



MARCO METODOLÓGICO

PARA EL SEGUNDO CICLO DEL

INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE GUATEMALA



Instituto Nacional de Bosques
más bosques. más vida



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

GUATEMALA

20
20



Publicación del Instituto Nacional de Bosques (INAB)
y el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)

Se autoriza la reproducción total o parcial de esta publicación para fines educativos o sin intenciones de lucro, sin ningún otro permiso especial del titular de los derechos, con la condición de que se cite la fuente de donde proviene.

Citar este documento como:

INAB y CONAP. 2020. Marco metodológico para el segundo ciclo del Inventario Forestal Nacional de Guatemala. Guatemala. 36 p.

Elaborado en el marco del Programa de Cooperación Técnica de la FAO (TCP por sus siglas en inglés), específicamente bajo la implementación del proyecto TCP/GUA/3707/C6 Fortalecimiento del gobierno de Guatemala para el acceso al mercado de pago por resultados de REDD+ a través de la consolidación del Sistema de Monitoreo de Bosques y uso de la tierra y en el marco del proyecto GCP/GUA/031/GCR Generación y preparación de información para la formulación de propuestas de financiamiento para el sector agricultura, silvicultura y otros usos en Guatemala (AFOLU, por sus siglas en inglés), financiado por el Fondo Verde para el Clima, y revisado por el Grupo Interinstitucional de Monitoreo del Bosque y Uso de la Tierra (GIMBUT) Grupo de Inventarios Forestales.

La reproducción de este documento ha sido posible gracias al apoyo técnico y financiero de:

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

7 Avenida 12-90, Zona 13, interior Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), Edificio FAO, Guatemala, Centro América

PBX: (502) 2303 0400

www.fao.org/guatemala/fao-en-guatemala/es/

MARCO METODOLÓGICO

PARA EL SEGUNDO CICLO DEL

INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE GUATEMALA



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura



Grupo Interinstitucional de Monitoreo del Bosque y Uso de la Tierra (GIMBUT)

Grupo de Inventarios Forestales:

Instituto Nacional de Bosques
(INAB)

7 avenida 6-80 zona 13
Guatemala
(502) 2321 4646
www.inab.gob.gt

Consejo Nacional de Áreas
Protegidas (CONAP)

5 avenida 6-06, zona 1
Edificio IPM, Guatemala
(502) 2422 6700
www.conap.gob.gt

Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Alimentación
(MAGA)

7 avenida 12-90 zona 13
edificio Monja Blanca, Guatemala
(502) 2321 2626
www.maga.gob.gt

Ministerio de Ambiente y
Recursos Naturales (MARN)

7 avenida 03-67, zona 13
Guatemala
(502) 2423-0500
www.marn.gob.gt

Universidad de San Carlos de
Guatemala (USAC)

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala
(502) 2418 8000
www.usac.edu.gt

Universidad del Valle de
Guatemala (UVG)

18 avenida 11-95 zona 15
Vista Hermosa III
(502) 2507-1500
www.uvg.edu.gt

Universidad Rafael Landívar
(URL)

Vista Hermosa III, Campus Central,
zona 16, Guatemala
2426-2626
principal.url.edu.gt



Equipo técnico de Inventarios Forestales:

Instituto Nacional de Bosques (INAB)	José Gilberto Cifuentes Barrientos Oscar Joel de León Sánchez Jorge Arturo Javier de Paz García Danger Danilo Gómez Xutuc Jorge Ismael Camposeco Domingo Juaymar Roneyri Jiménez Castillo Joel Nicolas Eliézer Cutzal Chavajay José Luis Morán Torres Estuardo Alejandro Fuentes Argueta Byron Ottoniel Villeda Farfán José Rodrigo Rodas Ramos Hugo Leonel Flores
Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)	Adrián Josué Gálvez Morales Erik Fernando Alvarado Orellana César Augusto Beltetón Chacón Edgar Fernando Baldizón Macz
Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)	Víctor Enrique Ortiz Alfaro
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	Kenset Amauri Rosales Riveiro Claudia Cecilia Saput Coj Edgar Ulises Armas Guzmán
Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC)	Mario Alberto Méndez Muñoz
Universidad del Valle de Guatemala (UVG)	Gabriela María Fuentes Braeuner Erick René López de Paz
Universidad Rafael Landívar (URL)	Pedro Arnulfo Pineda Cotzoyaj

Equipo de la FAO Naciones Unidas:

Representante Asistente (Programas)	Maynor Estuardo Estrada Rosales
Coordinador Nacional de Proyectos Forestales	Ogden Antonio Rodas
Oficial Técnico Líder	Lucio Santos David Morales Hidalgo
Asesora Regional en REDD+ e Inventarios Forestales Nacionales	Carla Ramírez Zea
Coordinador de proyecto de monitoreo de bosques y uso de la tierra	José Nazario López Par
Consultores del Inventario Forestal Nacional	Carlos Estrada Salazar Luisa Fernanda Palacios Castañeda

Presentación

El Instituto Nacional de bosques, INAB, entidad estatal autónoma, descentralizada, con personalidad jurídica, patrimonio propio e independencia administrativa, es el órgano de dirección y autoridad competente del Sector Público Agrícola, en materia forestal, fuera de áreas protegidas, una de sus principales atribuciones es: promover y fomentar el desarrollo forestal del país mediante el manejo sostenible de los bosques, así como Impulsar la investigación para la resolución de problemas de desarrollo forestal. Por su parte, CONAP, es el órgano máximo de dirección y coordinación del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas, así como de la administración de los recursos de flora y fauna silvestre y de la Diversidad Biológica del país, siendo uno de sus principales fines propiciar y fomentar la conservación y el mejoramiento del patrimonio natural del país.

Una problemática sentida del sector es la falta de información actualizada sobre los recursos forestales, por lo que atendiendo las atribuciones y necesidades, se presenta el Marco metodológico para el segundo ciclo del Inventario Forestal Nacional de Guatemala que iniciará en el año 2020, el cual, tiene un enfoque multipropósito. Este documento fue elaborado gracias al apoyo técnico del Grupo Interinstitucional de Monitoreo del Bosque y Uso de la Tierra -GIMBUT- Grupo de Inventarios Forestales y al apoyo técnico y financiero el Equipo de la FAO Naciones Unidas.

En este documento se describe inicialmente la importancia de los Inventarios Forestales Nacionales y los antecedentes del país al respecto; detalla el proceso de construcción y ajuste de la metodología para este nuevo ciclo, cuyo trabajo fue realizado con el apoyo de expertos nacionales e internacionales; también, se describen los objetivos generales y específicos, los atributos, las variables de medición, cantidad y distribución de unidades de muestreo, así como, la estimación de los costos.

Esta información se pone a disponibilidad de todos los actores del sector forestal, agrícola y ambiental; principalmente de los profesionales que se sumen a los esfuerzos nacionales para la implementación del segundo ciclo del inventario forestal nacional y al seguimiento del mismo, en los próximos años.

Ing. Rony Estuardo Granados Mérida
Gerente
Instituto Nacional de Bosques –INAB-



Lic. Abraham Humberto Estrada Rosal
Secretario Ejecutivo
Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP-





Junta Directiva de INAB

**La Junta Directiva del Instituto Nacional de Bosques
está integrada de la siguiente manera:**

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)	José Ángel López Camposeco José Miguel Antonio Duro Tamasiunas
Ministerio de Finanzas Públicas (MINFIN)	Violeta María Mazariegos Zetina Edwin Oswaldo Martínez Cameros
Asociación Nacional de Municipalidades de la República de Guatemala (ANAM)	Eduardo Moll Santacruz Julio Baldomero Asig Isem
Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA)	Federico Guillermo Alvarado González Luis Eduardo Mendoza Soto
Gremial Forestal de Guatemala	Fernando Alcides Enríquez Flores Jorge Enrique Calderón Rodas
Asociación Nacional de Organizaciones no Gubernamentales de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente (ASOREMA)	Miriam Elena Monterroso Bonilla Carmen Raquel Torselli Bech
Representante de universidades	Mirna Lucrecia Vela Armas Waldemar Nufio Reyes
Instituto Nacional de Bosques (INAB)	Rony Estuardo Granados Mérida

Consejo Directivo de CONAP

El Consejo Directivo del Consejo Nacional de Áreas Protegidas está conformado de la siguiente manera:

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

Mario Roberto Rojas Espino

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)

José Ángel López Camposeco

Instituto Nacional de Antropología e Historia (IDAEH)

Silvana Martínez Cayetano

Centro de Estudios Conservacionistas de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CECON/USAC)

Carlos Manuel Maldonado Aguilera

Organizaciones conservacionistas

María Teresita Chinchilla Miranda

Asociación Nacional de Municipalidades de la República de Guatemala (ANAM)

Mayra Elizabeth Altán de Palencia

Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP)

