiento al trabajo de coordinación y ejecución de los IFN.

Si bien ya los países han iniciado sus IFN y sus sistemas nacionales de monitoreo, aun existen vacíos en el contexto político para la institucionalización de ambos procesos (excepto en México y Costa Rica). A partir de las discusiones entre los representantes de los países en el taller, los principales vacíos detectados fueron los siguientes:

- Falta de un marco político, leyes y normativas asociadas que permitan definir objetivos claros para orientar la ejecución del IFN y la definición del sistema de monitoreo forestal. Este marco bien pudiera ayudar, también, en la definición de competencias de los ministerios de agricultura y del medio ambiente. Es necesario armonizar las políticas y leyes sectoriales relacionadas con el cambio de uso del suelo y el cambio climático.
- En algunos de los países es necesario analizar las políticas y leyes para mejorarlas, pues algunas son ambiguas, se prestan a interpretaciones o se contradicen (típico ejemplo son las políticas contradictorias entre el sector agrícola y forestal).
- El personal de las instituciones a cargo no cuenta con las capacidades necesarias para hacer un IFN, ni para estimar los factores de emisión de GEI.
- No se ha definido de dónde provendrán los recursos humanos, financieros y logísticos necesarios para financiar un sistema de monitoreo que opere de manera eficiente y a largo plazo. Se habla de que los costos son altos, pero realmente no se tiene un punto de comparación para definir qué es alto.
- Ligado al tema de los recursos, existen vacíos de información en cuanto a la sistematización detallada de los rubros y costos necesarios para establecer un sistema de MRV forestal permanente que contemple aspectos de monitoreo comunitario.

- Aun no se tiene información detallada sobre factores de emisión en usos no forestales del suelo, ni dinámica de flujos de carbono en actividades humanas como la agricultura migratoria.
- Es necesario desarrollar protocolos homogéneos y automatizados que permitan la captura, almacenamiento, análisis y estimación de cada variable de manera permanente; así se evitarían problemas cuando se reemplaza el personal.
- La vinculación de diversos actores y sectores durante el diseño y ejecución del IFN y del monitoreo es una necesidad sentida en todos los países participantes.

### 3.2 Diseño del muestreo

Sobre el diseño de muestreo, las experiencias generadas por los países durante la desarrollo del IFN permiten resumir una serie de desafíos relacionados con la estratificación de bosques, otros usos del suelo, toma de datos en campo y la definición e inclusión de variables distintas al carbono (Cuadro 2).

Los representantes de los países coincidieron en que uno de los mayores desafíos es la necesidad de incluir, como parte del sistema de muestreo, una forma de estratificación de los bosques sustentada en criterios técnicos sólidos que representen adecuadamente el carbono en la biomasa almacenada y sus flujos. Esta estratificación debería contemplar mediciones de carbono en otros usos del suelo, como los agrícolas y ganaderos, para satisfacer las necesidades de otros sectores que ya empiezan a establecer acciones de reducción de emisiones; tal es el caso de Costa Rica y sus NAMAs para café y agricultura. Un muestreo con una nueva estratificación crea un nuevo desafío, al tener que compatibilizar los datos actuales y las estratificaciones hechas para inventarios pasados, lo cual es necesario si se quiere establecer comparaciones en el tiempo. Con el fin de enfrentar estos desafíos, entre las soluciones que los países proponen están la incorporación de expertos de diversas disciplinas en el mejoramiento del diseño de muestreo del IFN y la existencia de un proceso constante de discusión entre los diferentes actores, incluyendo la academia y los herbarios nacionales.

En cuanto a la colecta de datos en campo, la creación de un sistema de parcelas permanentes de muestreo (PPM) para el IFN se mencionó como uno de los desafíos más serios. Un sistema de PPM permite estimar la dinámica, a través del tiempo, de variables como el flujo de carbono u otras variables de interés, en el bosque u otros usos del



suelo. La elaboración de protocolos para la toma de datos fue otra de las necesidades mencionadas, con el fin de llenar los vacíos de información requerida por distintos sectores.

Otro desafío relacionado con el diseño de muestreo es lograr que, además del carbono, se consideren variables relacionadas con la biodiversidad, suelos y servicios de los ecosistemas. Para enfrentarlo, se recalca la necesidad de institucionalizar un sistema de PPM para el IFN, con protocolos para la colecta de datos de diversas variables y monitoreo a largo plazo de la dinámica de los bosques.

**Cuadro 2.** Diseño de muestreo para un inventario forestal nacional que permita estimar las reservas de carbono, su dinámica de cambio y otras variables a medir en campo