Abraham Humberto Estrada Rossal

Índice de contenidos

Presentación	8
Junta directiva de INAB	9
Consejo directivo de CONAP	10
Resumen	13
Introducción	14
1 Importancia de los inventarios forestales nacionales.....	15
2 Inventarios forestales a escala nacional.....	17
3 Metodología ajustada para el segundo ciclo del Inventario Forestal Nacional de Guatemala	19
3.1 Necesidades de información de monitoreo de los bosques en Guatemala ...	19
3.2 Descripción del proceso para el ajuste metodológico.....	20
4 Descripción del diseño final para el segundo ciclo del Inventario Nacional Forestal.....	24
4.1 Objetivos	24
4.1.1 Objetivo general	24
4.1.2 Objetivos específicos	24
4.2 Población de interés	25
4.3 Definición de bosque y árboles fuera de bosque	25
4.4 Atributos y variables de medición	26
4.5 Supuestos	27
4.6 Diseño del muestreo	27
4.7 Parámetros de precisión	27
4.8 Tamaño y selección de la muestra	28
4.8.1 Niveles de información e intensificación de la muestra	30
4.8.2 Unidades de muestreo	31
4.8.3 Forma y tamaño de las parcelas de medición	32
5 Control de calidad del segundo ciclo del Inventario Forestal Nacional	34
6 Costos del segundo ciclo del Inventario Forestal Nacional.....	35
7 Institucionalización del segundo ciclo del Inventario Forestal Nacional	35
8 Monitoreo continuo y distribución temporal de las mediciones	35
9 Pasos para la implementación de la propuesta metodológica	36
10 Recomendaciones.....	37
Referencias	38

Índice de tablas

Tabla 1. Resumen de la información que genera a través del IFN de Guatemala	16
Tabla 2. Aportes de información del IFN de Guatemala	19
Tabla 3. Costos estimados para la implementación del segundo ciclo del Inventario Forestal Nacional de Guatemala.....	22
Tabla 4. Costos de equipamiento para cuadrillas de campo	23
Tabla 5. Variables a recopilar en la muestra del IFN de Guatemala	26
Tabla 6. Metas de precisión de las variables principales utilizadas para la optimización del diseño del IFN de Guatemala	28
Tabla 7. Especificaciones de las variables de medición dentro de cada parcela anidada.....	33

Índice de figuras

Figura 1. Diseño de las unidades de muestreo utilizadas en el Inventario Forestal Nacional de Guatemala 2002-2003	18
Figura 2. Proceso de rediseño de la metodología del IFN de Guatemala	20
Figura 3. Malla de referencia para la selección de la muestra del IFN	29
Figura 4. Ubicación de las 715 muestras del IFN de Guatemala.....	30
Figura 5. Unidades de muestreo en corredor seco y opciones de intensificación	31
Figura 6. Diseño de las unidades de muestreo para el segundo ciclo	32
Figura 7. Diseño de las parcelas y subparcelas de las unidades de muestreo del segundo ciclo del IFN de Guatemala	34



Resumen

El primer ciclo del Inventario Forestal Nacional (IFN) de Guatemala se realizó en los años 2002 y 2003. Con base en las lecciones aprendidas y nuevas necesidades de información, se realizaron ajustes a la metodología que se aplicará en el segundo ciclo del IFN que iniciará en 2020. El presente documento constituye el marco metodológico final para el segundo ciclo del inventario forestal de Guatemala. Tiene un enfoque multipropósito con el fin de determinar el estado actual y los cambios a través del tiempo, de los bosques y de los árboles fuera de bosque a nivel nacional.

La metodología actualizada mejorará las estadísticas para la toma de decisiones nacionales sobre el manejo de los recursos forestales. Proporcionará datos confiables para los reportes sobre los avances en la restauración del paisaje forestal, así como reportes a los compromisos internacionales adoptados por el país, como la reducción de emisiones por la deforestación y degradación de los bosques (REDD), la evaluación de recursos forestales mundiales (FRA, por sus siglas en inglés) y las contribuciones nacionales determinadas (NDC, por sus siglas en inglés).

El diseño ajustado consiste en un muestreo sistemático no alineado, que implica la selección de la ubicación de las unidades de muestreo de forma proporcional en todo el territorio nacional. Se aumentó el número de muestras y se redujo el tamaño de las mismas, utilizando como base los datos del IFN 2002-2003. Estos fueron sometidos a un análisis de costos en relación con la precisión, de tal forma que se aseguró en la nueva muestra una buena representatividad de los bosques y árboles fuera de bosque del país.

La unidad de muestreo primario consiste en tres parcelas de forma circular, alineadas al Norte con un distanciamiento de 10 m entre el borde de cada una. En estas parcelas se mide los árboles de mayor dimensión. Asociadas a estas se diseñaron parcelas anidadas y transectos para medir árboles de menor dimensión y otras estructuras como tocones, árboles en regeneración, madera muerta, hojarasca y carbono orgánico del suelo. También se registra el uso de la tierra y características como estructura vertical, función de los bosques, actividades de manejo, entre otras.

El diseño del inventario es flexible y permite intensificar la muestra en áreas donde se desee generar información a una escala de mayor detalle, por ejemplo, manglares, áreas protegidas, municipios prioritarios para restauración, entre otros.

Introducción

El primer ciclo del Inventario Forestal Nacional en Guatemala se hizo en los años 2002 y 2003 (INAB y FAO, 2003). Desde entonces no se ha realizado un nuevo ejercicio, por lo que los datos con los que cuenta el país sobre el estado de los bosques están desactualizados. De ello surgió la importancia y necesidad de iniciar la planificación del segundo ciclo del IFN.

Para el ajuste metodológico del IFN, el Instituto Nacional de Bosques resolvió crear un comité de seguimiento al diseño metodológico e implementación del INF; además, solicitó el apoyo a la FAO para facilitar el proceso, la cual estuvo a cargo del programa ONU-REDD.

El segundo ciclo del IFN de Guatemala tiene como objetivo evaluar los recursos forestales con una visión multipropósito e integral, por medio de la cual se busca generar información acerca del estado actual de los bosques y sus aportes a la sociedad guatemalteca. Asimismo, se pretende aportar información a escala nacional que contribuya a mejorar los instrumentos de la política forestal y la toma de decisiones en torno a los bosques. A escala internacional, permitirá proporcionar información para reportar sobre los compromisos del país a nivel internacional, tales como el progreso sobre las contribuciones nacionales determinadas (NDC, por sus siglas en inglés) para mitigación y adaptación al cambio climático, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, el Convenio de Diversidad Biológica, la Evaluación Global de los Recursos Forestales.

El marco metodológico contiene del proceso de decisión sobre los ajustes a la metodología del segundo ciclo del IFN, la descripción del nuevo diseño, el proceso de selección de unidades de muestreo y la estimación de costos para la implementación y gestión correspondiente de recursos financieros con socios interinstitucionales y cooperación internacional.



1. Importancia de los inventarios forestales nacionales

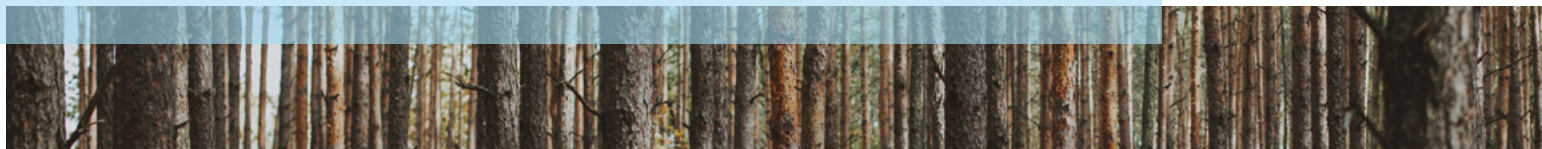
Conceptualmente, un inventario forestal consiste en la recolección sistemática de datos sobre los recursos forestales de una zona determinada. Permite la evaluación del estado actual y sienta las bases del análisis y la planificación, que constituyen el punto de partida de una gestión forestal sostenible (FAO, 2017). A nivel metodológico, se basa en técnicas de muestreo ante la imposibilidad de realizar una medición de todo el bosque, debido a limitaciones de recursos económicos y humanos. Consiste en medir o tomar datos de muestras de la población total, a través de parcelas de dimensiones determinadas (McRoberts, Tompoo, & Czaplowski, 2009).

A una escala más amplia, un inventario forestal nacional (IFN) proporciona una visión integrada del estado de los bosques del país y puede incluir una extensa gama de variables biofísicas y socioeconómicas, así como las tendencias de estos recursos (FAO, 2017). El principal aporte de la información que se genera a través de IFN se enfoca en apoyar la planificación, diseño y aplicación de políticas y estrategias nacionales e internacionales para la utilización sostenible y la conservación de los ecosistemas forestales. Además, ayuda a comprender las relaciones entre los recursos forestales y los usuarios y beneficiarios del bosque (McRoberts, Tompoo, & Czaplowski, 2009).

De forma complementaria, en el contexto de las iniciativas multilaterales para concretar compensaciones por la reducción de emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques, y aumento de las reservas de carbono (REDD+), los inventarios forestales nacionales proporcionan los datos que se requiere para la construcción de los niveles de referencia de emisiones de este sector.

En ese sentido, la Conferencia de las Partes (CP) de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) ha establecido que los niveles de referencia de emisiones forestales y/o niveles de referencia forestales (NREF/NRF) son: "... puntos de referencia para evaluar el desempeño de cada país en la ejecución de actividades de REDD+" (FAO, 2015). La importancia de los inventarios nacionales forestales para acceder al mecanismo REDD+ se sustenta en que las mediciones de distintas variables directamente en campo permiten determinar el carbono almacenado en la biomasa en los diferentes reservorios (biomasa por encima del suelo, biomasa por debajo del suelo, suelo, hojarasca y madera muerta). A la vez, permiten monitorear las diferentes actividades o medidas que los países incluyan en su sistema de monitoreo, reporte y verificación.

Asimismo, en el contexto mundial, cada cinco años la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) desarrolla la evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA, por sus siglas en inglés), en un esfuerzo por proporcionar un enfoque coherente para describir el estado de los bosques del mundo y cómo estos están cambiando¹. Una de las fuentes fundamentales de estas evaluaciones a nivel global son los informes nacionales preparados por los corresponsales nacionales. Para el caso de Guatemala corresponde al Instituto Nacional de Bosques, quien tiene a su cargo el acopio de información relativa al estado de los bosques cada cinco años con los diferentes actores e instituciones del sector forestal a nivel nacional.



De igual manera, el IFN contribuye con información para la compilación de las series de datos de la cuenta integrada de bosque (CIB) como parte del Sistema de cuentas ambientales y económicas integradas (SCAEI), el cual es un marco analítico internacional impulsado por el Sistema de Naciones Unidas. Tiene el propósito general de analizar las relaciones recíprocas entre la economía y el ambiente (United Nations, 2014). En el marco de este sistema, el IFN aportará información importante para reflejar de mejor manera la contribución del sector forestal a la

economía nacional, en función de los datos sobre existencias de diferentes productos y subproductos del bosque directamente corroborados en campo.

De las consideraciones anteriores, se destaca la importancia para Guatemala de contar con información actualizada y sistemática relativa al estado de los bosques. En la Tabla 1 se presenta la información que puede generarse a través del IFN, las iniciativas vinculadas y los actores clave como usuarios de la información.

Tabla 1. Resumen de la información que se genera a través del IFN de Guatemala

Información generada a través de un IFN	Procesos o iniciativas vinculadas	Actores clave / usuarios de la información
Existencias de volumen maderable comercial y no comercial, de leña y algunos productos no maderables en los bosques y árboles fuera de bosque y su dinámica de crecimiento o decremento en el tiempo.	Sistema de información y estadística forestal de Guatemala (SIFGUA).	INAB, CONAP, AGEXPORT, GREMIAL FORESTAL, asociaciones forestales comunitarias, entre otros.
	Cuenta integrada de bosque.	BANGUAT, IARNA/URL, INAB, CONAP
	Evaluación de los recursos forestales (FRA).	INAB, FAO
	Estrategia de uso eficiente y sostenible de la leña.	MEM, INAB
Composición florística arbórea, distribución de especies y densidad de los bosques y su variación en el tiempo.	Procesos de mapeo y monitoreo de la dinámica de la cobertura forestal.	GIMBUT
	Estudios de vegetación para ecosistemas estratégicos.	INAB, CONAP, ACADEMIA, ONGs
	Existencias y monitoreo de especies arbóreas de importancia, amenazadas o en peligro de extinción.	CONAP, convenio CITES
Grado y tipo de manejo al que están sometidos los bosques.	Normatividad forestal, lineamientos técnicos de manejo forestal.	INAB, CONAP
	Programas de incentivos forestales (PINPEP, PINFOR y PROBOSQUE).	INAB, CONAP, municipalidades, ONG
Contenidos de carbono almacenado en la biomasa en diferentes reservorios de los bosques (biomasa por encima del suelo, biomasa por debajo del suelo, hojarasca y madera muerta).	Estrategia nacional REDD+ de Guatemala.	Grupo de coordinación interinstitucional (MARN, MAGA, INAB y CONAP), cooperación internacional.



Amenazas y factores asociados a la deforestación y degradación de los bosques	Estrategia nacional para la reducción de emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques, y aumento de las reservas de carbono (REDD+) de Guatemala	Grupo de coordinación interinstitucional
	Plan de acción para la prevención y reducción de la tala ilegal en Guatemala.	INAB, CONAP, MAGA, MARN, MINGOB, PGN, SAT, MDN
	Política Nacional de Manejo Integrado del Fuego.	SIPECIF, municipalidades y ONG.
Estado de salud de los bosques	Programa de protección forestal.	INAB
Tipo y estado de la regeneración de los bosques	Estrategia nacional para la restauración del paisaje forestal en Guatemala.	Mesa nacional de restauración del paisaje forestal.
	Programas de incentivos forestales.	INAB

Fuente: elaboración propia.

2. Inventarios forestales a escala nacional en Guatemala

En Guatemala se han realizado inventarios forestales; los primeros, enfocados en regiones específicas o especies de interés. En los años 70 se realizó el inventario forestal del departamento de Petén, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Empresa Nacional de Fomento y Desarrollo Económico del Petén (FYDEP); fue continuado por el Instituto Nacional Forestal (INAFOR). Posteriormente, en los años 90 se realizó un nuevo inventario forestal en Petén, por parte de la Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia de la República (SEGEPLAN). Décadas después, entre los años 2010 y 2011, el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) con el apoyo del programa OIMT-CITES sobre especies arbóreas, realizó el Inventario de tres especies protegidas incluidas en el CITES: cedro (*Cedrela odorata*), caoba (*Swietenia macrophylla*) y rosul (*Dalbergia spp.*) En el año 2014, nuevamente el CONAP y la Fundación Naturaleza para la Vida, con el apoyo del programa de CITES sobre especies de

árboles, realizan un inventario forestal dirigido a especies del género *Dalbergia*.

Otro referente de registro de información a los recursos forestales a nivel nacional es la red de parcelas permanentes de monitoreo (PPM) establecidas en las plantaciones forestales del programa PINFOR, iniciado entre los años 1997-98. Esta red cuenta con alrededor de 900 PPM establecidas, en las que se tiene registrado el monitoreo anual de la dinámica de las plantaciones forestales distribuidas en todo el país. Esta red ha permitido la generación de modelos de crecimiento y productividad para las principales especies plantadas en Guatemala. Asimismo, de forma complementaria existe una red de parcelas permanentes de monitoreo establecidas en bosques naturales de coníferas y latifoliadas, mediante un esfuerzo institucional conjunto de INAB y CONAP. Sin embargo, no han podido ser monitoreadas en su totalidad, por lo que la generación de información nacional a partir de estas mediciones está incompleta.

Entre los años 2002 y 2003 se realizó el primer Inventario Forestal Nacional de Guatemala (IFN 2002-03), con el apoyo técnico y financiero de la FAO, a través de una iniciativa conjunta entre el Instituto Nacional de Bosques (INAB) y el Plan de acción forestal para Guatemala (PAFG), quienes contaron con el apoyo de un Comité Directivo, integrado por representantes de diversas instituciones del sector forestal de Guatemala (INAB y FAO, 2003). Dicha iniciativa generó importante información relativa al estado de los bosques y las diferentes clases de uso de la tierra a nivel nacional. En términos metodológicos, el IFN 2002-03 se desarrolló con una base estadística confiable y adecuada a la escala del levantamiento realizado, que

fue de reconocimiento, mediante un diseño de muestreo sistemático estratificado. Para lograrlo se dividió al país en tres regiones (Norte, Centro y Sur), según divisiones naturales basadas en parámetros fisiográficos, edáficos y climáticos. Se estableció una rejilla de 108 puntos o unidades de muestreo cubriendo todo el territorio nacional. Se aplicaron dos intensidades de muestreo de acuerdo con la variabilidad esperada para dichos estratos (INAB y FAO, 2003).

Las unidades de muestreo fueron conglomeradas. En la figura 1 se muestra los detalles del diseño utilizado en dicho inventario.

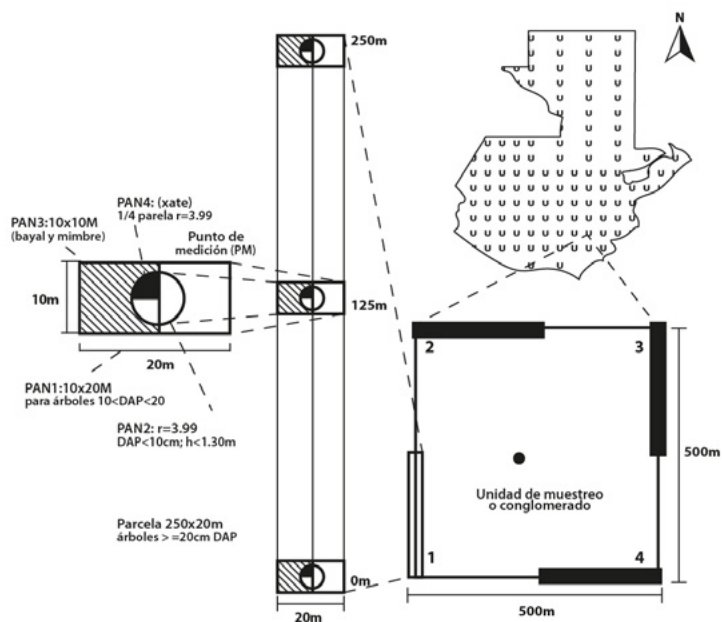


Figura 1. Diseño de las unidades de muestreo utilizadas en el Inventario Forestal Nacional de Guatemala 2002-2003

Las unidades de muestreo se establecieron, independientemente de la presencia o ausencia de bosques, con el objeto de obtener información del estado y manejo de los bosques, su potencial productivo, extensión y áreas fuera de bosque, según régimen de propiedad y designación de uso. Además, la existencia de recursos forestales maderables, tres productos forestales no maderables (xate, bayal y mimbres), recolección y utilización de otros productos forestales no maderables, uso de los servicios de los bosques, estado biofísico de los mismos, aprovechamiento y manejo

forestal y estado de las poblaciones que viven cerca de los bosques (INAB y FAO, 2003).

El IFN 2002-03 generó por primera vez importante información estratégica a escala nacional para el sector forestal. Planteó la importancia de institucionalizar la iniciativa y realizar levantamientos periódicos de información cada cinco años, con el objetivo de monitorear la dinámica de los bosques y sus principales variables asociadas; sin embargo, esta acción no se realizó.