Desafíos técnicos	Posibles soluciones	Lecciones aprendidas
<p><b>Estratificación de bosques y otros usos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ¿Cómo diseñar un muestreo con una estratificación de bosque que represente de la mejor manera posible la biomasa almacenada en los bosques y otros usos del suelo?</li> <li>– ¿Cómo incluir dentro del inventario otros estratos que no son bosque?</li> <li>– ¿Qué hacer para que la estratificación permita realizar comparaciones con inventarios anteriores que usaron otros protocolos de muestreo?</li> </ul> <p><b>Toma de datos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ¿Cómo definir un sistema PPM que permita estimar la dinámica de cambio de las variables en estudio y que considere bosque y otros usos del suelo (tanto fuera como dentro de áreas protegidas)?</li> <li>– ¿Cómo definir protocolos de toma de datos en campo compatibilizados con las necesidades del país y de los sectores involucrados en el IFN?</li> <li>– ¿Cómo incluir en los protocolos de toma de datos las necesidades de información requerida por distintos sectores?</li> </ul> <p><b>Definición de variables</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ¿Cómo diseñar un muestreo que incluya, además de las variables forestales y carbono, otras variables de interés (biodiversidad, suelos, aspectos sociales y económicos, causas de deforestación)?</li> <li>– ¿Cómo asegurar que la definición de las variables se ajuste a un diseño de muestreo cuya intensidad sea costo-efectiva?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Incluir expertos de diversas disciplinas (forestales, ecólogos, dendrólogos, agrónomos, biólogos, etc.) conforme se vaya mejorando el diseño de muestreo.</li> <li>– Mantener un proceso permanente de discusión con diferentes actores, sobre todo de la academia y herbarios nacionales, sobre los aspectos técnicos.</li> <li>– Seleccionar un subgrupo de conglomerados o parcelas permanentes para medir los cambios a futuro.</li> <li>– Validar los protocolos de toma de datos en los conglomerados o parcelas, junto con el equipo de campo e interesados.</li> <li>– Diseñar protocolos que permitan mediciones comparables con mediciones pasadas y futuras.</li> <li>– Incluir en los protocolos detalles sobre la elaboración de reportes, así se mantiene la coherencia entre el análisis de los datos y la presentación de resultados.</li> <li>– Realizar ajustes al IFN actual o futuro, según criterios de costo eficiencia y costo beneficio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– La participación de distintos actores o instituciones (entidades académicas, ONG con presencia local) puede asegurar la administración de las PPM.</li> <li>– Desde el inicio, se debe contar con un diseño de PPM que permita medir la dinámica o cambios en el tiempo de las variables; esto puede ahorrar trabajo y disminuir incertidumbres.</li> <li>– El diseño de muestreo debe actualizarse de manera constante, según capacidades nacionales.</li> </ul>

## **Lecciones aprendidas y vacíos de información**

Los países señalan que uno de los mayores aprendizajes relacionados con el diseño de muestreo es que la vinculación de distintos actores o instituciones al proceso de diseño es vital para asegurar el éxito del IFN. De igual manera, el contar con un diseño de PPM, que sea sostenible a largo plazo, es también de importancia primordial. Si desde el inicio se tuviera un diseño de PPM con protocolos que permitan la medición de distintas variables, se podrían llenar los vacíos de información para aquellos sectores que la necesitan. La institucionalización permitiría, además, la actualización constante del diseño de muestreo.

Si bien los países participantes en el taller ya contaban con sus propias experiencias sobre diseño de muestreo de inventarios forestales nacionales y de dinámica de cambio del carbono, aun existen vacíos de tipo técnico y de capacidades humanas. Estos vacíos representan barreras para la continua mejora de un sistema de monitoreo forestal que permita estimaciones de GEI más precisas. A partir de las discusiones entre los representantes de los países en el taller, los principales vacíos detectados fueron los siguientes:

- Es urgente desarrollar conocimientos y capacidades para el diseño de un muestreo multipropósito para el IFN.
- Falta personal capacitado y plataformas institucionales para las actividades de monitoreo forestal a través del tiempo.
- Se requiere de mayor apoyo para desarrollar capacidades en cuanto al uso de sensores remotos para el mejoramiento de la estratificación y modelaje de cambios en el uso del suelo.
- Falta un mayor involucramiento de la academia.
- Falta continuidad en el mejoramiento de capacidades en diseño de muestreo, principalmente en la identificación del tamaño-intensidad de muestreo y costo-efectividad.
- En necesario diseñar un inventario forestal nacional multipropósito, que incluya la medición y monitoreo de variables sociales, ambientales, productivas y de biodiversidad.
- En el diseño del IFN, es conveniente tomar en cuenta la estimación de las existencias y la dinámica de las variables (diseño de muestreo, estratificación, protocolos de campo y arreglos institucionales).

- Se requieren mayores capacidades que permitan conocer los procedimientos necesarios para establecer el número de PPM y el tamaño.
- Se requieren procedimientos que ligen el diseño de muestreo con el levantamiento de datos en el campo, manejo de bases de datos y análisis.
- Hacen falta herramientas para definir el número de parcelas permanentes y no permanentes y las variables que se deberían medir en cada una.
- Se necesitan guías para el proceso de estratificación, que tomen en cuenta aspectos de interés para el país y de reporte según los marcos políticos internacionales.
- Falta información sobre los costos de establecimiento y ejecución de todas las actividades a cargo de un sistema nacional de monitoreo forestal. Esta información es necesaria para disminuir los costos de levantamiento de información de campo (análisis costo-efectivo).
- No se cuenta con protocolos detallados y claros que definan paso a paso cómo se debe realizar la colecta y análisis de datos en campo.
  - Es necesario crear protocolos y garantizar los recursos que permitan realizar labores de monitoreo rigurosas, consistentes y adaptables según requerimientos futuros.
  - Estos protocolos deben incluir datos de campo y registro de todas las actividades para asegurar la transparencia y el registro histórico de la labor de monitoreo.
- Hay que definir los aspectos necesarios para validar los protocolos y ajustarlos en el tiempo.
- Los protocolos deben permitir la fácil remediación y análisis de datos.
- Es necesario diseñar bases de datos adecuadas que permitan reducir incertidumbres y sesgos en las estimaciones.