3. Metodología ajustada para el segundo ciclo del Inventario Forestal Nacional de Guatemala

El ajuste al nuevo diseño del INF inició con la revisión de las necesidades de información a nivel de país, para lo cual se tomaron en cuenta las opiniones de los expertos nacionales e internacionales para hacer los cambios pertinentes. A continuación, se describen los procesos efectuados para desarrollar los ajustes a la metodología.

3.1 Necesidades de información de monitoreo de los bosques en Guatemala

En el contexto actual de necesidades de información relativa a los bosques del país —tanto a nivel nacional como internacional, así como en función de las prioridades institucionales del sector forestal— se definió que el IFN mantuviera un enfoque multipropósito, con el objeto de aportar información estratégica para la mejora de las políticas, instrumentos y acciones tendientes al manejo sostenible de los recursos forestales a nivel nacional. La Tabla 2 presenta una integración de las principales necesidades de información identificadas en relación con los recursos forestales a escala nacional y los principales aportes que el IFN busca generar para complementar los procesos en curso.

Tabla 2. Aportes de información del IFN de Guatemala

Necesidades de información identificadas relativas a los recursos forestales a escala nacional	Aportes de información del inventario nacional forestal de Guatemala
Existencias volumétricas de madera y de cantidad de productos no maderables en los bosques y árboles fuera de bosque.	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de la cantidad, tipo y calidad de productos maderables y no maderables existentes en los bosques y los árboles fuera de bosque.
Monitoreo de la dinámica de crecimiento de los bosques, realizado de forma periódica y consistente.	<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de tasas de crecimiento volumétrico en m³/ha/año, por medio del montaje de parcelas permanentes de monitoreo forestal para mediciones periódicas sistemáticas posteriores.
Determinar las principales amenazas, agentes y causas de la deforestación y la degradación de los bosques.	<ul style="list-style-type: none"> • Información verificada en campo referente a daños causados al bosque, tales como tala ilegal, incendios forestales, plagas y enfermedades y otros factores de deforestación y degradación. • Descripción de tipos de daño y agentes causales. • Datos socioeconómicos relacionados con el uso de los bienes y servicios del bosque, recopilados en campo por medio de entrevistas con usuarios y beneficiarios del bosque.
Establecer el grado de recuperación, regeneración y restauración de los bosques.	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia, composición, estado de desarrollo de la regeneración natural por unidad de área y por tipo de bosque.
Establecer el potencial productivo de bienes y servicios, el grado y tipo de manejo y uso de los bosques y el estado de salud de los bosques.	<ul style="list-style-type: none"> • Existencias volumétricas, cantidad y calidad de productos. • Tipo de manejo implementado en los bosques. • Estado fitosanitario de los bosques, porcentaje de individuos afectados por plagas y enfermedades, tipo de daño. • Datos socioeconómicos relacionados con el uso de los bienes y servicios del bosque, recopilados en campo por medio de entrevistas con usuarios y beneficiarios del bosque.
Determinar las existencias de biomasa y carbono forestal en los bosques y árboles fuera de bosque.	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad de biomasa (t/ha) • Densidad de carbono almacenado (ton equ/ha) • Densidad de dióxido de carbono almacenado (ton equ/ha) en: árboles, madera muerta caída, hojarasca y suelo.

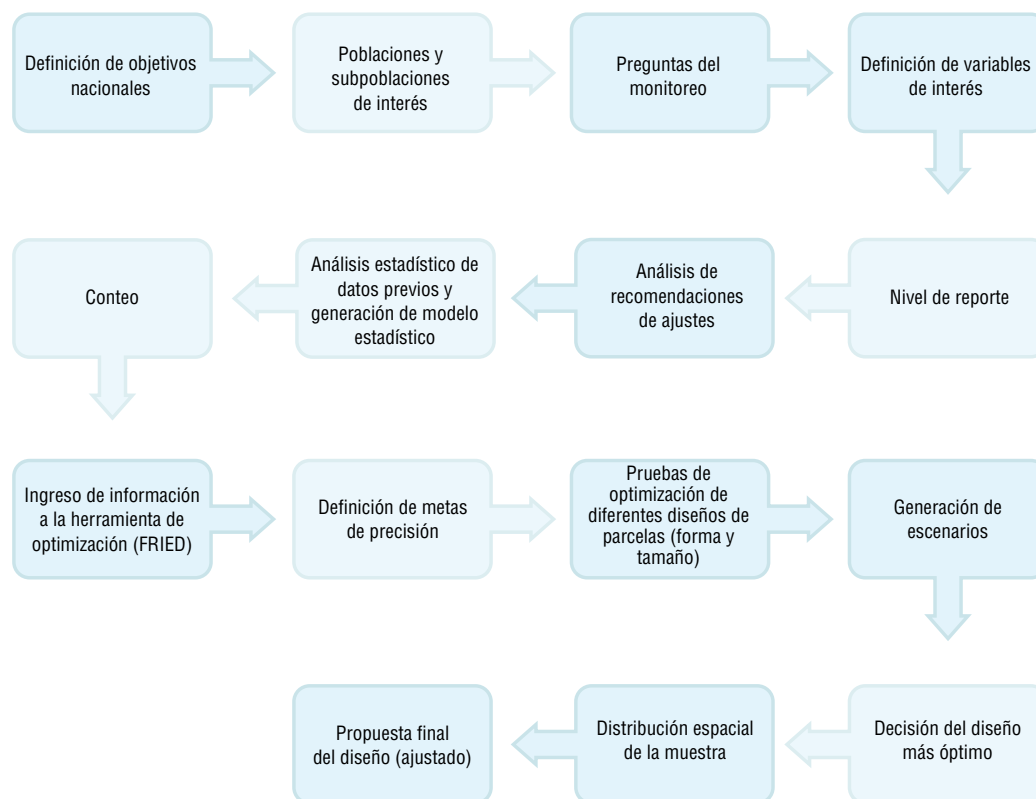
Fuente: elaboración propia basada en boletas para la definición de objetivos del IFN de Guatemala.

3.2 Descripción del proceso para el ajuste metodológico

El trabajo de actualización del diseño metodológico del IFN se realizó con base en las nuevas perspectivas y necesidades confirmadas por los actores nacionales que fueron consultados en esta nueva etapa. El proceso fue facilitado técnica y financieramente por la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Adicionalmente, se contó con el apoyo de funcionarios del Servicio Forestal de Estados Unidos (USFS) para el análisis de costos y precisión utilizado para la toma de decisiones del nuevo diseño.

Los ajustes al diseño metodológico del IFN de Guatemala, se generaron mediante un proceso de discusión y retroalimentación con el Comité técnico para el seguimiento del inventario nacional forestal del INAB. Una vez acordada la propuesta de rediseño con el comité de INAB, se presentó al Comité de inventarios del Grupo interinstitucional de monitoreo de bosques y usos de la tierra, Grupo de inventario forestal nacional (GIMBUT-IFN) en sus segmentos técnico y político. En cada grupo se discutieron las opciones metodológicas y en conjunto se tomaron las decisiones para el nuevo diseño. El proceso empleado para el ajuste de la metodología se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Proceso de rediseño de la metodología del IFN de Guatemala





Para decidir acerca de los ajustes necesarios para mejorar la eficiencia del IFN, se utilizó la herramienta FRIED (*Forest Resources Inventory Editing and Design*)². Esta utiliza el coeficiente de variación de atributos priorizados sobre los bosques y árboles (p.e. área basal, volumen, biomasa) para determinar el diseño más favorable del IFN en función de la cantidad de unidades de muestreo, la cantidad de parcelas que conforman una unidad, el tamaño de las mismas unidades y la distancia entre parcelas que conforman una unidad de muestreo. La herramienta analiza los diseños que pueden alcanzar las metas de precisión establecidas en consenso, las cuales oscilaron entre 15-20% dependiendo del tipo de variable (volumen, área basal y biomasa de árboles ≥ 20 cm DAP ó $\geq 10 < 20$ cm DAP), seguidas por la herramienta que calcula los costos de cada diseño con base en los rubros de la Tabla 3 y posteriormente los organiza en forma ascendente según los costos. La salida final son los 10 diseños más económicos.

Para el cálculo del coeficiente de variación de los atributos seleccionados se utilizaron los datos del IFN 2002-03. Los costos fueron analizados con datos del IFN 2002-2003, con otras experiencias y complementadas con el criterio de experto, de funcionarios del INAB.

Los coeficientes de variación que utiliza FRIED para la optimización del diseño se basan en un modelo de unidades de muestreo constituidas por un conjunto de parcelas. El arreglo de las parcelas está en función del tamaño, cantidad y distancia entre las mismas. A continuación, se presenta el modelo utilizado para el cálculo de los coeficientes de variación:

$$CV = b_0 m^{b_1} (d + 1)^{b_2} z^{b_3}$$

Donde:

CV = coeficiente de variación (varianza relativa) entre conglomerados y para un atributo o variable determinada

bi = coeficientes de regresión (b_0, b_1, b_2, b_3)

m = cantidad de parcelas en la unidad de muestreo

d = distancia entre parcelas (1 si es una sola parcela)

z = tamaño de las parcelas

Para completar el modelo se utilizaron los datos del IFN 2002-03, los cuales provienen de las cuatro parcelas largas de 5000 m² (4 de 20 m x 250 m = 2 ha). La ventaja de esta información es que tiene datos de todos los tipos de bosques y usos de la tierra, y permite desagregar la información en segmentos de diferente dimensión. Inicia con 25 m x 20 m (0.05 ha), y aumenta 25 en cada tamaño de segmento 50 m x 20 m (0.1 ha), 75 m x 20 m (0.15 ha) 100 m x 20 m (0.2 ha) y así sucesivamente hasta llegar a las 2 ha. Con los datos se realizaron 825 combinaciones para árboles >20 cm DAP y 325 combinaciones para árboles entre 10 cm y 19.9 cm DAP. Las combinaciones implicaban diferentes cantidades de parcelas en una unidad de muestreo, diferentes tamaños de parcelas y distancias entre cada parcela de cada unidad de muestreo. El modelo resultante fue ingresado en FRIED.