### **3.3 Determinación del contenido de carbono en distintos componentes del bosque**

La falta de ecuaciones alométricas locales para calcular la biomasa y la imposibilidad de desarrollarlas en las instituciones nacionales es uno de los mayores desafíos que los países enfrentan. Además, se mencionaron como problemáticas la toma y el análisis de datos, la compatibilización de información de distintas procedencias y la necesidad de incluir otras mediciones de carbono distintas a la biomasa arbórea (Cuadro 3).

Las ecuaciones alométricas locales se relacionan con la necesidad de reducir la incertidumbre actual de las estimaciones de carbono. Es sabido que si estas estimaciones se hacen mediante ecuaciones genéricas (p.e. las sugeridas por IPCC), se podrían dar sesgos de estimación de hasta 400% pues, por lo general, esas ecuaciones han sido desarrolladas en contextos diferentes a los de los países de la región. México ha hecho un gran esfuerzo en el desarrollo de múltiples ecuaciones locales, tanto genéricas como por especie; actualmente se está elaborando una plataforma para almacenar ecuaciones y ponerlas a la disposición del público. Para superar estos desafíos se sugiere hacer análisis nacionales para determinar qué tipo de bosques, ecosistemas o especies requieren una ecuación alométrica. Si se hace un análisis a nivel de ecosistema, se debe considerar un tipo de clasificación congruente con la clasificación de usos del suelo sugerida por el IPCC para reportes nacionales sobre inventarios GEI. Otra solución planteada es una guía que oriente la selección de ecuaciones, si no se tienen ecuaciones locales. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que para aplicar estas soluciones es necesario contar con personal capacitado.

En cuanto a la toma y análisis de datos, el desafío mayor es, por una parte, la necesidad de armonizar y compatibilizar información proveniente de fuentes diferentes al IFN (p.e. estudios de la academia) y, por otra parte, cómo utilizar esa información en los análisis del IFN. Otro desafío detectado fue cómo determinar otros factores de emisión que no están siendo contemplados (suelos o materia muerta). Las soluciones planteadas por los participantes mismos vuelven a recalcar la necesidad de capacitar al personal y realizar alianzas con la academia y otras instituciones de investigación, tanto dentro como fuera de los países (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Determinación del contenido de carbono en distintos componentes del bosque

Desafíos técnicos	Posibles soluciones	Lecciones aprendidas
<p><b>Ecuaciones alométricas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ¿Cómo estimar con exactitud el carbono en la biomasa de los árboles cuando no se cuenta con ecuaciones alométricas locales o genéricas?</li> <li>– ¿Qué hacer si no se tienen ecuaciones alométricas locales o nacionales por tipos de bosque o especies?</li> <li>– ¿Cómo controlar el nivel de incertidumbre si se usan ecuaciones de otras localidades para las estimaciones?</li> <li>– ¿Cómo elegir la ecuación alométrica más apropiada cuando no se tienen ecuaciones nacionales?</li> </ul> <p><b>Toma y análisis de datos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ¿Cómo armonizar información de distintas fuentes (otros inventarios o estudios)?</li> <li>– ¿Cómo reducir incertidumbres en la estimación del carbono mediante ecuaciones alométricas generales y factores de emisión de fuentes secundarias (p.e. las del IPCC)?</li> <li>– ¿Cómo estimar el contenido de carbono en otros componentes del ecosistema (p.e. hojarasca, materia muerta, suelos)?</li> <li>– ¿Cómo asegurar la sostenibilidad del IFN a pesar de la falta de personal y de capacidades técnicas?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Realizar un análisis para determinar qué tipo de bosques, ecosistemas o especies se debieran priorizar para el desarrollo de ecuaciones alométricas.</li> <li>– Considerar, en este análisis, la estratificación de usos del suelo sugerido por las guías de buenas prácticas del IPCC para ser congruentes con los reportes nacionales de GEI.</li> <li>– Estimar la incertidumbre cuando se tengan ecuaciones locales.</li> <li>– Preparar guías de orientación para seleccionar las ecuaciones más apropiadas (p.e. árbol de decisiones).</li> <li>– Capacitar al personal nacional en la selección y desarrollo de ecuaciones alométricas.</li> <li>– Formalizar alianzas con la academia u otras instituciones que realicen investigación forestal para el desarrollo de ecuaciones alométricas.</li> <li>– Poner las ecuaciones alométricas a disposición de los usuarios en una plataforma virtual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– La documentación del proceso (guardar informes, procedencia de datos, metodologías, descripción de procesos, fotos, información de personas a cargo, etc.) es una herramienta valiosa para futuras estimaciones.</li> <li>– La documentación de vacíos de información ayuda a orientar futuras investigaciones.</li> <li>– Las alianzas con otras instituciones aumenta el potencial de generación de ecuaciones alométricas pues se aprovechan recursos y experiencias.</li> <li>– Las plataformas de manejo de información (p.e. una plataforma de información sobre ecuaciones alométricas) deben ser flexibles y dinámicas para permitir el ingreso de nueva información y realizar correcciones.</li> </ul>

## **Lecciones aprendidas y vacíos de información**

Las lecciones aprendidas en cuanto a la estimación del contenido de carbono tienen que ver con la importancia de documentar detalladamente el proceso. Las metodologías utilizadas, estudios técnicos analizados, fotografías de campo, vacíos detectados o información de personal contacto son ejemplos de informaciones que se debieran respaldar, ya que constituyen herramientas valiosas para evitar errores o tomar decisiones en futuras estimaciones del carbono. Dicha información debe estar a disposición en plataformas virtuales que, además de ofrecer datos relevantes del IFN, aumentan la posibilidad de mejorar las estimaciones futuras. Estas plataformas deben ser dinámicas, flexibles y frecuentemente actualizadas.

En cuanto los vacíos para realizar estimaciones de biomasa y carbono, aun se requieren capacidades técnicas y herramientas de cálculo que permitan reducir las incertidumbres asociadas. Los países han hecho grandes esfuerzos para estimar el carbono en la biomasa, pero falta mucho trabajo para estimar el carbono en otros elementos del bosque. A partir de las discusiones entre los representantes de los países en el taller, los principales vacíos detectados fueron los siguientes:

- Falta de capacidades y de capacitación para generar ecuaciones alométricas locales. No se tienen programas para capacitar al personal en la selección y desarrollo de ecuaciones alométricas, ni para realizar estimaciones de carbono de biomasa y otros componentes del ecosistema.
- Faltan capacidades para estimar las incertidumbres en todo el proceso.
- No se tiene personal capacitado en cálculos a partir de grandes bases de datos.
- Aun no se tienen ecuaciones alométricas locales (ni generales, ni por ecosistemas, ni por especie).
- Pocos estudios (o nulos) sobre carbono en distintos tipos de bosques y distintos reservorios y en otros usos del suelo, aparte del bosque natural.
- Se requieren métodos para estimar carbono a distintas escalas (local, regional, nacional) y evaluar la distribución espacial de la biomasa aérea en bosque natural.
- Inexistencia de alianzas entre instituciones gubernamentales, ONG, empresa privada, etc. para el desarrollo de ecuaciones alométricas y factores de emisión.
- Falta de leyes o normativas que agilicen la coordinación institucional para integrar y compartir información.

- No existen acuerdos ni arreglos institucionales que permitan crear un ambiente transparente y de colaboración a la hora de compartir datos.
- No existen estrategias ni protocolos para integrar información proveniente de varias fuentes y orientar la nueva colecta de datos que luego se incorporen a las bases nacionales de datos. Si bien hay algunos avances, queda mucho por mejorar (p.e. verificar la calidad y veracidad de la información).
- Aun no existen protocolos que integren la información proveniente de actividades de monitoreo comunitario.



## 4. Manejo de datos y análisis estadísticos

Sobre el manejo de datos y análisis estadísticos relacionados con la estimación de biomasa y carbono, los temas tratados durante el taller fueron el control de calidad, captura y almacenamiento de datos, estimación de la incertidumbre y tecnologías de información para el procesamiento de datos. Al respecto, como parte del trabajo relacionado con el IFN, en los países se están analizando formas de incluir sistemas de control, toma y almacenamiento de datos. Algunos países han considerado también la detección y estimación de incertidumbres, aunque no se ha avanzado mucho. En cambio, sí se tienen avances en el uso de plataformas virtuales para el manejo de datos y monitoreo de bosques, con apoyo de agencias internacionales de cooperación.

### 4.1 Control de calidad, captura y almacenamiento de información

El control, captura y almacenamiento de información en bases de datos y plataformas de manejo de información son elementos técnicos de los inventarios forestales nacionales que no han sido trabajados todavía. Este desafío se mencionó en el taller durante la discusión de las experiencias del diseño e implementación del IFN en los países (Cuadro 4). Se evidenció la necesidad de desarrollar e institucionalizar un sistema robusto que vele por la toma y el manejo de datos forestales y que permita estimar factores de emisión fehacientemente. Un sistema de este tipo permitiría asegurar la calidad de los datos desde la fase de diseño, pasando por el llenado de formularios en campo, la digitalización y depuración, hasta el análisis. Para ello se necesitan protocolos que garanticen el control de calidad en actividades de campo y durante la construcción de las bases de datos; así se logra reducir las incertidumbres al eliminar, por ejemplo, los datos atípicos. Un tal sistema debe satisfacer las necesidades de los diferentes usuarios y permitir la generación de reportes de diversa índole.

Así como en el diseño de muestreo de un IFN se requiere insertar nuevas variables, en esta etapa también se necesitan protocolos para la toma de datos de las variables distintas al carbono; por ejemplo, la biodiversidad, la regeneración de bosques, otros usos del suelo diferentes al bosque. Todo esto por medio de paquetes informáticos que permitan el control eficiente de la calidad de los datos.

Con el fin de enfrentar estos desafíos, las soluciones propuestas incluyen institucionalizar un sistema robusto de toma, manejo y análisis de datos. Para ello es necesario que los planes anuales de las instituciones del país destinen recursos económicos que garanticen la logística necesaria y la capacitación que el personal requiere. Un programa de capacitación institucional que brinde nuevos conocimientos y habilidades al personal es una herramienta primordial en este proceso de institucionalización. Desde el inicio de las discusiones, la firma oportuna de convenios entre las instituciones involucradas, tales como ministerios de ambiente, de agricultura, de planificación, u otras como institutos nacionales de estadística y censos y la academia, es de vital importancia en la creación de un sistema nacional de manejo de datos.