Para estimar el costo de implementar el inventario, se consideraron datos estimados para los grupos y rubros que se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Costos estimados para la implementación del segundo ciclo del Inventario Forestal Nacional de Guatemala

Descripción	Total (Q)
1. Equipo técnico y administrativo nacional	2,426,136.36
2. Equipo nacional (computadoras y software, oficina, etc.)	1,365,000.00
3. Equipo de varios tipos	304,663.18
4. Supervisión del campo a nivel local	375,728.89
5. Garantía de calidad / control de calidad	305,371.75
6. Entrenamiento y vacaciones pagadas y días festivos y otros beneficios. Día laboral y semana laboral.	63,125.00
7. Medición de parcelas	
7.1 Región difícil	117,024.10
7.2 UM con bosque	1,181,075.41
7.3 UM con arboles	150,048.48
8. Transporte y análisis de laboratorio de hojarasca, suelo y especímenes botánicos	1,022,028.93
9. Imprevistos (contingencias)	845,323.92
Costo total	9,298,563.15
Costo por UM	13,164.47
Costo total en dólares estadounidenses (cambio 7.43)	\$1,266,834.22
Costo por UM	\$1,771.80

Fuente: elaboración propia con datos estimados en talleres de trabajo y criterio de experto.

En relación al rubro “Equipo de varios tipos”, se cotizó los insumos necesarios para equipar a una cuadrilla, lo cual se describe en la Tabla 4.

Tabla 4. Costos de equipamiento para cuadrillas de campo

Equipo			
	Unidades	Costo unitario (Q)	Subtotal (Q)
Hipsómetro	1	4,404.00	4,404.00
Brújula	1	367.00	367.00
Cinta diamétrica 10 metros	1	440.40	440.40
Telémetro	1	1,101.00	1,101.00
Cinta métrica de 50 metros	1	250.00	250.00
Cilindro metálico para muestreo de suelos (incluye martillo, cilindro y pala)	1	477.10	477.10
Barreno de incremento	1	500.00	500.00
GPS navegador con cámara	1	4,500.00	4,500.00
Machetes	4	60.00	240.00
Balanzas portátiles	1	880.80	880.80
Tablet	1	2,300.00	2,300.00
Vernier	1	150.00	150.00
Forcípula	1	440.40	440.40
Penetrómetro o barreno de suelos	1	1,468.00	1,468.00
Tijeras podadoras	1	75.00	75.00
Prensa herbario	1	100.00	100.00
Dron cuatricópter	1	14,680.00	14,680.00
		Total por cuadrilla	32,373.70

Fuente: elaboración propia con datos de cotizaciones del año 2017.

Al correr la herramienta se generaron 10 escenarios optimizados entre costo y precisión. Se seleccionaron alrededor de 6 opciones que fueron discutidas con el comité de INAB y el GIMBUT grupo de IFN. Se analizó las ventajas y desventajas, hasta llegar a consensuar el diseño óptimo basado en las circunstancias nacionales.

4. Descripción del diseño final para el segundo ciclo del Inventario Forestal Nacional de Guatemala

4.1 Objetivos

4.1.1 Objetivo general

Determinar el estado actual de los bosques y de los árboles fuera de bosque a nivel nacional, a través de una evaluación integral y multipropósito, que sea replicable y aporte información estratégica al país.

4.1.2 Objetivos específicos

- a) Generar información sobre:
 - existencias volumétricas de madera, biomasa y de cantidad de productos no maderables en los bosques y árboles fuera de bosque;
 - monitoreo de la dinámica de crecimiento de los bosques, realizado de forma periódica y consistente;
 - las principales amenazas, agentes y causas de la deforestación y la degradación de los bosques;
 - el grado de recuperación, regeneración y restauración de los bosques;
 - el potencial productivo de bienes y servicios;
 - el grado, tipo de manejo y uso de los bosques;
 - el estado de salud y sanidad de los bosques.
- b) Establecer una red de parcelas permanentes que permita realizar levantamientos periódicos de información.
- c) Contribuir con información a los procesos de elaboración de líneas de base para el proceso de proyectos de captura y emisiones de carbono, para aportar a la medición de los compromisos del Acuerdo de París de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- d) Aportar información que contribuya a mejorar los instrumentos y políticas del sector forestal de Guatemala.
- e) Fortalecer los procesos de mapeo forestal por medio del aporte de información de campo y muestreo con alta resolución para la calibración de herramientas espaciales.

A pesar de que los objetivos se enfocan en generar información asociada directamente a variables dasométricas, los datos obtenidos a través de la determinación de variables forestales constituyen una base de información para análisis complementarios relacionados con bienes y servicios ambientales, diversidad biológica, estadísticas socioeconómicas nacionales u otras de interés para sectores vinculados a la temática forestal a nivel nacional.



4.2 Población de interés

La superficie del territorio nacional es la población de interés para el IFN de Guatemala. Se espera medir el estado actual y los cambios de los recursos forestales en áreas de bosque y fuera de bosque.

Se trata de captar información que incluya tanto las masas continuas de bosque como los árboles fuera de bosque que se ubican en otros usos de la tierra, ya sea dentro o fuera de áreas protegidas. Este enfoque aportará más información sobre la importancia de los árboles en la generación de bienes y servicios para la población.

4.3 Definición de bosque y árboles fuera de bosque

Para delimitar los alcances del IFN para Guatemala, se adoptaron las siguientes definiciones:

- Bosque: superficie cubierta por árboles con un mínimo de cobertura de copa del 30 % que forma una masa continua de al menos 0.54 hectáreas, con un ancho mínimo de 60 metros. El término incluye las plantaciones forestales, de hule, bosques secundarios y el bosque semiestacionalmente seco (INAB, CONAP, MARN, UVG y URL, 2012).

Esta definición de bosque se ha tomado de los estudios de dinámica de la cobertura forestal para Guatemala, los cuales se desarrollan desde el año 2000 en el país. Tienen como base criterios que permiten el análisis de la cobertura forestal a partir de sensores remotos. En ese sentido, se considera que esta definición se ajusta a la legislación forestal nacional. Además, permite la consistencia y correspondencia con los procesos de monitoreo de la dinámica de la cobertura forestal, así como con los procesos de elaboración de líneas base de captura y emisión de carbono y otros compromisos ante la CMNUCC, por lo cual se propone utilizarla para efectos del IFN.

- Árboles fuera de bosque: formaciones de árboles ubicadas en áreas no consideradas como bosques, cuya extensión es superior a 0.54 ha con un ancho mínimo de 30 metros y una cobertura de copas comprendida entre 10 % y 30 %. El término incluye formaciones de árboles en arreglos de sistemas agroforestales y silvopastoriles (Fuente: Proyecto TROF-INAB).

Complementariamente a esta definición, INAB (2015) define a los árboles fuera de bosque como “árboles que se encuentran en forma dispersa, generalmente en potreros, cuya función básica es proveer sombra para ganado y en donde no hay una estructura horizontal definida, no hay regeneración natural ni estados sucesionales del bosque, con un área basal menor de cuatro metros cuadrados por hectárea”.

Con la adopción de la definición de árboles fuera de bosque se pretende obtener información de los recursos forestales existentes en el paisaje agrícola del país, dada su importancia como aporte al desarrollo rural y a la generación de bienes y servicios provenientes de estos sistemas de asocio de árboles y otros usos. Por tanto, se incluirá en el IFN a las áreas de árboles fuera de bosque. Este es un término que ha sido adoptado por la FAO en la Evaluación de los recursos forestales (FRA, por sus siglas en inglés) y que, para efectos de la presente iniciativa, se han hecho algunas adaptaciones al ámbito nacional, en función de la definición nacional de bosque y de las necesidades de información propias del país.

4.4 Atributos y variables de medición

Para efectos del IFN de Guatemala, en función del contexto de necesidades actuales de información del sector forestal, se definió el levantamiento de información de distintas variables que permitirían cumplir con los objetivos planteados. La Tabla 5 muestra el detalle de la información de interés, así como las variables asociadas que se analizarán en el IFN de Guatemala.

Tabla 5. Variables por recopilar en la muestra del IFN de Guatemala

Atributos de interés	Variables
Existencias de volumen maderable	Volumen total (m ³ /ha), volumen comercial (m ³ /ha, DAP >= 10 cm)
Calidad de la madera	Volumen aprovechable (m ³ /ha, DAP >= 10 cm), calidad de forma del fuste
Existencia de biomasa y carbono forestal	Densidad de biomasa (t/ha), densidad de carbono almacenado (ton equ/ha), densidad de dióxido de carbono almacenado (ton equ/ha) en árboles, madera muerta caída, hojarasca y suelo.
Estructura de los bosques	Estructura horizontal, estructura vertical, número de pisos verticales, área basal (m ² /ha), cobertura de copas (%) superficie por tipo de bosque (ha).
Composición de los bosques	Cantidad de especies arbóreas en diferentes estratos.
Existencia y estado de material combustible	Toneladas métricas (t/ha) de biomasa leñosa y hojarasca
Estado de salud	Cantidad de árboles sanos, cantidad de árboles dañados por agentes patógenos o intervenciones antrópicas. Superficie dañada por agentes de causantes de daño (ha), superficie afectada por incendios forestales (ha).
Manejo actual de los bienes y servicios	Tipo de manejo, método de aprovechamiento, identificación de bienes y servicios.
Potencial productivo de los bienes y servicios	Incremento Medio Anual (IMA) (m ³ /ha/año)- hasta siguiente ciclo, cantidad de productos no maderables cantidad de bienes y servicios.
Mapeo forestal	Uso de la tierra (USOT) dominancia de especies (%), superficie de cobertura (m ²), cambios en la cobertura (ha/año).