**Cuadro 4.** Control de calidad, captura y almacenamiento de información para el IFN

Desafíos técnicos	Posibles soluciones	Lecciones aprendidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>– ¿Cómo desarrollar e institucionalizar sistemas robustos de toma de datos en campo, manejo de datos y control de calidad, como parte del IFN?</li> <li>– ¿Qué hacer para que el sistema digital de control...                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ asegure la calidad de los datos desde la fase de llenado de formularios en campo, la digitalización en bases de datos y durante el proceso de análisis?</li> <li>○ ofrezca protocolos para las actividades de control de calidad?</li> <li>○ permita armonizar bases de datos de años previos?</li> <li>○ permita realizar análisis y reportes según necesidades de los diferentes usuarios?</li> </ul> </li> <li>– ¿Cómo disponer de protocolos de control no solo para la estimación del carbono, sino también para otro tipo de información forestal?</li> <li>– ¿Cómo formar equipos y capacitarlos en el manejo y análisis de datos?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Garantizar presupuesto, en los planes institucionales de trabajo, para designar personal o equipos de trabajo que operen el sistema de control.</li> <li>– Crear y/o fortalecer los programas de capacitación para garantizar que el personal a cargo desarrolle habilidades en manejo, control y análisis de datos.</li> <li>– Firmar convenios con academia, centros de investigación y herbarios nacionales para obtener el apoyo técnico necesario.</li> <li>– Desarrollar protocolos de control de calidad en fases de campo, digitalización de la información y análisis de la información.</li> <li>– Desarrollar protocolos de control de calidad que detecten y descarten datos atípicos, duplicados o faltantes.</li> <li>– Contar con guías dendrológicas de campo y capacitar al personal en el uso.</li> <li>– Considerar distintos programas informáticos modernos que pudieran ser utilizados en el país.</li> <li>– Desarrollar nuevos programas o adaptar existentes, de acuerdo con las capacidades y necesidades nacionales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Todo el proceso de desarrollo de sistemas de toma, manejo y control de calidad de datos debe documentarse para garantizar la información que, en el futuro, ayude a realizar actualizaciones.</li> <li>– Los protocolos o estándares para la captura del nombre de especies forestales deben formar parte de los procesos automatizados.</li> <li>– Es vital que se haya comunicación permanente entre los desarrolladores de programas informáticos de manejo y control de calidad y los encargados del trabajo en campo y de la digitalización y análisis de datos.</li> </ul>

## Lecciones aprendidas y vacíos de información

Entre las experiencias generadas por los países en cuanto al control de calidad de los datos, se mencionó reiteradamente la importancia de documentar todo el proceso de creación de un sistema de toma, manejo y análisis de datos. Para ello se deben hacer informes internos periódicos que ayuden en la toma de decisiones en el futuro. Otra lección aprendida se relaciona con los protocolos elaborados mediante herramientas automatizadas para reducir las inconsistencias provenientes de la toma de datos en campo y mejorar el control de calidad de la información (p.e. codificación de nombres de especies). En el desarrollo de las herramientas automatizadas se debe mantener comunicación permanente con los desarrolladores de programas de cómputo y asegurar su acompañamiento durante las pruebas de campo (captura de datos) y de oficina (almacenaje y análisis de datos).

Los principales vacíos detectados en el control de calidad y manejo de datos se relacionan con la ausencia de procedimientos y protocolos y falta de capacidad en el manejo de datos y uso de nuevas tecnologías. A partir de las discusiones entre los representantes de los países en el taller, los principales vacíos detectados fueron los siguientes:

- La necesidad de crear sistemas y procedimientos sobre cómo realizar la captura de datos en campo, cómo almacenarlos y cómo controlar la calidad de los datos. Esto aplica tanto para la toma de datos en campo como para el procesado de las bases de datos en escritorio.
  - El sistema de toma, manejo y análisis de datos debe permitir consultas regulares, con algunas opciones abiertas al público.
  - El sistema debe permitir el control de datos geoespaciales, sociales y de biodiversidad (p.e. de fauna).
  - El sistema, además, debe brindar sugerencias para guiar la remediación de datos, cuando sea necesaria.
- Se requieren procedimientos de buenas prácticas para la captura, diseño de bases de datos, depuración y almacenaje para asegurar las acciones de monitoreo a futuro. Esto puede incluir:
  - procedimientos para la depuración de nombres científicos.
  - procedimientos para el descarte de datos anormales o fuera de la lógica ecológica.
  - un protocolo para el llenado de formularios, el cual integre el control de calidad en la captura de cada variable en el campo y durante todo el

proceso de almacenamiento de la información. Es necesario tener una lista de definiciones relacionadas con el manejo de datos, que responda a los estándares nacionales e internacionales.

- procedimientos para la supervisión del control de calidad.
- procedimientos para analizar variables de carbono en biomasa, suelos, hojarasca, raíces y materia muerta.
- Es necesario diseñar guías para la elaboración de informes dirigidos a múltiples audiencias; además, definir qué tipo de reportes son necesarios, qué estructura debe tener cada uno, cuándo deben presentarse, etc.
- El personal debe capacitarse en el manejo de nuevas tecnologías para la toma de datos. Se podría empezar con pruebas piloto para el uso de tabletas electrónicas, teléfonos celulares u otros dispositivos para la captura de datos en campo.

## 4.2 Estimación de la incertidumbre

El cálculo del contenido de carbono en los bosques es un tema en el que recién se inician experiencias en los países participantes. En la estimación de incertidumbres relacionadas con ese proceso, el mayor desafío técnico tiene que ver con la necesidad de desarrollar metodologías y protocolos que permitan determinar, describir y calcular las fuentes de incertidumbre (Cuadro 5). Este desafío se incrementa si se consideran incertidumbres provenientes de la toma de datos en campo, la construcción de las bases de datos y el análisis de información; además, hay otras incertidumbres asociadas con el uso de las ecuaciones alométricas. Otro factor que se debe considerar en los países, es que las estimaciones de carbono se están realizando a nivel subnacional, pero luego deberán sumarse a las incertidumbres a nivel nacional.

La falta de capacidades técnicas del personal en cuanto a la estimación de incertidumbres es otro vacío por solventar. En general, los países solicitan asistencia técnica para capacitar al personal en el uso y desarrollo de métodos y herramientas para estimar incertidumbres adecuadamente. Uno de los métodos más usados es la guía de buenas prácticas y orientaciones del IPCC; este organismo sugiere estimar incertidumbres con simulaciones Montecarlo. Paralelamente, se debieran desarrollar protocolos que permitan al personal a cargo, determinar y describir fuentes de incertidumbre en los IFN.

**Cuadro 5.** Estimación de la incertidumbre en el cálculo del carbono almacenado en bosques

Desafíos técnicos	Posibles soluciones	Lecciones aprendidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>– ¿Cómo desarrollar una metodología detallada que permita estimar y reducir la incertidumbre?</li> <li>– ¿Cómo medir la incertidumbre proveniente de distintas fuentes durante todo el proceso de toma, almacenaje y análisis de datos?</li> <li>– ¿Cómo estimar la incertidumbre a nivel nacional, subnacional y por estratos?</li> <li>– ¿Cómo lograr un error de muestreo no mayor del 15%, según la capacidad de cada país?</li> <li>– ¿Cómo estimar incertidumbres asociadas con el uso y construcción de ecuaciones alométricas?</li> <li>– ¿Cómo garantizar la capacitación al personal en el uso de herramientas estadísticas?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Brindar asistencia técnica especializada al personal por parte de expertos en cuanto a métodos y herramientas para estimar incertidumbres.</li> <li>– Desarrollar protocolos para documentar las fuentes de incertidumbre y reducir fuentes de error en análisis futuros.</li> <li>– Reconstruir la incertidumbre de modelos alométricos a partir de datos originales o simulación.</li> <li>– Calcular la incertidumbre de todo el proceso del IFN (factores de emisión, mapeo de bosques, muestreo, toma de datos en campo, procesamiento).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– La documentación de todas las posibles fuentes de incertidumbre del proceso disminuye el error.</li> <li>– Para reducir incertidumbres, se debe contar con suficientes datos que hayan pasado por protocolos de control de calidad.</li> <li>– Las fuentes de información utilizadas, incluyendo contacto de personas consultadas, publicaciones, reportes internos, etc., deben archivers.</li> </ul>

### Lecciones aprendidas y vacíos de información

El conocimiento de las incertidumbres permite tomar medidas preventivas para mejorar la precisión y los niveles de transparencia de los reportes; de allí la necesidad de preparar bien al personal. El personal a cargo del análisis de datos, diseño e implementación del IFN debe conocer los métodos y herramientas estadísticas para documentar fuentes y determinar incertidumbres, manejar con habilidad el sistema de control de calidad de datos y archivar todo tipo de documentación relevante.

El mayor vacío señalado fue la falta de herramientas tecnológicas para la estimación de la incertidumbre. Esto va ligado a la falta de conocimiento de las herramientas existentes y la necesidad de crear herramientas propias que respondan a las necesidades de cada país. En este sentido, se hace necesario que el personal reciba cursos de actualización sobre las herramientas tecnológicas disponibles, tanto de uso libre como comerciales.

### 4.3 Herramientas tecnológicas para el procesamiento de datos en la estimación de biomasa y carbono

Con el apoyo de agencias internacionales, algunos países ya han generado experiencia en el uso de herramientas tecnológicas para el procesamiento de datos. Entre estas experiencias se incluyen el uso de depósitos electrónicos en campo y de herramientas de información geográfica; además, se han probado plataformas virtuales para el manejo y monitoreo de datos.

Entre los desafíos que enfrentan los países en este tema, resalta la necesidad de contar con herramientas o plataformas para el manejo de datos de carbono, biofísicos y geoespaciales, y de reservas de carbono por tipos de bosques y su distribución en el tiempo y dentro de cada país (Cuadro 6). Si bien en algunos países ya se han probado herramientas proporcionadas por el Programa REDD/CCAD-GIZ, en otros el proceso es aun incipiente. Una acción importante del Programa REDD/CCAD-GIZ es el Banco regional de datos sobre recursos forestales para Centroamérica y República Dominicana. Mediante esta plataforma, los países pueden acceder a herramientas de procesamiento, análisis y consulta de información procedente de inventarios forestales y divulgar sus resultados; también ofrece herramientas para sistemas de información geográfica y monitoreo forestal<sup>5</sup>. Se espera que este Banco regional incorpore nuevas herramientas adaptadas a los contextos nacionales.

Otro desafío mencionado tiene que ver con la resistencia del personal de campo a usar nuevos equipos, como tabletas y teléfonos inteligentes. Las razones van desde la falta de costumbre y dudas de si los datos se almacenan correctamente, hasta el temor de que les roben el equipo. La solución pasa por impartir capacitación para que el personal conozca mejor los aparatos, acompañada de procesos de pilotaje para probar su aplicación en campo.