Fuente: elaboración propia con datos de los talleres de trabajo.

4.5 Supuestos

El diseño propuesto se basa en los siguientes supuestos:

- el 34.2 % de la cobertura forestal a nivel nacional³, con un 85 % de exactitud de los mapas;
- 3,649,859 ha son accesibles y cuentan con alguna cobertura de bosque;
- el 98% del área total del país es accesible para establecer las parcelas de muestreo (IFN, 2002).

4.6 Diseño del muestreo

El diseño de muestreo del IFN de Guatemala es sistemático no alineado, con una asignación de la muestra proporcional a la superficie del territorio nacional, por medio de una malla equidistante dispuesta en todo el territorio. Es decir, la malla está constituida por celdas del mismo tamaño. En el interior de cada una se seleccionó un punto al azar para ubicar la unidad de muestreo. Este diseño permite evaluar los cambios de uso y cobertura en todo el territorio, así como los cambios de los atributos de los árboles, tales como biomasa, volumen y área basal en cada tipo de bosque o uso de la tierra.

Se utilizaron técnicas de estimación como muestreo aleatorio simple post-estratificado, con el objetivo de mejorar la precisión de las estimaciones. Para definir los post estratos se agruparon las parcelas según los objetivos del análisis, y se utilizó, por ejemplo, un mapa de porcentaje de cobertura de árboles. Otra opción sería desarrollar un muestreo doble para post-estratificación, el cual consiste en dos fases: la primera, basada en una rejilla intensificada de la muestra definida para el IFN, para establecer parcelas de fotointerpretación. Los atributos por medir en estas parcelas servirían para establecer los post-estratos que permiten reducir la varianza general del muestreo. La segunda fase sería la colecta de los atributos de interés en las parcelas de campo. La totalidad de las parcelas son permanentes.

4.7 Parámetros de precisión

En función del comportamiento del coeficiente de variación para las diferentes variables analizadas, se define como meta de precisión para el muestreo de 10 %⁴ con un nivel de confianza del 95 % para árboles mayores a 20 cm de DAP; y un 15 % para árboles entre 10 y 20 cm de DAP. Esta precisión diferenciada por rangos diamétricos se sugiere para asegurar información más precisa de los árboles de mayor tamaño. La Tabla 6 muestra las metas de precisión utilizadas para definir el nuevo diseño del IFN de Guatemala.

3 INAB-CONAP. 2015. Mapa Forestal por Tipo y Subtipo de Bosque, 2012. Guatemala. Informe Técnico. 26 p.

4 Se refiere al error de muestreo o la mitad del intervalo de confianza en porcentaje, es decir, si la estimación es de 100, y se especifica 15% de meta de precisión, el intervalo de confianza irá entre 85 y 115.

Tabla 6. Metas de precisión de las variables principales utilizadas para la optimización del diseño del IFN de Guatemala

Variable	Error de muestreo	Nivel de confiabilidad
Área forestal	10.0%	95%
Arboles/ha (20+ cm DAP)	10.0%	95%
Arboles/ha (10-20 cm DAP)	15.0%	95%
AB/ha (20+ cm DAP)	10.0%	95%
AB/ha (10-20 cm DAP)	15.0%	95%
Volumen/ha (20+ cm DAP)	10.0%	95%
Volumen/ha (10-20 cm DAP)	15.0%	95%
Biomasa/ha (20+ cm DAP)	10.0%	95%
Biomasa/ha (10-20 cm DAP)	15.0%	95%

4.8 Tamaño y selección de la muestra

La cantidad de unidades de muestreo para el IFN de Guatemala se basó en la cantidad mínima necesaria para alcanzar las metas de precisión de la Tabla 6 en las áreas de bosque, del escenario seleccionado por el comité para la definición de la metodología del IFN del Instituto Nacional de Bosques y el Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Usos de la Tierra (GIMBUT). De esta cuenta, se definió que la cantidad mínima de unidades de muestreo para cumplir las metas de precisión debe ser de 672, de las cuales, según el mapa de cobertura de bosque del año 2010⁵, cerca de 230 se ubicarían dentro de bosque y 442 en otros usos. Se enfatiza que esta cantidad de muestras en bosque es suficiente para alcanzar las metas de precisión establecidas.

Para la selección espacial de cada muestra se construyó una malla de referencia con celdas del mismo tamaño en toda la superficie del país. Para determinar el tamaño de la celda se utilizó la siguiente fórmula:

$$d = \sqrt{(A/n)}$$

Donde:

- d** = distancia de cada lado de la celda o cuadrante
- A** = superficie del país = 108,889 km²
- n** = cantidad de muestras mínimas necesarias = 672

$$d = \sqrt{(108,880/672)}$$

$$d = 12.4$$

En la Figura 3 se muestra las celdas de la malla de referencia sobre la superficie del país. Se seleccionaron cuadrantes completos en los bordes del país, ya que toda la superficie debe tener la misma probabilidad de selección. De esta cuenta, resultaron 793 cuadrantes.

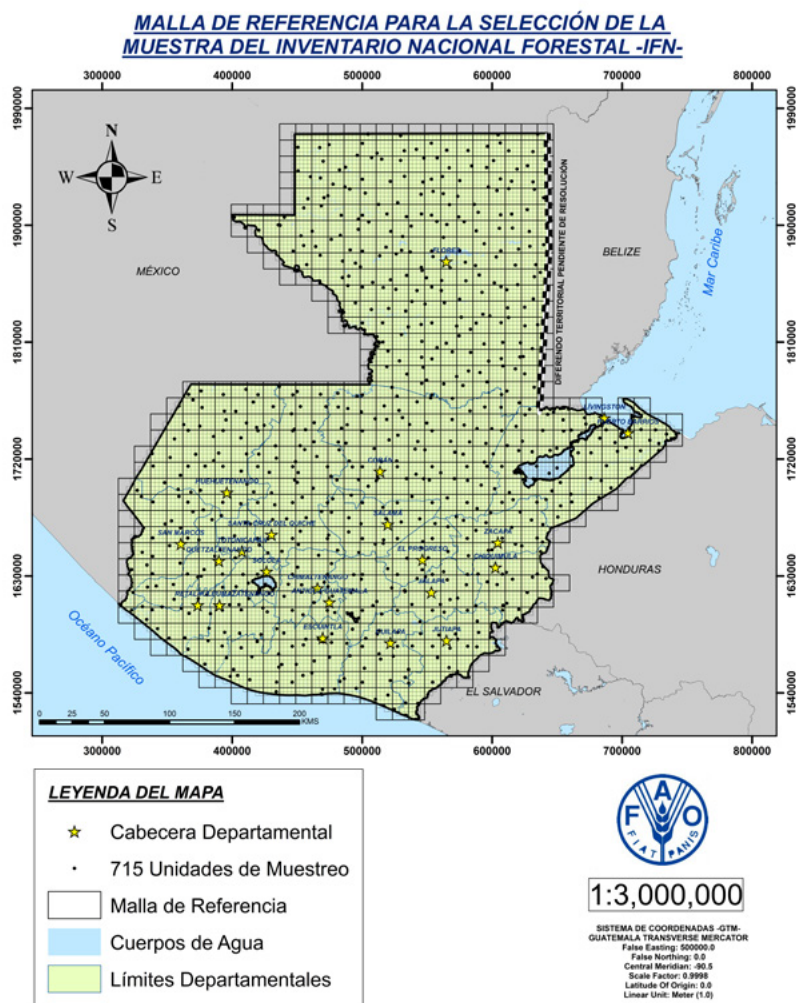


Figura 3. Malla de referencia para la selección de la muestra del IFN

El siguiente paso a la generación de la malla de referencia fue la selección de puntos aleatorios por cada cuadrante, utilizando la función *Random point in polygon* de Qgis. Las muestras seleccionadas fuera de los límites del país no fueron consideradas. El número total de muestras seleccionadas fue de 715 y la distribución se muestra en la Figura 4.

Con el objetivo de favorecer la comparación de datos con las parcelas del primer ciclo del IFN, el paso final fue sustituir los puntos de las celdas donde se ubicaba la parcela N-S del IFN 2002-2003. Si bien no se registrarían exactamente los mismos árboles, tendrá la ventaja de probar un análisis parcela a parcela y esperar varianzas similares.