Otro desafío mencionado tiene que ver con la ausencia de una política clara de gestión y uso de la información generada con el IFN; es evidente, entonces, la necesidad de contar con apoyo institucional para incentivar la creación de dichas políticas.

5 Más detalles en <http://www.reddccadgiz.org/bancodedatos/>

**Cuadro 6.** Uso de tecnologías de la información para el procesamiento de datos en la estimación de biomasa y carbono

Desafíos técnicos	Posibles soluciones	Lecciones aprendidas
<ul style="list-style-type: none"> <li>– ¿Cómo diseñar plataformas que apoyen no solo la toma, manejo y análisis de datos, sino también el uso de herramientas tecnológicas para estimar y reportar datos forestales, de carbono y biomasa?</li> <li>– ¿Cómo adaptar herramientas tecnológicas generadas en otros países al contexto nacional?</li> <li>– ¿Cómo impulsar una política de gestión y uso público de la información?</li> <li>– ¿Cómo enfrentar barreras culturales en el uso de equipos como tabletas y teléfonos inteligentes?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Evaluar las nuevas herramientas tecnológicas para la gestión de datos.</li> <li>– Ajustar o actualizar las plataformas de manejo y procesamiento de datos ya existentes para estimar biomasa y carbono.</li> <li>– Definir políticas nacionales e institucionales de gestión de datos.</li> <li>– Crear programas de capacitación al personal a cargo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Las plataformas deben ser dinámicas y flexibles, que permitan hacer ajustes según las necesidades del país, actuales y futuras.</li> <li>– Todo el proceso de construcción y funcionamiento de la plataforma debe quedar documentado.</li> <li>– La aplicación de dispositivos como teléfonos y tabletas electrónicas en campo son útiles, pero siempre es necesario contar con formularios impresos en papel en caso de emergencias (p.e. pérdida de energía en las baterías).</li> </ul>

### Lecciones aprendidas y vacíos de información

Las lecciones aprendidas por los países sugieren que las plataformas elaboradas con herramientas tecnológicas de información deben ser dinámicas y flexibles para permitir ajustes futuros. Al respecto, es necesario asegurar la documentación permanente durante el proceso de construcción y funcionamiento de la plataforma.

En cuanto a la toma de datos en campo, se reconoce la utilidad de los dispositivos electrónicos, pero siempre se deben tener a mano los formularios impresos, en caso de emergencia (p.e. clima inclemente o pérdida de energía).

El vacío mayor en cuanto al uso de herramientas tecnológicas para procesar datos es la falta de conocimiento acerca de las herramientas existentes y la necesidad de crear herramientas que puedan ser utilizadas en el contexto de cada país. En este sentido, se hace necesario que el personal reciba cursos de actualización de las herramientas tecnológicas disponibles, tanto de uso libre como comerciales. Hace falta además, analizar la forma de crear plataformas para la elaboración de reportes por variables y con interfaces amigables.



## 5. Conclusiones y resumen de vacíos

De las experiencias compartidas por los representantes de los países invitados al “*Taller de intercambio de experiencias en la estimación de factores de emisión para el monitoreo forestal*”, se evidenció que hacen falta aun mayores esfuerzos para estimar con precisión los factores de emisión, en las condiciones de cada país. Estos esfuerzos se relacionan, de manera general, con los arreglos institucionales que permitan identificar y confirmar las instituciones a cargo; definir sus funciones y asegurar los recursos necesarios, tanto logísticos como técnicos. Las iniciativas REDD+ son fundamentales en este esfuerzo. Con el apoyo de agencias internacionales de cooperación se han dado pasos firmes en la dirección correcta; sin embargo, persisten una serie de vacíos que deben ser subsanados para que los países logren disponer de las herramientas adecuadas para estimar las reservas y flujos de carbono en los bosques, a partir de niveles de incertidumbre conocidos.

A continuación se brinda un resumen de conclusiones y vacíos de información por tema tratado en el taller.

- **Estado del diseño e implementación del IFN**

La mayoría de los países ya han intentado llevar a cabo al menos un inventario forestal nacional con el apoyo de agencias internacionales. Sin embargo, aun no se logrado finalizar uno que, además de evaluar variables forestales, permita también estimar factores de emisión y satisfaga necesidades de información de otros sectores interesados (p.e. información sobre biodiversidad o servicios de los ecosistemas). La falta de capacidad técnica y de recursos financieros han sido, en parte, las principales limitaciones.

El análisis o la creación, según el caso, del respectivo marco político e institucional que permita definir objetivos claros para la medición del contenido carbono se destaca como el vacío más conspicuo, en el marco del IFN. El análisis puede incluir la armonización de leyes de varios sectores y la reducción de ambigüedades. Además, se requiere mejorar las capacidades de las instituciones en cuanto a la inserción de la medición de factores de emisión dentro del IFN.