MAPA DE UBICACIÓN DE LAS 715 MUESTRAS DEL IFN DE GUATEMALA

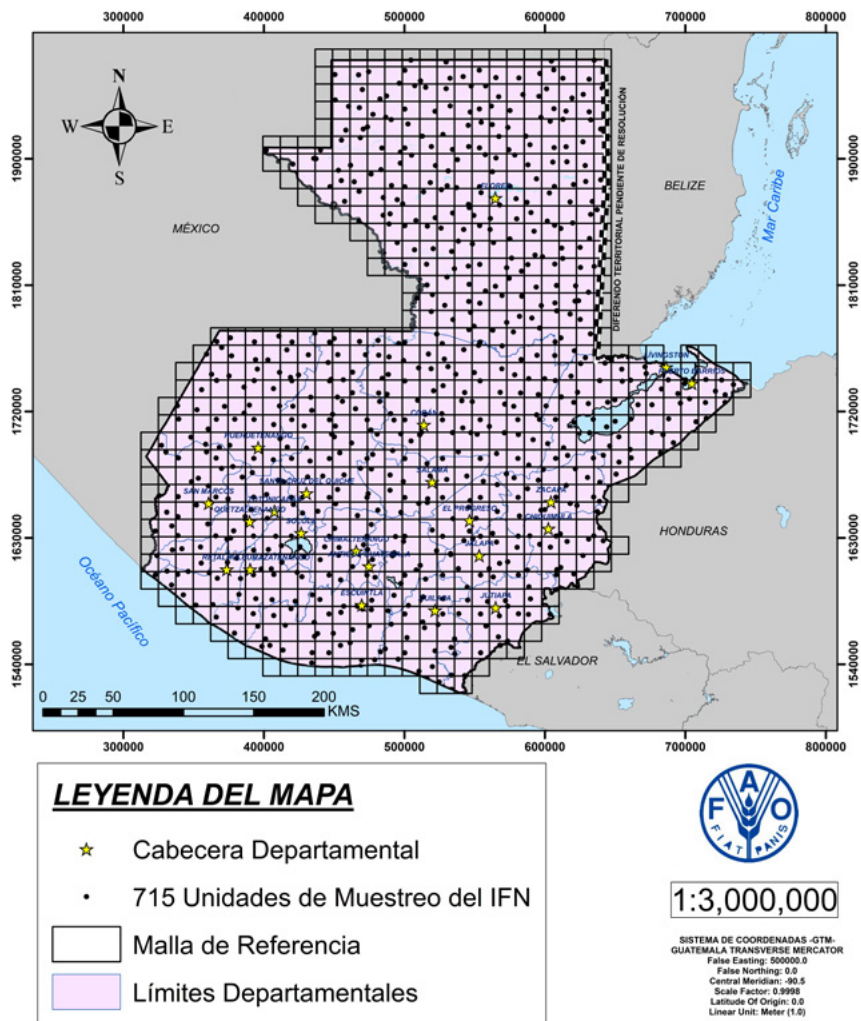


Figura 4. Ubicación de las 715 muestras del IFN de Guatemala

4.8.1 Niveles de información e intensificación de la muestra

La muestra definida del IFN proporciona información precisa en los bosques a nivel nacional, debido a que las metas de precisión fueron definidas para este fin. Sin embargo, para intereses más específicos, la metodología permite la intensificación de la muestra en áreas poco representadas por el nivel nacional, por ejemplo, manglares, plantaciones forestales, bosque seco.

El nivel de intensificación debe basarse en objetivos claramente definidos para generar una subpoblación de interés. Se recomienda que la definición de la subpoblación de interés no tenga límites que cambien en el tiempo (por ejemplo, cobertura de bosque) porque tendrá problemas en mediciones continuas. Por ejemplo, si el interés es bosque seco, se recomienda utilizar el contorno de corredor seco, en vez del contorno del bosque seco, ya que este último puede tener errores debido a la complejidad de detección con imágenes de satélite. En la Figura 5 se muestra un ejemplo de las opciones de intensificación.

Nivel	Muestras en corredor seco		Muestras en bosque seco	
	Cantidad	%	Cantidad	%
1	61	9%	27	4%
2	268	9%	111	4%
3	1,057	9%	448	4%
4	4,240	9%	1,735	4%

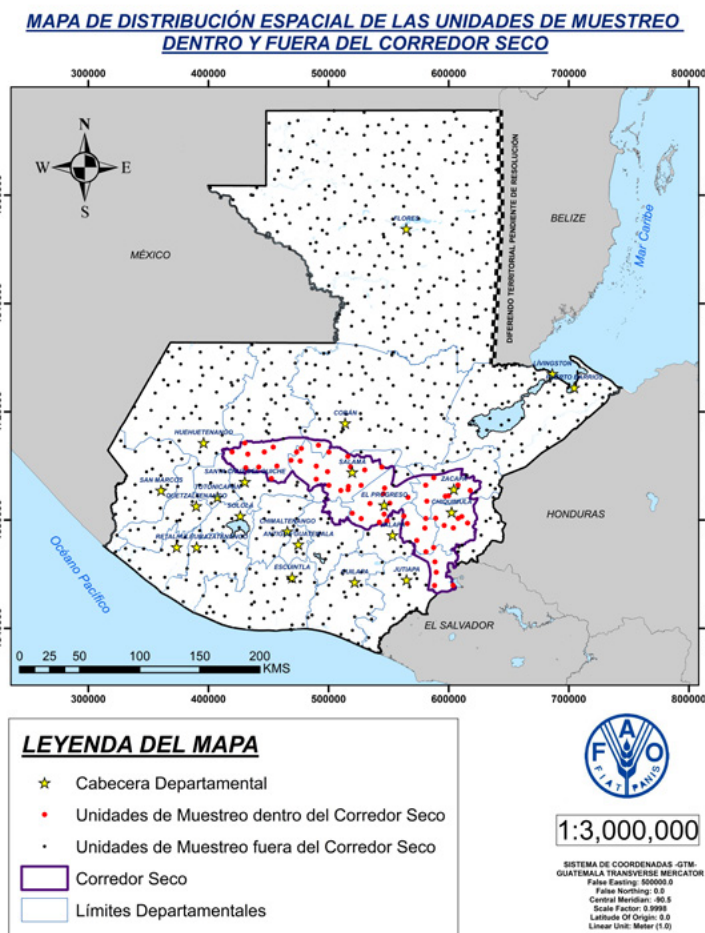


Figura 5. Unidades de muestreo en corredor seco y opciones de intensificación

4.8.2 Diseño de la unidad de muestreo

En la Figura 6 se ilustra el diseño de la unidad de muestreo que consiste en tres parcelas circulares, de 707 m² (15 m de radio) cada una, dispuestas de forma lineal en sentido norte de tal forma que permita la comparación con los datos de la parcela 1 (N-S) del IFN 2002-2003. Esta opción tiene la ventaja de comparar datos de los dos ciclos del IFN con una menor varianza, porque se supone que se medirían algunos de los mismos árboles. La distancia entre cada subparcela es de 10 m entre bordes y 40 m entre el centro de cada una.

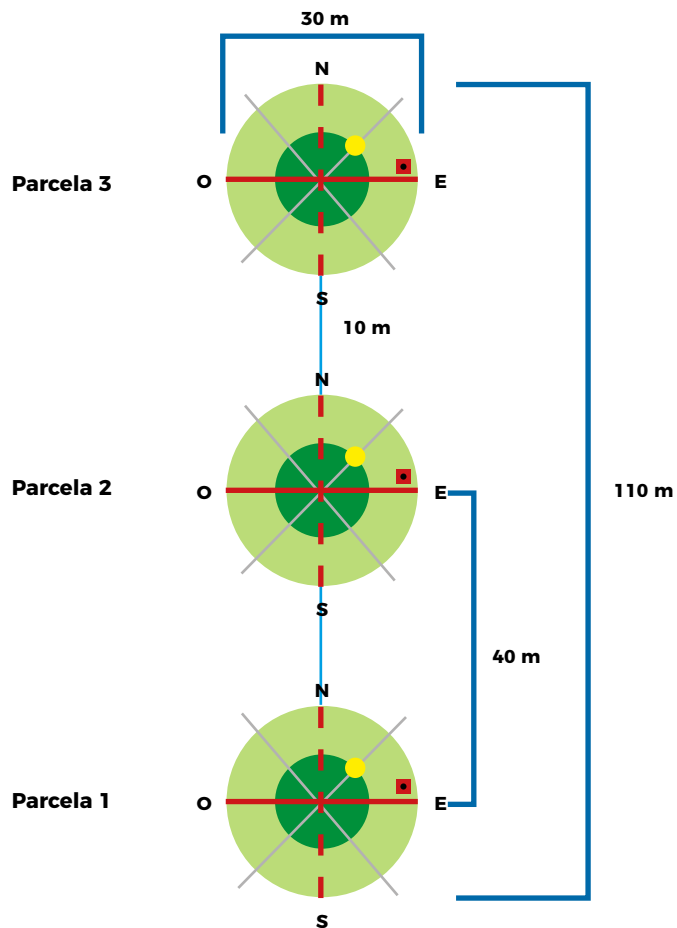


Figura 6. Diseño de las unidades de muestreo para el segundo ciclo


4.8.3 Forma y tamaño de las parcelas de medición

Se definió que se utilizarían parcelas circulares porque al tener menor perímetro que las parcelas rectangulares o cuadradas, se reduce la probabilidad de sesgo por inclusión de árboles en el borde. Asimismo, las parcelas circulares tienen ventajas para la remediación, ya que la ubicación relativa de los árboles depende únicamente del punto central del círculo, a diferencia de las parcelas rectangulares que dependen de dos ejes (carril central y distancia del carril central).

Cada parcela posee parcelas anidadas de menor dimensión y transectos a lo largo y ancho, para facilitar la medición según el tamaño del árbol y de otros elementos como hojarasca, suelos y atributos del bosque o del uso de la tierra. En la Figura 8 se ve la configuración de la parcela y los elementos por medir.