- **Diseño de muestreo del IFN para estimar existencias y dinámica del carbono**  
Los países han generado experiencias en el diseño de muestreo para inventarios nacionales forestales, las cuales les ha permitido definir vacíos prioritarios y cuestiones que se deben mejorar para futuros inventarios. Un vacío prioritario es la urgente necesidad de que el personal nacional se capacite en el diseño de muestreos con múltiples propósitos, acordes a las necesidades del país y con criterios costo-efectivos.  
Se resalta, además, la necesidad de analizar las estratificaciones e identificar aquellas que atienden mejor a los objetivos del inventario multipropósito en cada país. Es evidente la necesidad de establecer parcelas permanentes para futuros monitoreos, con protocolos de remediación que agilicen la comparación entre inventarios forestales pasados y futuros. El personal a cargo debe desarrollar capacidades que les permitan definir el número y el tamaño de parcelas, acorde a la estimación de factores de emisión.
- **Determinación del carbono en distintos componentes de los bosques**  
A nivel nacional, muchos países carecen de estimaciones de carbono y biomasa a partir de factores locales de cálculo. Las estimaciones aun se hacen con ecuaciones alométricas generales y los factores de emisión del IPCC (sobre todo para carbono en raíces). No se han desarrollado métodos propios para la estimación de carbono; se resalta la necesidad de desarrollar ecuaciones alométricas nacionales y por especie. También es necesario crear capacidades nacionales que permitan analizar qué tipo de ecuaciones alométricas requiere el país y cómo realizar estimaciones de carbono en otros componentes distintos a la biomasa. Estas herramientas deben responder a necesidades locales, subnacionales y nacionales y para usos no forestales del suelo.  
Por otro lado, se planteó la necesidad de establecer protocolos que incorporen información de distintas fuentes para la estimación de los factores locales de emisión. Estos protocolos deben definir formas de compartir información y armonización de datos que no fueron tomados pensando en estimar factores de emisión.
- **Control de calidad, captura y almacenamiento de información**  
En relación con el control, captura y almacenamiento de información, los países recién inician experiencias y, por lo tanto, se debe impulsar la incorporación de este tema en las agendas de las instituciones involucradas. En este sentido, se requiere un sistema robusto que vele por los recursos y elementos técnicos necesarios que

hagan posible el control y la calidad del manejo de los datos y la generación de factores de emisión. Este sistema debe incluir procedimientos o protocolos de captura de datos en campo, formas de almacenamiento en bases de datos y mecanismos de análisis. Como primer paso, se ha sugerido la necesidad de contar con una guía de buenas prácticas para la captura, manejo y control de calidad de datos, enfocada en la estimación de factores de emisión y que eventualmente se puedan incluir otras variables.

Hay una necesidad urgente de capacitar al personal nacional en cuanto al uso de nuevas tecnologías para la toma de datos, manejo de bases de datos y control de calidad.

- **Estimación de la incertidumbre**

La mayoría de los países recién han iniciado la discusión en cuanto a cómo documentar y estimar los factores de emisión del sector forestal. Este proceso debiera acompañarse con el cálculo de las incertidumbres, un tema donde no se ha avanzado mucho y presenta necesidades urgentes de capacitación. La falta de conocimiento sobre métodos de estimación y herramientas disponibles y la poca capacidad para crear herramientas propias son otros de los problemas serios que se deben enfrentar. En este sentido, se hace necesario que el personal a cargo reciba cursos integrales de capacitación.

- **Herramientas de tecnologías de información para el procesamiento de datos**

Algunos países ya muestran avances en el uso de nuevas herramientas para el manejo de datos de especies, de resultados del IFN y de monitoreo de bosques. Se han probado herramientas como paquetes informáticos para el procesamiento de información y pruebas en campo con equipos electrónicos; sin embargo, es clara la necesidad de diseñar herramientas adaptadas a las condiciones de los países y de capacitar al personal en el uso de tales herramientas.

En este sentido, se hace necesario que el personal reciba cursos de actualización en el manejo de las herramientas tecnológicas disponibles, tanto de uso libre como comerciales. Hace falta además, analizar la forma de crear plataformas para la elaboración de reportes por variables y con interfaces amigables.

# Bibliografía consultada

- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) de México, a través del Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur. 2014. *“Taller de Intercambio de Experiencias en la Estimación de Factores de Emisión para el Monitoreo Forestal”*. San Salvador, el 29 y 30 de mayo, 2014. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) de México, a través del Proyecto Fortalecimiento REDD+ y Cooperación Sur-Sur; en conjunto con el Programa Regional REDD-CCAD/GIZ y el Programa Regional de Cambio Climático de USAID.
- IPCC. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry Institute for Global Environmental Strategies, Japan. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp-glulucf/gpglulucf.html>
- IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Institute for Global Environmental Strategies, Japan. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- Iversen, P; Lee, D; Rocha, M. 2014. Understanding land use in the UNFCCC. 62 p. [http://www.climateandlandusealliance.org/uploads/PDFs/Understanding\\_Land\\_Use\\_in\\_the\\_UNFCCC.pdf](http://www.climateandlandusealliance.org/uploads/PDFs/Understanding_Land_Use_in_the_UNFCCC.pdf)
- Parker, C; Merger, E; Streck, C; Conway, D; Tennigkeit, T. 2014. The land-use sector within the post-2020 climate regime. Nordic Council of Ministers. [https://seors.unfccc.int/seors/attachments/get\\_attachment?code=IRRH9JY1M4MERFKOLBPSKFPZT62M03W](https://seors.unfccc.int/seors/attachments/get_attachment?code=IRRH9JY1M4MERFKOLBPSKFPZT62M03W)
- Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change, 1997. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>
- Röser, F; van Tilburg, X; Hänsel, G; Day, T; Cameron, L; Falzon, J. 2014. Status report on nationally appropriate mitigation actions (NAMAs). June 2014 Mid-year update 2014. Ecofys/ECN.



ISBN: 978-9977-57-644-2



9 789977 576442