Tabla 7. Especificaciones de las variables de medición dentro de cada parcela anidada

No.	Dimensión / Área de muestreo	Atributo
A	R = 15 m (707 m ²)	Arboles >= 20 cm de DAP y tocones 
B	R = 10 m (314 m ²)	Árboles entre 10 cm a 19.9 cm de DAP y productos no maderables 
C	R = 3 m (28 m ²)	Árboles <= 9.9 cm de DAP 
D	30 m	Madera muerta caída. MMC >= 5 cm de diámetro 
E	0.25 m ²	Hojarasca Suelos 
F	30 m	Estructura del bosque (S-N): 

Fuente: elaboración propia con datos del diseño de dimensión de las parcelas.

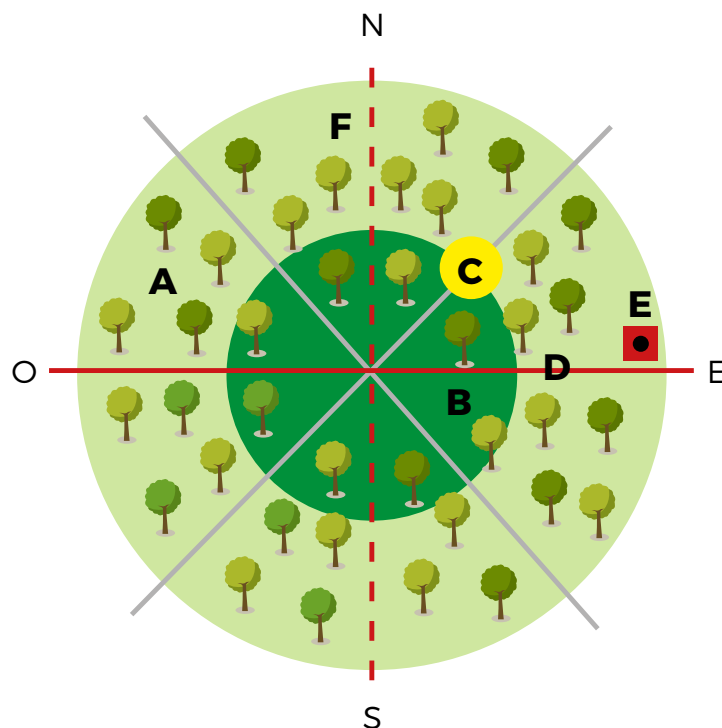


Figura 7. Diseño de las parcelas y subparcelas de las unidades de muestreo del segundo ciclo del IFN de Guatemala.

5. Control de calidad segundo ciclo del Inventario Forestal Nacional

Se plantea realizar el control de calidad para el 10% de la totalidad de la muestra, en tres formas:

- **Ex-ante o acompañamiento:** su objetivo es completar la capacitación. Se realiza al menos durante la primera medición de la brigada regular. Los supervisores acompañan para asegurar que se ha comprendido los conceptos, los procedimientos, las mediciones y el ingreso de datos al dispositivo móvil o formularios. Su objetivo es reducir al mínimo los errores sistemáticos.
- **Ex-post:** se realiza posterior a las mediciones de campo, para lo cual se debe contar con la información digitalizada e implica trasladarse a campo a verificar las mediciones que ya se efectuaron, teniendo como referencia las boletas que la brigada regular generó previamente. El objetivo es identificar errores o diferencias mediante una discusión sobre los resultados y procedimientos. La brigada de control de calidad debe estar constituida por los funcionarios más capacitados y experimentados.
- **Auditoría interna:** se puede realizar después de las mediciones de las brigadas regulares en 1-2 % de la totalidad de la muestra. La brigada de control de calidad debe estar constituida por los funcionarios más capacitados y experimentados. En este caso no se verifican las boletas de las brigadas regulares, sino que se levanta la información independientemente. La verificación se hace en gabinete para comparar resultados generales del IFN.



6. Costos del segundo ciclo del Inventario Forestal Nacional

El costo total del segundo ciclo, IFN 2020, se estima en GTQ 9,298,563.15 (equivalentes a USD 1,266,834.22, tipo de cambio Q 7.34).

7. Institucionalización de Inventario Forestal Nacional

El Inventario Forestal Nacional de Guatemala se realizará bajo el liderazgo del Instituto Nacional de Bosques y el Consejo Nacional de Áreas Protegidas, con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Otros socios son las universidades nacionales, la Escuela Nacional de Agricultura, organizaciones no gubernamentales, el sector privado, organizaciones comunitarias y otras a través del Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra, grupo de Inventario Forestal Nacional (GIMBUT-IFN) quienes apoyaron el esfuerzo de contar con información actualizada sobre los bosques a nivel nacional. El INAB ha solicitado el apoyo de cooperaciones internacionales que estén dispuestas a contribuir financieramente con este esfuerzo para asegurar una alimentación continua de datos e información para la toma de decisiones sobre el sector forestal del país.

8. Monitoreo continuo y distribución temporal de las mediciones

El Inventario Forestal Nacional de Guatemala tiene un carácter continuo, es decir, que a partir del segundo ciclo se organizarán recursos nacionales e internacionales para asegurar su mantenimiento. El segundo ciclo del IFN 2020 se realizará en un solo momento y en el menor tiempo posible, según la disponibilidad de recursos. Los ciclos siguientes se realizarán en 5 años.

Para el tercer ciclo y siguientes, se hará una distribución temporal de la muestra que facilite la operatividad en términos de recursos humanos y financieros para las instituciones y socios participantes. Se trata de seleccionar una submuestra del 20 % cada año (paneles), para completar el 100 % cada 5 años.

La estrategia de monitoreo facilitaría obtener datos actualizados permanentemente.

9. Pasos para la implementación de la propuesta metodológica

Para llevar a cabo el IFN se deben completar los siguientes pasos:

- Elaborar el manual de campo de acuerdo al diseño definido para el segundo ciclo del IFN de Guatemala.
- Revisar de las necesidades de información para afinar los instrumentos de recolección de datos y diseñar las preguntas o campos para registrar la información que se desea y se complementa con la revisión de las variables, atributos y métricas que deben ajustarse en el nuevo manual de campo.
- Desarrollo del protocolo para el análisis a nivel de mapeo de las unidades de muestreo ubicadas fuera de bosque.
- Protocolo para la gestión de permisos de acceso a las unidades de muestreo.
- Seguimiento a la propuesta de institucionalización del Inventario Forestal Nacional
Desarrollar las herramientas tecnológicas que mejoren la calidad del IFN:
 - Una base de datos que permita el almacenamiento seguro de la información, la cual debe estar vinculada a los sistemas de información existentes en las diferentes instituciones.
 - Una aplicación para la colecta de datos con tabletas o teléfonos celulares.
 - Evaluar las herramientas de análisis de datos existentes para ajustar a los estimadores más apropiados para el diseño del IFN.
- Desarrollar un protocolo para limpieza, procesamiento y análisis de los datos.
- Desarrollar un programa de capacitaciones para todas las etapas que requiere la ejecución del IFN, socialización, levantamiento, control de calidad, procesamiento, análisis y reporte.
- Desarrollar un plan de comunicación y difusión de la información.
- Desarrollar un plan y manual de control de calidad del IFN.
- Continuar las discusiones para el proceso de institucionalización, sobre el cual es recomendable probar las opciones de ejecución durante un piloto o la primera fase del IFN, que pueden incluir acciones de cada institución responsable CONAP, INAB y socios estratégicos tanto públicos o privados.



10. Recomendaciones

Con base en las discusiones para definir el marco metodológico se sugiere para los próximos proyectos similares, tomar en cuenta lo siguiente:

- Considerar las necesidades e intereses de información relacionados con la diversidad biológica recomendados por CONAP, los cuales se sugiere analizar de forma conjunta entre los equipos técnicos de INAB y CONAP para acordar las variables y metodologías compatibles con el método del IFN, para aportar información relativa a la diversidad biológica.
- Promover la discusión constructiva conjunta entre los comités de GIMBUT de sensores remotos y de inventarios forestales, con el objeto de determinar las necesidades de información de cada comité, los recursos disponibles, la planificación de generación de productos y la complementariedad de metodologías.
- Integrar a la academia en los procesos de análisis y reporte de la información, así como motivar la participación de estudiantes e investigadores en los procesos del IFN.

Referencias

- INAB (Instituto Nacional de Bosques) y FAO. (2003). *Inventario nacional forestal de Guatemala 2002-2003*. Guatemala: Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación e Instituto Nacional de Bosques. 131 p.
- FAO. (2015). *Consideraciones técnicas para la elaboración de niveles de referencia de emisiones forestales y/o niveles de referencia forestales el marco de CMNUCC*. Ginebra, Suiza: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Programa UN REDD.
- FAO. (2017). *Directrices voluntarias para de monitoreo forestal nacional*. Roma, Italia. 90 páginas. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i6767s.pdf>
- INAB-CONAP. (2015). *Mapa forestal por tipo y subtipo de bosque, 2012*. Guatemala: Instituto Nacional de Bosques y Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
- INAB, CONAP, MARN, UVG y URL. (2012). *Dinámica de la cobertura forestal 2006-2010*. Guatemala.
- McRoberts, R., Tompoo, E., & Czaplewski, R. (2009). *Diseños de muestreo de evaluaciones forestales nacionales*. Roma, Italia: FAO.
- Orozco, L., & Brumér, C. (2002). *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Serie técnica. Manual técnico No. 50.
- United Nations. (2014). *System of environmental - economic accounting -2012*. Central Framework. Disponible en: https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/SEEA_CF_Final_en.pdf.



MARCO METODOLÓGICO
PARA EL SEGUNDO CICLO DEL
**INVENTARIO FORESTAL
NACIONAL DE GUATEMALA**

